

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT  
كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire de fin d'étude

*En vue de l'obtention du diplôme de **Master***

*Filière : Sciences Biologiques*

*Option : Biochimie appliquée*

### *Thème*

**Optimisation de la préparation des sirops  
antibactériens à base d'ingrédients naturels**

**Présenté par :**

- Melle Gaoui Riham
- Melle Benarfa Fatima Zohra

**Soutenu publiquement le 12/06/2024 devant les membres de jury :**

Président : Dr. ALLAL Farida	MCA	UAT-LAGHOUAT
Promoteur : Dr. BENCHIKH Imen	MCA	UAT-LAGHOUAT
Co-promoteur : ABDESSELAM Amira	MAA	UAT-LAGHOUAT
Examineur : Dr. NIA Samira	MCA	UAT-LAGHOUAT

**Année universitaire 2023-2024**

## *Remerciements*

*Nous Tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce travail.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement nos encadrantes, Dr. BENCHIKH IMEN et ABDESSELAM AMIRA. Nous voulons également leur témoigner de notre gratitude pour leurs patience et soutien qui nous a été précieux afin de mener à bien notre travail à bon port.*

Nos vifs remerciements vont également aux deux membres du jury ;

Dr. ALLAL FARIDA, pour avoir bien voulu nous honorer par sa présence en tant que Présidente de jury.

Dr. NIA SAMIRA, pour l'intérêt qu'elle a porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par ses propositions.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à l'équipe du laboratoire vétérinaire régional de Laghouat pour leur soutien et leurs conseils précieux tout au long de notre stage pratique.

Un grand merci tout particulièrement à Mesdames KHACHBA FATNA, BOUCHOUAIRAB HASNA et BAIT SAMIRA pour leur aide inestimable, leur expertise et leur encouragement. Leur contribution a été essentielle à l'achèvement de ce travail.

Nous remercions également tous les enseignants du département de biologie pour tout le savoir qu'ils nous ont octroyé tout au long de notre cursus universitaire.

Nos remerciements s'adressent également à tout le staff de nos laboratoires pédagogiques.

Nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'aboutissement à ce travail.

## Dédicaces

*Je commence par remercier Dieu et sa bonté pour la patience, la Compétence et le courage qu'il m'a donnés pour m'amener à ce stade.*

*Celui qui m'a tout donné sans rien lui donner en retour,*

*A Ceux qui me soutiennent jour et nuit,*

*A ma très chère maman MALIKA, qui est un exemple de force pour toujours me donner espoir dans la vie et qui ne cesse de prier pour moi, je te remercie pour ta patience, ton amour et ton soutien moral.*

*Merci à mon très cher père MADANI pour ses encouragements, son soutien et surtout son amour*

*A mes sœurs FARIDA et HALIMA la joie de ma vie. Leur soutien indéfectible, leur encouragement constant et leur amour inconditionnel ont été des sources de force et de réconfort tout au long de ce parcours. Merci du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.*

*Je tiens à exprimer toute ma gratitude à mon amie d'enfance, kouili Hana. Sa présence chaleureuse et son amitié fidèle ont illuminé mon chemin depuis notre plus tendre enfance*

*A ma partenaire dans ce travail FATIMA ZOHRRA, merci pour ta confiance et tes efforts, je te tiens tout l'amour et le respect et je te souhaite une vie pleine de succès.*

*Un grand merci à vous tous pour votre amour et grand soutien*

RIHAM

## Dédicaces

*C'est avec une profonde gratitude et de sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'études à ma maman chérie, et mon cher papa. Nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments envers mes chers parents que j'aime de tout mon cœur, qui font tous les jours preuve d'une patience illimitée, une aide précieuse et un encouragement continu.*

*Je les remercie également pour avoir sacrifié leur vie pour voir leurs enfants réussir, j'espère qu'un jour je pourrais leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour nous. Que Dieu leur prête santé et longue vie.*

*A mes chères sœurs que j'adore : Hiba et meriem pour leur grand soutien et leur aide précieuse, qu'elles trouvent ici l'expression de ma haute gratitude.*

*Merci à tous d'être là pour moi. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite, et de sérénité.*

*A mon cher frère Mohammed safi, pour son appui et son encouragement.*

*A ma très chère tante TATA qui a tant sacrifiée et qui a toujours été présente pour nous, dans la joie et le malheur.*

*A ma binôme Riham, pour tous les bons moments qu'on a passés ensemble, pour les efforts qui nous ont permis de réaliser ce travail, je te souhaite tous le bonheur et de la joie dans votre vie chérie.*

FATIMA ZOHRA

## الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحضير شراب مضاد للبكتيريا باستخدام مستخلصات من النباتات الطبية، وتقييم فعاليته. لتحقيق هذا الهدف، قمنا بإجراء سلسلة من التجارب لدراسة تأثير عوامل مختلفة على فعالية الشراب، بما في ذلك مدة نقع النباتات وكمياتها

في المرحلة الأولى، قمنا بتحضير مستخلصات النباتات الطبية باستخدام طرق نقع مختلفة من حيث الزمن والكمية. ثم أجرينا اختبارات مضادة للبكتيريا على هذه المستخلصات لتحديد مدى فعاليتها في مكافحة مجموعة متنوعة من البكتيريا

أظهرت النتائج أن مدة النقع وكميات النباتات المستخدمة لهما تأثير كبير على فعالية الشراب المضاد للبكتيريا. تمكنا من تحديد الظروف المثلى التي تحقق أفضل فعالية مضادة للبكتيريا

في الختام، توصلت الدراسة إلى أن الشراب المستخلص من النباتات الطبية يمكن أن يكون بديلاً فعالاً للمضادات الحيوية التقليدية، مع إمكانية تقليل الاعتماد على الأدوية الكيميائية والحد من مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية

توصي الدراسة بمزيد من البحث لتحديد التركيبة المثلى وتوسيع نطاق التجارب لتشمل أنواعاً إضافية من البكتيريا والنباتات الطبية

**الكلمات المفتاحية:** شراب مضاد للبكتيريا، النباتات الطبية، النقع، الفعالية المضادة للبكتيريا، بديل للمضادات الحيوية، مقاومة البكتيريا، المورينجا، الميرمية، الزعتر

## **Résumé**

L'objectif principal de cette étude est de préparer un sirop antibactérien à partir d'extraits de plantes médicinales et d'évaluer son efficacité. Pour atteindre cet objectif, nous avons mené une série d'expériences pour étudier l'effet de différents facteurs sur l'efficacité du sirop, y compris la durée de macération des plantes et leurs quantités.

Dans la première phase, nous avons préparé des extraits de plantes médicinales en utilisant différentes méthodes de macération en termes de durée et de quantité. Ensuite, nous avons réalisé des tests antibactériens sur ces extraits pour déterminer leur efficacité contre une variété de bactéries.

Les résultats ont montré que la durée de macération et les quantités de plantes utilisées ont un impact significatif sur l'efficacité du sirop antibactérien. Nous avons pu déterminer les conditions optimales qui assurent la meilleure activité antibactérienne.

En conclusion, cette étude a révélé que le sirop extrait des plantes médicinales peut constituer une alternative efficace aux antibiotiques traditionnels, avec la possibilité de réduire la dépendance aux médicaments chimiques et de limiter la résistance des bactéries aux antibiotiques.

L'étude recommande des recherches supplémentaires pour déterminer la formulation optimale et élargir la portée des expériences pour inclure davantage de types de bactéries et de plantes médicinales.

**Mots clés: sirop antibactérien, plantes médicinales, macération, efficacité antibactérienne, alternative aux antibiotiques, résistance bactérienne, moringa, sauge, thym.**

**Abstract:**

The objective of this study is to prepare an antibacterial syrup using extracts from medicinal plants and to evaluate its effectiveness. To achieve this goal, we conducted a series of experiments to examine the impact of various factors on the syrup's effectiveness, including the soaking duration of the plants and their quantities.

In the first phase, we prepared extracts from medicinal plants using different soaking methods in terms of time and quantity. We then performed antibacterial tests on these extracts to determine their effectiveness against a variety of bacteria.

The results indicated that the soaking duration and the quantities of plants used significantly influence the antibacterial effectiveness of the syrup. We were able to identify the optimal conditions that yield the best antibacterial activity.

In conclusion, this study found that syrup extracted from medicinal plants can be an effective alternative to traditional antibiotics, with the potential to reduce dependence on chemical drugs and limit bacterial resistance to antibiotics.

The study recommends further research to determine the optimal formulation and to expand the scope of experiments to include additional types of bacteria and medicinal plants.

**Keywords:** antibacterial syrup, medicinal plants, maceration, antibacterial effectiveness, antibiotic alternative, bacterial resistance, moringa, sage, thyme

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	13
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE .....	2
1.1. Généralités sur les plantes médicinales .....	2
1.1.1. Définitions .....	2
1.1.2. Historique des plantes médicinales .....	2
1.1.3. Composition des plantes médicinales.....	3
1.1.3.1. Principe actif .....	3
1.1.3.2. Les huiles essentielles .....	3
1.1.3.3. Les flavonoïdes .....	4
1.1.3.4. Les alcaloïdes .....	5
1.1.3.5. Les phénols.....	6
1.1.3.6. Les tanins.....	7
1.1.4. Utilisations des plantes médicinales.....	7
1.1.5. Modes d'utilisation des plantes médicinales.....	9
1.1.5.1. Macération.....	9
1.1.5.2. Infusion .....	11
1.1.5.3. Décoction .....	12
1.1.5.4. Cataplasme .....	13
1.2. Généralités sur les sirops à base de plantes médicinales.....	14
1.2.1. Définition .....	14
1.2.2. Composition du sirop à base de plantes médicinales .....	14
1.2.2.1. Les conservateurs antimicrobiens .....	14
1.2.2.2. Les colorants .....	15
1.2.2.3. Aromatisants.....	15
1.2.2.4. Antioxydants .....	15
1.2.3. Avantages et inconvénients des sirops .....	16
1.2.3.1. Avantages .....	16
1.2.3.2. Les inconvénients .....	17
1.2.4. Formulation des sirops .....	17
1.2.4.1. La voie d'administration .....	17

1.2.4.2.	La forme galénique.....	18
1.2.5.	Méthodes de préparation des sirops à base de plantes médicinales .....	18
1.2.5.1.	Préparation à chaud .....	18
1.2.5.2.	Préparation à froid.....	18
1.2.6.	Contrôles de qualité du sirop :.....	18
1.2.6.1.	Contrôle des caractères organoleptiques .....	19
1.2.6.2.	Résistance aux changements de température et d'humidité .....	20
1.2.6.3.	Contrôle des caractéristiques physico-chimique et biologiques.....	20
a.	<i>Densité</i> .....	20
b.	<i>La viscosité</i> .....	20
1.2.6.4.	Altération et conservation du sirop .....	20
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....		23
2.1.	Matériel biologique utilisé .....	23
2.1.1.	Les plantes médicinales.....	23
2.1.1.1.	L'espèce <i>Moringa oleifera</i> ref.....	23
2.1.1.2.	L'espèce <i>Thymus vulgaris</i> .....	25
2.1.1.3.	L'espèce <i>Salvia officinalis</i> .....	26
2.1.2.	Les bactéries étudiées.....	28
2.2.	Matériel et équipement utilisé .....	28
2.3.	Produits chimiques .....	29
2.3.1.	Le benzoate de sodium .....	29
2.3.2.	Le saccharose .....	29
2.3.3.	La vitamine E .....	30
2.4.	Protocole expérimental.....	30
2.4.1.	Préparation des plantes .....	30
2.4.2.	Préparation des sirops.....	31
2.4.3.1.	Détermination du pH.....	32
2.4.3.2.	Détermination de la densité.....	32
2.4.3.3.	La détermination du sucre .....	33
2.4.4.	Evaluation de l'effet antibactériens des sirops .....	33
2.4.4.1.	Préparation des milieux de culture .....	33
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION .....		34
3.1.	Présentation des résultats .....	34
3.1.1.	Représentations des contrôles physico-chimiques des sirops .....	34
3.1.2.	Activité antibactérienne.....	36
3.2.	Discussion .....	43

CONCLUSION .....	46
Références bibliographiques .....	47

## Liste des figures

Figure 1: : Squelette de base des flavonoïdes (motif flavane) avec la numérotation adoptée.....	5
Figure 2: Structure de alcaloïde.....	6
Figure 3: Structure de phénol .....	6
Figure 04 : structure chimique de tanins (Aguilar et al., 2007)Figure 4: structure chimique de tanins .....	7
Figure 05 : Macération aqueuse d'une plant ( <a href="https://www.toutvert.fr">https://www.toutvert.fr</a> ).Figure 5: : Macération aqueuse d'une plant .....	11
Figure 06 : Infusion d'une plante ( <a href="https://educadoreslive.com">https://educadoreslive.com</a> )Figure 6: : Infusion d'une plante .....	12
Figure 07 : Décoction d'une plante ( <a href="https://botanicaltruth.com">https://botanicaltruth.com</a> )Figure 7: Décoction d'une plante .....	13
Figure 08 : Cataplasmes ( <a href="https://www.futura-sciences.com">https://www.futura-sciences.com</a> )Figure 8: Cataplasmes .....	14
Figure 10 : Arbuste de Moringa oleifera ( <a href="https://mungfali.com">https://mungfali.com</a> )Figure 9: Arbuste de Moringa oleifera.....	23
Figure 11 : Feuilles de Thymus vulgarisFigure 10: : Feuilles de Thymus vulgaris .....	25
Figure 12 : sauge officinaleFigure 11: : sauge officinale .....	27
Figure 12: Benzoate de sodium .....	29
Figure 13 : Benzoate de sodium (Original, 2024)Figure 13: Benzoate de sodium .....	29
Figure 14 : Le saccharose (Original, 2024)Figure 14: Le saccharose .....	30
Figure 15 : Préparation des plantes médicinales récoltées (Original, 2024)Figure 15: Préparation des plantes médicinales récoltées.....	31
Figure 16: Etapes de préparation des sirops .....	32
Figure 16 : Etapes de préparation des sirops Figure 17: Etapes de préparation des sirops .....	32
Figure 17 : Pycnomètre à vide (Original, 2024) Figure 18: Pycnomètre à vide .....	33
Figure 18 : Préparation des milieux de culture (Original, 2024)	
Figure 19: Préparation des milieux de culture .....	34
Figure 20: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri Figure 21: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri (Original, 2024)Figure 20: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri.....	35
Figure 22: Méthode des disques et incubation (Original, 2024)Figure 22: Méthode des disques et incubation .....	35

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Equipement nécessaire pour la formulation des sirops .....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 2: Proportions de plantes et temps de macération pour les 22 sirops.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 3: Résultats des contrôles physico-chimiques des Sirops de macération 1heure.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 4: Résultats des contrôles physico-chimique des Sirops de macération 24 H.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 5: Transcription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés .....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 6: Résultats des Tests Antibactériens - Macération 1 Heure .....</i>	<i>38</i>
<i>Tableau 7: Résultats des Tests Antibactériens - Macération 24 Heures.....</i>	<i>40</i>

## INTRODUCTION

L'histoire des plantes médicinales est intrinsèquement liée à l'évolution des civilisations à travers le monde. Ces plantes ont été depuis longtemps considérées comme une source essentielle de produits utilisés dans la médecine alternative. Le traitement par les plantes est largement reconnu pour sa simplicité d'utilisation, son efficacité, et ses bienfaits indéniables (Tyler, 1999).

L'usage des plantes médicinales est profondément enraciné dans notre culture, étant donné la richesse de la flore médicinale en Algérie, qui compte des centaines d'espèces végétales. Ce savoir-faire, hérité de nos ancêtres et testé sur le long terme, est reconnu pour son efficacité, sa disponibilité, sa faible toxicité et son acceptabilité, des caractéristiques appréciées à travers les différentes cultures et civilisations, depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours (AKHARAIYI et BOBOYE, 2010).

En 2008, selon les données de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), plus de 80% de la population mondiale se reposait sur la médecine traditionnelle pour répondre à ses besoins de soins de santé primaires (Pierangeli et al. 2009).

Les plantes médicinales représentent des ressources essentielles pour la majorité des populations rurales en Afrique, utilisées par plus de 80% de ces communautés pour répondre à leurs besoins en matière de soins de santé (JIOFACK et al., 2009, 2010).

Plusieurs plantes possèdent des propriétés curatives efficaces pour traiter divers maux courants, depuis les troubles digestifs simples jusqu'au traitement de maladies chroniques telles que le cancer, les ulcères, le diabète et les calculs rénaux (BETTI, 2002).

Dans cette étude, nous avons choisi d'étudier trois plantes médicinales le thym et la sauge appartenant à la famille des Lamiacées, et une plante communément appelée « arbre de vie » en Algérie, le moringa appartient à la famille des Moringaceae. Notre étude vise à valoriser ces trois plantes sous forme de sirops antibactériens et d'évaluer leur efficacité sur les bactéries.

Ce mémoire est scindé en deux parties :

- ✓ Dans la première partie nous avons exposé une synthèse bibliographique ;
- ✓ La deuxième partie est consacrée à la partie expérimentale, nous avons décrit le matériel et les méthodes utilisées afin de déterminer l'activité antibactérienne des sirops obtenus. Puis nous avons présenté les résultats et la discussion relatifs à cette expérimentation menée. Enfin, nous avons terminé par une conclusion

***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES***

---

### CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

#### 1.1. Généralités sur les plantes médicinales

##### 1.1.1. Définitions

Dans le premier énoncé de la pharmacopée française, une plante médicinale est qualifiée de "substance végétale" conforme aux directives de la pharmacopée européenne, avec au moins une partie révélant des effets médicaux. Les substances végétales englobent toutes les variétés botaniques renfermant une ou plusieurs substances pouvant être exploitées à des fins thérapeutiques, ou considérées comme des précurseurs dans la synthèse de médicaments bénéfiques (Sofowora, 2010).

Une plante médicinale se différencie d'une plante "ordinaire" par la présence de composants actifs qui déclenchent des réponses thérapeutiques, mais qui peuvent également engendrer des effets secondaires indésirables, tout comme les médicaments synthétiques :

Pour reprendre un communiqué de 2012 d'Isabelle Adenot, Présidente du Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens : « A l'heure où circule l'idée que les plantes, en opposition aux médicaments de synthèse, guérissent nécessairement en douceur, il est important de rappeler que les plantes médicinales contiennent des substances actives puissantes potentiellement dangereuses si elles ne sont pas utilisées à bon escient et qu'une substance n'est pas moins dangereuse sous prétexte qu'elle vient de la nature (Limonier, 2018).

Les plantes médicinales sont utilisées en raison de leurs propriétés spéciales qui sont bénéfiques pour la santé humaine (Boissière, 2018).

##### 1.1.2. Historique des plantes médicinales

Le développement de la médecine à travers les âges est intimement lié à l'utilisation des plantes médicinales. Dès 1500 av. J.-C., le papyrus égyptien Ebert dressait déjà une liste détaillée de centaines de plantes aux vertus curatives. Cette tradition s'est perpétuée au fil des siècles, avec des figures marquantes telles que le médecin grec Discorde, dont l'ouvrage "De materia medica" à l'1er siècle après J.-C. a influencé profondément la pratique médicale occidentale jusqu'au XVIIe siècle. À cette époque, les remèdes à base de plantes étaient transmis de génération en génération, mais l'invention de l'imprimerie au XV<sup>e</sup> siècle a révolutionné la diffusion des connaissances en herboristerie, rendant ces pratiques accessibles à un plus large public. Toutefois, à partir du XVI<sup>e</sup> siècle,

l'introduction de plantes médicinales étrangères a créé une division entre les utilisateurs des plantes locales et ceux des plantes importées, souvent prescrites par des médecins formés à l'université. Cette évolution a marqué le passage vers la médecine moderne, caractérisée par les avancées en physique et en chimie. Au XIXe siècle, l'extraction et l'identification des principes actifs des plantes ont conduit à la création de médicaments de synthèse, tels que l'aspirine, qui a ouvert la voie à la chimie pharmaceutique. Malgré ces progrès, les plantes continuent de jouer un rôle important dans la lutte contre les maladies infectieuses, comme en témoigne l'utilisation de la quinine pour traiter le paludisme. Ainsi, l'histoire de la médecine révèle une symbiose constante entre les connaissances ancestrales sur les plantes médicinales et les avancées scientifiques qui ont façonné la pratique médicale moderne (<http://www.vidal.fr>. 2023).

### **1.1.3. Composition des plantes médicinales**

#### **1.1.3.1.Principe actif**

Un principe actif (ou substance active) est une molécule douée de propriétés pharmacologiques, et est donc à la base de l'effet thérapeutique (Talber et al., 2017) contenue dans une drogue végétale qui va avoir un effet sur notre organisme, pour traiter ou prévenir des maux du quotidien voire des pathologies , On retrouve les principes actifs dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale , Le principe actif peut exister sous plusieurs formes cristallines ou sous la forme de dérivés tels que sels, hydrates, etc. Le choix se fait en fonction du mode d'administration et de considérations de stabilité, de solubilité et de biodisponibilité (Hir et al., 2009).

#### **1.1.3.2. Les huiles essentielles**

Selon les normes de l'International Standards Organization on Essential Oils, ISO 9235 et celle de l'Association de Normalisation Française, AFNOR NF T 75-006 (octobre 1987), une huile essentielle est définie comme : « Produit obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation à sec ». (Bouzabata, 2015).

Les huiles essentielles sont des produits odorants, généralement de composition complexe (Kenne et al., 2019).

La Pharmacopée française (*édition de 1965*) donne une définition officielle des huiles essentielles Produits de composition généralement assez complète renfermant les

principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation. Pour extraire ces principes volatils, il existe divers procédés. Deux seulement sont utilisables pour la préparation des essences officinales : celui par distillation dans la vapeur d'eau de plantes à essences ou de certains de leurs organes, et celui par expression

L'ISO réserve le terme "huile essentielle" pour tout produit obtenu à partir d'une matière végétale ou d'un fruit par distillation ou un simple processus mécanique (ISO 9235, 1997) (Kfoury, 2015).

Cette définition paraît encore restrictive car elle exclut de nombreux procédés d'extraction très utilisés sur les marchés de la pharmacie, de l'industrie cosmétique et agroalimentaire.

Une définition encore plus large a donc été donnée par Iserin et al. (2001) expliquant que ce sont les plantes utilisées pour traiter les maladies inflammatoires telles que les allergies, l'eczéma et les problèmes intestinaux.

### **1.1.3.3. Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes ont été découverts en 1936 par Albert Szent-Györgyi, qui a reçu le prix Nobel de physiologie ou médecine en 1937. Les flavonoïdes sont connus sous le nom de vitamine P en raison de leur efficacité à normaliser les vaisseaux sanguins (Benslama, 2016). Ce sont des métabolites secondaires que l'on retrouve dans plantes vasculaires. Ce sont des composés polyphénoliques à quinze atomes de carbone, avec deux cycles aromatiques reliés par un pont à trois carbones (*Fig. 1*) (Edeas, 2007) largement distribués dans le règne végétal et sont couramment consommés quotidiennement. Ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes et de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, suggérant qu'ils pourraient exercer une multitude d'activités biologiques, notamment des propriétés antibactériennes antioxydantes, vasculoprotectrices, antihépatotoxiques, antiallergiques, anti-inflammatoires, antiulcéreuses et même antitumorales significatives (Ghedira, 2005).

Les flavonoïdes ont la capacité de piéger les radicaux libres, générées par notre organisme en réponse aux agressions de notre environnement et qui favorisent le vieillissement cellulaire (Kabrin et al., 2015).

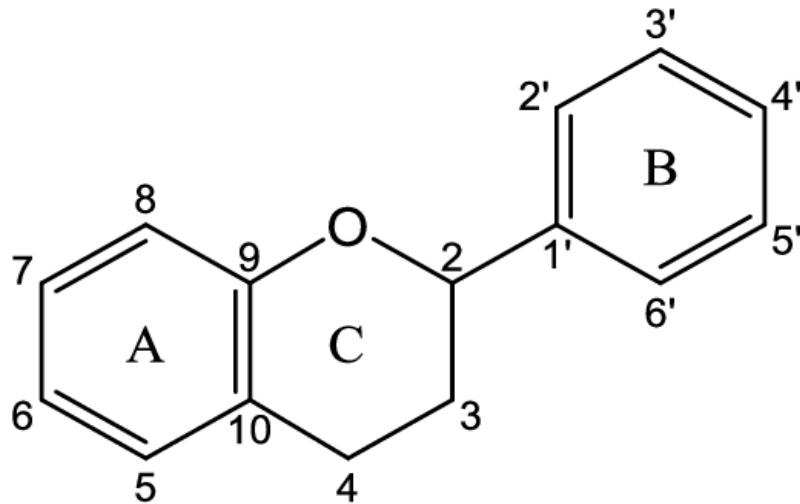


Figure 1 : Squelette de base des flavonoïdes (motif flavane) avec la numérotation adoptée

Figure 01 : Squelette de base des flavonoïdes (motif flavane) avec la numérotation adoptée (Smail, 2016)

#### 1.1.3.4. Les alcaloïdes

Sont des substances naturelles azotées à réaction basique fréquente issus d'acides Aminés généralement hétérocyclique (Fig. 2), d'origine végétale (rarement animale), douée de propriétés physiologiques remarquables (toxiques ou thérapeutiques), (Kunkele et Lobmeyer, 2007), Ils sont stockés dans les cellules végétales au niveau des vacuoles. Ils possèdent de nombreuses propriétés pour la plante jouant un rôle de défense et sont également utilisés en médecine et pharmacie (Belila et Ounis, 2018).

Les alcaloïdes se présentent le plus souvent sous l'aspect de cristaux, insolubles dans l'eau mais soluble dans les solvants organiques (Dih et Belguendouz, 2017). La majorité des alcaloïdes sont dérivés à partir des acides aminés tels que : ornithine, lysine, phénylalanine, tyrosine et tryptophane (Ghedjati, 2014).

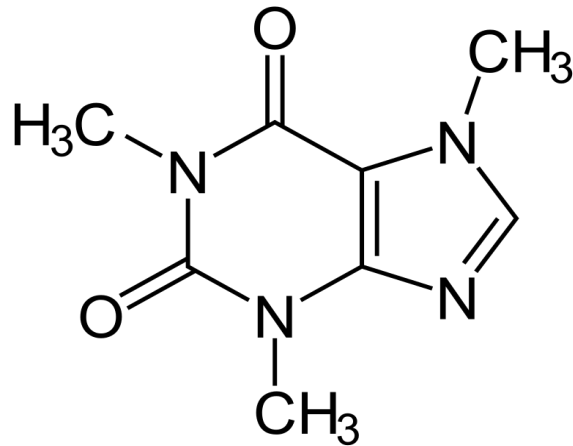


Figure 2: Structure de alcaloïde

Figure 02 : Structure de alcaloïde (<https://www.ecured.cu/index.php/Alcaloide>)

### 1.1.3.5. Les phénols

Le phénol est le nom commun de l'hydroxy-benzène, c'est un composé aromatique ayant un groupe hydroxyle attaché au cycle benzénique. Le phénol a été appelé aussi acide carbolique, acide phénique, acide phénylique, hydroxyde de phényle ou oxybenzène. C'est l'unité structurelle de base d'une variété de composés organiques synthétiques (Fig. 3) (Sami, et al., 2022).

Il est de la famille des alcools aromatiques. Il est présent dans de nombreux végétaux. Pur, il se présente à la température ordinaire comme un solide blanc cristallisé (Tadger, 2014). Sa formule générale est  $C_6H_5OH$ . Les six atomes de carbone se lient entre eux par trois doubles liaisons alternées avec trois liaisons simples pour former un cycle benzénique, au sein duquel est attaché un groupement alcool  $-OH$ , accompagné de cinq atomes d'hydrogène.

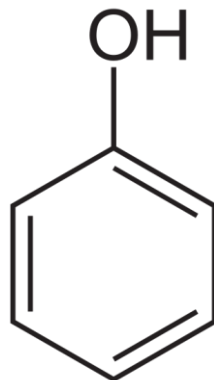


Figure 03 : Structure de phénol (<https://seven.edu.vn/>)

Le phénol est une substance d'indications multiples en particulier dans la littérature dermatologique (Mseddi et al., 2013).

### 1.1.3.6. Les tanins

La tanine est une polyphénols et matière amorphe présente dans de nombreux végétaux. Leur poids moléculaire est compris entre 500 et 3 000. Elle possède des propriétés antiseptiques, antibiotiques, anti-inflammatoires, anti-diarrhéiques, hémostatiques et vasoconstrictrices, ce qui signifie qu'elle peut aider à réduire l'infection, l'inflammation, la diarrhée et à stopper les saignements en resserrant les vaisseaux sanguins (Dellile, 2013).

Selon la structure (Fig. 4), il existe deux groupes différents de tanins ; les taninshydrolysables et les tanins condensés, appelés aussi : proanthocyanidin (Boudjouref, 2011).

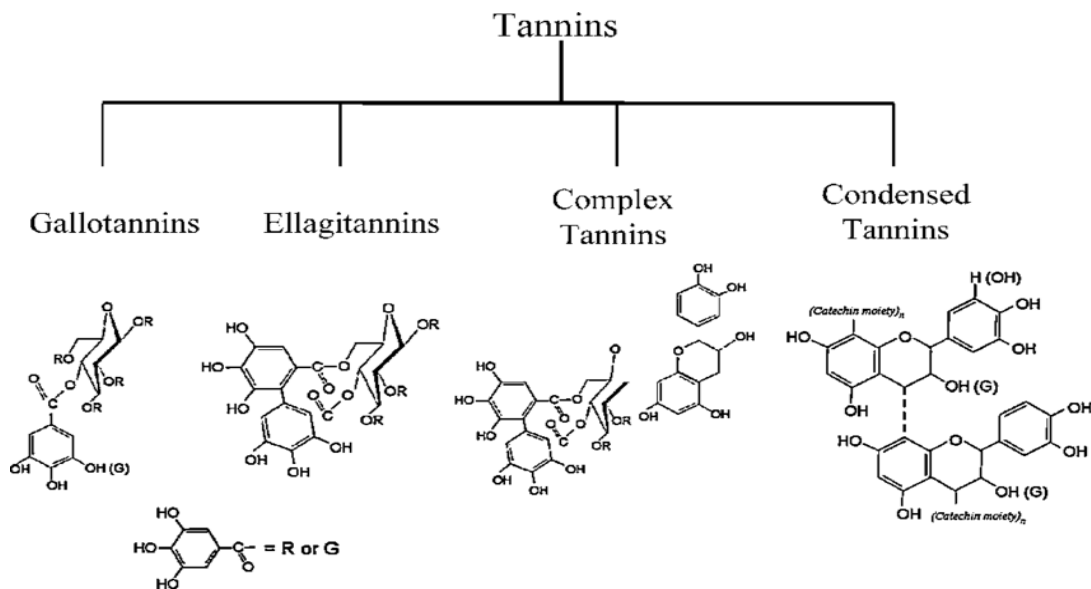


Figure 04 : structure chimique de tanins (Aguilar et al., 2007) Figure 4: structure chimique de tanins

### 1.1.4. Utilisations des plantes médicinales

Les plantes ont toujours été une ressource utilisée par les populations mondiales pour se soigner. Aujourd'hui, elles demeurent la première source de substances thérapeutiques dans les pays en développement (Boissière, 2018).

Les plantes médicinales sont exploitées par l'homme depuis près de 7 000 ans, tandis que certains animaux les consomment également à des fins thérapeutiques (Adouane, 2016). Environ 35 000 espèces de plantes sont utilisées à des fins médicinales

dans le monde, représentant ainsi la plus grande diversité biologique exploitée par l'humanité. Malgré l'essor du système sanitaire moderne, les plantes médicinales demeurent essentielles pour répondre à des besoins importants (Zeghade,2009). En effet, les plantes médicinales sont utilisées de diverses manières, notamment par décoction, macération et infusion. Leurs différentes parties telles que les racines, les feuilles et les fleurs peuvent être employées seules ou en combinaison pour leurs propriétés thérapeutiques (Adouane, 2016).

Les parties des plantes les plus couramment utilisées à des fins médicinales comprennent principalement les feuilles, les fruits et les racines. Pour les arbres et les arbustes, les écorces sont également exploitées dans la préparation des remèdes (Hamelt et al., 2010).

L'utilisation des plantes médicinales comprend la consommation de plantes entières, de matières végétales, de préparations à base de plantes et de médicaments à base de plantes. L'usage traditionnel fait référence à une pratique ancienne de ces plantes, dont l'innocuité et l'efficacité ont été solidement établies et qui sont parfois reconnues voire approuvées par certaines autorités nationales (Boisière, 2018).

Pendant une longue période, les plantes ont été utilisées exclusivement à l'état naturel, souvent sous forme de tisanes ou de poudres. Maintenant, de nombreuses plantes sont présentées sous forme de gélules. De plus en plus, les plantes sont utilisées en combinaison. Pour ces préparations, des règles de bonnes pratiques officinales ont été établies. Plusieurs paramètres doivent être respectés, comme le choix du nombre de plantes, les associations possibles, la saveur et le goût adaptés au patient. L'âge et l'état de santé du patient sont également des éléments à prendre en compte. Par exemple, la menthe serait évitée chez un patient souffrant d'ulcères (Charbière, 2010).

Les plantes médicinales sont utilisées dans la fabrication de divers produits pharmaceutiques, tels que des médicaments, des onguents, des crèmes et d'autres produits naturels. Les espèces végétales d'intérêt médicinal sont utilisées dans divers secteurs, que ce soit à l'état brut ou sous forme d'huiles, d'extraits, de solutions aqueuses ou organiques. Les préparations à base de plantes contiennent un ou plusieurs principes actifs qui sont utilisables à des fins thérapeutiques. Dans les pays en développement, environ 90 espèces sont exploitées pour la production de médicaments industriels, souvent à partir de mélanges d'herbes récoltées à l'état sauvage. Exploitées pour la production de médicaments

industriels, souvent à partir de mélanges d'herbes récoltées à l'état sauvage. Environ 30% des médicaments prescrits par les médecins sont d'origine naturelle, tandis que cette proportion atteint environ 50% pour les médicaments en vente libre (Adouane, 2016).

Les plantes médicinales sont utilisées dans la fabrication des produits alimentaires. L'homme a une tradition ancienne de consommation et de digestion de diverses espèces de plantes, souvent valorisées pour leurs propriétés médicinales et nutritives. Certaines plantes médicinales sont bénéfiques à la fois pour les soins et l'alimentation (Ieserin et al., 2001).

Les médicaments à base de plantes sont des produits médicinaux finis dont les principes actifs sont exclusivement constitués de plantes (parties aériennes ou souterraines), d'autres matières végétales ou des combinaisons de plantes, à l'état brut ou sous forme de préparations (Boissière, 2018).

Les plantes médicinales sont utilisées pour traiter les maladies aussi bien par les médecins que par les praticiens traditionnels. Ces plantes médicinales sont utilisées dans toutes les formes et situations pathologiques (Adouane, 2016).

Bien que la plupart des médicaments à base de plantes soient destinés à un usage humain, il existe néanmoins un nombre croissant de produits de phytothérapie (ainsi que de nombreux compléments alimentaires à base de plantes) conçus spécifiquement pour un usage vétérinaire. Cette tendance répond à une demande croissante de produits naturels de la part des propriétaires d'animaux de compagnie ou d'élevage. Ils considèrent ces remèdes comme efficaces et sûrs, cherchant à soigner leurs animaux aussi naturellement qu'ils prennent soin d'eux-mêmes au quotidien. Il est évident que la médecine vétérinaire fait souvent appel aux mêmes plantes que la médecine humaine, avec des indications thérapeutiques similaires. Tout comme les médicaments à base de plantes destinés à un usage humain, ceux destinés à un usage vétérinaire peuvent inclure, en plus des parties de plantes ou des préparations à base de plantes, des vitamines, des oligo-éléments ou des acides aminés, dont l'action est secondaire par rapport à celle des substances végétales (Lehmann, 2014).

### **1.1.5. Modes d'utilisation des plantes médicinales**

#### **1.1.5.1. Macération**

La macération est une technique très ancienne d'extraction de principes actifs de diverses matrices, elle est encore très utilisée car son application est simple et économique.

La technique consiste à laisser reposer un solide (le matériel végétal) dans un liquide (eau, huile, alcool, etc.) pendant un certain temps. En fonction de la nature chimique des composés à extraire, les paramètres suivants : la taille des particules, le solvant et le temps d'extraction sont sélectionnés (Mousavi, 2019).

Cette méthode consiste à immerger une plante ou une partie de celle-ci dans de l'eau froide (macération aqueuse) (*Fig. 5*) ou dans une huile végétale (macération huileuse) pendant plusieurs heures, voire plusieurs jours, afin de favoriser la diffusion optimale des constituants actifs. Elle est particulièrement adaptée à l'extraction de plantes riches en mucilage, telles que les graines de lin ou les graines de plantain des sables. En effet, leur concentration élevée en amidon ou en pectine peut entraîner une gélatinisation si elles sont traitées dans de l'eau bouillante. Cette méthode est également employée pour éviter l'extraction de constituants indésirables qui se dissolvent dans l'eau chaude. Elle est également pertinente pour les plantes dont les substances actives peuvent être altérées ou dégradées par l'ébullition ou la chaleur (Benzeggouta, 2015).

La macération est une méthode d'extraction qui se déroule à température ambiante, ce qui la rend moins susceptible de provoquer la dégradation des métabolites thermolabiles. Pour améliorer le contact entre le matériel végétal et le solvant, ce qui augmente le rendement d'extraction, il est recommandé de découper la plante en petits morceaux. La méthode la plus efficace consiste à broyer la plante sèche, ce qui accroît la surface spécifique et favorise un meilleur échange entre le soluté et le solvant. Bien que cette méthode offre cet avantage, elle présente plusieurs inconvénients, notamment : la nécessité d'une étape de filtration du mélange, un temps d'extraction prolongé et l'utilisation d'une grande quantité de solvant (Mousavi, 2019).



Figure 05 : Macération aqueuse d'une plante (<https://www.toutvert.fr>). **Figure 5 : : Macération aqueuse d'une plante**

Le principal désavantage de cette méthode est le risque de contamination bactérienne du produit final en raison de l'absence d'ébullition. En outre, le macérât est la tisane qui demande le plus de temps à préparer et qui se conserve le moins longtemps. Il convient également de noter que ce processus peut être utilisé avec d'autres solvants tels que le vin, l'huile, l'alcool ou la glycérine pour préparer d'autres formes pharmaceutiques à base de plantes (Chabrier, 2010).

#### **1.1.5.2. Infusion**

L'infusion représente la méthode la plus élémentaire pour préparer des remèdes ou des boissons fortifiantes ou calmantes à partir de feuilles et de fleurs. Elle est réalisée de manière similaire au thé, en utilisant soit une seule plante soit un mélange de plusieurs, et peut être consommée à des températures chaudes ou froides (Iserin et al., 2001).

Elle est réalisée en versant de l'eau bouillante sur les parties de plantes fraîches ou séchées et en les laissant infuser afin d'extraire leurs principes médicinaux (*Fig. 6*). Cette méthode est particulièrement adaptée pour l'extraction de parties délicates ou finement hachées des plantes telles que les feuilles, les fleurs, les graines, les écorces et les racines, qui contiennent des constituants volatils ou thermolabiles tels que les huiles essentielles (Benzeggouta, 2015).



Figure 06 : Infusion d'une plante (<https://educadoreslive.com>) Figure 6 : : Infusion d'une plante

Dans la pratique, on verse généralement de 150 à 250 ml d'eau bouillante sur la quantité nécessaire de plante dans un récipient en verre ou en porcelaine. Ensuite, on recouvre le récipient et on remue périodiquement. Après un temps d'infusion de 5 à 15 minutes, on filtre le mélange. L'utilisation d'un couvercle permet de prévenir l'évaporation des principes volatils et crée une pression positive dans le récipient, ce qui peut augmenter le rendement de l'extraction. Le liquide obtenu après ce processus est appelé l'infusion. Cette méthode est adaptée aux feuilles, aux fleurs, aux fruits tendres, aux parties aériennes, ainsi qu'à certaines parties corticales et racines fragmentées (Chabrier, 2010).

Les effets bénéfiques des infusions de plantes sur la prévention, le contrôle ou la réduction des maladies sont souvent attribués, au moins en partie, aux fonctions antioxydantes des composants liposolubles tels que les vitamines A et E, des composants solubles dans l'eau tels que la vitamine C, ainsi que de plusieurs molécules amphipathiques, communément appelées les composés phénoliques (Messouadi, 2016).

### **1.1.5.3. Décoction**

La décoction, en opposition à l'infusion comme dans le cas d'une tisane (Messouadi, 2016) implique de porter à ébullition des plantes fraîches ou séchées dans de l'eau pendant une période allant de 10 à 30 minutes, afin d'assurer une extraction optimale des principes médicinaux. Cette méthode est adaptée à l'extraction de substances végétales dures ou très dures telles que le bois, l'écorce, les racines, ainsi que des plantes contenant des constituants peu solubles comme l'acide silicique (Benzeggouta, 2016).

Ainsi, la procédure implique d'abord l'ajout de la substance végétale à de l'eau froide, suivie de l'ébullition du mélange pendant le temps requis, puis du filtrage après un court repos (*Fig. 7*). Une autre méthode consiste à plonger directement la plante dans de l'eau bouillante et à la laisser mijoter le temps nécessaire. Le produit final de ces processus est appelé décocté, Il est également envisageable d'employer ce décocté comme base pour une infusion avec d'autres plantes (Chbrirer, 2010).



Figure 07 : Décoction d'une plante (<https://botanicaltruth.com>)Figure 7: Décoction d'une plante

Pour obtenir les principes actifs des racines, de l'écorce, des tiges et des baies, il est souvent nécessaire de les soumettre à un traitement plus intense que celui requis pour les feuilles ou les fleurs (Iserin et al., 2001).

#### **1.1.5.4. Cataplasme**

Les plantes sont d'abord hachées grossièrement avant d'être placées dans une casserole avec un peu d'eau. On les laisse frémir pendant deux à trois minutes. Ensuite, les herbes sont pressées pour en extraire leur jus, puis appliquées sur la zone à traiter (*Fig. 8*). On recouvre ensuite d'une bande ou d'un morceau de gaze pour maintenir le cataplasme en place (Adouane, 2016).

Les cataplasmes à base de plantes, lorsqu'ils sont appliqués sur la peau, ont la capacité de calmer les douleurs musculaires et les névralgies, ainsi que de soulager les entorses et les fractures. De plus, ils peuvent aider à extraire le pus des plaies infectées, des ulcères et des furoncles (Iserin et al., 2001).



Figure 08 : Cataplasmes (<https://www.futura-sciences.com>) **Figure 8: Cataplasmes**

## 1.2. Généralités sur les sirops à base de plantes médicinales

### 1.2.1. Définition

Les sirops à base de plantes médicinales sont des préparations concentrées aqueuses composées de substances aromatiques ou médicamenteuses préparées à chaud ou à froid (<https://www.larousse.fr/>), caractérisées par leur saveur sucrée et une consistance épaisse. Ils sont généralement faits avec du sucre, à une concentration d'environ 65%, et ont une densité d'environ 1,32. Cette composition leur donne une protection antimicrobienne lorsqu'elle est manipulée avec soin et leur consistance visqueuse. Ces sirops jouent un rôle essentiel dans le domaine de la pharmacie, car ils permettent d'administrer les médicaments de manière plus agréable pour les patients, en masquant parfois leur goût désagréable. De plus, leur consistance visqueuse facilite l'administration orale, en évitant les problèmes de déglutition ou de dosage (Boudjemai, 2016).

Ils peuvent contenir du saccharose à une concentration au moins égale à 45 pourcent m/m, les sirops sont administrés par voie orale

### 1.2.2. Composition du sirop à base de plantes médicinales

En plus de l'eau et du principe actif, des additifs divers entrent dans la composition des sirops soit pour en améliorer la conservation (conservateurs antimicrobiens et antioxydants), soit pour en rendre l'administration plus agréable ou pour réduire les risques de confusions (aromatisants et colorants) (Hir et al., 2009).

#### 1.2.2.1. Les conservateurs antimicrobiens

Un conservateur antimicrobien est tout agent qui agit contre les micro-organismes grampositifs et négatifs (bactérie) et champignon qui provoquent la dégradation de la préparation pharmaceutique. Qui agit par inhibition de la paroi cellulaire, inhibition de la synthèse des protéines, inhibition de la synthèse de l'ADN et de l'ARN (Huang et al., 2003).

Les conservateurs sont ajoutés aux médicaments qui ne possèdent pas assez de propriétés antimicrobiennes pour se protéger des micro-organismes. Ces conservateurs sont indispensables pour garantir la sécurité du patient et éviter que la préparation ne se détériore. Les préparations qui présentent un plus grand risque de contamination sont celles qui contiennent une partie liquide, comme les solutions, les suspensions et les émulsions destinées à l'administration par voie orale ou à être appliquées sur la peau et les muqueuses (Darie, 2020)

### **1.2.2.2. Les colorants**

Le terme "colorant" désigne toute substance, qu'elle soit colorée ou non, qui, lorsqu'elle est mise en contact avec un support de manière adéquate, se fixe ou se dissout durablement dans ce dernier, lui conférant ainsi une nouvelle propriété : la couleur (Hourri et al., 2020).

Les matières colorantes sont un assemblage de groupes chromophores. Ces groupements sont capables de transformer la lumière blanche dans le spectre visible (de 380 à 750 nm) en lumière colorée par absorption sur un corps, ou par transmission ou diffusion (DJAFER, .....)

Les colorants sont différents des pigments, ce sont des composés solides finement divisés qu'ils doivent être mélangés avec des liants avant leur application sur les surfaces. Les pigments sont en effet insolubles dans le milieu où ils sont appliqués.

### **1.2.2.3. Aromatisants**

Les arômes sont, dans le domaine pharmaceutique, des produits ou des substances destinées à être introduits dans certains médicaments pour en masquer ou en améliorer la saveur ou l'odeur, à l'exception des substances ayant exclusivement une saveur sucrée, acide ou salée. Les arômes peuvent être additionnés de solvants, de supports, de colorants, de conservateurs ou d'additifs divers autorisés par l'autorité.

### **1.2.2.4. Antioxydants**

Le terme antioxydant désigne une large classe de molécules (substances bioactives et complexes enzymatiques) qui, présentes en faible quantité (micronutriments) dans l'organisme, peuvent protéger les substrats organiques, tant naturels (phospholipides, protéines, ADN) que synthétiques (plastiques, huiles) de l'attaque des radicaux libres. Tous les antioxydants qui inhibent ou réduisent la formation de radicaux sont reconnus comme substances préventives, car ils agissent en empêchant la formation de radicaux dits initiateurs (Varesi et al., 2022).

Les antioxydants font partie des composés qui contribuent à l'homéostasie redox du corps. Ils font l'objet d'études intensives pour leurs bienfaits sur la santé (Nabavi et Silva, 2022). Leur rôle est de prolonger la durée de conservation en les protégeant contre les altérations dues à l'oxydation, comme le rancissement des corps gras et les changements de couleur, prévenir les maladies cardio-vasculaires et les cancers ou de protéger les yeux (Lavoisier, 2009), Exemple : l'acide ascorbique (vitamine C).

### **1.2.3. Avantages et inconvénients des sirops**

#### **1.2.3.1. Avantages**

- ✓ Ces produits sont typiquement élaborés à partir de saccharose présentant une concentration minimale de 45%. Dans certaines circonstances, cette concentration de saccharose leur confère une protection antimicrobienne (Guembour et al., 2010).
- ✓ Ces produits sont caractérisés par une saveur agréable et une bonne acceptabilité, notamment chez les enfants (Boulangier, 2014).
- ✓ D'un point de vue galénique, les sirops et autres formes liquides sont homogènes, avec une concentration précisément définie (exprimée en poids par unité de volume, par exemple). Ils peuvent être divisés avec une précision adéquate en doses mesurées en volume (millilitres, gouttes, cuillères, etc.). Ces formulations sont considérées comme des formes multi-doses (Guembour et al., 2010).
- ✓ La posologie peut être ajustée en utilisant une pipette pour mesurer le volume approprié du produit. (Moulfi et Yagoub, 2019).
- ✓ Il est possible d'assurer une meilleure biodisponibilité et un délai d'action plus court par rapport aux formes sèches en utilisant des formulations liquides (Moulfi et Yagoub, 2019).
- ✓ La résistance à la croissance microbienne est possible grâce au taux élevé en sucre contenu dans le produit (Moulfi et Yagoub, 2019).

- ✓ Ces formulations peuvent également servir à masquer le goût désagréable de certains principes actifs (Moulfi et Yagoub, 2019).
- ✓ Du point de vue économique, le saccharose est économique car il est largement disponible à un coût abordable (Guembour et al., 2010).

### 1.2.3.2. Les inconvénients

- ✓ En certaines conditions, ces produits peuvent être sujets à la contamination, ce qui peut entraîner des fermentations. Celles-ci peuvent affecter soit le sucre (fermentation alcoolique), soit le principe actif (Guembour et al., 2010).
- ✓ Il est important de noter que les produits de dégradation peuvent être incompatibles avec les autres composants de la formulation (Sadeghipour )
- ✓ Ces produits peuvent être sujets à divers types d'altérations, principalement en raison d'une concentration en sucre excessive ou insuffisante (Guembour et al., 2010).
- ✓ Les produits de dégradation peuvent entraîner des incompatibilités avec les autres composants de la formulation (Sadeghipour )
- ✓ Il est important de souligner qu'une irritation du tube digestif peut être une conséquence possible dans certains scénarios (Guembour et al., 2010).
- ✓ La cristallisation du saccharose peut se produire si la concentration dans le sirop est très élevée, ce qui peut altérer la texture et l'aspect du produit (Guembour et al., 2010).

### 1.2.4. Formulation des sirops

La formulation est un processus industriel qui implique la création de produits homogènes et stables, dotés de propriétés spécifiques, en combinant diverses matières premières selon une forme pharmaceutique déterminée.

Actif + Excipient (Matière première) + Technologie = formulation

La formulation est une étape du développement galénique permettant de répondre aux objectifs fixés au cours de la pré formulation et ce en effectuant une succession de choix concernant (Moulfi et Yagoub, 2019) :

#### 1.2.4.1. La voie d'administration

La voie d'administration la plus appropriée pour soulager la toux et exercer un effet expectorant est effectivement la voie orale (Moulfi et Yagoub, 2019).

#### **1.2.4.2. La forme galénique**

La forme galénique des sirops est la forme liquide (Moulfi et Yagoub, 2019).

#### **1.2.5. Méthodes de préparation des sirops à base de plantes médicinales**

Les sirops de saccharose peuvent être fabriqués par deux méthodes distinctes : d'une part, par l'adjonction du principe actif à un sirop de sucre déjà préparé, et d'autre part, par la dissolution du sucre directement dans une solution contenant le principe actif. Ces deux approches peuvent être réalisées soit par un processus à température ambiante (à froid), soit par un processus nécessitant un chauffage (à chaud) (Wehrlé, 2007).

##### **1.2.5.1. Préparation à chaud**

La méthode généralement préférée lorsque l'on recherche une préparation rapide et que les constituants sont thermostables et non volatils est la dissolution à chaud (Moulfi et Yagoub, 2019).

Dans cette méthode, on commence par ajouter 100 g de saccharose à 165 g d'eau minérale purifiée. Le mélange est chauffé jusqu'à atteindre l'ébullition, à une température de 105°C, ce qui permet une dissolution complète du saccharose. À cette température, la densité du sirop doit mesurer 1,26. Ensuite, le sirop est filtré alors qu'il est encore chaud. Les substances labiles ou volatiles sont incorporées au sirop après qu'il ait refroidi.

##### **1.2.5.2. Préparation à froid**

La préparation à froid du sirop se déroule en dissolvant 180 g de saccharose dans 100g d'eau, puis le mélange est filtré. La densité du sirop obtenu à froid est mesurée à 1,32. Les sirops sont généralement fabriqués dans des récipients en acier inoxydable, souvent à double paroi pour permettre le chauffage à la vapeur d'eau sous pression. Un système d'agitation, utilisant des palettes ou des hélices, est souvent intégré pour faciliter la dissolution homogène des ingrédients (Hir,1998).

#### **1.2.6. Contrôles de qualité du sirop :**

L'exigence légale du contrôle de qualité s'applique à chaque producteur de médicaments. Cela implique l'évaluation d'une ou plusieurs propriétés d'un élément et la confrontation des résultats à des normes prédéfinies. Ces normes sont spécifiées dans le dossier d'autorisation de mise sur le marché ou dans la pharmacopée (Boucenane, 2018).

### **1.2.6.1. Contrôle des caractères organoleptiques**

L'évaluation des caractères organoleptiques est essentielle dans l'analyse sensorielle des aliments. On examine l'odeur, la couleur et la saveur. Cela permet de contrôler des caractéristiques importantes comme la couleur, la texture, le goût et la saveur. Ces caractéristiques sont essentielles pour la perception des consommateurs. Le contrôle de la qualité représente une vérification de la conformité du produit fini aux recommandations prévues.

#### *a. La couleur*

L'évaluation de la couleur permet de détecter toute variation par rapport à la norme attendue. Par exemple, une couleur anormale peut indiquer un problème de qualité ou de fraîcheur. Les échelles de couleur standardisées sont souvent utilisées pour noter la couleur d'un produit.

#### *b. La texture*

La texture concerne la sensation tactile et la structure d'un aliment. Elle peut être évaluée en termes de fermeté, de croquant, de moelleux, etc des tests spécifiques, tels que le test de compression ou le test de mastication, peuvent être utilisés pour évaluer la texture

#### *c. L'odeur*

L'odeur est un indicateur important de la qualité et de la fraîcheur d'un produit. Les panélistes formés peuvent évaluer l'odeur en utilisant des échelles d'intensité

#### *d. Goût*

L'évaluation du goût implique les cinq saveurs de base : sucré, salé, acide, amer et umami. Des tests de dégustation, tels que le test triangulaire ou le test duo-trio, peuvent être utilisés pour évaluer les différences de goût

### *e. Saveur*

La saveur est une combinaison de l'odeur et du goût. Elle englobe également la rétro-olfaction (sensation aromatique perçue lors de l'expiration). Les panélistes formés notent la saveur globale du produit. Contrôle des caractéristiques physico-chimiques et biologiques. Parmi les propriétés physico-chimiques, il est essentiel de comprendre la solubilité dans l'eau et la résistance aux changements de température et d'humidité dans des milieux similaires à ceux de l'estomac et de l'intestin.

#### **1.2.6.2. Résistance aux changements de température et d'humidité**

Les sirops doivent conserver leur qualité malgré les variations de température et d'humidité.

#### **1.2.6.3. Contrôle des caractéristiques physico-chimique et biologiques**

##### **a. Densité**

La densité d'un sirop est sa masse par unité de volume, elle est un paramètre important qui influence leur saveur, leur viscosité. C'est une grandeur sans dimension et sa valeur s'exprime sans unité de mesure. Plus un sirop est dense, plus il est susceptible d'empêcher certaines incompatibilités, de les retarder ou de les atténuer (Garrault, 2015).

##### **b. La viscosité**

La viscosité d'un liquide se réfère à sa capacité à résister au déplacement des molécules adjacentes. C'est une propriété qui détermine la fluidité d'un liquide : plus la viscosité est élevée, plus le liquide est épais et résistant au mouvement, tandis qu'une viscosité plus faible se traduit par un liquide plus fluide et facile à déplacer.

##### **c. La limpidité :**

C'est la capacité à permettre le passage de la lumière sans trouble ni opacité. Un sirop limpide est celui qui présente une apparence cristalline et transparente, sans présence de particules en suspension ou de turbidité (Sanogo, et al., 2014).

#### **1.2.6.4. Altération et conservation du sirop**

- ✓ Il est important de bien refermer le flacon après utilisation afin de préserver la qualité du sirop et d'éviter toute contamination ou altération. (Boulangier, 2014).
- ✓ Il est indispensable de maintenir les flacons de sirop hors de la portée des enfants pour éviter tout risque d'ingestion accidentelle (Boulangier, 2014).
- ✓ Pour garantir la qualité optimale du sirop, il est essentiel de prévoir une conservation appropriée afin de le protéger des influences néfastes de l'environnement extérieur et de préserver l'intégrité des principes actifs pendant toute la durée de vie du produit. (Guembour et al.,2010).
- ✓ Tout à fait, il est recommandé de bien refermer les flacons contenant le sirop et même d'appliquer une couche de cire ou de paraffine sur le bouchon. Ces bouteilles doivent être correctement séchées et stérilisées pour prévenir toute contamination bactérienne. Cela garantira une conservation optimale du sirop et la préservation de ses propriétés (Guembour et al.,2010).

## ***MATERIEL ET METHODES***

---

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

L'objectif visé est d'abord la formulation d'un sirop antibactérien en utilisant et valorisant des plantes médicinales provenant de régions arides (Adrar) et semi-arides (Laghouat), puis évaluer leurs caractéristiques physicochimiques et leur potentiel inhibiteur de la croissance de bactéries.

Nos expériences se sont déroulées au niveau des laboratoires pédagogiques du département de Biologie ainsi que le laboratoire de recherche « LMAVER- Université Amar Telidji). Les tests antibactériens ont été effectués au niveau du laboratoire vétérinaire régional de Laghouat.

Les sirops ont été obtenus suite à une série de formulations, le nombre d'essai à réaliser étant obtenu grâce à un plan d'expérience. Nous avons, à la fin, réussi à formuler 22 sirops variant selon les différentes concentrations des trois plantes utilisées.

### 2.1. Matériel biologique utilisé

#### 2.1.1. Les plantes médicinales

##### 2.1.1.1. L'espèce *Moringa oleifera* ref

Le Moringa (*Fig. 10*) est un arbre pérenne, à croissance rapide, qui peut atteindre 7 à 12 mètres de hauteur et dont le tronc mesure 20 à 40 cm de diamètre. Elle est originaire des Indes et d'Arabie, elle est cultivée en Afrique et dans les régions tropicales comme Madagascar. Elle a plusieurs appellations à travers le monde :

- Madagascar : ananabo, brède mouroungue
- Inde : horseradish
- Français : ben ailé



Figure 10 : Arbuste de *Moringa oleifera* (<https://mungfali.com>) Figure 9: Arbuste de *Moringa oleifera*

La classification botanique de *Moringa Oleifera* (Laleye et al., 2015) est la suivante :

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Embranchement	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Magnoliopsida(Dicotylédones)
Sous classe	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	Moringa
Espèce	<i>Moringa oleifera</i>

Le *Moringa oleifera* Lam est reconnu comme une culture nutritionnellement importante grâce à ses nombreux bienfaits pour la santé. Présent dans tous les climats tropicaux et subtropicaux, il est connu sous divers noms régionaux comme l'arbre à pilon, le kelor, le marango, le saijhan, entre autres. Le Moringa est apprécié pour sa valeur nutritionnelle élevée et ses composés phytochimiques aux propriétés médicinales. Les parties comestibles de la plante, telles que les feuilles, les racines, les graines, l'écorce, les fruits, les fleurs et les gousses immatures, sont riches en protéines, acides aminés, vitamines, minéraux, antioxydants et autres composés phénoliques. Consommé depuis des siècles et utilisé dans la médecine traditionnelle, le Moringa possède des propriétés antioxydants, antidiabétiques, antibactériennes, antifongiques, anti tumorales, anti-inflammatoires, antiulcéreuses, antispasmodiques, diurétiques, antihypertensives, hépatoprotectrices, antipyrétiques, antiépileptiques, cardioprotectrices et anticholestérolémiantes (Boopathi et Abubakar, 2021).

Toutes ses parties peuvent être utilisées (feuilles, gousses, graines, racines et huiles). Les feuilles fraîches sont riches sels minéraux, vitamines (A, C, B, E), protéines et acides aminés. Les écorces des racines contiennent des alcaloïdes tels que la morginine et la moringinine (stimulant cardiaque). La racine renferme des athomines et des ptéryospermines qui sont des antibiotiques. La graine est riche en matière grasse.

Ces applications en médecine traditionnelle sont innombrables. Nous citons :

- Dysenterie, fièvre et asthme : inciser le tronc de l'arbre et recueillir une petite cuillerée de gomme à mélanger dans 250ml d'eau. Boire en une seule fois.
- Plaies et champignons de la peau ; Laver la peau avec la décoction de l'écorce puis mettre un cataplasme dessus.
- Poudre de feuille sèche : en complément nutritionnel se prend par cuillère à soupe trois fois par jour, mélangé avec le repas.

### 2.1.1.2. L'espèce *Thymus vulgaris*

Le genre *Thymus* est l'un des 220 genres les plus diversifiés au sein de la famille des Lamiacées, avec son centre de diversité principalement situé dans la partie occidentale du bassin méditerranéen. L'espèce *Thymus vulgaris* est un élément emblématique de la flore méditerranéenne, principalement reconnue pour ses qualités aromatiques. Cependant, elle possède également de nombreuses propriétés médicinales (Yakhlef,2010).

Le thym (*Fig. 11*) est une plante aromatique appartenant à la famille des Lamiacées. *Thymus vulgaris*, communément appelé thym des garrigues ou thym de jardin, pousse naturellement sur les coteaux arides de la région méditerranéenne. C'est un sous-arbrisseau touffu, mesurant généralement entre 30 et 50 cm de hauteur, avec des tiges très ligneuses et des feuilles petites et sessiles (Benbouali, 2006).

Le genre *Thymus* compte plus de cinquante espèces différentes, Le thym est l'une des plantes les plus riches en propriétés. Il est utilisé sous forme d'infusion, à partir de ses feuilles et sommités fleuries, ou sous forme d'huile essentielle. Depuis des temps anciens, le thym est l'une des plantes aromatiques les plus couramment employées à des fins thérapeutiques (Benbouali, 2006).



Figure 11 : Feuilles de *Thymus vulgaris* Figure 10 : Feuilles de *Thymus vulgaris*

On peut rencontrer plusieurs appellations

- Nom français : Thym
- Nom anglais : Thyme
- Nom arabe: زعتر
- Nom vernaculaire: Zatar

La classification botanique de thym d'après Mebarki (2010) est la suivante :

Règne	Plantae (végétal)
Embranchement	Spermaphytes (phanérogames)
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Métachlamydées (gamopétales)
Ordre	Tubiflorales
Sous ordre	Verbéninées
Famille	Labiacées (labiées)
Genre	Thymus
Espèce	<i>Thymus vulgaris</i>

Le thym était principalement reconnu pour ses propriétés médicinales dans le traitement des affections respiratoires plutôt que pour son utilisation comme aromate. Actuellement, bien qu'il soit largement utilisé en cuisine, le thym connaît un regain d'intérêt pour ses propriétés médicinales. En Allemagne, son usage thérapeutique est approuvé pour le traitement des symptômes de la bronchite, de la toux sèche et du catarrhe des voies aériennes supérieures. Pour préparer une infusion, on ajoute une cuillère à soupe de feuilles sèches dans de l'eau frémissante. (Niestlé et Delachaux, 2013).

Cette plante présente plusieurs caractéristiques, notamment :

- ✓ Cette plante est reconnue pour ses propriétés antiseptiques, son pouvoir désinfectant cutané, ainsi que son action spasmolytique sur les bronches.
- ✓ En raison de ses propriétés antioxydantes, le thym est employé comme conservateur pour prolonger la durée de conservation des poissons pendant leur stockage (Zeghad, 2012).
- ✓ Les propriétés antivirales, antifongiques, anti-inflammatoires et antibactériennes du thym en font une plante polyvalente aux multiples bienfaits pour la santé. (Arellanes et al., 2006).
- ✓ Traitement des affections urologiques (Arellanes et al., 2006).
- ✓ Traitement des troubles gastro-intestinaux (Beloud, 2001).
- ✓ Le thym est employé dans la cuisine pour son arôme et ses propriétés antimicrobiennes, aidant à prévenir la contamination alimentaire (Mebarki, 2010).

### **2.1.1.3. L'espèce *Salvia officinalis***

La sauge (*Fig. 12*) est une vivace à tige ligneuse à la base, développant parfois un buisson excédant les 80 cm de hauteur, avec des rameaux teintés de vert-blanchâtre. Les feuilles, plutôt grandes et épaisses, affichent une couleur vert-blanchâtre et sont opposées le long de la tige. Les fleurs, de teinte bleu-violacé clair, s'organisent en épis terminaux lâches, disposées en groupes de 3 à 6 en verticilles espacés. La racine de la sauge se

distingue par sa couleur brunâtre et sa texture fibreuse. Les tiges, très ramifiées, mesurent généralement de 20 à 30 centimètres de long. Les feuilles, disposées de manière opposée, sont elliptiques, pétiolées à la base, et présentent une texture rugueuse avec des bords dentelés. Leur surface blanchâtre est recouverte de poils laineux qui leur permettent de persister même pendant l'hiver. Les fleurs, de couleur bleu-rose lilas, sont visibles de mai à août et se regroupent en grands épis situés à la base des feuilles supérieures. Bien que commune en Europe, notamment dans les régions méridionales, la sauge est relativement rare à l'état sauvage (Alloun, 2013).



Figure 12 : sauge officinale **Figure 11: : sauge officinale**

Ses différentes appellations sont :

- Nom scientifique : *Salvia Officinalis*
- Nom vernaculaire : Sâlniya, Mirameya
- Nom français : Sage
- Nom anglais : Garden sage
- Nom arabe : الميرمية

Selon Alloun (2013), La sauge se positionne dans le règne végétal comme suit :

Règne	Plantae (végétal)
Embranchement	Cormophytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Genre	Salvia
Espèce	<i>Salvia officinalis</i> L.

Les sauges ont été utilisées comme plantes aux propriétés médicinales et sanitaires depuis des millénaires. La sauge était souvent incluse dans les mélanges de tisanes recommandés aux patients tuberculeux. En plus de ces usages, les feuilles de sauge (*Salvia officinalis*) présentent toute une gamme d'activités biologiques, telles que des propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales (Bartol et Baricevic, 2000).

La sauge possède des propriétés antioxydantes et un pouvoir antiseptique, ce qui explique son efficacité contre le développement des agents infectieux. Cette plante remarquable est utilisée en gargarisme comme remède contre les maux de gorge (Iserin, 2001).

Ses propriétés antispasmodiques la rendent efficace pour soulager les troubles digestifs comme la digestion laborieuse, les renvois d'air et les ballonnements causés par les gaz intestinaux. De plus, elle a un effet apaisant sur les muscles de l'estomac et des intestins. En stimulant la sécrétion de bile, elle favorise la digestion des aliments gras (Bogrow, 2009).

Les fleurs sont exploitées dans l'industrie alimentaire pour créer des confitures parfumées, des vinaigres aromatisés, et elles servent également à donner une touche d'arôme à la bière, notamment à la sauge (Bhar et al., 2011).

La sauge officinale, largement cultivée dans les jardins, possède des propriétés insectifuges qui aident à repousser le ver du chou, ainsi que des propriétés fongicides qui contribuent à combattre le mildiou de la pomme de terre.

Dans le domaine vétérinaire, La sauge officinale était traditionnellement mélangée à de la graisse de cochon, puis cuite pour créer une pommade utilisée pour traiter les mammites chez les vaches.

### **2.1.2. Les bactéries étudiées**

Nous avons testé l'efficacité des sirops sur trois espèces de bactéries référencées qui sont : *Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853. Ces souches nous ont été fournies par le laboratoire vétérinaire régional de Laghouat.

### **2.2. Matériel et équipement utilisé**

Tout le matériel utilisé pour mener les différentes étapes de ces expériences est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Equipement nécessaire pour la formulation des sirops

Tableau 1: Equipement nécessaire pour la formulation des sirops

Equipement	Verreries	Appareil de mesures
Balance de précision Plaque chauffante Agitateur magnétique Barreau magnétique Autoclave, Etuve, pied à coulis	Béchers de 250mL, erlenmeyer, entonnoir, Micropipette, tubes à essai, seringues. Boîtes de pétri stériles , Pipettes pasteur.	Ph mètre Réfractomètre Pycnomètre Densimètre

### 2.3. Produits chimiques

Ci-dessous les produits utilisés dans la formulation de nos sirops en soulignant le rôle et l'importance de chacun.

#### 2.3.1. Le benzoate de sodium

C'est un agent conservateur couramment utilisé dans la préparation de sirops en tant qu'agent de conservation. Son rôle principal est d'inhiber la croissance de micro-organismes tels que les bactéries et les moisissures, ce qui prolonge la durée de conservation du sirop. L'ajout de benzoate de sodium dans les sirops est une pratique courante dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, car il contribue à maintenir la qualité du produit fini en prévenant la contamination microbienne. Cela est particulièrement important dans les sirops qui contiennent des ingrédients naturels ou des extraits de plantes, car ces composés peuvent être plus sensibles à la détérioration microbologique (*Fig. 13*).

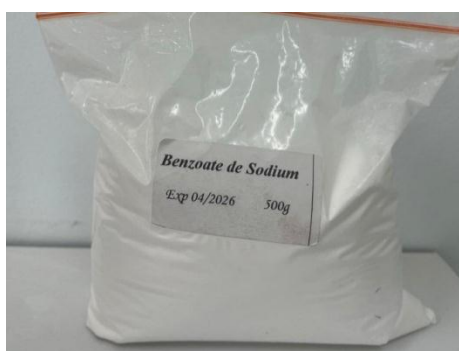


Figure 12: Benzoate de sodium

Figure 13 : Benzoate de sodium (Original, 2024)Figure 13: Benzoate de sodium

#### 2.3.2. Le saccharose

Il peut jouer plusieurs rôles. Tout d'abord, il peut être utilisé comme agent édulcorant pour rendre le sirop plus agréable au goût, ce qui est important car de nombreux ingrédients actifs peuvent avoir un goût désagréable. De plus, le saccharose peut contribuer à la viscosité et à la texture du sirop, ce qui le rend plus épais et plus facile à administrer. Enfin, le saccharose peut également servir de conservateur dans certains sirops, aidant à prolonger leur durée de conservation en inhibant la croissance microbienne. Toutefois, il est important de noter que l'utilisation de saccharose dans les sirops doit être contrôlée, en particulier dans les produits destinés aux personnes souffrant de diabète ou d'autres problèmes de santé liés à la consommation de sucre (Fig. 14).

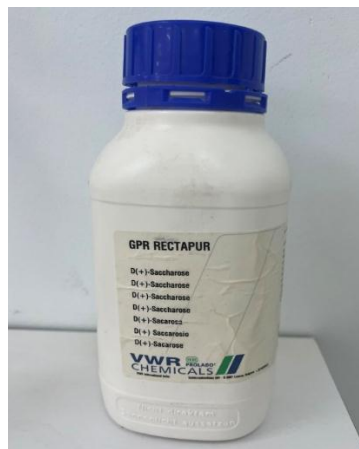


Figure 14 : Le saccharose (Original, 2024)Figure 14: Le saccharose

### 2.3.3. La vitamine E

Il joue un rôle essentiel dans la préparation de sirops en tant qu'agent conservateur. Ses propriétés antioxydants permettent de protéger les sirops contre l'oxydation et le rancissement, contribuant ainsi à prolonger leur durée de conservation en préservant la qualité du produit final. En agissant comme un conservateur naturel, la vitamine E aide à maintenir la stabilité des phases huileuses présentes dans les sirops, évitant ainsi la détérioration des composants sensibles et assurant la sécurité microbiologique du produit.

## 2.4. Protocole expérimental

### 2.4.1. Préparation des plantes

Les feuilles de Moringa ont été récoltés le 27 février 2024 dans la wilaya de Adrar. Nous nous sommes octroyer le reste des plantes.

Une fois au laboratoire, les feuilles sont isolées et séchées à l'ombre afin de réduire la perte de vitamines, notamment la vitamine A. Et ce, dans un endroit bien aéré pendant une

période de 8 à 10 jours. Par la suite, elles sont conservées dans des sacs propres jusqu'à leur utilisation ultérieure (Fig 15).



Figure 15 : Préparation des plantes médicinales récoltées (Original, 2024) **Figure 15: Préparation des plantes médicinales récoltées**

#### 2.4.2. Préparation des sirops

Plusieurs fractions de plantes médicinales ont été utilisé de manière à toujours obtenir 5% de matière active dans nos formules. Le tableau 2 expliquent ces rapports et mélanges de plantes. Nous avons pu formuler 11 formules au départ. Les plantes pesées sont mises dans de l'eau bouillante et laissée reposer 60 minutes.

Les mêmes étapes sont répétées en changeant uniquement le temps de macération à 24 heures. Ce qui nous donne un nombre total de 22 sirops.

La composition exacte des sirops est la suivante :

- 94.5g d'eau minérale bouillie
- 5g de plantes
- 5g de sucre
- 0.2g de benzoate de sodium
- 0.1 g de Xanthane gomme
- 0.2g de vitamine E

Tableau 2 : Proportions de plantes et temps de macération pour les 22 sirops

**Tableau 2: Proportions de plantes et temps de macération pour les 22 sirops**

	Moringa (g)	Thym (g)	Sauge (g)	Temps de macération	
1	5	/	/	60 minutes	24 heures
2	3	1	1		
3	2	1.5	1.5		
4	1	2	2		
5	2.5	2.5	/		
6	2.5	/	2.5		

7	/	2.5	2.5		
8	4	1	/		
9	4	/	1		
10	/	5	/		
11	/	/	5		

Les étapes de fabrication des sirops sont présentées dans le schéma suivant (Fig. 16).

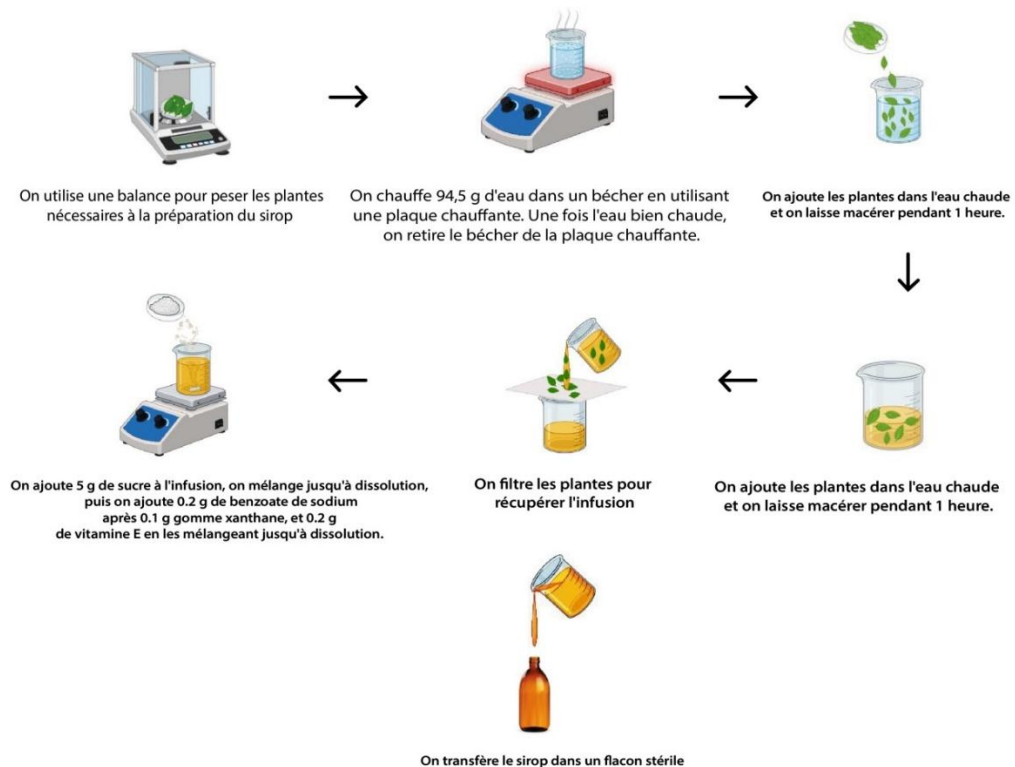


Figure 16: Etapes de préparation des sirops

Figure 16 : Etapes de préparation des sirops Figure 17: Etapes de préparation des sirops

### 2.4.3. Contrôle de la qualité physicochimique des sirops

#### 2.4.3.1. Détermination du pH

La mesure du pH est effectuée à l'aide d'un papier ph de la marque FISHERBRAND PH METER.

#### 2.4.3.2. Détermination de la densité

La densité d'une substance représente le rapport entre la masse d'un volume et la masse d'un volume similaire d'eau à la même température. Cette mesure est réalisée au moyen d'un pycnomètre (Fig. 17).

- Peser le pycnomètre vide

- On pèse le pycnomètre rempli par le produit à analyse

La densité est déterminée selon la formule suivante :

$$D = (M2 - M0) / (M1 - M0)$$

d : la densité du produit.

M0 : le poids du pycnomètre vide.

M1 : le poids du pycnomètre rempli par l'eau distillée.

M2 : le poids du pycnomètre rempli par le produit

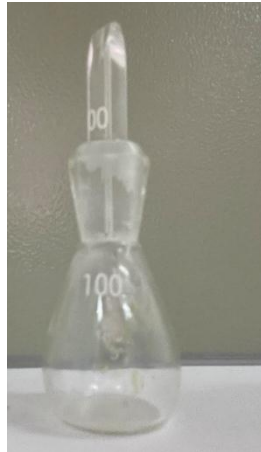


Figure 17 : Pycnomètre à vide (Original, 2024) Figure 18: Pycnomètre à vide

### 2.4.3.3. La détermination du sucre

La mesure du sucre est effectuée à l'aide d'un réfractomètre de la marque MASTER REFRACTOMETRE MANUAL (High Quality). Le réfractomètre de sucre fonctionne en mesurant la réfraction de la lumière à travers la solution sucrée.

### 2.4.4. Evaluation de l'effet antibactériens des sirops

#### 2.4.4.1. Préparation des milieux de culture

La préparation du milieu de culture est une étape essentielle en microbiologie, car elle permet de créer un environnement spécifique qui favorise le développement et la croissance des microorganismes étudiés en laboratoire.

Pour préparer le milieu de culture Mueller-Hinton on a dissoudre 21 grammes de la Mueller-Hinton Broth et 15 grammes de poudre d'Agar Agars dans un litre d'eau distillé, puis agiter et porter la solution jusqu'à ébullition et dissolution complète des particules. Le milieu de culture ainsi prêt est autoclavé pendant 15 minutes à 121°C (Fig 18).

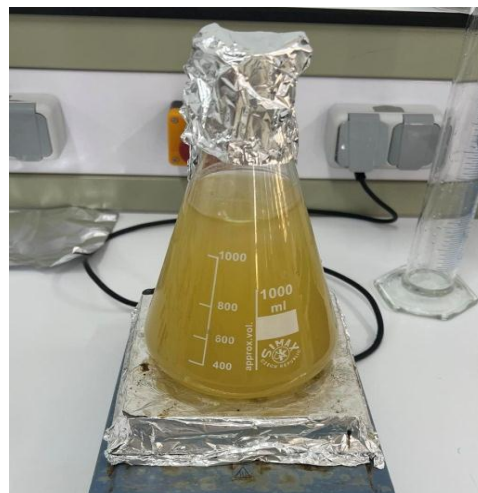


Figure 18 : Préparation des milieux de culture (Original, 2024) Figure 19: Préparation des milieux de culture

#### 2.4.4.2. Tests antibactériens

- On allume le bec Bunsen pour stériliser le matériel. On passe la pipette Pasteur à travers la flamme pour la stériliser.
- Ensuite, on prélève délicatement une colonie de bactéries avec cette pipette stérile. On tient la pipette fermement, en veillant à ne pas toucher d'autres surfaces, puis on la plonge dans un tube contenant 10 ml d'eau physiologique stérile. On introduit la colonie de bactéries dans le liquide clair.
- Pour assurer une bonne homogénéisation, on place le tube sur un agitateur de tubes. La machine vibre doucement, mélangeant les bactéries avec l'eau jusqu'à obtenir une suspension uniforme. On vérifie ensuite la densité de cette suspension avec un densimètre. La densité doit atteindre 0.5 sur l'échelle de McFarland.
- Avec un écouvillon stérile, on prélève une petite quantité de cette suspension. On l'applique ensuite sur la surface d'une boîte de Pétri contenant un milieu de culture. En mouvements doux mais assurés, on ensemence uniformément toute la surface de la boîte.
- Ensuite, on prend des disques stériles à l'aide d'une pince stérile, passée au four Pasteur si nécessaire. On place soigneusement les disques stériles sur la surface ensemencée de la boîte de Pétri.

- On utilise une micropipette pour prélever 20 µl de sirop antibactérien. On dépose les 20 µl de sirop au centre des disques stériles dans la boîte de Pétri.
- Enfin, on place les boîtes de Pétri dans une étuve à 37°C pendant 24 heures. Après ce délai, on observe les boîtes de Pétri et on mesure les zones d'inhibition autour des disques, indiquant l'efficacité antibactérienne du sirop.

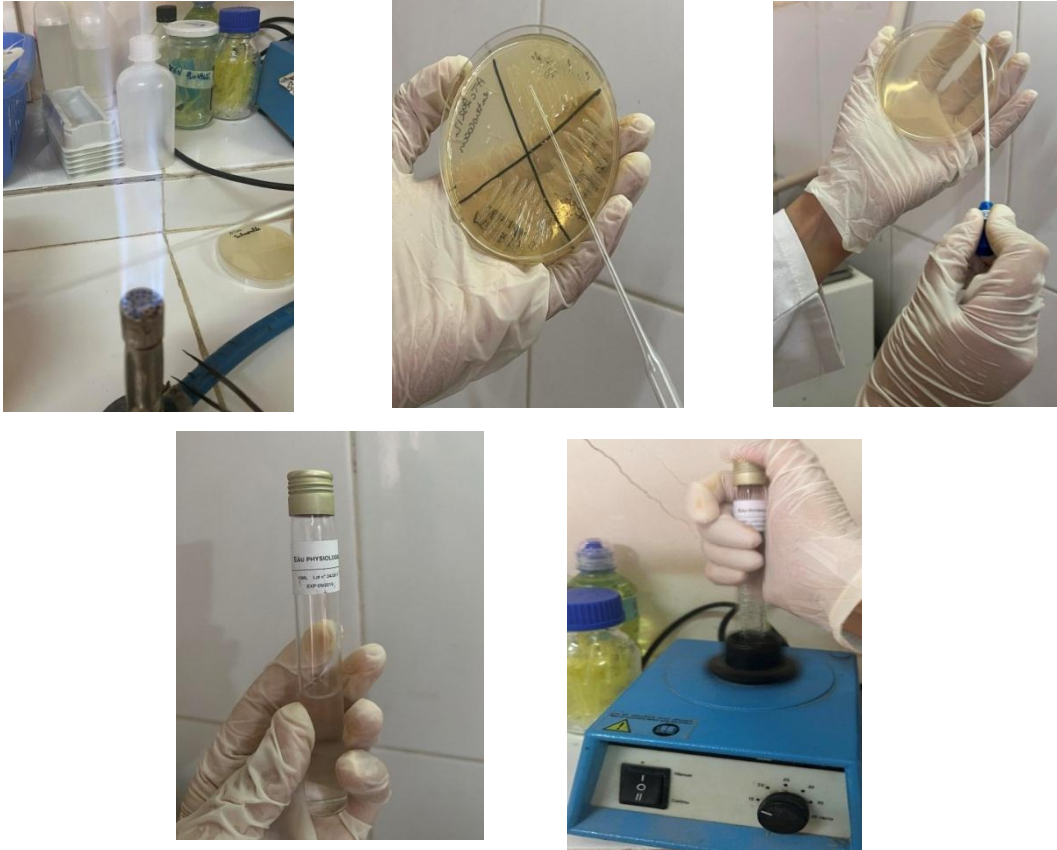


Figure 20: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri Figure 21: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri (Original, 2024)Figure 20: Ensemencement et préparation des boîtes de pétri



Figure 22: Méthode des disques et incubation (Original, 2024)Figure 22: Méthode des disques et incubation

## ***RESULTATS ET DISCUSSION***

---

**CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

**3.1. Présentation des résultats**

**3.1.1. Représentations des contrôles physico-chimiques des sirops**

Les contrôles physico-chimiques des sirops ont été effectués pour évaluer la qualité et la stabilité des produits préparés. Les paramètres analysés incluent la densité, le pH, la viscosité, et la teneur en sucres totaux. Ces mesures permettent de vérifier la conformité des sirops aux normes pharmaceutiques et d'identifier toute variation potentielle due aux différentes méthodes de préparation.

Le tableau ci-dessous présente les résultats détaillés des contrôles physico-chimiques pour chaque sirop élaboré selon les protocoles P1 à P11, avec des durées de macération de 1 heure et 24 heures

Tableau 3 : Résultats des contrôles physico-chimiques des Sirops de macération 1heure

Tableau 3: Résultats des contrôles physico-chimiques des Sirops de macération 1heure

N °	Réfractométrie (%)	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	pH	Aspect/Couleur
1	16	0.75	6	Homogène / Marron clair
2	18	0.85	6	Homogène/ Marron foncé
3	17	0.92	5.5	Homogène /Marron foncé
4	14	0.78	6	Homogène /Marron foncé
5	14	0.65	6	Homogène/ Ambré clair/
6	14	0.95	5.5	Homogène Ambré clair
7	13	0.72	5.5	Homogène/ Marron foncé
8	14	0.88	5.5	Homogène/ Marron foncé
9	15	0.82	6	Homogène/ Marron foncé
10	13	0.93	6	Homogène /Marron foncé
11	14	0.71	6	Homogène/ Marron sombre

Ces données permettent d'identifier les variations dans les propriétés physico-chimiques des sirops en fonction des différents protocoles de macération, on peut observer que le protocole P3, avec une densité de  $0.92 \text{ g/cm}^3$ , produit un sirop plus dense et visqueux comparé aux autres protocoles. Le pH varie légèrement entre 5.5 et 6, ce qui pourrait influencer la stabilité du sirop et son activité antimicrobienne.

Tableau 04 : : Résultats des contrôles physico-chimique des Sirops de macération 24 H

Tableau 4: Résultats des contrôles physico-chimique des Sirops de macération 24 H

N° du sirop	Réfractométrie (%)	Densité ( $\text{g/cm}^3$ )	pH	Aspect/Couleur
1	15	1.10	6	Homogène Marron clair
2	15	1.05	6	Homogène Marron foncé
3	18	1.00	6	Homogène Marron foncé
4	18	1.08	5.5	Homogène Marron foncé
5	14	1.03	6	Homogène Ambré clair
6	14	0.95	6	Homogène Ambré clair
7	13	1.06	6	Homogène Marron foncé
8	13	1.00	6	Homogène Marron foncé
9	15	0.98	6	Homogène Marron foncé
10	15	1.04	6	Homogène Marron foncé
11	14	0.97	6	Homogène Marron sombre

Ces données révèlent les variations des propriétés physico-chimiques des sirops en fonction des différents protocoles de macération. Par exemple, le protocole P8, avec une densité de  $1,00 \text{ g/cm}^3$ , produit un sirop plus dense et visqueux par rapport aux autres protocoles. Le pH, qui varie légèrement entre 5,5 et 6, pourrait affecter la stabilité du sirop et son activité antimicrobienne.

L'analyse des sucres totaux indique une teneur relativement constante, mais des variations mineures peuvent avoir un impact sur la douceur et la conservation du sirop. Ces résultats sont essentiels pour optimiser les protocoles de préparation et garantir la qualité uniforme des sirops produits.

En ce qui concerne l'étude de la stabilité, un problème est apparu : après un mois, une dégradation du produit a été constatée, accompagnée de l'apparition d'une masse visqueuse semblable à un nuage. En revanche, les produits des protocoles P10, P11, P7, P5 et P6, correspondant aux sirops macérés pendant 24 heures, sont restés stables. **Voir Annexe1** pour plus de détails.

Le travail sur les sirops antibactériens s'est déroulé dans un environnement de laboratoire dynamique et diversifié, où les activités de recherche étaient menées par des étudiants spécialisés dans différents domaines de la microbiologie. Les étudiants travaillaient sur des projets impliquant des champignons, des parasites et des bactéries, créant ainsi un cadre de recherche riche en échange de connaissances et de techniques. Cette proximité avec des recherches variées a permis une contamination croisée potentielle, mais elle a également enrichi les discussions scientifiques et favorisé un environnement collaboratif. Toutes les manipulations des sirops antibactériens ont été réalisées en respectant strictement les protocoles de stérilité pour minimiser les risques de contamination et garantir la fiabilité des résultats obtenus.

### 3.1.2. Activité antibactérienne

Nous avons utilisé la méthode des disques pour évaluer qualitativement l'activité antimicrobienne de nos sirops sur quatre souches bactériennes. Cette évaluation a été réalisée en mesurant les diamètres des zones d'inhibition en millimètres.

Les diamètres des zones d'inhibition(D) de la croissance microbienne sont classés en 5 Classes.

- ☒ Fortement inhibitrice lorsque :  $D \geq 28$  mm de la zone d'inhibition (+++)
- ☒ Modérément inhibitrice lorsque :  $28 \text{ mm} > D > 16$  mm de la zone d'inhibition (++)
- ☒ Légèrement inhibitrice lorsque :  $16 \text{ mm} > D > 10$  mm de la zone d'inhibition(+)
- ☒ Non inhibitrice lorsque :  $D < 10$  mm de la zone d'inhibition(-)

Tableau 5: Transcription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés (Yakhlef G., 2011 ;Naeini A., 2009) (Duraffourd C., 1990)

Tableau 5: Transcription des diamètres d'inhibition des disques imprégnés

Diamètres(D) de la zone d'inhibition (mm)	Transcription	Sensibilité du germe
$D \geq 28$ mm	+++	Extrêmement sensible
$28 \text{ mm} > D > 16$ mm	++	Très sensible
$16 \text{ mm} > D > 10$	+	Sensible
$D < 10$ mm	-	Résistant

La mesure de la zone d'inhibition consiste à déterminer le diamètre de la zone autour d'un disque imprégné d'un antimicrobien, où les bactéries ne parviennent pas à croître. Cette mesure, exprimée en millimètres, permet d'évaluer l'efficacité de l'antimicrobien testé contre les bactéries spécifiques.

Dans cette partie de ce chapitre III, nous présentons les résultats des tests antibactériens effectués sur les souches bactériennes (ATCC 43300) *Staphylococcus aureus*, (ATCC 27853) *Pseudomonas aeruginosa*, et (ATCC 25922). *Escherichia coli* Les tests ont été réalisés en appliquant 11 protocoles différents de macération des extraits de plantes, avec des durées de macération de 1 heure et de 24 heures.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité antibactérienne des sirops préparés et de déterminer l'impact du temps de macération sur cette efficacité. Les résultats obtenus pour chaque type de bactérie et chaque condition de macération sont présentés dans cette section. Les zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop servent d'indicateurs de l'activité antibactérienne. Une discussion approfondie des résultats suit, mettant en lumière les différences observées entre les divers protocoles et les implications de ces résultats pour l'optimisation des méthodes de préparation des sirops antibactériens.

### 3.1.3. Résultats des tests de sensibilité des sirops

Des tests de sensibilité des sirops selon les protocoles P1 à P11 (après une macération de 1 heure) ont été réalisés afin d'interpréter les résultats de manière plus approfondie. Le Tableau 06 montre les zones d'inhibition en millimètres pour chaque souche bactérienne, en utilisant les sirops à une concentration de 20 µl. Les résultats illustrent l'effet distinct de chaque sirop sur chaque souche bactérienne. **Voir Annexes (2.3.4).**

**Tableau 6 : Résultats des Tests Antibactériens - Macération 1 Heure**

Tableau 6: Résultats des Tests Antibactériens - Macération 1 Heure

N°	Ingrédients Principaux	<i>E. coli</i> (mm)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (mm)	<i>Staphylococcus aureus</i> (mm)
1	5g moringa	22.98	8.48	12.90
2	3g moringa 1g sauge 1g thym	----	9.82	---
3	2g moringa 1.5g thym 1.5g sauge	15.84	20.53	16.43
4	1g moringa 2g thym 2g sauge	14.29	8.68	11.38
5	2.5g moringa 2.5g thym	11.27	12.94	14.01
6	2.5g moringa 2.5g sauge	---	16.34	11.57
7	2.5g thym 2.5g sauge	---	12.99	22.76
8	4g moringa 1g thym	13.63	12.19	17.37
9	4g moringa 1g sauge	17.32	12.48	18.37
10	5g thym	14.22	9.21	14.98

11	5g sauge	18.34	12.30	16.09
----	----------	-------	-------	-------

Les résultats des tests de sensibilité antibactérienne des sirops après une macération d'une heure montrent des variations significatives en fonction des ingrédients principaux et de leurs combinaisons. Les zones d'inhibition, mesurées en millimètres, permettent d'évaluer l'efficacité de chaque sirop contre trois souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, et *Staphylococcus aureus*./

**Efficacité contre *Escherichia coli* :**

- **Le sirop n° 1**, contenant 5g de moringa, présente la plus grande zone d'inhibition avec 22.98 mm, indiquant une forte activité antibactérienne contre *E. coli*.
- **Les sirops n° 11 et n° 9**, contenant respectivement 5g de sauge et une combinaison de 4g de moringa et 1g de sauge, affichent également une bonne efficacité avec des zones d'inhibition de 18.34 mm et 17.32 mm.
- **Les sirops n° 5 et n° 8** montrent une efficacité intermédiaire avec des zones d'inhibition de 11.27 mm et 13.63 mm.

**Efficacité contre *Pseudomonas aeruginosa* :**

- **Le sirop n° 3**, composé de 2g de moringa, 1.5g de thym et 1.5g de sauge, présente la plus grande zone d'inhibition avec 20.53 mm, indiquant une forte activité antibactérienne contre cette souche.
- **Le sirop n° 6**, avec une combinaison de 2.5g de moringa et 2.5g de sauge, montre également une bonne activité avec une zone d'inhibition de 16.34 mm.
- **Les sirops n° 7, n° 9 et n° 8** affichent une efficacité moyenne avec des zones d'inhibition variant autour de 12 à 13 mm.

**Efficacité contre *Staphylococcus aureus* :**

- **Le sirop n° 7**, contenant 2.5g de thym et 2.5g de sauge, montre la plus grande zone d'inhibition avec 22.76 mm, indiquant une forte activité antibactérienne contre cette souche.
- **Les sirops n° 9 et n° 8** présentent également une bonne efficacité avec des zones d'inhibition de 18.37 mm et 17.37 mm.
- **Les sirops n° 1, n° 3 et n° 5** montrent une efficacité moyenne avec des zones d'inhibition variant de 12.90 mm à 16.43 mm.

Les résultats mettent en évidence l'efficacité variable des sirops contre les différentes souches bactériennes testées. Les combinaisons d'ingrédients, en particulier le moringa, le thym et la sauge, semblent jouer un rôle crucial dans l'activité antibactérienne des sirops.

Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes d'action et optimiser l'efficacité des formulations.

Des tests de sensibilité des sirops, préparés selon les protocoles P1 à P11 après une macération de 24 heures, ont été réalisés pour une interprétation détaillée des résultats. Le tableau ci-dessous présente les zones d'inhibition, mesurées en millimètres, pour chaque souche bactérienne en utilisant les sirops à une concentration de 20 µL. Les résultats mettent en évidence l'effet spécifique de chaque sirop sur chaque souche bactérienne. **Voir Annexe(5.6.7).**

**Tableau 7: Résultats des Tests Antibactériens - Macération 24 Heures**

Tableau 7: Résultats des Tests Antibactériens - Macération 24 Heures

<i>N° du Sirop</i>	<i>Ingrédients Principaux</i>	<i>E. coli (mm)</i>	<i>Staphylococcus aureus (mm)</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa(mm)</i>
<b>1</b>	5g moringa	11.43	20.17	14.97
<b>2</b>	3g moringa 1g thyme 1g sauge	11.57	25.00	13.22
<b>3</b>	2g moringa 1.5g thyme 1.5g sauge	26.45	25.73	13.90
<b>4</b>	1g moringa 2g thym 2g sauge	11.39	11.71	14.51
<b>5</b>	2.5g moringa 2.5g thym	13.62	18.55	11.61
<b>6</b>	2.5g moringa 2.5g sauge	20.71	25.74	12.29
<b>7</b>	2.5g thym 2.5g sauge	12.49	29.56	11.59
<b>8</b>	4g moringa 1g thym	15.86	12.51	11.73
<b>9</b>	4g moringa 1g sauge	9.72	12.23	15.52
<b>10</b>	5g thym	16.05	10.73	18.54
<b>11</b>	5g sauge	20.34	15.52	14.94

Les résultats des tests de sensibilité antibactérienne des sirops après une macération de 24 heures montrent une diversité significative dans l'efficacité contre différentes souches bactériennes, notamment *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, et *Pseudomonas aeruginosa*.

### **Efficacité contre *Escherichia coli* :**

- **Le sirop n° 3** présente la plus grande zone d'inhibition contre *E. coli*, avec 26.45 mm, suivi par **les sirops n° 6 et n° 11** avec des valeurs de 20.71 mm et 20.34 mm respectivement.
- **Les sirops n° 5 et n° 10** montrent également une efficacité notable avec des zones d'inhibition de 13.62 mm et 16.05 mm.

### **Efficacité contre *Staphylococcus aureus* :**

- **Les sirops n° 6 et n° 7** montrent une efficacité remarquable contre *S. aureus*, avec des zones d'inhibition de 25.74 mm et 29.56 mm respectivement.
- **Le sirop n° 3** montre également une activité significative avec une zone d'inhibition de 25.73 mm.

### **Efficacité contre *Pseudomonas aeruginosa***

- **Le sirop n° 10** affiche la plus grande zone d'inhibition contre *Pseudomonas aeruginosa*, avec 18.54 mm, suivi par **les sirops n° 1 et n° 11** avec des valeurs de 14.97 mm et 14.94 mm respectivement.
- **Les sirops n° 5 et n° 7** présentent une faible efficacité avec des zones d'inhibition de 11.61 mm et 11.59 mm.

Les résultats révèlent une diversité d'activité antibactérienne parmi les sirops, en fonction des diverses combinaisons d'ingrédients. Les formulations incluant du moringa, du thym et de la sauge montrent une efficacité significative contre les souches bactériennes testées. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre en profondeur les mécanismes d'action et améliorer l'efficacité des formulations.

Les tests de sensibilité antibactérienne réalisés sur les sirops, tant après une macération de 1 heure que de 24 heures, mettent en évidence une diversité d'activités antibactériennes en fonction des combinaisons d'ingrédients utilisées. Les principaux résultats sont les suivants :

### **Efficacité contre *Escherichia coli* :**

- Après une macération de 1 heure, les sirops n° 1 et n° 11, riches en moringa et sauge, ont montré les plus grandes zones d'inhibition.
- Après une macération de 24 heures, le sirop n° 3 (moringa, thym, sauge) a montré la plus forte activité, suivi des sirops n° 6 et n° 11.

#### **Efficacité contre *Staphylococcus aureus* (Staph.a) :**

- Les sirops n° 6 et n° 7, contenant des combinaisons de thym et sauge, ont montré une activité particulièrement élevée après une macération de 24 heures.
- Le sirop n° 3 a également montré une bonne efficacité après les deux durées de macération.

#### **Efficacité contre *Pseudomonas aeruginosa* :**

- Les sirops n° 10 et n° 11 ont montré les meilleures performances après une macération de 24 heures.
- Le sirop n° 3 a également montré une activité modérée après les deux durées de macération.

Les résultats révèlent une diversité d'activité antibactérienne parmi les sirops, en fonction des diverses combinaisons d'ingrédients. Les formulations incluant du moringa, du thym et de la sauge montrent une efficacité significative contre les souches bactériennes testées. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre en profondeur les mécanismes d'action et améliorer l'efficacité des formulations.

Les résultats des tests de sensibilité antibactérienne fournissent des informations cruciales sur l'efficacité des sirops préparés. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les formulations, comprendre les mécanismes d'action et garantir la stabilité des produits, afin de développer des sirops antibactériens efficaces et fiables pour une utilisation future.

Les directives des HUG sont comparables aux pratiques observées dans d'autres institutions de santé internationales. La British National Formulary (BNF) recommande des durées de conservation similaires pour les formulations avec et sans conservateurs. De même, l'American Society of Health-System Pharmacists (ASHP) suggère des durées de conservation qui varient en fonction de la présence de conservateurs et des conditions de stockage. Les durées de conservation après ouverture influencent directement la gestion des stocks de médicaments et la pratique clinique. Pour les formulations sans conservateurs, les

pharmacies hospitalières doivent préparer des quantités appropriées pour minimiser le gaspillage. Pour les formulations avec conservateurs, la gestion est plus flexible, permettant un stockage plus long et une utilisation plus étendue.

La conservation des formes orales médicinales après ouverture est une question complexe nécessitant des directives claires et adaptées. Les pratiques des HUG, basées sur la présence de conservateurs, offrent un cadre efficace pour garantir la sécurité et l'efficacité des médicaments. Toutefois, une sensibilisation continue et une formation adéquate des patients et des soignants sont essentielles pour maximiser les bénéfices de ces directives.

### 3.2. Discussion

L'optimisation des préparations de sirops antibactériens à base de moringa, thym, et sauge repose sur une compréhension approfondie des interactions entre leurs composés actifs. Le moringa est riche en isothiocyanates, flavonoïdes et acides phénoliques, qui ont montré une activité antibactérienne significative contre diverses souches bactériennes. (**Bardi et al., 2015**). Le thym, quant à lui, contient des huiles essentielles puissantes comme le thymol et le carvacrol, connus pour leurs propriétés antibactériennes en perturbant les membranes cellulaires des bactéries (**Ait et Ait, 2017**). La sauge, avec ses huiles essentielles telles que le thujone et le camphre, possède également des propriétés antimicrobiennes notables. (**Benkherara et al., 2011**) Les études montrent que la combinaison de ces plantes peut entraîner un effet synergique, où l'efficacité antibactérienne globale du sirop est supérieure à la somme des effets individuels des plantes. Par exemple, les isothiocyanates du moringa peuvent inhiber certaines enzymes bactériennes, rendant les bactéries plus vulnérables aux actions perturbatrices des composés du thym et de la sauge. Pour optimiser ces synergies, il est crucial de déterminer les proportions idéales des extraits de chaque plante et de choisir des méthodes d'extraction qui préservent les composés actifs. Des tests *in vitro* et *in vivo* sont nécessaires pour identifier les combinaisons les plus efficaces. En comprenant et en exploitant ces interactions, il est possible de développer des sirops antibactériens naturels et puissants, offrant une alternative prometteuse aux traitements antibactériens conventionnels.

Il est intéressant de noter que plusieurs produits de sirop Ladrome, notamment ceux contenant du thym et de la sauge, ont rencontré un succès notable grâce à la combinaison synergique de ces plantes. Par exemple, le sirop Ladrome au thym et à la sauge est devenu

populaire pour ses propriétés bénéfiques en tant qu'antibactérien. La synergie entre le thym et la sauge permet d'offrir un soutien efficace contre les infections bactériennes.

Des utilisateurs ont rapporté une amélioration rapide de leurs symptômes après avoir utilisé ce sirop, soulignant son efficacité pour combattre les infections bactériennes, renforcer le système immunitaire et favoriser une récupération plus rapide lors de maladies causées par des bactéries. Cette réussite témoigne de l'importance de comprendre et d'exploiter les interactions entre les composés actifs des plantes pour développer des produits naturels efficaces pour la santé et le bien-être.

En principe, les sirops ont des dates de validité relativement courtes après reconstitution, alors que la majorité des gouttes, solutions et sirops peuvent être conservés 2 mois après ouverture. <https://pharmacie.hug.ch/.2023>

En médecine traditionnelle les préparations liquides destinées à la voie orale ou sirops sont généralement fabriqués en faisant recours à des produits naturels ou chimiques pour mieux les conserver. Nos investigations préliminaires ont montré que les tradipraticiens de santé (TPS) utilisent la préparation à chaud, des conservateurs naturels (substances minérales et plantes à essence) et chimiques. Ainsi pour contribuer à la documentation de ce secteur le présent travail avait pour but de conserver des sirops à base de plantes médicinales en utilisant des plantes à essence et des techniques traditionnelles simples et économiques pour les tradipraticiens de santé. Les sirops sont des préparations liquides fortement visqueuses à cause de leur forte richesse (2/3 de leur poids) en sucre. Cette proportion en sucre assure leur conservation sous certaines conditions. Tous nos sirops préparés à chaud présentaient une densité de 1,32 à la température de 20 °C soit une concentration de 65,01 %. Les couleurs des sirops variaient selon la nature des ingrédients ajoutés au sirop simple. La bonne conservation des sirops dépend de la procédure de préparation utilisée. Tel que présenté, il semble que l'appertisation seule suffirait (**Déno, et al., 2021**).



### CONCLUSION

L'objectif de notre travail consistait à étudier l'activité des plantes médicinales vis-à-vis les souches antibactériennes. Nous nous sommes intéressés aux effets antimicrobiens des extraits de plantes de *Thymus vulgaris*, *Salvia officinalis*, *Moringa oleifera* les plants largement utilisées en médecine traditionnelle à travers le monde.

Des extraits de ces plantes ont été préparés, l'effet antibactérien a été réalisé sur *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, L'ensemble des résultats obtenus in vitro ont marqué un pouvoir antibactérien chez les bactéries à Gram positives *Staphylococcus aureus* et chez les bactéries à Gram négative *Escherichia Coli* et *Pseudomonas aeruginosa*.

L'inhibition de la croissance de *Escherichia Coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* par l'extrait des sirops indique sa possible utilisation comme antibactérien.

Les résultats de l'étude montrent que les sirops contenant du moringa, du thym et de la sauge présentent une efficacité notable contre les différentes souches bactériennes évaluées.

La durée de macération joue également un rôle crucial dans leur activité antibactérienne.

Cependant, pour une compréhension approfondie des mécanismes d'action et pour maximiser l'efficacité des formulations, des études supplémentaires sont requises. Cela comprendra des investigations approfondies sur les interactions entre les ingrédients actifs, la stabilité à long terme des sirops, ainsi que leur efficacité dans des essais in vivo.

Ces recherches futures permettront d'améliorer les formulations des sirops antibactériens, les rendant potentiellement plus efficaces et fiables pour des applications thérapeutiques.

Il est envisageable d'explorer leur utilisation potentielle en tant qu'agents antibactériens. Étant donné la biodiversité considérable de notre pays, chaque plante se distingue par un large éventail de métabolites secondaires dotés de propriétés thérapeutiques et pharmacologiques uniques, qui requièrent une exploration approfondie par la recherche.

Dans cette optique, nous proposons les perspectives suivantes :

- ✓ Il serait bénéfique de poursuivre une recherche approfondie sur l'activité antimicrobienne en examinant d'autres bactéries pathogènes, afin de vérifier la capacité effective des divers extraits à agir contre ces agents pathogènes.
- ✓ Il est recommandé de diriger les efforts de recherche scientifique vers la réalisation d'études approfondies et complémentaires sur l'activité antibactérienne des composés polyphénoliques en général .

### Références bibliographiques

1. Adouane, S. (2016). Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
2. Aguilar, C. N., Rodríguez, R., Gutiérrez-Sánchez, G., Augur, C., Favela-Torres, E., Prado-Barragan, L. A., ... & Contreras-Esquivel, J. C. (2007). Microbial tannases: Advances and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*, 76, 47-59.
3. Ait Fella, D., & Ait Issad, H. (2017). Caractérisation et optimisation de la formulation d'un sirop pharmaceutique à base d'extrait de thym: Extraction et caractérisation de l'HE de thym (Doctoral dissertation, UMMTO).
4. Ali-dellile L. (2013). Les plantes médicinales d'Algérie. Berti Edition Alger.
5. Allon, K. (2013). Composition chimique et activités antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de l'aneth (*Anethum graveolens* L.), de la sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la rue des montagnes (*Ruta montana* L.) (Mémoire de magister, Alimentation et Nutrition, École Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach Alger).
6. Anne-Sophie Limonier. (2018). La phytothérapie de demain : Les plantes médicinales au cœur de la pharmacie. Sciences pharmaceutiques. ffdumas-01840619f.
7. Akharaiyi, F. C., & Boboye, B. (2010). [Title of the article]. *Journal of Natural Products*, 3(3), 27-34.
8. Bardi, O., Fanni, S., & Sidamar, A. (2015). Les caractéristiques physicochimiques et biochimiques de poudre de feuilles du *Moringa oleifera* (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draia-ADRAR).
9. Baricevic, D., & Bartol, T. (2000). Pharmacology: The biological/pharmacological activity of the *Salvia* genus. In E. K. Spiridon (Ed.), *SAGE: The genus Salvia* (pp. 143-184). Athens, Greece: Overseas Publishers Association.
10. Belila, S., & Ounis, Z. (2018). Contribution à l'étude phytochimique et biologique des plantes médicinales.
11. Beloud, A. (2001). Plantes médicinales d'Algérie. Ed. Office des Publications Universitaires.
12. Benbouali, M. (2006). Valorisation des extraits de plantes aromatiques et médicinales de: "*Mentha rotundifolia* & *Thymus vulgaris*" (Mémoire de magister, Génie Chimique, Université Hassiba Ben Bouali – Chlef).
13. Benkherara, S., Bordjiba, O., & Djahra, A. B. (2011). Étude de l'activité antibactérienne des huiles essentielles de la Saugue officinale: *Salvia officinalis* L.

- sur quelques entérobactéries pathogènes. Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 23, 72-80.
14. Benslama, A. (2016). Substances d'origine végétale. Université Mohamed Khider-Biskra.
  15. Benzeggouta, N. (2015). Évaluation des effets biologiques des extraits aqueux de plantes médicinales seules et combinées.
  16. Bhar, H., & Balouk, A. (2011). Les plantes aromatiques et médicinales. Centre de Recherche Forestière et Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques, Maroc.
  17. Boissière, M. (2018). Consommation des plantes médicinales par les patients suivis en cabinet de médecine générale à La Réunion: Expériences, représentations et ressentis des patients dans le cadre de la communication médecin-patient. Diplôme d'État de docteur en médecine, Université de Bordeaux.
  18. Boopathi, N. M., & Abubakar, B. Y. (2021). Botanical Descriptions of Moringa spp. The Moringa Genome, 11-20.
  19. Boucenane, K. (2018). Étude de processus de fabrication et de contrôle qualité d'une forme liquide, sirop antitussif Eupnex. Mémoire de Master, Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie.
  20. Bouchicha, C., Aoujfer, B., & Guembour, Y. (2008). Le contrôle de la qualité physico-chimique et pharmaceutique de l'appareil respiratoire: Cas de salbutamol et la Bromhexine. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'État en Biologie Moléculaire et Cellulaire, Option: Contrôle de Qualité et Analyses, Université de Jijel.
  21. Boudjemai, S. (2016). Étude de l'effet de l'acide sorbique sur les propriétés physico-chimiques du sirop à base de cyprohéptadine 0,04%. Doctoral dissertation, UMMTO.
  22. Boudjouref, M. (2011). Étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Biochimie, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.
  23. Bougrow, S. (2009). Reconnaître les champignons, les plantes et baies sauvages. E/P/A.
  24. Bouzabata, A. (2015). Contribution à l'étude d'une plante médicinale et aromatique *Myrtus communis* L. Doctoral dissertation, Faculté de Médecine, Université Badji-Mokhtar, Annaba, Algérie.
  25. Betti, J. L. (2002). Medicinal plants sold in Yaoundé markets, Cameroon. African Study Monographs, 23(3), 47-64.
  26. Boulanger, T. (2014). Les Formes Pharmaceutiques et les voies d'administration en Pharmacologie Galénique. September.

27. Chabrier, J. Y. (2010). Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie.
28. Darie, M. (2020). Œil, collyres et conservateurs: Le chlorure de benzalkonium, conséquences et alternatives de conservation des collyres à usage domestique.
29. Définitions : sirop - Dictionnaire de français Larousse en ligne. Récupéré sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sirop/72935>
30. Delachaux, Niestlé. (2013). 500 plantes comestibles: Histoires botanique alimentation. P. 272.
31. Djaffer Abderrahmane, T. B. D. E. (Doctoral dissertation, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem).
32. Dénou, A., Diallo, D., & Koumaré, M. (2021). Mise au point d'une technique d'amélioration de la conservation des sirops d'extraits de *Guiera senegalensis* JF Gmel (Combretaceae). *Journal of Applied Biosciences*, 165, 17110-17119.
33. Dih, A., & Belguendouz, A. (2017). Contribution à l'étude phytochimique et évaluation du pouvoir antioxydant des alcaloïdes extraits d'*Osyris alba* L, récoltée au niveau de la région de Beni-Snousse, Tlemcen. Mémoire de Master en biologie, Université Abou-Bekr Belkaïd, Tlemcen.
34. Dr. Farshid Sadeghipour, Ecole de Pharmacie Genève, Lausanne. Liquides oraux : solutions, sirops et suspensions.
35. Edeas, M. (2007). Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytothérapie*, 5, 264-270.
36. F., & Vican, P. (2001). Larousse des plantes médicinales: Identification, préparation, soins. 2ème édition de VUEF, Hong Kong.
37. Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: Structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

38. Ghedjati, N. (2014). Toxicité aiguë et subaiguë des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du *Datura stramonium*. Mémoire de Magister en Biologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1.
39. Greelane.com. (2024). Quel est le pH de l'estomac ? Récupéré sur <https://www.greelane.com>
40. Hamel, T., Sadou, S., Seridi, R., Boukhdar, S., & Boulemtafes, A. (2018). Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales dans la population de la péninsule de l'Edough (nord-est algérien). *Ethnopharmacologia*, 59, 75-81.
41. Hir, A. J., Chaumeil, C., & Brossard, D. (2009). Pharmacie galénique: bonnes pratiques de fabrication des médicaments (9e édition). Masson.
42. Hourri, R., Mogdad, S., & Kebaili, M. (2020). Elaboration d'un biofiltre pour la dépollution des eaux contaminées par des colorants (Doctoral dissertation).
43. Huang, H. Y., Lai, Y. C., Chiu, C. W., & Yeh, J. M. (2003). Comparing micellar electrokinetic chromatography and microemulsion electrokinetic chromatography for the analysis of preservatives in pharmaceutical and cosmetic products. *Journal of Chromatography A*, 993(1-2), 153-164.
44. Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales (2ème éd.). Larousse.
45. Iserin, P. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse.
46. Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., & Botrel, A. (2001). Larousse des plantes médicinales: identification, préparation, soins. Editions Larousse.
47. Jiménez-Arellanes, A. (2006). *Thymus vulgaris* as a potential source of antituberculosis compounds. *Pharmacologyonline*, 3, 569-574.
48. Jiofack, T., Ayissi, I., Fokunang, C., Guedje, N., & Kemeuze, V. (2009). Ethnobotany and phytomedicine of the upper Nyong Valley forest in Cameroon. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(4), 144-150.
49. Karabín, M., Hudcová, T., Jelínek, L., & Dostálek, P. (2015). Biotransformations and biological activities of hop flavonoids. Department of Biotechnology, Faculty

- of Food and Biochemical Technology, University of Chemistry and Technology, Prague.
50. Kenne Kemene, T., & Fauconnier, M. L. (2019, January). Les huiles essentielles: enjeux et perspectives. In WBI-programme 2017-2019.
51. Kfoury, M. (2015, November). Préparation, caractérisation physicochimique et évaluation des propriétés biologiques de complexes d'inclusion à base de cyclodextrines: applications à des principes actifs de type phénylpropanoïdes. Université du Littoral Côte d'Opale.
52. Kunkele, U., & Lobmeyer, T. R. (2007). Plantes médicinales, Identification, Récolte, Propriétés et emplois. Edition Parragon Books.
53. Lehmann, H. (2014). Le médicament à base de plantes en Europe: statut, enregistrement, contrôles (Doctoral dissertation, Université de Strasbourg).
54. Mebarki, N. (2010). Extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* et application à la formulation d'une forme médicamenteuse – antimicrobienne (Mémoire de magister, industrie pharmaceutique, Université de Boumerdes).
55. Messaoudi, M. (2016). Profil polyphénolique de l'infusion et de la décoction des plantes aromatiques (Magistère en biologie, Université Mustapha Stambouli de Mascara).
56. Mousavi, M. (2019). Isolement de métabolites secondaires & caractérisation de composés bioactifs issus de matrices végétales (Thèse de doctorat, Université de Lorraine – Metz).
57. Mseddi, M., Ktari, S., Amouri, M., Chaaben, H., Mesrati, H., Boudaya, S., & Turki, H. (2013). Traitement des chéloïdes par le phénol. In *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*, 140(12), S515.
58. Nabavi, S. M., & Silva, A. S. (Eds.). (2022). *Antioxidants Effects in Health: The Bright and the Dark Side*. Academic Press.
59. Pandey, A., Pandey, R. D., Tripathi, P., Gupta, P. P., Haider, J., Bhatt, S., & Singh, A. V. (2012). *Moringa oleifera* Lam. (Sahijan) - A Plant with a Plethora of Diverse

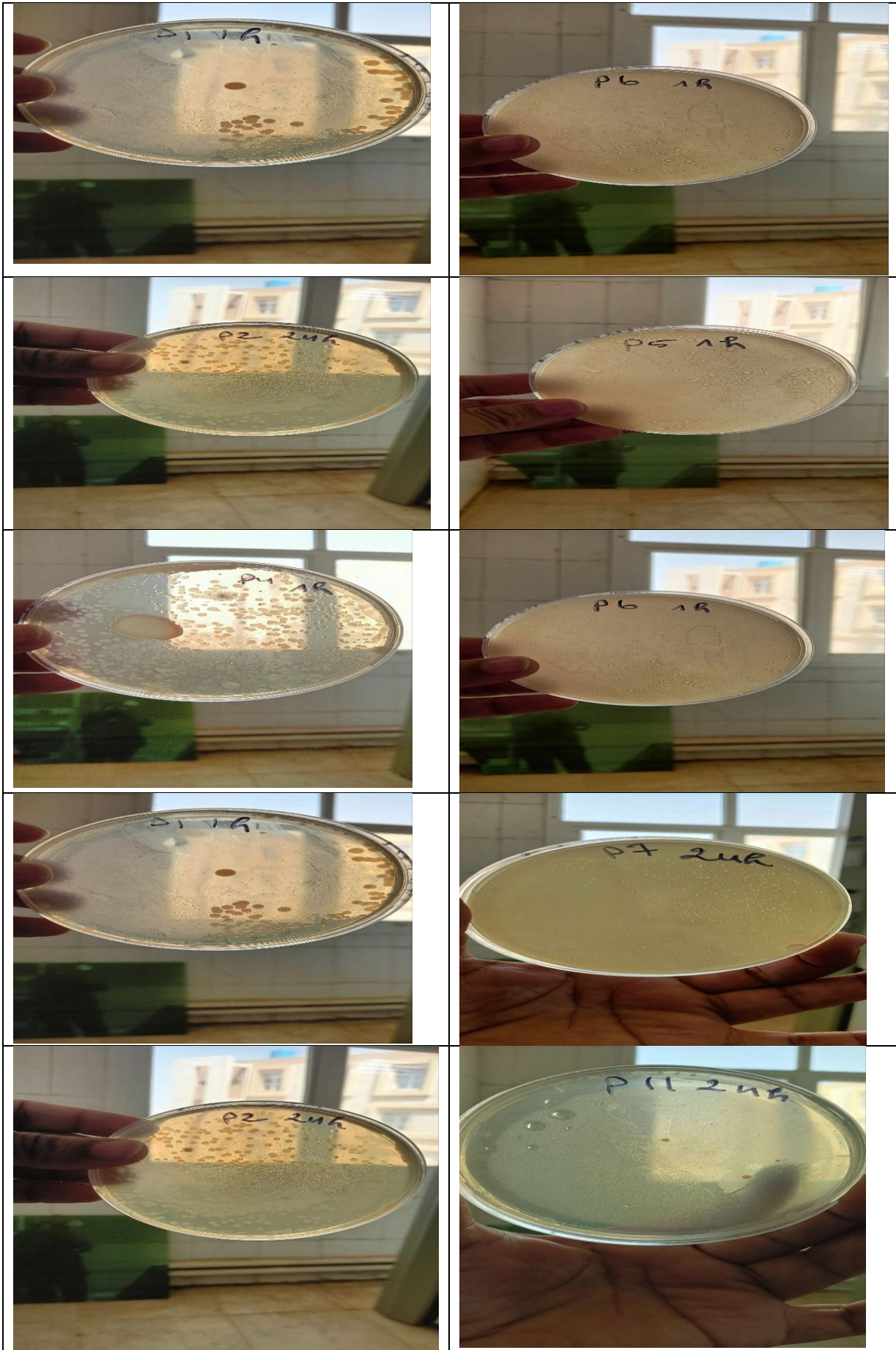
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

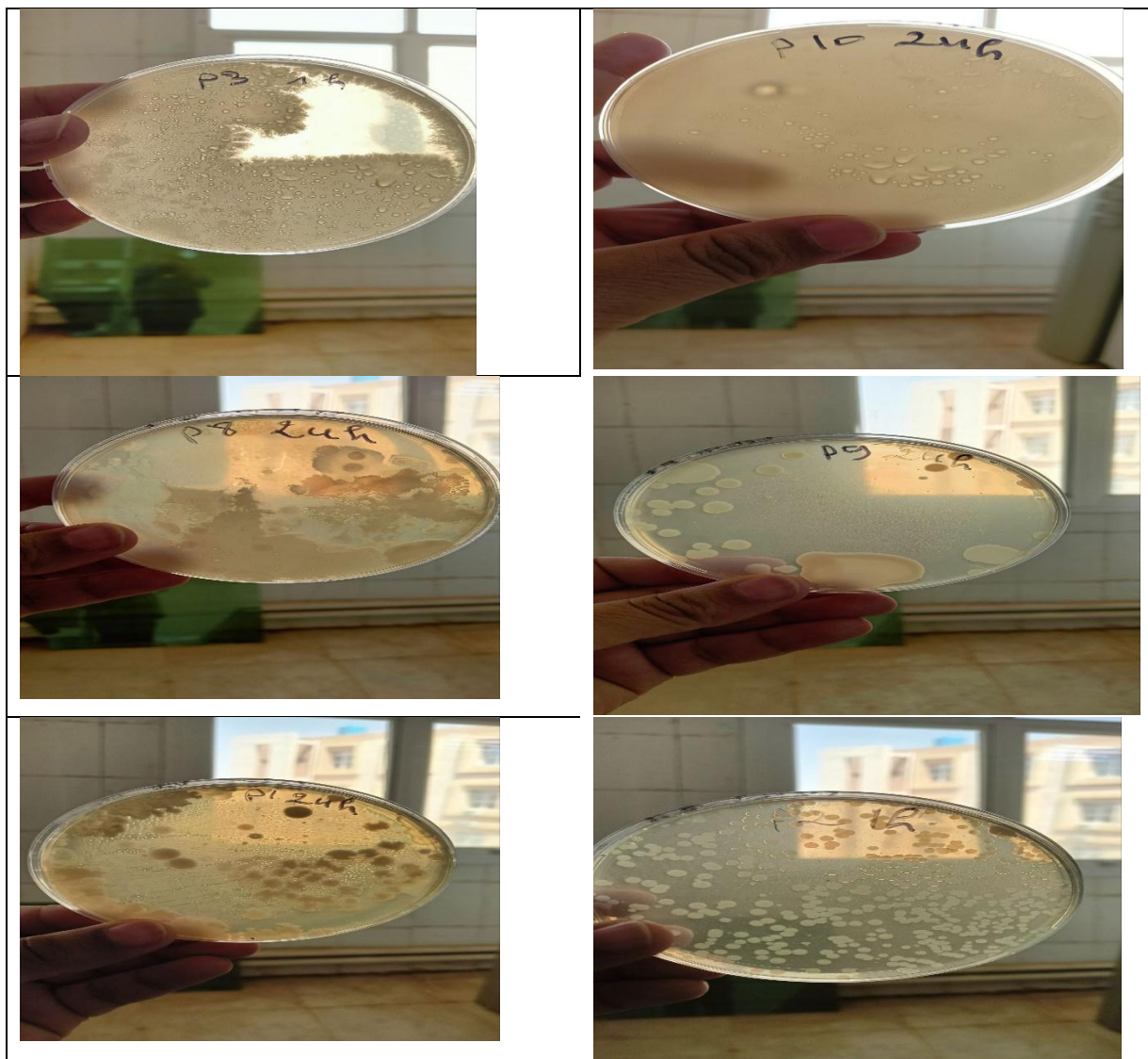
---

- Therapeutic Benefits: An Updated Retrospection. *Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1), 1-8.
60. Pierangeli, G., Vital, G., & Windell Rivera, L. J. (2009). [Title of the article]. *Medicinal Plants Research*, 3(7), 511.
61. Ray-Yu Yang, Lien-Chung Chang, Jenn-Chung Hsu, Brian B. C. Weng, Manuel C. Palada, M. L. Chadha, & Virginie Levasseur. (2006). Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa - Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé. In *Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique* (pp. 2-3). Accra, Ghana.
62. Sami, O., Bouklab, O., & Lahmar, H. E. (2022). Utilisation de la méthode photocatalytique en mode hétérogène pour la dégradation de phénol dans les eaux usées (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
63. Sanogo, R., Doucouré, M., Fabre, A., Diarra, B., Dénou, A., Kanadjigui, F., ... & Diallo, D. (2014). Standardisation et essai de production industrielle d'un sirop antipaludique à base d'extraits de *Argemone mexicana* L. *Pharmacopée et médecine traditionnelle africaine*, 17(1).
64. Smail, K. (2016). Etude théorique et expérimentale des activités biologiques de quelques composés de la famille des flavonoïdes (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf des sciences et de la technologie).
65. Sofowora, A. (2010). *Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique*. Karthala Éditions.
66. Tadjer, A. (2014). *Le phénol : Toxicité et voies de dégradation*.
67. Talber, J., Smith, R., & Johnson, L. (2017). *Guide pharmaco clinique* (5th ed.). Le Moniteur.
68. Tyler, V. E. (1999). Phytomedicines Back to the Future. *Journal of Natural Products*, 62, 1589-1592.

69. Varesi, A., Chirumbolo, S., Campagnoli, L. I. M., Pierella, E., Piccini, G. B., Carrara, A., ... & Pascale, A. (2022). The role of antioxidants in the interplay between oxidative stress and senescence. *Antioxidants*, 11(7), 1224.
70. Véronique, C. O. U. D. E. R. C. (1971). Toxicité des huiles essentielles (Doctoral dissertation, thèse, Ecole nationale vétérinaire Toulouse, 2001, disponible sur: [http://oatao.univ-toulouse.fr/619/1/andro\\_619.pdf](http://oatao.univ-toulouse.fr/619/1/andro_619.pdf)).
71. Wehrlé. (2007). Pharmacie galénique, formulation et technologie pharmaceutique. Maloine Paris, pp. 135-136.
72. World Health Organization. (2011). Laboratory quality management system: handbook. World Health Organization.
73. Yagoub, S., & Mouffi, K. (2019). Formulation d'un sirop antitussif à base de produits synthétiques et végétaux (Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de docteur en pharmacie, Université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid).
74. Yakhlef, G. (2010). Étude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *Thymus vulgaris* L. et *Laurus nobilis* L. En vue de l'obtention du diplôme de magister en biochimie appliquée. Université El Hadj Lakhdar Batna, 110p.
75. Zeghad, N. (2012). Étude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne. En vue de l'obtention du diplôme de magister (École doctorale). Université Frères Mentouri Constantine, 130p.
76. Zeghad, N. (2009). Étude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne (Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, École doctorale, Option: Biotechnologie végétale, Université Mentouri Constantine)

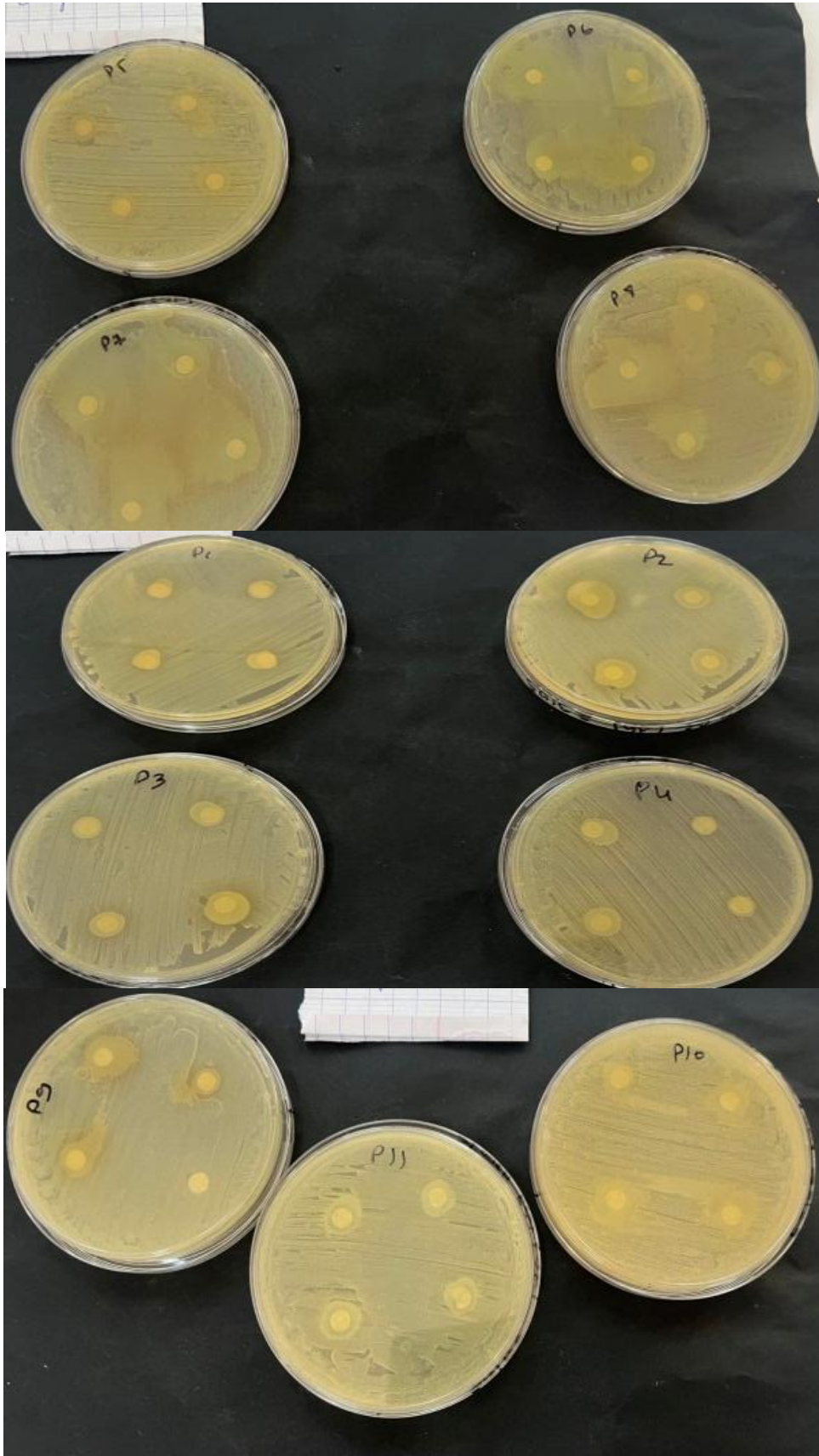
Annexe 1





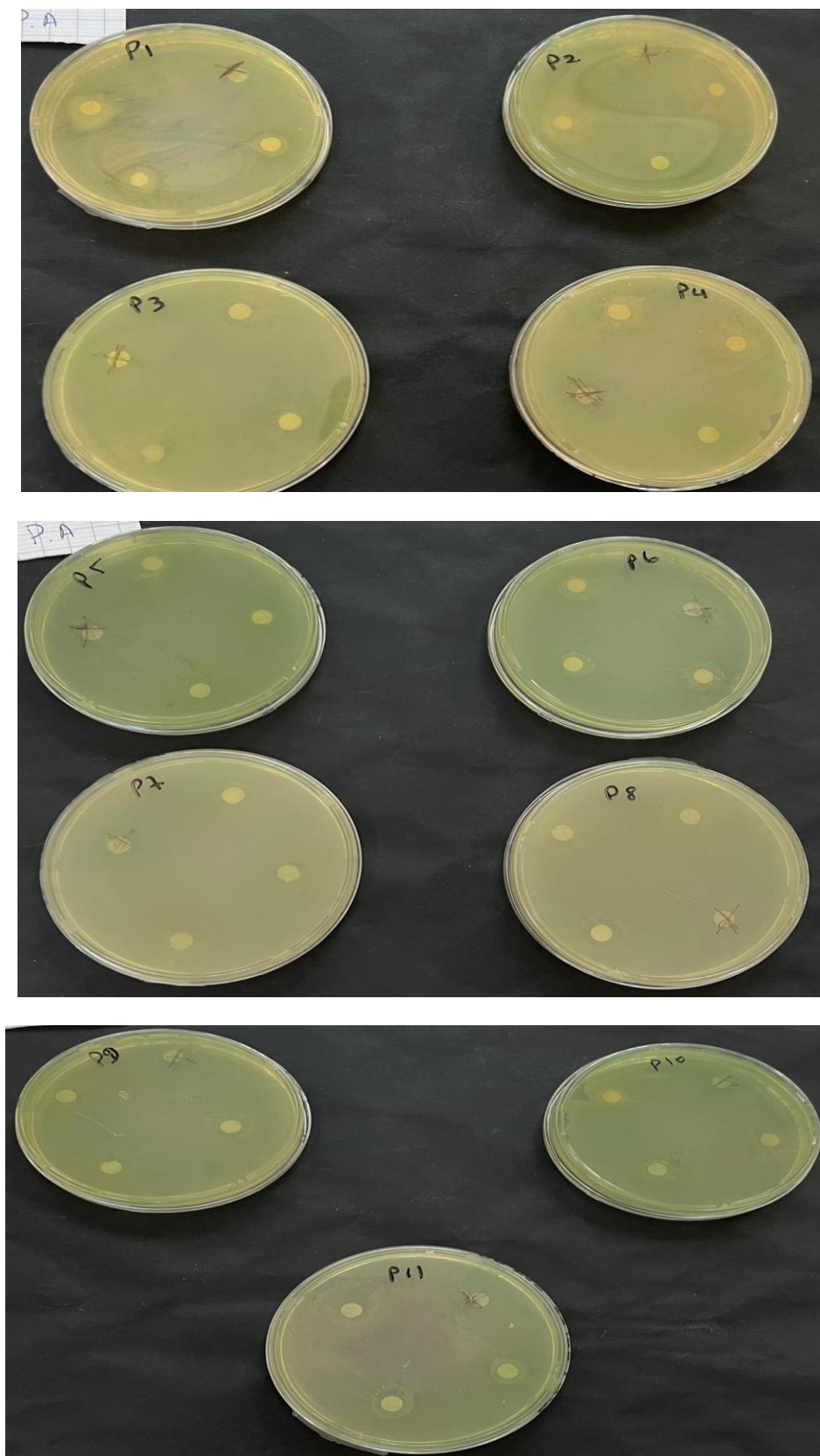
**Figure** stabilité des Sirops Après un Mois de Test Antibactérien(*Original 2024*)

Annexe 2



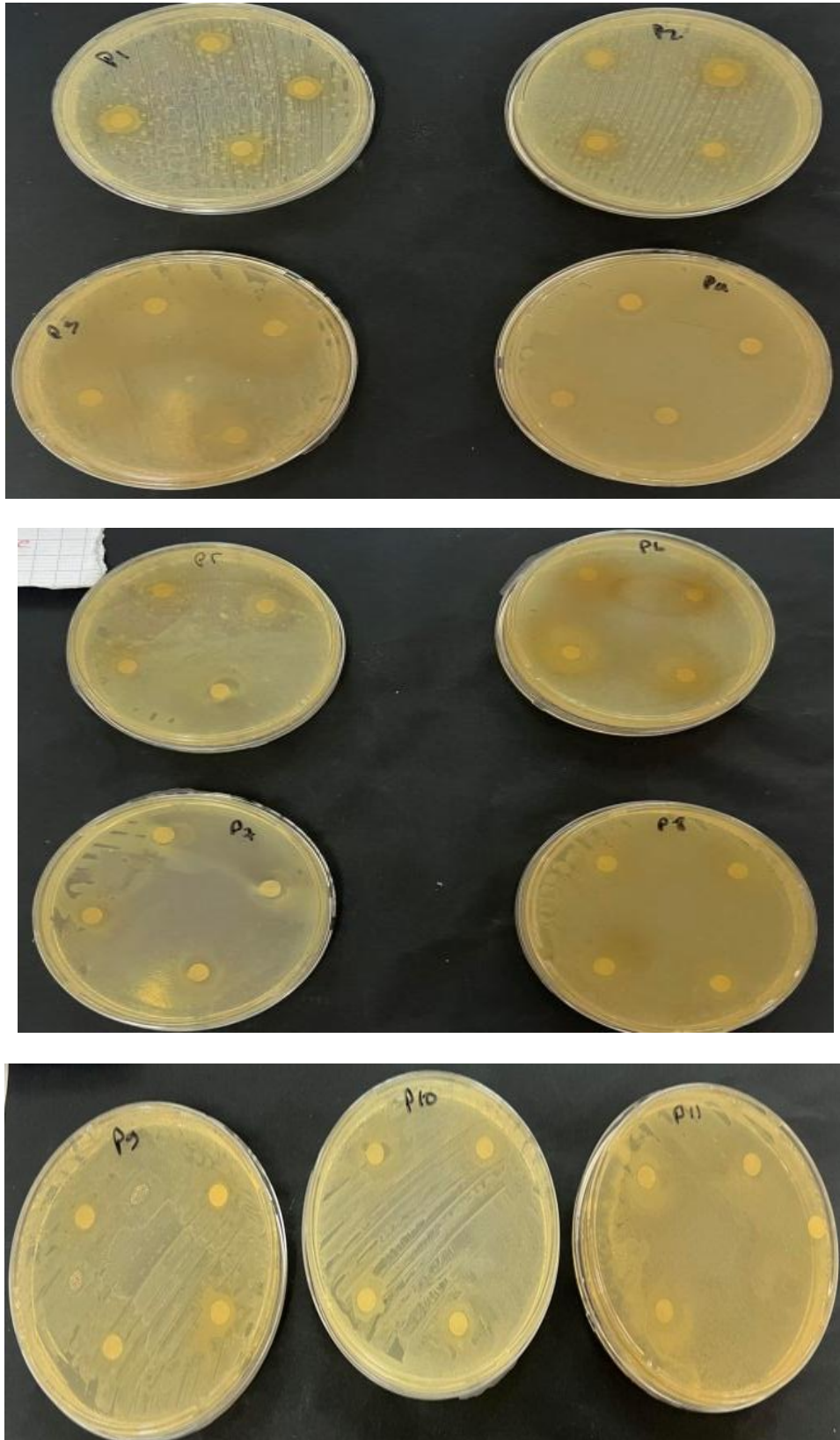
**Figure 1** : Zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop pour *Staphylococcus aureus* après une macération de 1 heure (*Original 2024*)

Annexe 3



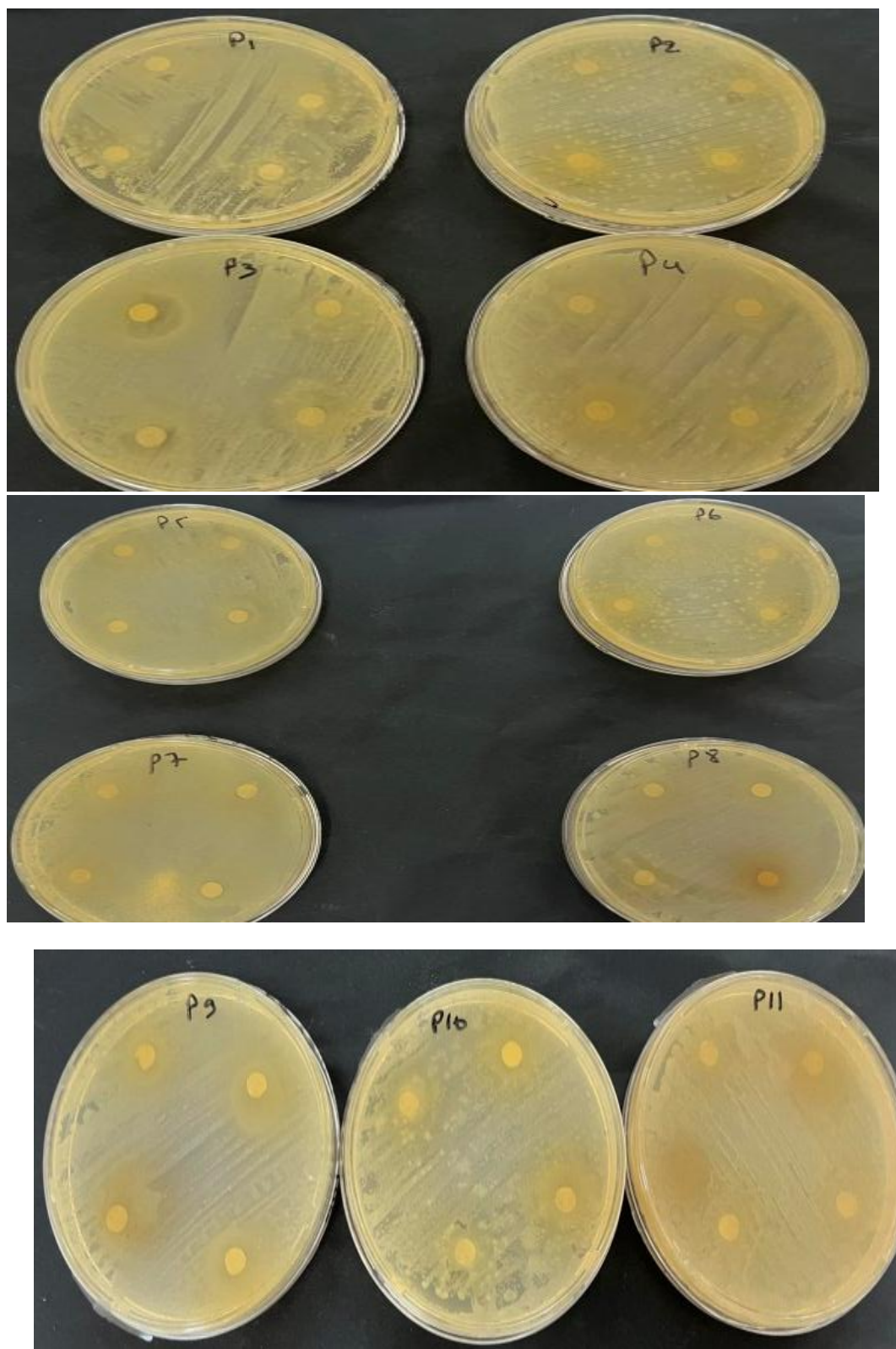
**Figure 2 :** Zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop pour *Pseudomonas aeruginosa* après une macération de 1 heure (*Original 2024*)

Annexe 4



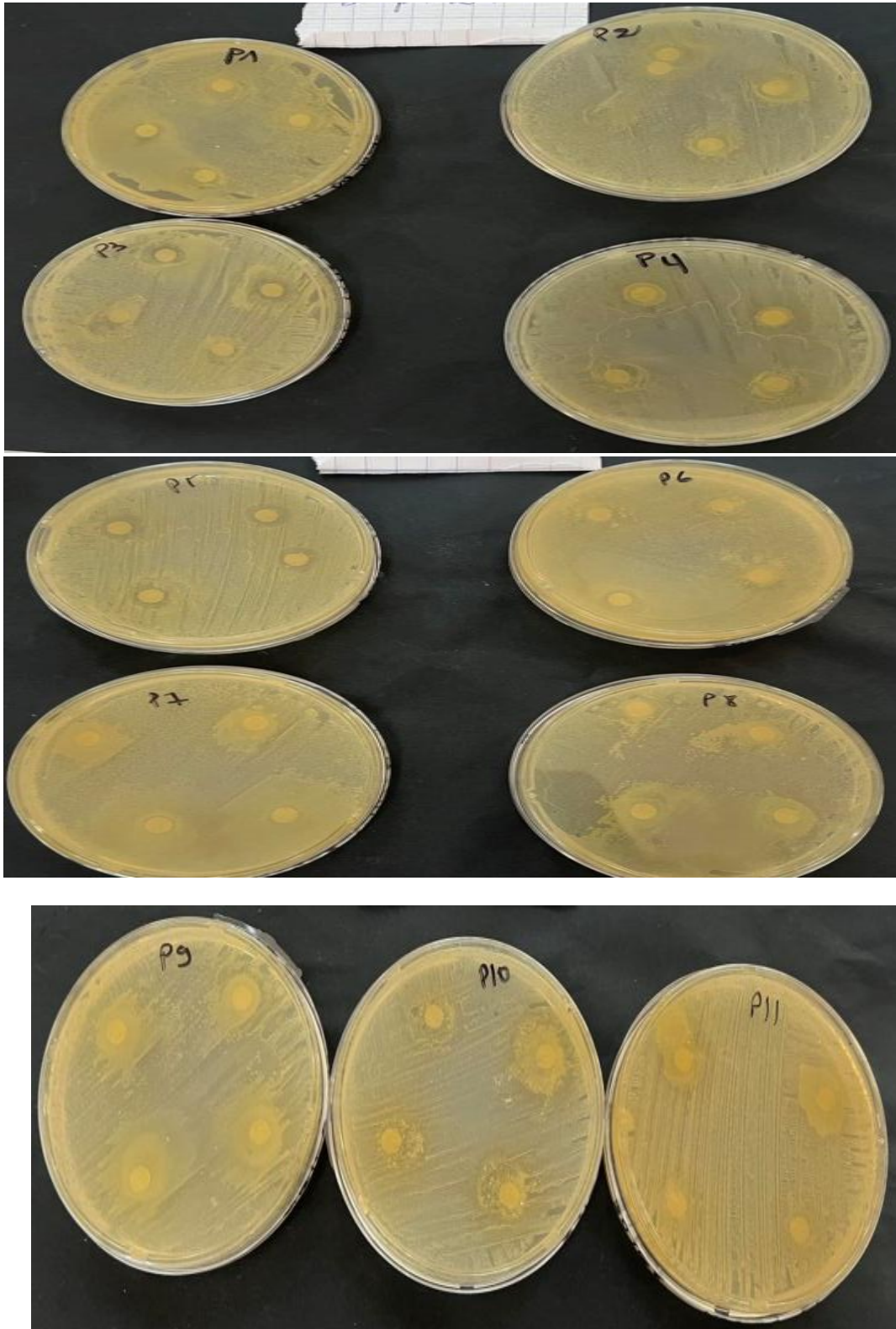
**Figure 3** : Zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop pour *Escherichia coli* après une macération de 1 heure(Original 2024)

Annexe 5



**Figure 3 :** Zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop pour *Escherichia coli* après une macération de 24 heures (*Original 2024*).

Annexe 6



**Figure 4: Zones d'inhibition observées autour des disques imprégnés de sirop pour *Staphylococcus aureus*. après une macération de 24 heures**