



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhaj-Bouira

Faculté des sciences de la vie et science de la terre

Département biotechnologie



Réf:

...../UAMOB/FSNVST/2024

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine Des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie microbienne

Thème

**Étude phytochimique, activité antioxydante de quelques plantes
médicinales locales et essai d'exploitation dans le fromage frais
traditionnel**

Présenté par

-TAIB Ouïam

-GHODBANE Amira

Soutenue : 27/06/2024

Devant le jury composé de :

- | | | |
|---|------------|------------------------|
| - Présidente : M^{lle} BEN SMAIL Souhila | MCA | Univ. De Bouira |
| - promotrice : M^{me} DJOUAHRA Fahem Djamila | MCA | Univ. De Bouira |
| - Examinatrice: M^{me} MESSAD Sarah | MCA | Univ. De Bouira |

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, nos remerciements les plus sincères s'adressent à ALLAH, le tout-puissant, qui a fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui et nous a donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Nous remercions notre promotrice, Mme DJOUAHRA Djamila Maitre à l'Université de Bouira pour ses orientation, son aide, sa rigueur scientifique et pour la confiance qu'elle nous accordé tout au long de cette étude.

Je tiens particulièrement à remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail et en être les examinateurs de ce mémoire.

Nous adressons nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je n'oublie pas à exprimer mes sincères remerciements à tous les professeurs qui m'ont enseigné durant les années d'études

Dédicaces

A ALLAH

*Le tout puissant, le très miséricordieux et à son prophète MOHAMED paix et salut sur lui ;
pour m'avoir donné le courage et la santé nécessaire de mener à bien ce travail.*

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents, que Dieu me les gardent et protègent.

A mon cher père

*Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin. Sois fier de moi
aujourd'hui et vois à travers ce travail mon amour sincère et ma gratitude profonde.*

A ma chère mère

*Aucun mot, aussi expressif qu'il soit, ne saurait remercier sa juste valeur .Puisse
Allah vous garder longtemps auprès de nous et vous bénir infiniment.*

A ma sœur Manel

Pour leur encouragement, leur sacrifice qui m'ont permis d'aller de l'avant.

À mes proches, Karima Baghdali et Wissam Mostfaoui

*Merci pour l'amour que vous me donnez. Vos sacrifices, votre soutien moral, votre gentillesse
sans égal, et votre profond attachement m'ont permis de réussir mes études.*

A ma chérie, Amira GHODBANE

*Merci pour ta compagnie m'a permis de surmonter toutes les difficultés confinées à la
réalisation de ce mémoire. Tu resteras pour moi un exemple d'amour et de tendresse.*

A toute ma famille mes oncles, mes tantes, mes cousines surtout Lamia, Assia

A tous mes amis et mes collègues, Nada, Houda, Amina, Rima, Ahlam, Iman, Khadidja....

merci pour les agréables moments qu'on a passés ensemble.

Merci à vous tous

TAIB Ouïam

Dédicaces

À celui dont la grâce et la générosité me rendent ici avec toute la fierté de ce que j'ai accompli, avec sa permission, à celui que je voulais remercier, "Mon Dieu" je te loue et te remercie pour tout ce dont tu m'as béni, et ce que je suis à ce jour. Je t'aime mon Dieu. A mes parents, source de force, de sécurité, d'amour, de soutien et de tendresse, pour lesquels j'ai voulu atteindre ce niveau, et je les vois fiers et heureux, je t'aime, maman, je t'aime, papa. Vous la chose la plus précieuse dans cette vie, et je remercie Dieu d'être ta fille de vous. A mes frères bien-aimés, Boujemaa ; Ismail ; saïd et ma chère sœur Yasmina, merci pour tout qu'il soit matériel ou moral, et pour la fraternité que tu m'as donnée, et l'amour, la sécurité, la joie, le bonheur et l'attention avec vous J'ai connu le sens de la fraternité dans tous ses aspects et significations. Je t'aime beaucoup les plus beaux frères et sœur de ma vie.

À la plus belle et meilleure amie du monde, Ouiam, je remercie Dieu pour le jour où je t'ai rencontré, et me voici avec toi jusqu'à ce jour pour partager et coopérer pour atteindre ce jour heureux. Merci pour l'amour, l'amitié, aide, et tout. Je t'aime, mon amour.

À mes meilleures amies Houda et Nada, et à tous mes amis, qu'ils soient proches ou lointains, merci pour chaque petite et grande chose que vous avez fait pour moi. Merci pour l'amitié, les conseils, le soutien.

GHODBANE Amira

Table des matières

DEDICACES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION.....01

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre 01: Généralités sur les plantes médicinales et données bibliographiques sur les plantes étudiées

1. Généralités sur les plantes médicinales.....03

2. L'importance de l'utilisation des plantes médicinales.....03

3. Domaines d'applications des plantes médicinales.....03

4. les plantes médicinales étudiées.....04

4.1 *Salvia officinalis*.....04

• Description botanique.....04

• Distribution géographique.....05

• Classification botanique.....05

• Utilisations médicinales.....05

4.2 *Glycyrrhiza glabra*.....06

• Description botanique.....06

• Distribution géographique.....07

• Classification botanique.....07

• Utilisations médicinales.....07

4.3 *Origanum majorana*.....07

• Description botanique.....08

• Distribution géographique.....08

• Classification botanique.....09

• Utilisations médicinales.....09

Chapitre 02 : Les polyphénols

1. Les substances naturelles du métabolisme végétal.....10

2. Les polyphénols.....10

2.1 Définition des polyphénols.....10

2.2 Localisation des composés phénoliques.....	10
2.3 Rôle des polyphénols dans les plantes.....	11
2.4 Biosynthèse des composés phénoliques.....	11
2.5 Classifications des composés phénoliques.....	13
• Les acides phénoliques.....	13
• Les flavonoïdes.....	14
• Les stilbènes.....	14
• Les tanins.....	15
• Coumarines.....	15
• Lignanes.....	15
• Les saponines.....	16
3. les radicaux libres et l'activité antioxydante.....	16
3.1 Radicaux libres et espèces réactives.....	16
3.2 Stress oxydant.....	16
3.3 Les antioxydants.....	17
3.4 Type des antioxydants.....	17
• Antioxydants naturels.....	17
• Antioxydant endogènes (enzymatique).....	17
• Antioxydant exogènes (non enzymatique).....	18
Chapitre 03 : Généralités sur le fromage	
1. Définition du fromage.....	19
2. Composition de fromage.....	19
3. Classification du fromage.....	19
3.1 Fromages à pâte fraîche.....	19
3.2 Fromages à pâte pressée.....	19
3.3 Fromages à pâte molle.....	19
4. Les étapes de fabrication du fromage.....	20
• Le caillage.....	20
• L'égouttage.....	20
• Le salage.....	20
• L'affinage.....	20

Deuxième partie : Etude expérimentale**Chapitre 04 : Matériels et méthodes**

I. Matériel.....	21
I.1 Le matériel non biologique	21
I.2 Le matériel biologique.....	21
II. Méthodes	22
II.1 étude phytochimique, extraction et dosage des polyphénols et étude de l'activité antioxydante de trois plantes médicinales (<i>Salvia officinalis</i>, <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>)	22
II.1.1 Broyage et tamisage	22
II.1.2 Préparation des extraits	22
II.1.3 Détermination du rendement d'extraction.....	22
II.1.4 Screening phytochimique	23
II.1.5 Analyses qualitatives et quantitatives des extraits.....	24
II.1.6 Activité antioxydante des extraits	25
II.2 Incorporation des plantes médicinales dans un fromage traditionnel	26
II.2.1 Préparation du fromage.....	26
II.2.2 Analyses physico-chimiques.....	28
• Échantillonnage.....	28
• Mesure du Ph.....	28
• Détermination de l'extrait sec total (EST).....	28
• Test d'humidité.....	29
• Détermination de l'acidité titrable.....	29
II.2.3 Analyses microbiologiques du fromage préparé.....	29
• Échantillonnage.....	29
II.2.4 Analyse sensorielle du fromage préparé.....	31
➤ Analyse statistique.....	31

Chapitre 05: Résultats et discussion

I. Résultats du l'étude de trois plantes médicinales (<i>Salvia officinalis</i>, <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>).....	32
I.1 Le rendement de l'extrait brut éthanolique obtenus à partir des trois plantes.32	32
I.2 Screening phytochimique.....	33
I.3 Analyses qualitatives et quantitatives des extraits.....	36

I.3.1 Dosage des composés phénoliques totaux.....	36
I.3.2 Dosage des flavonoïdes.....	37
I.4 Activités antioxydants.....	39
I.4.1 Evaluation de réduction du radical DPPH.....	39
I.4.2 Evaluation du pouvoir réducteur du fer : FRAP.....	41
II. Effet de l'incorporation des plantes médicinales sur la qualité organoleptique et antioxydante du fromage traditionnel.....	44
II.1 Analyses physicochimiques des fromages préparés.....	44
a. pH.....	45
b. Taux d'humidité.....	45
c. Acidité titrable.....	45
d. L'extrait sec total.....	46
II.2 Evaluation de l'activité antioxydante de fromage préparé.....	46
II.3 Résultats des analyses sensorielles.....	48
II.4 Résultats des analyses microbiologiques.....	49
CONCLUSION.....	51
ANNEXES	
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
RÉSUMÉ	

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 01 : Les principales classes de composés phénoliques.....	13
Tableau 02 : Analyses qualitatives et quantitatives des extraits.....	24
Tableau 03 : Activités antioxydants des extraits.....	25
Tableau 04 : Milieux sélectifs et conditions de culture utilisés pour rechercher des bactéries indésirables dans le fromage traditionnel.....	31
Tableau 05 : Rendements et propriété organoleptique des extraits de <i>salvia officinalis</i> et <i>glycyrrhiza glabra</i> et <i>origanum majorana</i>	32
Tableau 06: Résultats de screening phytochimique des trois plantes.....	34
Tableau 07 : Valeur d'IC50 de l'activité antioxydante pour le test de réduction du radical DPPH.....	40
Tableau 08 : Valeur d'IC50 de l'activité antioxydante pour le test du pouvoir de réduction du fer (FRAP).....	42
Tableau 09 : Résultats des analyses physicochimiques.....	44
Tableau 10: Résultats d'analyse sensorielle.....	48
Tableau 11: Les analyses microbiologiques des échantillons préparé.....	49

LISTE DES FIGURES :

Figure 01 : (A) la plante, (B) la feuille, (C) les fleurs de la sauge (<i>salvia officinalis</i>).....	05
Figure 02 : (A) La plante, (B) La racine, (C) La fleur, de la réglisse.....	07
Figure 03 : les fleurs de la marjolaine.....	08
Figure 04 : les feuilles d' <i>Origanum majorana</i>	08
Figure 05 : Représentation des voies de biosynthèse des composés phénoliques.....	12
Figure 06 : Structure de base des flavonoïdes et leurs classes.....	14
Figure 07 : lieu de la récolte de <i>Salvia officinalis</i> , <i>Glycyrrhiza glabra</i> et d' <i>Origanum majorana</i>	22
Figure 08: plateau de 10 échantillons du fromage préparé.....	27
Figure 09 : Préparation des extraits aqueux des échantillons de fromage traditionnel.....	28
Figure 10 : Teneurs en polyphénols totaux (TPC) dans l'extrait de 3 plantes (<i>Salvia officinalis</i> , <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>).....	36
Figure 11 : Teneurs en flavonoïdes totaux (TFC) dans l'extrait de 3 plantes (<i>Salvia officinalis</i> , <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>).....	38
Figure 12: Courbe de pourcentage d'inhibition des extraits (<i>Salvia officinalis</i> et <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>) et de l'acide ascorbique testés à différentes concentrations...39	
Figure 13 : Pouvoir réducteur des extraits (<i>Salvia officinalis</i> et <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>) et de l'acide ascorbique testés à différentes concentrations.....	41
Figure 14 : Activité inhibitrice du radical DPPH des échantillons du fromage enrichi avec des plantes médicinales (<i>Salvia officinalis</i> et <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>).....	46
Figure 15 : Teneurs en pouvoir réducteur de fer du fromage enrichi avec des plantes médicinales (<i>Salvia officinalis</i> et <i>Glycyrrhiza glabra</i> et <i>Origanum majorana</i>).....	47

LISTE DES ABREVIATIONS :

ABS : Absorbance

AT : acidité titrable

DO : Densité optique

DPPH : 2,2- Diphényl-picrylhydrazine

EAG : Equivalent d'acide gallique

EQ : Equivalent de quercétine

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

EST : Extrait sec total

FRAP : Ferric reducing antioxidant power

FTAM : Flore totale aérobie mésophile

GA : Acide gallique

GPx : Glutathion peroxydase

HBA : Acides hydroxybenzoïques

HCA : Acides hydroxycinnamiques

IC50 : Concentration inhibitrice à 50%

JORA : Journal officiel de la République algérienne

MTR : Médecine traditionnelle

OGA : Oxytétracycline-Glucose-Agar

PCA : Plate Count Agar

PH : Potentiel hydrogène

p-HBA : Acide p-hydroxybenzoïque

Phe : Phénylalanine

PI : Pourcentage d'inhibition

RL : Radical libre

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

SA : Acide salicylique

SOD : Superoxyde dismutase la catalase et la glutathion peroxydase ()

Trp : Tryptophane

Tyr : Tyrosine

UV-VIS : Ultraviolet-visible

VF : viande de foie

VIH : Virus de l'immunodéficience humain

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'utilisation des plantes médicinales à des fins thérapeutiques est connue depuis l'antiquité. Par l'intuition et l'expérimentation, les humains ont choisi les plantes médicinales pour se soigner. Bien qu'éclipsées dans une certaine mesure par la chimie de synthèse est née au XIXe siècle, les plantes médicinales sont encore largement utilisées aujourd'hui, jouant un rôle considérable aussi bien dans les pays en développement que les pays industrialisés où ils sont utilisés pour l'automédication (**HELENE, 2015**).

Les plantes médicinales possèdent non seulement des qualités aromatiques, mais possèdent également de nombreuses propriétés médicinales dues aux différents principes actifs qu'ils contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, saponines. Ils constituent un trésor inépuisable de remèdes populaires les plus efficaces et représentent aujourd'hui la source de médecine naturelle la plus utilisée (**MULUNGULUNGU et al, 2015**).

En effet, les substances naturelles issues de plantes représentent une immense source de diversité chimique, souvent avec des structures très primitives, dont la synthèse complète et rentable est souvent difficile à réaliser. L'intérêt des consommateurs pour les produits naturels s'est accru ces dernières années. Les industriels ont développé davantage de procédés utilisant des poudres, des extraits et des principes actifs d'origine végétale (**BELHADJI et al., 2022**).

Parmi ces nouveaux composés potentiellement intéressants, les antioxydants sont largement utilisés comme additifs dans l'industrie agroalimentaire (**TANGUY et al., 2009**). Parallèlement, leur effet préventif sur le stress oxydatif a fait l'objet de nombreuses études visant à prévenir le développement de maladies graves comme certains cancers (**FAVIER, 2006**). Les préoccupations en matière de sécurité associées à l'utilisation d'antioxydants synthétiques, ainsi que la préférence des consommateurs pour les produits d'origine naturelle, ont mené à la recherche de produits alimentaires aux propriétés antioxydants (**DE OLIVEIRA et al., 2012**).

Par ailleurs, le développement massif d'exploitation des plantes ces dernières années, a suscité un intérêt croissant de la part des consommateurs et des nutritionnistes intéressés par la production d'aliments de grande valeur nutritionnelle et diététique (**PINCEMAIL et al., 2007**).

Cela s'applique aux produits laitiers frais fermentés (principalement le fromage), qui sont largement consommés dans de nombreux pays (**AUBAILE-SALLENAVE, 2005**). Les

évolutions actuelles du marché alimentaire incitent l'industrie de transformation à développer continuellement de nouveaux produits (DUBOIS, 1996). Il existe peu de preuves documentées démontrant que le fromage est riche en antioxydants naturels. Par conséquent, compte tenu de l'interaction positive entre les polyphénols et les protéines, donc la stratégie consistant à incorporer des extraits bruts de plantes dans ces produits laitiers pourrait s'avérer bénéfique pour améliorer la qualité des produits (WATRELOT, 2013).

C'est dans ce contexte que nous souhaitons effectuer une étude sur les antioxydants d'origine naturelle, notamment les polyphénols qui sont selon HABIBOU abondants dans la vaste algérienne (HABIBOU et al., 2019).

De par sa situation géographique, l'Algérie se caractérise par une diversité environnementale et végétale extrêmement riche, estimée à environ 3 000 espèces ou plus, dont 15 % sont endémiques du point de vue chimique et botanique et sont rarement explorées (MULUNGULUNGU et al, 2015).

Dans le cadre de notre investissement et promotion des plantes médicinales algériennes, nous nous intéressons à l'étude de certaines espèces ; *Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana* collectés dans différentes régions de Bouira (centre-nord de l'Algérie). Cette recherche a pour objectif de:

- Utiliser des tests colorimétriques pour le criblage phytochimique afin d'identifier les classes essentiels de composés phytochimiques présents dans les plantes étudiées.
- Extraire les composés polyphenoliques par la méthode de macération ensuite leur dosage
- Tester l'activité antioxydant des extraits obtenus en se basant sur deux tests, test de pourcentage d'inhibition radicale (DPPH) et le test du pouvoir réducteur du fer (FRAP).
- Enrichir les aliments (notamment le fromage) par les plantes étudiés pour renforcer leur valeur médicinale et augmenter leur consommation bénéfique.

PREMIÈRE PARTIE

Etude bibliographique

**Chapitre 01 : Généralités sur les plantes
médicinales et données bibliographiques
sur les plantes étudiées**

1. Définition des plantes médicinales :

Ce sont des plantes utilisées pour leurs efficacités à prévenir, réduire ou traiter des différentes maladies (SOLOWORA, 2010). il ya presque 35 000 espèces de plantes médicinales qui sont utilisées à des objectifs thérapeutique et constituent un large éventail de biodiversité disponible dans la nature. Elles sont bénéfiques surtout pour la santé humaine, et sont utilisées de nombreux façons, infusion, macération, décoction, macération et comporte de nombreuses pièces utiles et utilisables comme les racines, les fleurs et les feuilles (MUANDA, 2010). La médecine traditionnelle emploi ces plantes pour leurs propriétés médicinales, son impact positif vient de la présence de composés bioactifs (métabolites primaires ou secondaires) ou de autres composés utiles (MACHEIX, 2005).

2. L'importance des plantes médicinales à travers leur utilisation

Dans la médecine traditionnelle les plantes médicinales jouent un rôle essentiel et continuent d'être utilisées dans de nombreuses cultures à travers le monde. Leur importance réside dans le fait qu'ils fournissent souvent des solutions naturelles et complètes pour traiter diverses maladies et infections, et qu'ils ont moins d'effets secondaires que les médicaments synthétiques. Les plantes médicinales constituent souvent une option abordable pour contribuer au traitement des maladies pour garantir le confort et le bien-être et santé des chaque individu dans les sociétés qui souffre d'une absence de services médicaux modernes. La culture et l'utilisation de plantes médicinales contribuent également à préserver la biodiversité. Mais il est important de s'assurer que l'utilisation de ces herbes est sûre et éclairée, de préférence en consultation avec un professionnel de santé formé en phytothérapie (ABAYOMI, 2010).

3. Domaines d'applications des plantes médicinales

- **La thérapie végétale et la Médecine traditionnelle :**

La médecine traditionnelle emploie les plantes médicinales dans tout le monde pour attribuer à traiter plusieurs types de maladies comme la fièvre, les troubles digestifs, les douleurs articulaires, les problèmes respiratoires et d'autres maladies (TAHRI et al., 2012).

- **Suppléments alimentaires:**

La fabrication des suppléments nutritionnels et produits de santé naturels à base des plantes médicinales pour soutenir la santé globale et renforcer le système immunitaire (FLEURENTIN J, 2002).

- **Traiter les maladies chroniques**

Certaines plantes médicinales soignent de nombreuses maladies chroniques par exemple :

Hypertension artérielle, troubles cardiaques, diabète. Des extraits de plantes sont parfois inclus dans les schémas thérapeutiques pour aider à gérer ces problèmes de santé (**ERRAJRAJI et al, 2010**).

- **Recherche sur les médicaments :**

Les composés bioactifs présents dans les plantes médicinales sont souvent la source d'inspiration de la recherche moderne sur les médicaments. De nombreuses médecines moderne sont dérivées ou inspirées de molécules découvertes à l'origine dans les plantes (**FARNSWORTH et al., 1986**).

4. les plantes médicinales étudiées

L'Algérie présente une richesse floristique importante. De cette flore, nous avons choisi les trois plantes médicinales endémiques *Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*.

4.1 *Salvia officinalis*

Salvia officinalis L (la sauge) est une plante annuelle originaire du bassin méditerranéen (**BOUCHELOUH et al., 2020**), elle appartient à la famille des Lamiacées et doit son nom au genre *Lamium* qui signifie en latin « lèvres », « labia », à cause de ses fleurs qui ont une forme bi-labial typique. La sauge est employée dans la préparation de beaucoup de nourriture et traditionnellement elle est utilisée pour traiter de nombreuses maladies comme les douleurs rhumatismales, les infections buccales et de gorge, les vertiges et les nausées (**GHORBANI et al., 2017**). De même, comme plusieurs espèces des familles lamiacées, la plante est utilisée dans l'industrie pharmaceutique et de la parfumerie (**BACHIRI et al., 2015**). La plante porte plusieurs nomenclatures, en Algérie elle est connue sous le nom de « Marimiya », les Andalous l'appellent "Essalma" et les botanistes espagnols l'appellent "Salbia" (**BOUCHELOUH et al, 2020**).

- **Description botanique**

Salvia officinalis est un arbuste vivace dotée d'une tige ligneuse à la base, mesurant généralement de 30 à 70 cm de hauteur (**Figure 01A**), elle porte des feuilles opposées, de 3 cm de largeur et de 3 à 10 cm longueur, de couleur grise verdâtre, présente un aspect velouté avec un bord du limbe qui est légèrement crénelé (**Figure 01B**). Les fleurs sont disposées en pseudo-verticilles de 5 à 10 fleurs. Chacune possède des inflorescences terminales lâches. Le diamètre de la coupe peut atteindre 14 mm. Le corps est long, avec des villosités et des glandes intermittentes. Corolle à 2 lèvres, de couleur violet passe rarement au rose, la lèvre supérieure est presque droite et bilobée, avec la lèvre inférieure, tandis que la partie inférieure

est trilobée (**Figure 01C**). Le fruit est Sphérique, brun foncé (**PARIS et al., 1981 ; ALTINDAL et al., 2016. PEREIRA et al., 2018**)).



Figure 01 : (A) la plante, (B) la feuille, (C) les fleurs de la sauge
(**ALTINDAL et al., 2016 - WILLY, 2021**).

- **Distribution géographique**

L'origine de cette plante est la région méditerranéenne orientale. On le trouve souvent dans le sol chaud calcaire, et pousse naturellement tout long du processus d'agriculture bassin méditerranéen, et de l'Espagne, Turquie, l'Afrique du Nord, commune en Algérie (Cultivée) (**AFZAL-RAFII, 1976**).

- **Classification botanique**

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Spermaphytes

Sous- embranchement : Angiospermes

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Salvia*

Espèce: *Salvia officinalis* (**HANS et al., 2007 - RISTIC et al., 1999**).

- **Utilisations médicinales**

Traditionnellement la sauge est employée pour traiter les personnes anémiques, il convient également aux personnes stressées et déprimé, recommandé aux étudiants lors des examens. Pour un usage externe, elle est utilisée comme bain de bouche pour lutter contre

l'inflammation buccal, et elle peut également être employée pour cicatriser et nettoyer les blessures (STAGOS et al., 2012). L'infusion de sauge est recommandée pour traiter diverses maladies telles que les troubles circulatoires et digestifs et les problèmes neurologiques.

4.2 *Glycyrrhiza glabra*

Il s'agit d'une plante vivace, herbacée appelée réglisse, appartenant à la famille des Fabacées qui est la famille végétale qui fournit le maximum d'espèces utiles à l'homme, que ce soit dans le domaine alimentaire, industriel ou médicinal, c'est une famille de plantes à fleurs connue pour sa capacité à fixer l'azote dans le sol grâce à une symbiose avec des bactéries du genre *Rhizobium*,

La réglisse contient des racines qui possèdent une saveur sucrée et aromatique unique due à la présence de glycyrrhizine, de ce fait, la plante est couramment utilisée comme édulcorant naturel dans l'industrie alimentaire et de la confiserie. Elle est originaire de la région d'Asie et du Sud de l'Europe. Elle pousse dans des sols fertiles, humides et elle a besoin d'un climat chaud. (DUPONT et al., 2007 ; GUIGNARD et al., 2001 ; PETIT, 2011 ; HOSSEINI SMA et al., 2014).

- **Description botanique**

La réglisse est une plante herbacée de taille petite à moyenne, mesurant généralement entre un et deux mètres de hauteur. Ses feuilles sont constituées de folioles ovales et brillantes disposées alternativement le long de la tige (Figure 02A) (VIBHA et al., 2009). Les fleurs de réglisse sont bleu pâle à violettes et sont rassemblées en épis denses caractéristiques (Figure 02C) (PASTORINO et al., 2018). Cette plante contient des racines portant des graines. Il faut savoir que le morceau très essentiel de la réglisse est ses racines, qui sont de forme de longues racines cylindriques et rampantes, généralement peu ramifiées, ils sont épais et fibreux, avec un aspect brun foncé à l'extérieur et une pulpe jaune clair à l'intérieur, un goût sucré et une légère odeur (Figure 02B) (RAMAN et al., 2022).



Figure 02 : (A) La plante, (B) La racine, (C) La fleur, de la réglisse (PANDEY et al., 2017).

- **Répartition géographique**

L'origine de cette plante est la région méditerranéenne orientale. On la trouve souvent dans les régions de plateaux, de collines où le climat est tempéré à chaud. On la trouve en Iran, Inde, Turquie, la Grèce. La réglisse est cultivée dans de nombreuses autres parties du monde pour ses utilisations médicinales et culinaire (ARMANINI et al., 2002).

- **Classification botanique**

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Glycyrrhiza*

Espèce : *Glycyrrhiza glabra* (GHEDIRA et al., 2010).

- **Utilisations médicinales**

Depuis longtemps la médecine traditionnelle employait la réglisse pour ses propriétés antibactérienne, anti-ulcéreux et anti-inflammatoire. Comme elle est utilisée pour le traitement de la fièvre, de la toux et la détresse respiratoire, ainsi que pour l'atténuation des maux d'estomac (CHOPRA, 1933).

4.3 *Origanum majorana*

La marjolaine qui est connue également sous le nom d'origan de jardin est une plante vivace herbacée connue sous le nom scientifique *Origanum majorana* appartenant à la famille des Lamiacées (LEEJA et al, 2007), elle se caractérise par des feuilles petites et parfumées avec fleurs de couleur violet rosé ou blanches.

Elle possède des propriétés médicinales et est facile à cultiver. Elle préfère les sols bien drainés en plein soleil et prospère dans des conditions chaudes et sèches. Elle peut être cultivée en pot, et l'en appelle en Algérie « berdekouch » (DUBOIS et al, 2006, elle est appréciée pour son goût délicat et son arôme agréable et elle est souvent utilisée pour parfumer les plats méditerranéens. En médecine, la marjolaine est utilisée pour ses propriétés bénéfiques, elle a des propriétés antioxydants, anti-inflammatoires et digestives (MUQADDAS et al, 2016).

- **Description botanique**

Cette herbacée vivace, la marjolaine, contient des tiges ramifiées et ordonnées, mesurent généralement entre 30 à 80 cm de hauteur avec des feuilles petites et opposées, ovales, cotonneuses. Les inflorescences, très ramifiées, sont situées au sommet de la tige et poussent en grappes denses, Les tiges naissent dans les feuilles exactement à l'aisselle (Figure 03). Il contient de petites fleurs qui apparaissent en blanc ou rose-violet. Il a deux lèvres, la lèvre supérieure est arrondie et en forme de coupe, tandis que la lèvre inférieure est dotée de dents et se compose d'étamines différentes (Figure 04). Les fruits sont tétrakènes (BELOUED, 1998).



Figure 03 : les fleurs de la marjolaine (MUQADDAS et al., 2016).



Figure 04 : les feuilles d'*Origanum majorana* (MUQADDAS et al., 2016).

- **Distribution géographique :**

L'*Origanum majorana* est largement répandu aux îles Canaries et aux Açores. De l'Europe du Nord jusqu'en Asie de l'Est. Elles s'étendent jusqu'en Sibérie Irano-turc. Elles poussent sur des sols calcaires et rocheux. La région méditerranéenne représente sa plus grande aire de répartition. Cette variété pousse également dans région intérieure semi-aride de l'est de l'Algérie (FIGUEREDO, 2007 ; BEN SALHA, 2020).

- **Classification botanique**

Règne : plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Gamopétales

Série : Superovariées tétracycliques

Super ordre : Tubiflorales

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiacées

Sous-famille : Népétoïdées

Genre : *Origanum*

Espèce : *Origanum majorana* (FIGUEREDO,2007).

- **Utilisations médicinales**

Origanum Majorana a une très large gamme d'applications que ce soit dans le domaine de l'alimentation ou dans la médecine traditionnelle, car elle contient des effets thérapeutiques multiples. Son utilisation en médecine concerne ses différentes parties ; les fleurs et les feuilles séchées ou fraîches consommées par voie orale (boires ou mâchées) peuvent traiter les maladies cardiovasculaires et l'hypertension et aussi elle aide à soulager les maux de dents, facilite la digestion et soulage les crampes d'estomac et les ulcères, ses huiles essentielles contribuent à réduire les douleurs rhumatismales (BOUYAHYA et al, 2021 - VASUDEVA et al, 2015).

Chapitre 02: Les polyphénols

1. Les substances naturelles du métabolisme végétal

L'une des principales caractéristiques des plantes est leur capacité à produire des substances naturelles très volumineuses et diverses en plus des métabolites classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques). Les métabolites dits (secondaires), qui appartiennent à différents produits. Il varie considérablement, mais ses niveaux d'accumulation atteignent souvent des valeurs très élevées. Le concept de « métabolites secondaires » est né à l'origine de trois séries d'observations : premièrement, il est très difficile d'attribuer ces métabolites à une fonction spécifique dans la physiologie d'une même plante, deuxièmement, la répartition est très inégale parmi des plantes très semblables, entre espèces différentes et parmi les mêmes espèces, et troisièmement certain (inertie biochimique), comme le démontrent ou sont ces travaux les composés phénoliques, la nomenclature (secondaire) semble aujourd'hui plus problématique au regard des résultats obtenus au cours des dernières décennies (**MACHEIX, 2005**).

Bien que ces travaux ne concernent qu'un seul groupe de substances naturelles, à savoir les composés phénoliques, ils présentent un intérêt plus général car ils démontrent de manière convaincante deux propriétés communes à toutes les plantes (**MACHEIX, 2005**).

2. Les polyphénols

2.1 Définition de polyphénol

« Polyphénols » Il s'agit d'un groupe de molécules aux structures diverses et différentes qui ont été largement utilisées en phytothérapie (**HENNEBELLE et al., 2004**). C'est un terme souvent employé dans la plupart des articles scientifiques et dans le langage courant pour identifier tous les composés phénoliques présents dans les plantes. Il comprend une large classe de substances, qui contiennent toutes plusieurs groupes hydroxyle phénoliques liés à un ou plusieurs systèmes cycliques benzéniques, Les flavonoïdes c'est la partie la plus importante des composants polyphénols (**MACHEIX, 2005**).

Les polyphénols sont des métabolites secondaires produisent en faible quantité par les plantes, et n'interviennent pas dans le métabolisme énergétique primaire ; Par exemple, sa fonction chez les plantes est de les protéger des parasites ou des rayons ultraviolet (**ZILLICH et al., 2015**).

2.2 Localisation des composés phénoliques

Les composés phénoliques représentent l'un des composés les plus répandus dans le règne végétal, surtout dans les fruits et les légumes (**LUND, 2021**). Ils sont généralement retrouvés dans les plantes supérieures où ils correspondent à une très large groupe de compositions

chimiques et sont répartis de manière hétérogène en quantité et en masse. (MACHEIX, 1996).

2.3 Rôle des polyphénols dans les plantes

Au cours des dernières décennies, les biologistes se sont intéressés à l'étude des composés phénoliques car ils participent à des structures basiques telles que la lignine ou bien dans la couleur bleue, rouge ou jaune de la plupart des tissus végétaux, et il intervient également dans la protection des plantes au niveau de leur environnement physique (ultraviolet) ou biologique (pathogène) (ŠAMEC et al., 2021).

Les polyphénols constituent une classe importante de métabolites spécialisés qui jouent des rôles physiologiques cruciaux tout au long du cycle de vie végétales (ŠAMEC et al., 2021).

2.4 Biosynthèse des composés phénoliques

La plupart des composés phénoliques représentés sont produits selon trois voies essentielles de biosynthèse (Figure 05) :

2.4.1 La voie de Shikimate : Il s'agit de la voie de biosynthèse des composés aromatiques (acides aminés aromatiques) (GAY et al., 1989) qui ont un cycle aromatique (phénylalanine, tryptophane et tyrosine) présente dans les plantes et les algues, mais aussi chez les champignons et les bactéries (TZIN et al., 2012).

2.4.2 La voie des phénylpropanoïdes : C'est une voie unique dans le règne végétal, elle peut synthétiser des matières différentes constituées de phénylalanine, surtout des anthocyanes, des isoflavones, du stilbène, des esters d'acide hydroxycinnamique et même de la lignine. Cette voie participe dans la pigmentation des fleurs ou dans la protection des tissus des plantes contre les différents stress biotiques et abiotiques, tandis que la lignine confère la dureté et la résistance des parois cellulaires végétales (HOFFMANN, 2003).

2.4.3 La voie de biosynthèse des flavonoïdes

Cette voie des flavonoïdes est associée avec la voie des phénylpropanoïdes et avec la voie de l'acide acétique pour produire les polyacétates. Tous les flavonoïdes ont une source biosynthétique commune, c'est pourquoi ils conservent toujours la même structure de base. L'étape première principale de la synthèse des flavonoïdes est d'ajouter des unités phénylpropanoïdes à trois coenzymes malonyl, qui sont catalysées par la chalcone synthase. Réaction de condensation sur l'unité A. Cette chalcone est un intermédiaire distinct dans la synthèse de nombreux flavonoïdes, tanins condensés et anthocyanes (SAHLI, 2017).

La **figure 05** représente les différentes voies de la biosynthèse des composés phénoliques

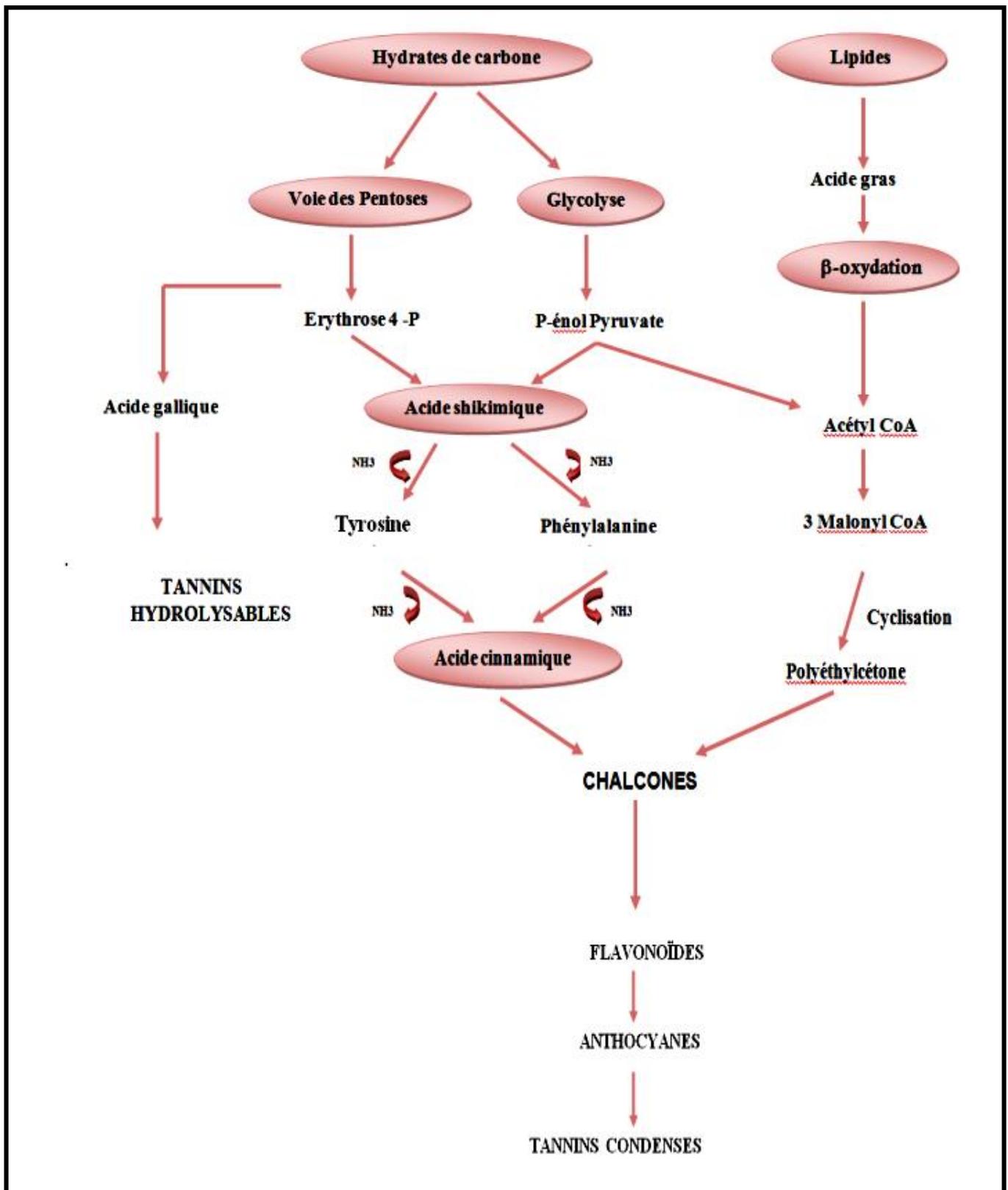


Figure 05 : Représentation des voies de biosynthèse des composés phénoliques (CHAUCHE, 2020).

2.5 Classifications des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont divisés en plusieurs classes, et réparties dans de nombreuses plantes. Les principaux critères de distinction entre ces catégories comprennent l'identification de la structure du squelette carboné et le nombre d'atomes de carbone (**Tableau 01**). On a aussi retrouvé des formes simples et solubles dans la vacuole de plus des formes polymériques plus ou moins solubles comme tanins. D'autre part, les formes insolubles (lignanes) se lient directement à la paroi cellulaire (**MACHEIX, 1996**).

Tableau 01 : Les principales classes de composés phénoliques (**MACHEIX, 1996**).

Nombre d'atomes de carbone	Squelette de base	Classe	Exemple	Plante alimentaire (exemple)
6	C ₆	Phénols simples	Catéchol	
7	C ₆ -C ₁	A.Hydroxybenzoïques	<i>p</i> -Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
9	C ₆ -C ₃	A.Hydroxycinnamiques	acide Caféique	Pomme, P. de terre
		Coumarines	Scopoline	Citrus
10	C ₆ -C ₄	Naphthoquinones	Juglone	Noix
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Mangiferine	Mangue
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoides	Quercétol, cyanidol	Fruits, légumes
		Isoflavonoides	Daidzeine	Soja, pois
n	(C ₆ -C ₃) _n	Lignines		Fruits à noyau
n	(C ₁₅) _n	Tannins		Raisin rouge, Kaki

- **Les acides phénoliques**

Ces composés peuvent être divisés en deux catégories:

-les dérivés de l'acide benzoïque (acide hydroxybenzoïque, C₆-C₁)

-les dérivés de l'acide cinnamique (acide hydroxycinnamique, C₆-C₃ (**GOLENIOWSKI et al., 2013**)).

- a) **Les acides hydroxybenzoïques (HBA)** : Dérivé d'acides benzoïques comme l'acide *p*-hydroxybenzoïque (*p*-HBA), donne l'acide salicylique (SA), l'acide gallique (GA), l'acide des variantes d'acides dihydroxybenzoïques. Les changements à la structure du HBA c'est le résultat de l'hydroxylation et de la méthylation des cycles aromatiques de sa structure (**GOLENIOWSKI et al., 2013**).

b) **Les acides hydroxycinnamiques (HCA)** : ce dernier incluent l'acide p-coumarique, l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide sinapinique, de plus leurs conjugués estérifiés/éthérifiés (par exemple l'acide chlorogénique) (SHAHIDI et al., 2003).

- **Les flavonoïdes**

Ce sont les polyphénols les plus étudiés et possèdent plus de 6 000 structures différentes. Selon lesquels, les flavonoïdes peuvent être divisés en six catégories : flavones, flavonols, flavan-3-ols, flavanonols, flavanones, isoflavones et anthocyanes. Les configurations des structures flavanes dans le centre hétérocyclique sont différentes (**Figure 06**). Les atomes de carbone de la molécule de flavonoïde produisent deux cycles benzéniques (A et B) qui sont ensuite liés à trois atomes de carbone et un atome d'oxygène pour former le cycle pyrane central (C) (**Figure 06**) (PANCHE et al., 2016).

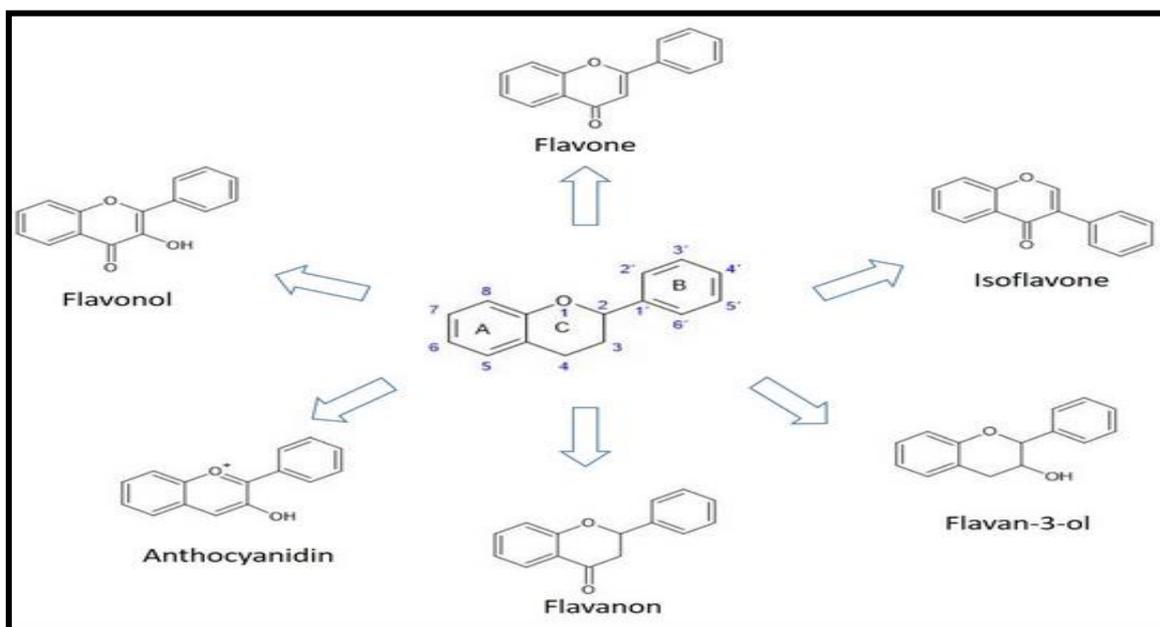


Figure 06 : Structure de base des flavonoïdes et leurs classes (PANCHE et al., 2016).

Ils se trouvent dans les plantes sous forme libre. Les dérivés flavonoïdes les plus courants sont les glycosides. Ils agissent comme une forme de stockage des métabolites et peuvent participer aux processus de détoxification. (KYTIDOU et al., 2020). Les flavonoïdes méthylés identifiés dans d'autres classes sont moins courants que les glycosides flavonoïdes ou les formes libres (WEN et al., 2017).

Le processus biologique des flavonoïdes le plus étudié est l'activité antioxydant. En général, comme le résumait Williamson et al (WILLIAMSON et al., 1999).

- **Les stilbènes**

Sont des composés phénoliques non flavonoïdes avec une structure carbonée spécifique C6-C2-C6 (RICHARD et al., 2014).

Ce sont des phytoalexines, des composés dont la principale source est le vin, les arachides, le raisin et le soja. Ils sont généralement produits par les plantes lorsqu'elles sont exposées à un stress biotique en réponse à des attaques de micro-organismes. **(CROZIER et al., 2006).**

- **Les tanins :**

Les tanins végétaux sont des polyphénols hydrosolubles présents dans de nombreuses espèces végétales, leur poids moléculaire varie entre 600 et 3 000 Da. Ce sont des matériaux naturels adaptés à la préparation du cuir et ils sont divisés en deux catégories :

- a) **Les tanins hydrolysables**, Se compose de molécules glucidiques auxquelles est fixé l'acide gallique ou l'un de ces dérivés (acide m-digallique, acide ellagique). Tanins ellagiques et galliques sont caractéristiques des angiospermes dicotylédones **(SÉRÉMÉ et al., 2008).**
- b) **Les tanins condensés** sont formés par la polymérisation de molécules de flavanes. Ils sont également appelés tanins «catéchiques» **(SÉRÉMÉ et al., 2008).**

- **Coumarines :**

Ils sont des composés polyphénoliques dont le nom est dérivé de «coumarou», qui est le nom commun de la fève tonka **(KÜPELI et al., 2020).**

La coumarine et leurs dérivés sont des composés naturels largement présents dans les plantes sous forme glycosidique ou libre. À ce jour, un total de 800 composés naturels dérivés de la coumarine a été obtenu provenant d'environ 600 genres répartis dans 100 familles. Ces composés ont récemment acquis une grande importance en raison de leurs diverses activités biologiques. Les résultats d'études bioactivité antérieures ont montré que la coumarine possède des propriétés antitumorales, de photochimiothérapie, anti-VIH, antibactériennes, antifongiques et anti-inflammatoires **(KÜPELI et al., 2020).**

- **lignanes :**

Les lignanes constituent une large classe de phénylpropanoïdes non flavonoïdes naturels que l'on trouve en grande partie sous forme libre dans les plantes vasculaires, tandis que certains peuvent former des glycosides et d'autres dérivés. Diverses transformations oxydatives des lignanes ont été rapportées, donnant naissance à un large éventail de formes et de composés de lignanes ayant différentes activités biologiques. Comme beaucoup d'autres composés polyphénoliques, les lignanes jouent un rôle environnemental en augmentant la capacité des plantes à faire face aux stress biotiques et abiotiques pendant la croissance et le développement. Ils sont considérés comme de puissants antioxydants et peuvent éliminer les espèces réactives nocives de l'oxygène qui s'accumulent souvent en excès lors de conditions

de stress. Ils présentent également un intérêt pharmaceutique en raison de leurs propriétés anti-VIH, antibactériennes et antitumorales (**ŠAMEC et al., 2021**).

- **Les saponines**

Ce nom remonte au mot latin *sapo*, signifiant « savon » car il a la propriété de former une solution mousseuse en présence d'eau. Il s'agit d'un groupe de métabolites secondaires produits par des plantes supérieures ou des animaux marins et certaines bactéries sous forme de glycosides (hétérogènes) de poids moléculaire élevé, et il se compose d'une partie hydrophobe pour les lipides et d'une partie du polysaccharide hydrophile. Cette combinaison dans ses molécules explique son comportement moussant dans les solutions aqueuses, elles se caractérisent par de nombreuses propriétés et activités biologiques (**ANDRIAMASINORO, 2018**).

3. les radicaux libres et l'activité antioxydante

3.1 Radicaux libres et espèces réactives

Un radical libre (RL) est une molécule ou un atome très instable car il contient un ou plusieurs électrons simples, Ils ont donc tendance à réagir avec de nombreux composés, notamment les macromolécules situées à proximité du site de leur production. Le RL est produit dans les cellules par un certain nombre de mécanismes différents. La principale source d'anion superoxyde est la mitochondrie via la chaîne de transport d'électrons (**HOKAYEM et al., 2012**).

Les espèces réactives de l'oxygène (ROS) sont des composés chimiques de l'oxygène comprenant des radicaux libres des ions oxygène et des peroxydes. Elles sont dites « réactives » en raison de leur activité chimique qui leur est spécifique et réside dans la présence d'électrons de valence unique sur leurs orbitales externes. L'équilibre est rétabli soit par oxydation en perdant cet électron libre, soit par réduction en gagnant un autre électron (**BENSAKHRIA, 2018**).

3.2 Stress oxydant

Il s'agit d'une condition qui survient lorsque le corps est incapable de se défendre contre les formes réactives de l'oxygène (ROS) en raison d'un déséquilibre du système oxydatif (la quantité de radicaux libres dans l'organisme devient supérieure à la quantité d'antioxydants). Ce déséquilibre peut entraîner des dommages structurels et fonctionnels (**BENSAKHRIA, 2018**).

Ce stress oxydatif peut entraîner :

- Un épuisement en molécules antioxydants (carence nutritionnelle, vieillissement),
- Une surproduction d'espèces réactives de l'oxygène peut être observée :

- Lors de modifications de l'apport d'oxygène au corps ou aux cellules pendant l'hypoxie (en altérant le métabolisme énergétique cellulaire) et le type (gaspillage d'énergie des oxydants laissant de l'oxygène derrière) ; hyperoxygénation pendant la respiration artificielle, ischémie-reperfusion tissulaire, oxygénation cérébrale insuffisante est une condition affectée par ce scénario,
- Lors de la présence de substances pro-oxydantes ou sous l'effet des radicaux libres produits par le métabolisme (fumées, rayonnements UV, pesticides...),
- Lors d'une production excessive de radicaux libres par l'organisme (maladies neurologiques et cardiovasculaires, cataractes, syndromes inflammatoires chroniques, prolifération tumorale, etc.) (**GRANDJEAN, 2001**).

3.3 Les antioxydants

Les réactions redox qui transfèrent des électrons des substances aux oxydants sont essentielles à la vie mais génèrent des radicaux libres qui conduisent à des réactions en chaîne destructrices (**TANGUY et al., 2009**). Les antioxydants biologiques sont définis comme des substances qui combattent les effets nocifs potentiels conduisant à une oxydation excessive et ils protègent les cellules des dommages et du risque de nombreuses maladies telles que les cancers (**GRANDJEAN, 2001**).

3.4 Type des antioxydants

- **Antioxydants naturels**

Bien que notre corps produise des antioxydants, il dépend de sources externes pour produire le reste des antioxydants dont il a besoin, appelés antioxydants alimentaires naturels. On les trouve en abondance dans les fruits, les légumes et les céréales (**HOKAYEM et al., 2012**).

- **Antioxydant enzymatique**

Les antioxydants enzymatiques les plus courants sont le superoxyde dismutase (SOD), la catalase et la glutathion peroxydase (GPx). Sa fonction principale est de transformer les radicaux libres, les rendant ainsi inoffensifs. On distingue :

- **Syperoxyde dismutase (SOD)**

C'est une enzyme contenant du métal qui catalyse la disproportion entre les radicaux superoxydes, l'oxygène et le peroxyde d'hydrogène. Les enzymes des plantes se présentent sous trois formes, classées en fonction des ions métalliques dans leur site actif : formes cuivre/zinc, manganèse et fer (**ALSCHER et al., 2002**).

➤ **Catalase**

Est une enzyme qui convertit le peroxyde d'hydrogène en oxygène moléculaire et en eau (**ORBAN, 2011**).

➤ **Glutathion peroxydase (GPx)**

Est une enzyme à sélénium tétramère cytoplasmique et mitochondriale, qui réduit le peroxyde d'hydrogène en eau. Le GPx se décompose en cas de carence sévère en sélénium, essentiel à l'activité de l'enzyme (**HALENG, 2007**).

• **Antioxydant non enzymatique**

➤ **Les médicaments**

Certains médicaments, tels que le probucol (Lurselle), peuvent oxyder le cholestérol en lipoprotéines de basse densité, empêchant ainsi la formation de cellules spumeuses dérivées des macrophages qui entraînent des lésions athéroscléreuses dans les vaisseaux sanguins pour traiter la maladie coronarienne.

La N-acétylcystéine est également considérée comme un puissant antioxydant utilisé pour traiter la toxicité du paracétamol en pénétrant dans les cellules et en reconstituant les réserves de glutathion.

➤ **Les vitamines:**

- a) **vitamine C** : Également connu sous le nom d'acide ascorbique, une vitamine hydrosoluble et un antioxydant présent dans le corps (**ROUCHOTAS et al., 2017**).
- b) **vitamine E** : Deux grandes classes de molécules sont regroupées : les tocotriénonols et les tocophérols à quatre corps α , β , γ et δ . Ce sont des composés liposolubles et l'un des antioxydants importants du corps (**LANDRIER, 2011**).
- c) **β -carotène** : Parmi les photoprotecteurs actifs, le bêta-carotène semble être un piègeur très efficace. La présence d'un grand nombre de doubles liaisons dans sa structure en fait un antioxydant reconnu, notamment parce qu'il protège des méfaits du soleil. Elle se caractérise par un pigment rouge-orangé présent dans les plantes (notamment les carottes) (**VALERY, 2013**).

Chapitre 03: Généralités sur le fromage

1. Définition du fromage

Le fromage est un produit alimentaire de plus en plus important sur le marché international. La dénomination fromage désigne exclusivement des produits laitiers fermentés ou non, affinés ou obtenus à partir de matières autres que celles d'origine entièrement laitière : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, seuls ou en mélanges et coagulés dans lesquels la partie eau est totalement ou partiellement éliminé (COLINE, 2020).

2. Composition de fromage

L'un des composants principaux du fromage est les lipides, ils présentent 20 à 30 % de l'extrait sec total et contribuent à la flaveur du fromage frais ou affinés (RICHONNET, 2016).

Les fromages sont riches, aussi, en protéines contenant des acides aminés essentiels, ainsi 100g de fromage frais apportent 30% à 40% des besoins journaliers en protéines pour un adulte, alors qu'une quantité équivalente en fromage dur en apporte 40% à 50% (CESBRON et al., 2017).

Le fromage contient des quantités appréciables en minéraux, où le fer, le calcium et le phosphore sont les plus abondants. En effet, 100g de fromage dur peut approvisionner 50 % des besoins journaliers en phosphore d'un adulte (CHIRSANOVA et al., 2016).

3. Classification du fromage

Il existe une grande variété des fromages qui se diffèrent par le goût, l'odeur, la texture ou la forme. On peut classer les fromages en 3 catégories différents :

3.1 Fromages à pâte fraîche

Un fromage à pâte fraîche a une texture molle granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. C'est un fromage peut égouttés caractérisé par une teneur très élevée de l'humidité et une teneur de 60 à 80% de la matière grasse (MAHAUT, 1986).

3.2 Fromages à pâte pressée

Ce sont des fromages dont le caillé est pressé après soutirage puis mis à l'affinage. Dans cette catégorie, on peut distinguer les fromages à pâte pressée non cuite et les fromages à pâte pressée cuite (pate dur, le caillé chauffé à 65°C) (MAHAUT, 1986).

3.3 Fromages à pâte molle

Le fromage à pâte molle est un camembert affiné en surface par les moisissures. La texture de ce type de camembert est molle caractérisée par une couleur du blanc cassé allant au jaune pale. Une croûte molle recouverte des moisissures blanches (MAHAUT, 1986).

4. Les étapes de fabrication du fromage

Habituellement la fabrication du fromage comprend trois étapes : La formation d'un gel de caséines, c'est la coagulation du lait ; la déshydratation partielle du gel, c'est l'égouttage qui aboutit à un caillé et le salage. Ces étapes concernent les fromages frais. Le reste des fromages subissent en plus une étape d'affinage, ce sont les fromages affinés

- **Le caillage**

La coagulation du lait s'obtient sous l'effet d'acidification de caractère lactique ou par l'ajout d'enzymes coagulantes, dont la présure, enzyme issue de l'estomac de la vache. Elle conduit à l'obtention d'un gel, le caillé, qui est à la base de la fabrication du fromage (MEKHANEG, 2020).

- **L'égouttage**

L'égouttage est l'étape de séparation du caillé du petit lait. On peut la forcer par des techniques de pressage. C'est un art dont dépendent la qualité et la conservation du fromage. Les fromages frais et fromages blancs peuvent être consommés à l'issue de cette étape (MALLAYE, 2012).

- **Le salage**

En maîtrisant le développement des micro-organismes, le salage va révéler la saveur propre du fromage. Le sel peut être introduit dans la pâte, ou en surface, saupoudré à la volée ou dans un bain de saumure saturé. Il contribue à la formation de la croûte et va donner au caillé l'aspect et le goût final du fromage (BOURRE, 2010).

- **L'affinage**

Avec l'affinage, la maturation commence. Dans la cave où humidité, température et aération sont spécialement étudiées, les fromages vont mûrir, le caillé devenir pâte, prendre goût et odeur. Retournés à la main, lavés, brossés, les fromages amoureuxment soignés atteignent leur saveur finale (STENGEL, 2015).

Deuxième partie
Etude expérimentale

Chapitre 04: Matériels et méthodes

Notre travail de projet de fin de cycle a été réalisé au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université Akli Mohand Oulhaj-Bouira, de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre. Il s'est répartie sur deux parties, la première a porté sur l'extraction des polyphénols à partir de trois plantes médicinales, leur dosage et l'évaluation de leur effets antioxydant. La deuxième partie, elle a porté sur l'incorporation des poudres des plantes dans des fromages fabriqués traditionnellement et étude de leurs caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et antioxydants.

I. Matériels

I.1 Le matériel non biologique

Il est représenté par la verrerie, les réactifs et l'appareillage utilisés durant notre recherche, il est regroupé dans l'annexe A, B.

I.2 Le matériel biologique

Représenté par des poudres végétales, il est à signalé que notre travail s'est accentué sur trois plantes médicinales, une de la famille de Fabaceae et les deux autres appartenant à la famille de Lamiaceae il s'agit de *Glycyrrhiza glabra* (Fabaceae) et *Origanum majorana*, *Salvia officinalis*(Lamiaceae), on a ciblé la partie souterraine pour la première plante et la partie aérienne pour les deux autres. La cueillette de ces plantes a eu lieu dans différentes régions de la wilaya de Bouira :

Salvia officinalis et *Origanum majorana* : Les feuilles ont été cueillies dans la région d'Aïn Bessem au début du printemps 2024.

Glycyrrhiza glabra (régliasse) : Les racines ont été cueillies dans la région de Sour El Ghozlane en 2023.

La figure 07 représente les zones d'échantillonnage :



Figure 07 : lieu de la récolte de *Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et d'*Origanum majorana*.

II. Méthodes

II.1 étude phytochimique, extraction et dosage des polyphénols et étude de l'activité antioxydante de trois plantes médicinales (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*)

II.1.1 Broyage et tamisage

Une fois récoltées, les plantes sont lavées séparément, séché dans un lieu sec et aéré à température ambiante et à l'abri de la lumière. Ensuite, les différentes plantes sont finement broyées à l'aide d'un broyeur électrique. Enfin, les poudres obtenues sont stockées dans des bocaux en verre fermés qui sont gardés à l'ombre.

II.1.2 Préparation des extraits

les extraits sont préparés par la macération, sous agitation continue, de 15 gramme de poudre de chaque plante dans un volume de 100 ml d'éthanol pendant une durée de 72 heures avec renouvellement du solvant chaque 24 heures.

Après une étape de filtration avec du papier filtre Wattman n01 (ANNEXE C), les extraits sont évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif (ANNEXE D) à 45°C et à basse pression,

II.1.3 Détermination du rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est déterminé en utilisant l'équation suivante:

Rendement (%) = $\left[\frac{\text{Masse d'extrait sec de la plante}}{\text{la masse de substance végétale}} \right] \times 100$

Le poids d'extrait sec de la plante : est la différence de poids entre le flacon après évaporation et son poids à l'état vide (**BOHUI et al., 2018**).

II.1.4 Screening phytochimique

Il s'agit d'un ensemble de tests permettant de mettre en évidence la présence ou d'absence de familles chimiques de métabolites secondaires présents dans les plantes. Les tests phytochimiques ont été déterminés sur la base des réactions de coloration et de la turbidité ou des précipitations (**HADDOUCHI et al., 2016**).

- **Préparation de l'infusé à 5%**

Dans 100 ml d'eau distillée bouillante on a mis 5 gramme de poudre de chaque plante, puis ils sont laissés tremper pendant 15 à 30 minutes. La solution obtenue est ensuite filtrée (**ANNEXE E**) (**BELFEKIH et al., 2017**).

- **Tanins catéchiques**

La présence des tanins est testée en ajoutant à 15 ml d'extrait infusé à 5 % 3 ou 5 gouttes de solution aqueuse de FeCl₃ diluée à 5 %.

La présence de tanins est indiquée par l'apparition de couleur vert foncé ou bleu-vert ;

La présence de tanins catéchiques est indiquée par l'apparition de couleur vert foncé (**BENTABET, 2015**).

- **Terpénoïdes**

Mettre à partir de chaque extrait 1 ml de chloroforme et 1 ml d'acide sulfurique concentré à 2,5 ml, la formation d'anneaux brun-rouge à l'interface indique la présence de terpénoïdes (**HIMOUR et al., 2016**).

- **Coumarines**

Placer dans un tube à essai 2 ml de l'infusé à 5 % et 3 ml de NaOH (10 %). Après agitation de la solution, il apparaît une couleur jaune qui indiquant la présence de coumarine (**DAIRA et al., 2016**).

- **Quinones libres**

Ajouter 1 ml d'acide sulfurique concentré à 1 ml de chaque extrait. Lorsque l'extrait vire au violet ou rouge cela indique la présence des quinones (**CASTUS et al., 2015**).

- **Mucilages**

Introduire dans un tube à essai 1 ml de solution infusée et 5 ml d'éthanol.

L'obtention de précipités feuilletés après agitation indique la présence de Mucilages (**HAMID et al., 2018**).

- **Saponosides**

Les saponines sont testées en ajoutant une petite quantité d'eau à 2 ml de chaque extrait aqueux, après une agitation énergique de la solution et un repos de 20 minutes. La présence de saponines est appréciée comme suivant :

- **Pas de mousse** = test négatif
- **La mousse est inférieure à 1 cm** = test faiblement positif
- **1-2 cm de mousse** = test positif
- **La mousse supérieure à 2 cm** = résultat du test très positif (DAIRA et al., 2016).

II.1.5 Analyses qualitatives et quantitatives des extraits

Les analyses qualitatives et quantitatives des extraits éthanoliques sont décrites dans le **tableau 02** :

Tableau 02 : Analyses qualitatives et quantitatives des extraits

Test	Principe	Mode opératoire
Dosage des composés phénoliques totaux	Ce test est basé sur une méthode utilisant le réactif Folin Ciocalteu. Ce dernier est un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. L'oxydation des phénols réduit le réactif en un mélange constitué d'oxyde de bleu de tungstène et l'oxyde de molybdène. La profondeur de la couleur est directement proportionnelle à la teneur en composés phénoliques (AUGUSTIN et al., 2017).	Ce protocole a été utilisé précédemment comme décrit (Singleton et Ross, 1965), avec quelques modifications. En bref, un volume de 0,5 ml de chaque extrait a été placé dans un tube à essai, avec un mélange de 5 ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 500 µl de solution de carbonate de sodium à 7%. Le tube est agité et incubé pendant 30 min. L'absorbance a été lue à 765 nm. Enfin, une courbes d'étalonnage ont été tracées en parallèle en utilisant différentes concentrations d'acide gallique (0 à 100 mg/mL) dans les mêmes conditions opératoires.
Dosage des flavonoïdes	La détermination de la teneur en flavonoïdes des extraits a été réalisée à l'aide de la méthode colorimétrique du trichlorure d'aluminium. La	Ce protocole a déjà été utilisé par (AUGUSTIN et al., 2017) avec quelques modifications. On ajoute 0,5 ml de chaque extrait préparé dans l'éthanol à 0,5 ml d'AlCl ₃ à 2 %. Après une incubation de 10 minutes à température ambiante, l'absorbance a été lue à 430 nm.

	<p>mesure quantitative des flavonoïdes a été réalisée par une méthode basée sur la formation d'un composé très stable entre le chlorure d'aluminium et les atomes d'oxygène situés aux carbones 4 et 5 des flavonoïdes (ALI-RACHEDI et al., 2018).</p>	<p>Les concentrations de flavonoïdes ont été extrapolées à partir de la plage de courbe standard déterminée à l'aide de la quercétine . Les résultats obtenus sont exprimés en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme d'extrait (équivalent mg/g d'extrait).</p>
--	---	---

II.1.6 Activité antioxydante des extraits

Les activités antioxydantes des extraits éthanoliques sont décrites dans le **tableau 03** :

Tableau 03 : Activités antioxydantes des extraits

Test	Principe	Mode opératoire
<p>Test de réduction du radical DPPH</p>	<p>La méthode de mesure du pouvoir antioxydant à l'aide du DPPH (2,2- Diphényl-picrylhydrazine) est basée sur la capacité de ce composé à réduire les radicaux libres DPPH°. La réaction de réduction provoque un changement de couleur de la solution qui passe du violet au jaune en présence de composés anti-radicalaires (HABIBOU et al., 2019).</p>	<p>Le protocole utilisé était basé sur le protocole décrit selon (FADILI et al., 2017) avec quelques modifications, en utilisant 100 µl de chaque solution éthanolique de l'extrait à différentes concentrations (100 ; 200 ; 300 ; 400 ; 500 et 600 µg/ml) dans 1 ml de solution d'éthanol du DPPH. En même temps, préparez un contrôle négatif en mélangeant 100 µL d'éthanol avec 1 ml de solution d'éthanol DPPH. Les lectures d'absorbance et de vide ont ensuite été prises à 517 nm après 30 minutes d'incubation à température ambiante dans l'obscurité. Le contrôle positif était représenté par la solution standard d'acide ascorbique antioxydant, et son absorption a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons de l'étude, et le test a été répété trois fois. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du DPPH (PI%) selon la formule suivante :</p> $PI\% = \left[\frac{(Abs\ contrôle - Abs\ test)}{Abs\ contrôle} \right] \times 100$ <p>PI% : pourcentage d'inhibition Abs contrôle : l'absorbance de la réaction de contrôle Abs test : l'absorbance des extraits</p>

<p>Test du pouvoir de réduction du fer : FRAP (Ferric reducing antioxidant power)</p>	<p>Le pouvoir réducteur d'un extrait est lié à sa capacité antioxydante. Cette technique a été développée pour mesurer la capacité des extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans $K_3Fe(CN)_6$ en fer ferrique (Fe^{2+}). Le fer ferrique, initialement jaune, diminue et devient vert en présence d'un atome d'électron. Le changement de couleur du jaune au bleu ou au vert est proportionnel à l'activité antioxydante (HABIBOU et al., 2019).</p>	<p>Le pouvoir réducteur des échantillons a été évalué selon la méthode spectrophotométrique décrite par (BOUGANDOURA et al., 2013) avec quelques modifications. Brièvement, 0,5 ml de chaque extrait à différentes concentrations (de 100 à 600 ug/ml) est mélangé avec 1,25 ml de solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 1,25 ml de solution de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ à 1 %. Le tout a été incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 minutes, puis 1,25 ml d'acide trichloroacétique à 10 % ont été ajoutés pour arrêter la réaction et les tubes ont été centrifugés à 3000 tr/min pendant 10 minutes (ANNEXE F). Une aliquote (1,25 ml) du surnageant est combinée avec 1,25 ml d'eau distillée et 0,25 ml d'une solution aqueuse à 0,1 % de $FeCl_3$, et l'absorbance du milieu réactionnel est lue à 700 nm sur un blanc préparé de manière similaire, en remplaçant l'extrait avec de l'eau distillée qui permet l'étalonnage de l'appareil (spectrophotomètre UV-VIS) (ANNEXE J). Le contrôle positif est représenté par une solution étalon d'antioxydante ; Acide ascorbique, dont l'absorption a été mesurée dans les mêmes conditions d'échantillon. L'augmentation de l'absorption correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés.</p>
--	---	--

II.2 Incorporation des plantes médicinales dans un fromage traditionnel

La présente étude consiste à formuler un fromage traditionnel à base des plantes médicinales des espèces différentes (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra*, *Origanum majorana*).

2.1 Préparation du fromage

Le fromage a été fabriqué selon une recette traditionnelle maison à base de lait partiellement écrémé. Versez 1ml de lait dans une grande casserole. Faites le chauffer en remuant constamment jusqu'à ébullition (**chauffage**). Retirez ensuite la casserole du feu et ajoutez 60 ml de jus de citron avec un peu de vinaigre. Mélangez bien les ingrédients et remettez sur le feu jusqu'à ce que le lait devienne grumeleux (**caillage**). Filtrez ensuite le mélange à l'aide d'une passoire, appuyez légèrement avec la main jusqu'à ce qu'il forme une grosse masse, et placez-la dans un bol perforé pour bien l'égoutter (**l'égouttage**). Ensuite, remettez la masse obtenue dans la casserole à feu moyen, puis ajoutez une cuillère à café de sel et une cuillère à

café de bicarbonate de sodium pour avoir de fromage plus moelleux; avec un peu d'acide citrique, on améliore le goût du fromage et on augmente son acidité, enfin ajoutez une cuillère de beurre

Remuez tous les ingrédients jusqu'à ce qu'ils soient homogènes, et le fromage est ainsi prêt. L'incorporation des poudres des plantes visées dans le fromage précédemment préparé est réalisé par l'ajout des quantités variables des poudres stérilisés afin d'avoir des concentrations croissantes de 0%, 0.125%, 0.25% et 0.5% (m/m). Les échantillons sont placés dans des moule (**moulage**), bien empilé à la main et conserver au réfrigérateur jusqu'à utilisation. La conservation de ce fromage ne doit pas excéder 6 jours.

Dans un plateau il y a 10 échantillons de fromage traditionnel préparé (**Figure 08**) :

- 1: Fromage traditionnel avec sans additif (**témoin**) ;
- 2: Fromage traditionnel avec 0.125% de *Salvia officinalis* ;
- 3: Fromage traditionnel avec 0.25% de *Salvia officinalis* ;
- 4: Fromage traditionnel avec 0.5% de *Salvia officinalis* ;
- 5: Fromage traditionnel avec 0.125% de *Glycyrrhiza glabra* ;
- 6: Fromage traditionnel avec 0.25% de *Glycyrrhiza glabra* ;
- 7: Fromage traditionnel avec 0.5% de *Glycyrrhiza glabra* ;
- 8: Fromage traditionnel avec 0.125% d'*Origanum majorana* ;
- 9: Fromage traditionnel avec 0.25% d'*Origanum majorana* ;
- 10: Fromage traditionnel avec 0.5% d'*Origanum majorana*.

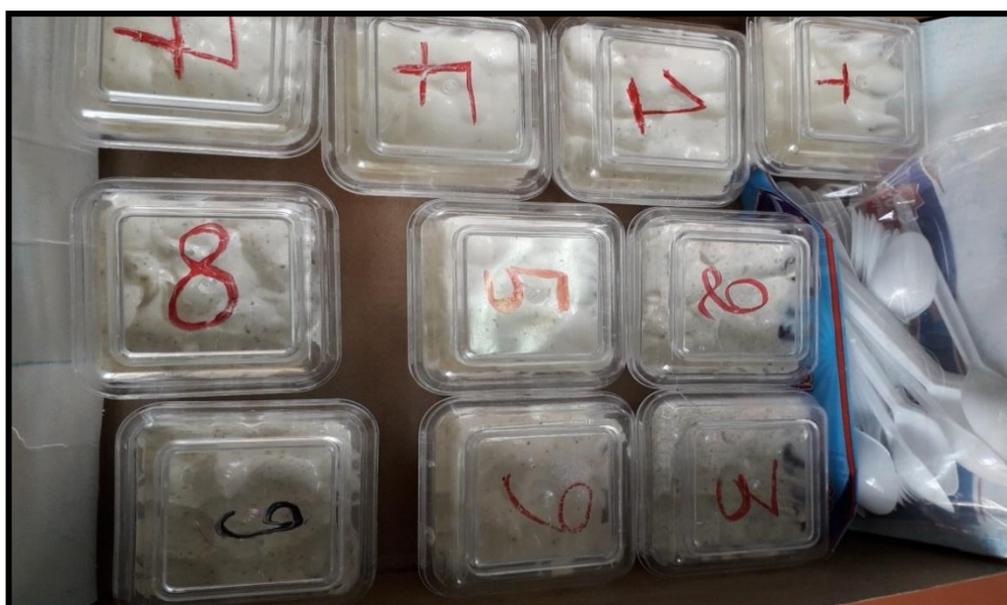


Figure 08 : plateau de 10 échantillons du fromage préparé (**photos originale**)

2.2 Analyses physico-chimiques

Chaque échantillon de fromage (10 g) a été homogénéisé avec 90 ml d'eau distillée et laissé sous agitation pendant 15 min. Ensuite, l'extrait a été centrifugé à 3000tr/min pendant 10 min (**Figure 09**), et filtré à l'aide d'un papier filtre. Les extraits obtenus sont utilisés pour les analyses physico-chimiques selon **BENTIBA (2023)** avec quelques modifications.

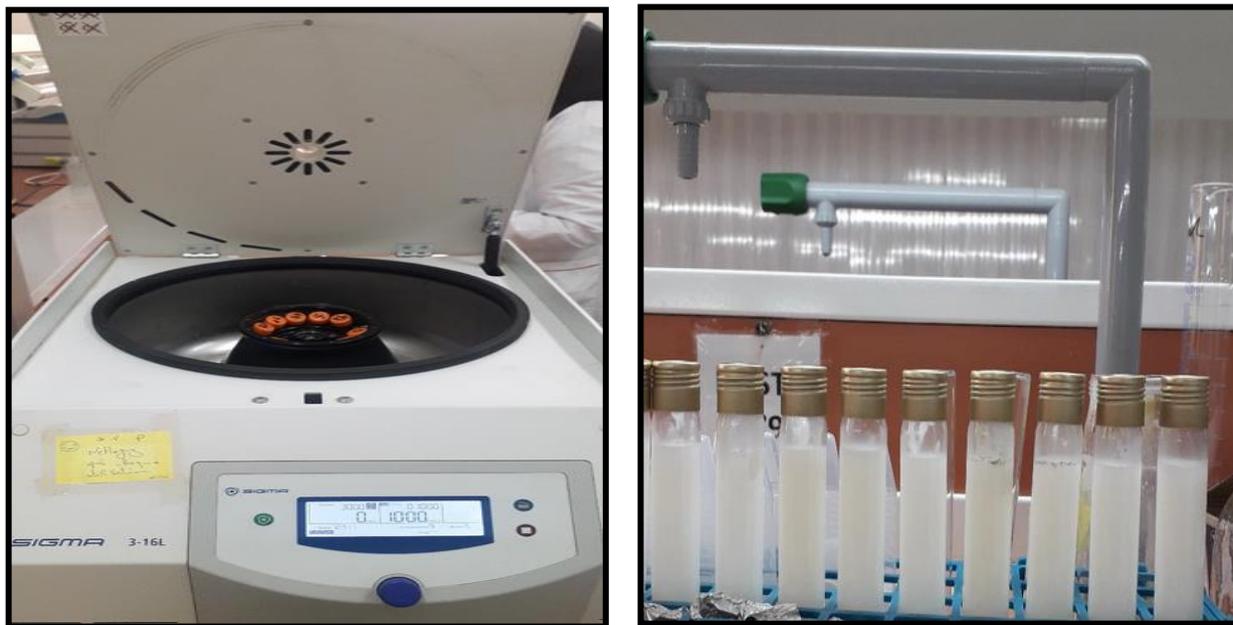


Figure 09: Préparation des extraits aqueux des échantillons de fromage traditionnel (**photos originale**).

Nous avons réalisé des tests physico-chimiques : pH, humidité, acidité titrable et l'extrait sec :

- **Mesure du pH**

La mesure du pH s'effectue à l'aide d'un pH-mètre (**ANNEXE H**) et sa valeur s'affiche directement sur l'écran de l'appareil. (**HIBOUCHE., 2016**).

- **Détermination de l'extrait sec total (EST)**

Pour connaître la valeur de l'EST, il faut suivre les étapes suivantes (**HIBOUCHE., 2016**) :

- Peser la capsule lorsqu'elle est vide, puis mettre 5 grammes de fromage dans la capsule et peser à nouveau ;
- Placer la capsule au four à une température de 105°C pendant trois heures ;
- Lors de la sortie de la capsule du four, pesez-la à nouveau.

Les résultats sont exprimés en % comme suit :

$$\text{EST} = \frac{[\text{Poids (capsule + extrait sec)} - \text{Poids capsule vide}]}{\text{Prise d'essai}} \times 100$$

- **Test d'humidité**

La quantité d'eau présente dans les aliments est considérée comme leur humidité et est déterminée en les séchant dans un four bien ventilé à 105°C jusqu'à ce que la masse de cet aliment soit constante (**BENTIBA., 2023**).

Pour cela, peser 5 g de chaque échantillon de fromage (0%, 0,125%, 0,25% et 0,5%) puis le placer dans une étuve bien ventilée à 105°C pendant trois heures (**Figure 15**). Lorsque le poids des échantillons est constant, on calcule la masse perdue en pourcentage d'humidité selon l'équation suivante :

$$H (\%) = 100 - EST$$

- **Détermination de l'acidité titrable**

L'acidité est titrée avec de la soude (NaOH 0,1 N) en présence de phénolphtaléine comme indicateur lors de la coloration (**HIBOUCHE., 2016**).

Dans un bécher, on met 1 ml d'extrait de chaque échantillon de fromage avec 9 ml d'eau distillée et on ajoute trois gouttes de phénolphtaléine (1%) jusqu'à ce que la couleur de l'extrait vire au rose ou jusqu'à ce que le pH devienne égal à 8,2 (**HIBOUCHE., 2016**).

L'acidité titrable s'exprime en degré Dornic, selon l'équation suivante :

$$AT = 10D^{\circ} \times V_{NaOH}$$

AT : Acidité titrable.

V_{NaOH} : Volume de NaOH utilisé pour la titration (ml).

2.3 Analyses microbiologiques du fromage préparé

- **Echantillonnage**

Chaque échantillon de fromage (10 g) a été homogénéisé avec 90 ml d'eau physiologique stérile, et laissé sous agitation pendant 15 min (**BENTIBA., 2023**). Ainsi, on obtient une dilution mère de 10⁻¹, à partir de laquelle on augmente la dilution décimale à 10⁻³. Les solutions fromage obtenus sont utilisées pour les analyses microbiologiques, qui doivent se faire en zone stérile. Tous les instruments utilisés pour le prélèvement doivent être propres et stériles pour éviter la contamination des échantillons (**HIBOUCHE., 2016**).

Les microorganismes analysés :

- **Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FTAM) :**

Un volume de 50 µl de dilution ont été pipeté et versé dans une boîte de Pétri, puis un ensemencement en masse a été effectué à l'aide de l'extrait de levure et le glucose (Plate Count Agar PCA) (**tableau 4**) qui favorisent la croissance des bactéries aérobies. Pour chaque dilution trois boîtes de pétri ont été ensemencées. L'incubation s'effectue à 37°C pendant 72h

(ANEXX G). Après incubation il y aura formation de colonies. Chaque colonie est considérée comme le résultat du développement d'une unité formant colonie (UFC).

- **Recherche et dénombrement des *Staphylocoques* :**

Un ensemencement en surface à partir des colonies de milieu Chapman (ANNEXE I). L'incubation s'effectue à 37°C pendant 24 à 48h (tableau 4).

- **Isolement des *Salmonella*:**

Le milieu utilisé est la gélose d'Hektoen. L'ensemencement du milieu est effectué par étalement d'un volume de 50 µl de dilution à la surface de la gélose, le milieu est incubé à 37°C pendant 48 heures (tableau 4).

- **Recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* :**

À l'aide d'une pipette graduée, on place 20 ml de la solution mère dans quatre tubes (5 ml dans chaque tube). On porte ces tubes dans un bain d'eau à 80°C pendant 15min, puis on refroidit rapidement à la température ambiante. Les formes végétatives sont alors détruites, seules les spores subsistent. On coule la gélose Viande-Foie fondue au bain marie à 100°C (additionné d'alun de fer et de sulfite de sodium), puis on homogénéise par des mouvements rotatoires verticales sans faire des bulles d'air. L'incorporation se fait dans des tubes et non des boîtes afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air. L'incubation se fait à 37°C pendant 24-48h (tableau 4).

- **Recherche et dénombrement des levures et moisissures :**

50 µl de dilution ont été prélevée stérilement (près d'un bec bunsen), à l'aide d'une pipette Pasteur. Quelques gouttes de lait ont été ensuite déposées dans une boîte de Pétri contenant de la gélose OGA et étalées stérilement sur toute la surface de la gélose à l'aide de la même pipette recourbée en râteau. L'incubation est réalisée à 25°C pendant 5 jours (tableau 4).

- L'analyse microbiologique donne une idée globale sur la qualité microbiologique d'un produit (KASSE et al., 2014).

Le tableau suivant décrit les milieux utilisés et les conditions d'incubation :

Tableau 04: Milieux sélectifs et conditions de culture utilisés pour rechercher des bactéries indésirables dans le fromage préparé (LEKSIR et al., 2015).

Germes recherchés	Milieu de culture utilisé	Conditions d'incubation	
		Température	Temps
FTAM	PCA	30°C	72 heures
<i>Staphylocoques</i>	Gélose Chapman	37°C	24 à 48 heure
<i>Salmonella</i>	Gélose Hektöen	37°C	48 heures
<i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	Gélose Viande de foie	37°C	24 à 48 heure
Levures et moisissures	OGA	25°C	5 jours

2.4 Analyse sensorielle du fromage préparé

Chaque échantillon de chacun des 10 fromages préparés est évalué sensoriellement par 19 personnes. L'évaluation sensorielle est effectuée selon le système de notation recommandée par (HAMMOND et al., 1986). Ce système consiste à attribuer à chaque critère d'évaluation (aspect, texture, la couleur, odeur) une note maximale lorsque celui-ci est jugé normal. Dans le cas contraire (présence d'une ou de plusieurs anomalies), le critère est noté selon le défaut décelé.

Le test de dégustation est basé sur un barème de notation bien déterminé, le dégustateur doit choisir une note qui varie de 1 à 10 (ANEXX K).

➤ Analyse statistique

L'analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2013, pour déterminer les moyennes et les écarts-types. Le logiciel « STATISTICA 5.5 » est utilisé pour réaliser l'analyse de la variance ANOVA et le degré de signification des données est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Toutes les valeurs sont exprimées par la moyenne de trois essais (n=3)

Les valeurs désignées par les lettres présentent des différences significatives ($p < 0,05$).

Chapitre 05: Résultats et discussion

I. Résultats de l'étude de trois plantes médicinales (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*)

1. Le rendement de l'extrait brut éthanolique obtenus à partir des trois plantes

Dans la présente étude, la méthode de macération sous agitation permet d'accélérer le processus d'extraction et de minimiser le temps de contact du solvant avec l'extrait tout en préservant la bioactivité de ses constituants. De même, le déroulement de cette extraction à température ambiante ainsi que l'épuisement du solvant à pression réduite permet d'obtenir le maximum des composés et de prévenir leur dénaturation ou modification probable dues aux températures élevées utilisées dans d'autres méthodes d'extraction. Le rendement d'extraction est exprimé en pourcentage et est défini comme le rapport entre la masse d'extrait brut et la masse de poudre végétale sèche.

Les rendements d'extraits obtenus à partir des trois plantes sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 05: Rendements et propriété organoleptique des extraits de *Salvia officinalis* et *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*

Extrait	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	<i>Origanum majorana</i>
Rendement (%)	4,53%	6,73%	6,86%
Couleur	Vert foncé	Marron foncé	Vert foncé
Odeur	Forte (+++)	Forte (++)	Forte (++)
Aspect	Poudreux	Huileux	Poudreux

Dans ce présent travail, à partir de 15g de chaque plante (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*), les extraits éthanoliques de *O. majorana* et de *S. officinalis* présentent un aspect poudré avec une couleur verte foncé alors que l'extrait des racines de *G. glabra* ont plutôt un aspect légèrement gras avec une couleur marron foncé.

L'extraction éthanolique a donné un rendement de **4,53%** pour *S. officinalis* et 6,73% pour *G. glabra* et **6,86%** pour *O. majorana* (**Tableau 04**). L'espèce de *O. majorana* a un rendement plus important que celle de l'espèce de *G. glabra* et *S. officinalis* et L'espèce de *G. glabra* a un rendement supérieure à celle de l'espèce *S. officinalis* étudiée.

Nous constatons que notre rendement d'extraction de feuilles de *S. officinalis* est supérieur à celui de **DJOUSSE et al. (2022)** : (0,53%), et nous constatons la même chose pour notre rendement d'extraction de feuilles d'*O. Majorana*, car il est supérieur au rendement de **CHENNA et al. (2018)** : (0,61%) et pour Le rendement d'extraction des racines de *G. glabra* est inférieur à celui de **CHEURFA et al. (2017)** : (8,93%).

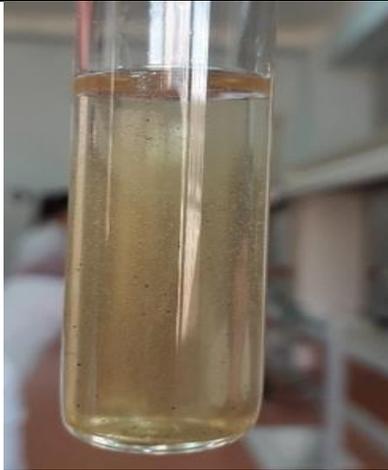
Nous remarquons que le rendement est variable même si la technique d'extraction est la même. La variation observée peut être due à plusieurs facteurs, notamment le stade de croissance de chaque plante, les conditions climatiques de chacune, la période de récolte et de séchage, les types de plantes et la différence de nature du sol dans les différents régions. De plus, en tenant compte de la méthode d'extraction appliquée et de la qualité des extraits utilisés (la bioactivité de ces principes actifs).

1. Résultats de criblage phytochimique

Tous les tests phytochimiques indiqués dans le **tableau 06** consistent à identifier les différentes familles des métabolites secondaires présents dans les parties aériennes de *Salvia officinalis* et *Origanum majorana* et les racines de *Glycyrrhiza glabra* (la réglisse). Ceci est réalisé grâce à une caractérisation qualitative.

Tableau 06 : Résultats de screening phytochimique des trois plantes

Métabolites Secondaires	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	<i>Origanum majorana</i>
Tannins catéchiques	+++ 	+++ 	+++ 
Terpénoïdes	++ 	+++ 	++ 
Coumarines	++ 	+++ 	+++ 

<p>Quinones libres</p>	<p>+++</p> 	<p>+++</p> 	<p>+++</p> 
<p>Mucilages</p>	<p>+</p> 	<p>+++</p> 	<p>++</p> 
<p>Saponosides</p>	<p>+++</p> 	<p>+++</p> 	<p>+++</p> 

Les résultats sont exprimés selon le type de réaction :

Négatif: - /Positif: + / Moyennement positive: ++/ Très positive: +++

L'étude de criblage phytochimique des extraits éthanolique de *Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana* montre que ces plantes contiennent : les tanins (catéchiques), les terpénoïdes, les saponosides, les mucilages et les coumarines et les quinones libres (**Tableau 06**).

De manière générale, les familles chimiques détectées dans notre étude viennent confirmer les travaux de **BELKACEM et al (2022)** sur la plante *S. officinalis* et les travaux de **BOUYAHYA et al (2021)** sur la plante *O. majorana* et les travaux de **AL-SNAFI (2018)** sur la plante *G. glabra*.

Tous les résultats obtenus montrent la richesse de ces extraits en composés chimiques actifs, ce qui explique également leurs utilisations en médecine traditionnelle.

2. Analyses qualitatives et quantitatives des extraits :

3.1 Dosage des composés phénoliques totaux :

Le dosage des polyphénols totaux, en équivalent d'acide gallique, des extraits éthanoliques des feuilles de *Salvia officinalis* et d'*Origanum majorana* ainsi que les racines de *Glycyrrhiza glabra* a été effectué par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, les concentrations de l'extrait d'acide gallique (mg/ml) ont permis de tracer la courbe d'étalonnage (**ANNEXE L**), des mesures de l'absorbance des extraits à longueur d'onde 760nm ont permis de déterminer les quantités des polyphénols totaux présents dans les trois plantes en se basant sur l'équation $y=ax +b$. Les résultats sont résumés dans la (**Figure 10**).

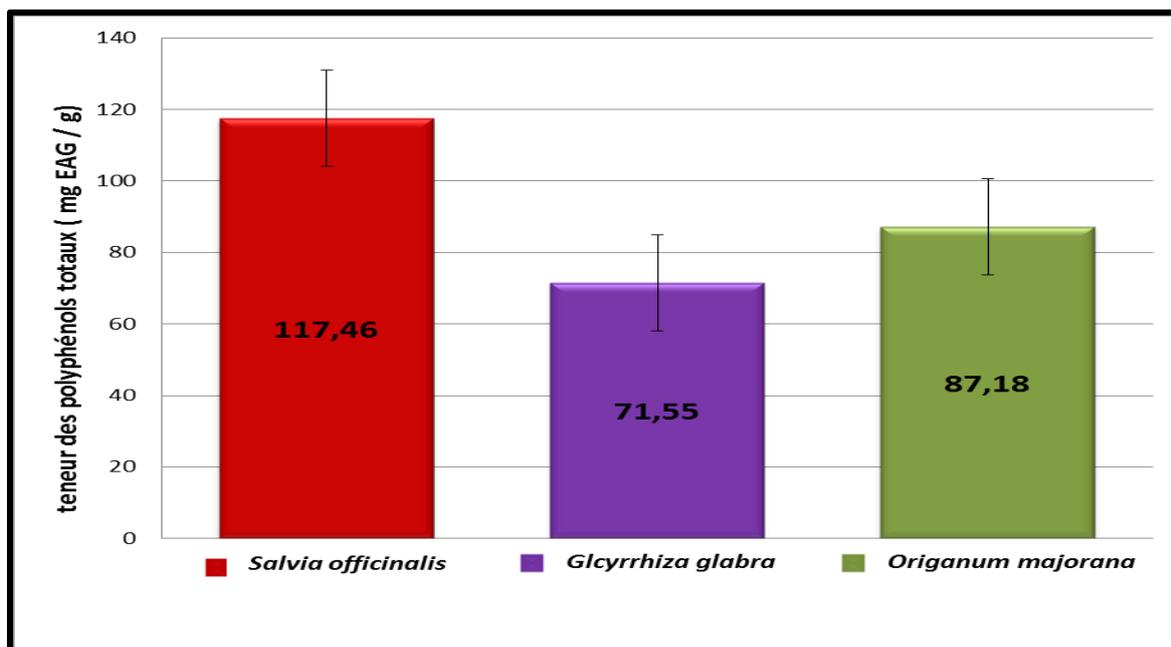


Figure 10: Teneurs en polyphénols totaux (TPC) dans l'extrait de 3 plantes (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*).

Les teneurs en polyphénols totaux (**Figure 10**) montrent que l'extrait de feuilles de la plante *S. officinalis* représente la teneur la plus importante, de l'ordre de $117,46 \pm 0,45 \text{ mgEAG/g}$, puis $87,18 \pm 0,22 \text{ mgEAG/g}$ pour *O. majorana*, tandis que la teneur la plus faible a été obtenue à partir de l'extrait de racine de *G. glabra*, valeur de $71,55 \pm 0,44 \text{ mg/g}$. L'étude statistique montre qu'il y a de différences hautement significatives ($p < 0,005$) entre les taux de polyphénols totaux pour les trois extraits de nos plantes.

Les résultats montrent que tous les extraits de plantes étudiés sont riches en polyphénols, mais en quantités différentes.

La teneur d'extrait éthanolique du *S. officinalis* est inférieure à celle de **BOUFADI et al (2021)** : (221 mg EAG/g), et pour la teneur d'extrait éthanolique du *O. majorana* est supérieure à celle de **JOKAR (2011)** : ($44,07 \text{ mg EAG/g}$) et pour la teneur d'extrait éthanolique du *G. glabra* elle est si proche à celle de **QUINTANA et al (2019)** : (76.2 mg EAG/g).

Par comparaison avec les travaux antérieurs, on constate que la composition en polyphénols des extraits de plantes peut changer en raison de divers facteurs tels que la variété, le climat et la situation géographique.

Cette différence pourrait être liée aux conditions climatiques rigoureuses (température élevée, ensoleillement, sécheresse, salinité), qui stimulent la biosynthèse de métabolites secondaires tels que les polyphénols (**HABIBOU et al., 2019**).

En effet, la teneur phénolique des plantes dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétiques) et extrinsèques (conditions climatiques, maturité de récolte et conditions de stockage) (**HABIBOU et al., 2019**).

3.2 Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes des extraits éthanoliques des feuilles de *Salvia officinalis* et d'*Organum majorana* et les racines de *Glycyrrhiza glabra* ont été effectués par la méthode colorimétrique, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 430 nm . La teneur en flavonoïdes des extraits ont été calculée sur la base de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant la quercétine comme contrôle (**ANNEXE M**). Les résultats sont résumés dans la (**Figure 11**), ils sont exprimés en mg EQ/g .

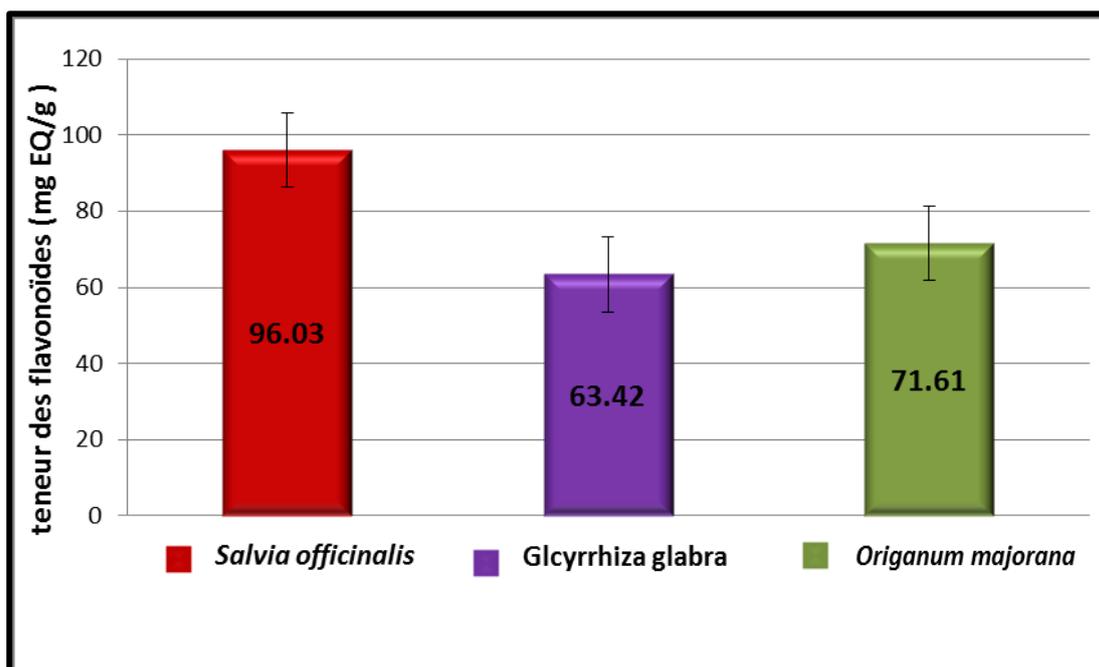


Figure 11: Teneurs en flavonoïdes totaux (TFC) dans l'extrait de 3 plantes (*Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*)

Les résultats présentés dans le **(Figure 11)** montre qu'il y a de différence hautement significatives ($p < 0,005$) entre les taux de flavonoïdes totaux, indiquant que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* enregistre un maximum de flavonoïdes ($96,03 \pm 0,08$ mg EQ/g), suivi par l'extrait éthanolique des feuilles d'*O. majorana* qui renferme des teneurs plus faibles ($71,61 \pm 0,49$ mg EQ/g). Tandis que la plus basse concentration des flavonoïdes a été mesurée avec l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra* ($63,42 \pm 0,38$ mg EQ/g).

Ces résultats sont cohérents avec les résultats de **EL GABBAS et al (2019)** qui ont trouvé que l'extrait éthanolique du *S. officinalis* contient ($91,12$ mg EQ/g) et les résultats de **ALGEBALY et al (2021)** qui ont trouvé que l'extrait éthanolique d'*O. majorana* contient ($75,31$ mg EQ/g) et les résultats de **SOLIMAN et al (2021)** qui ont trouvé que l'extrait éthanolique du *G. glabra* contient ($63,73$ mg EQ/g).

Les résultats du dosage quantitatif des flavonoïdes révèlent que l'extrait éthanolique des feuilles était plus riche en flavonoïdes que les racines. L'extrait éthanolique des racines de *G. glabra* contient une bonne quantité, mais relativement faible par rapport à celle des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana*.

L'examen de ces résultats permet de mettre en évidence une corrélation entre la teneur des extraits en flavonoïdes **(Figure 11)** et en composés phénoliques **(Figure 10)**. Ceci est logique étant donné que les flavonoïdes représentent les composés majoritaires des polyphénols. Nous

avons remarqué précédemment que la partie feuilles contient également plus de composés phénoliques que les racines. Ces résultats ont constaté que la teneur totale des flavonoïdes des extraits éthanoliques est liée à la teneur totale en composés phénoliques. De même nous avons trouvé que la teneur des flavonoïdes de nos extraits est corrélée positivement avec la teneur des polyphénols (BOUTERFAS et al., 2013).

4. Activités antioxydantes

4.1 Evaluation de réduction du radical DPPH

L'absorbance (ou densité optique DO) a été mesurée par spectrophotométrie à 517 nm, à partir des valeurs obtenues, nous avons calculé les pourcentages d'inhibition en utilisant la formule donnée précédemment. Les valeurs obtenues nous ont permis de tracer des courbes représentant le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration des extraits éthanoliques, à partir de laquelle une détermination graphique de IC₅₀, qui constitue l'activité antioxydante de l'extrait éthanolique des feuilles de *Salvia officinalis* et *Origanum majorana* et les racines de *Glycyrrhiza glabra*.

La capacité antioxydante totale des extraits étudiés sont généralement comparée à un antioxydante de référence tel que l'acide ascorbique (Figure 12) et les résultats obtenus sont exprimés en (%).

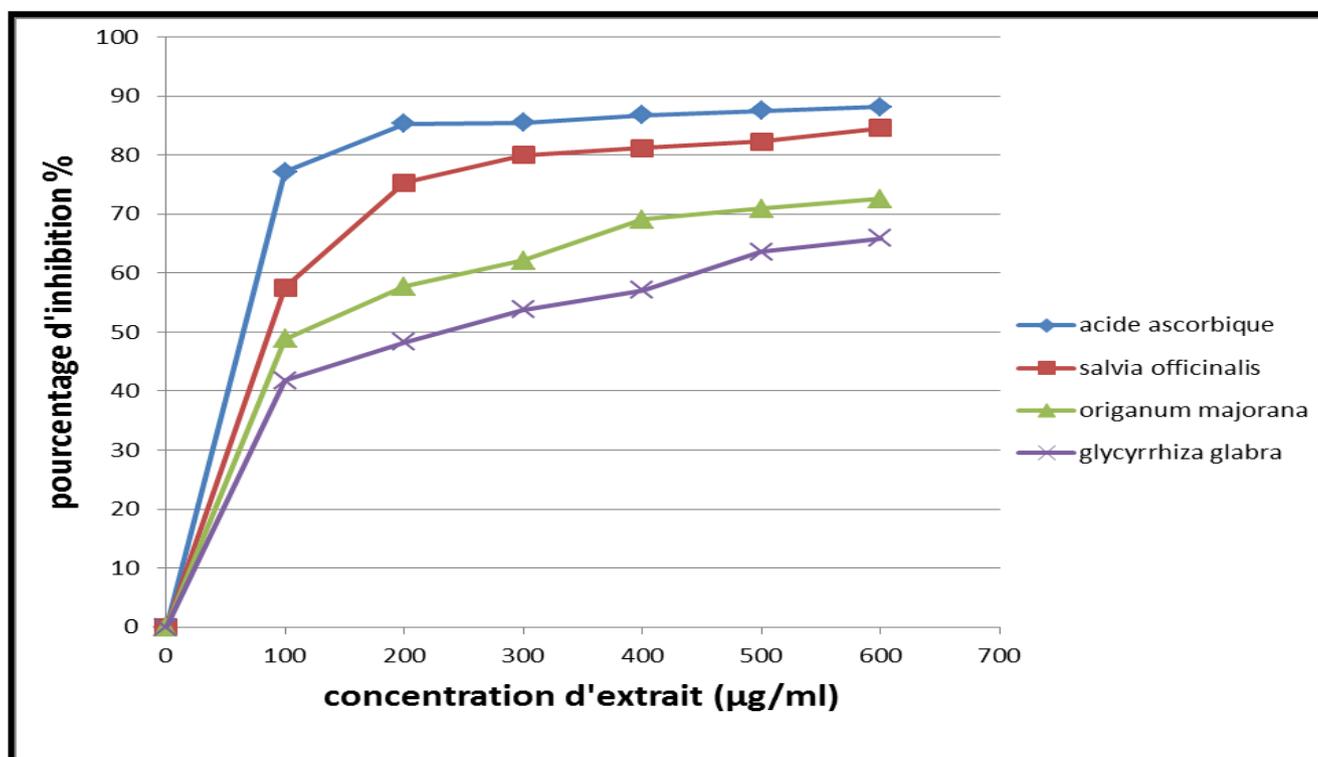


Figure 12: Courbe de pourcentage d'inhibition des extraits (*Salvia officinalis* et *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*) et de l'acide ascorbique testés à différentes concentrations

Les IC50 des différents extraits et du témoin sont résumées dans le **tableau 07**

Tableau 07: Valeur d'IC50 de l'activité antioxydante pour le test de réduction du radical DPPH.

L'extrait	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Origanum majorana</i>	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Acide ascorbique
IC50 ug/ml	90.5±0,4	110,03±0,12	230,23±0,36	80.3±0,25

Les résultats de l'activité antioxydante montrent que le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH augmente avec l'augmentation de concentration de l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* et d'*O. majorana* et des racines de *G. glabra* ainsi que de l'acide ascorbique.

Aussi, nous avons remarqué que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* est doté d'une activité inhibitrice plus forte que celle de l'extrait éthanolique des feuilles d'*O. majorana*, et ce dernier a une activité inhibitrice plus forte que celle de l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra*.

Les résultats montrent que la quantité des antioxydants dans les feuilles est plus importante que celle présente dans les racines.

On observe pour le pouvoir d'inhibition du radical libre pour *S. officinalis* et *O. majorana* et *G. glabra* est inférieur à celui de l'acide ascorbique pour la même concentrations ces résultats soulignent que le pouvoir antiradicalaire de l'acide ascorbique est beaucoup plus intense que celui de nos extraits éthanoliques, selon le graphique de pourcentage d'inhibition de radical DPPH nous avons déterminé la valeur IC50 ont été de (230,23±0,36ug/ml) pour *G. glabra*, de (110,03±0,12ug/ml) pour *O. majorana* et de (90.5±0,4ug/ml) pour *S. officinalis* versus contre (80.3±0,25ug/ml) pour l'acide ascorbique.

Plus la valeur IC50 est petite, plus l'activité antioxydante du composé est grande.

Nous avons comparé nos valeurs de pourcentage d'inhibition avec d'autres valeurs d'après **ABDELKADER et al (2015)** qui ont trouvé que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* montre une activité antioxydante faible (IC50 =130.56ug/ml) et les résultats de **PAUDEL et al (2022)** qui ont trouvé que l'extrait éthanolique des feuilles de *O. majorana* montre une activité antioxydante faible (IC50 =225.61 ug/ml) et les résultats de **KARAHAN**

et al (2016) qui ont trouvé que l'extrait éthanolique des feuilles de *G. glabra* montre une activité antioxydante faible ($IC_{50} = 359.45 \text{ ug/ml}$).

Ces valeurs montrent que nos extraits ont une capacité antioxydante plus puissante.

Ces résultats sont faible par rapport de nos résultats et ces différences sont dues à : méthodes adaptées, région de récolte, les facteurs climatiques, sécheresse, la méthode quantification.

4.2 Evaluation du pouvoir réducteur du fer : FRAP

La capacité réductrice du fer est effectuée par les antioxydants contenant dans l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana* et les racines de *G. glabra*. La méthode de FRAP est basée sur la présence des réducteurs dans les échantillons à caractère antioxydante qui provoquent la réduction du complexe ferricyanure à la forme ferreuse. Le Fe^{2+} sera identifié et surveillé en mesurant la formation du bleu de Prusse à 700 nm (BOUCHENAK et al., 2020) .

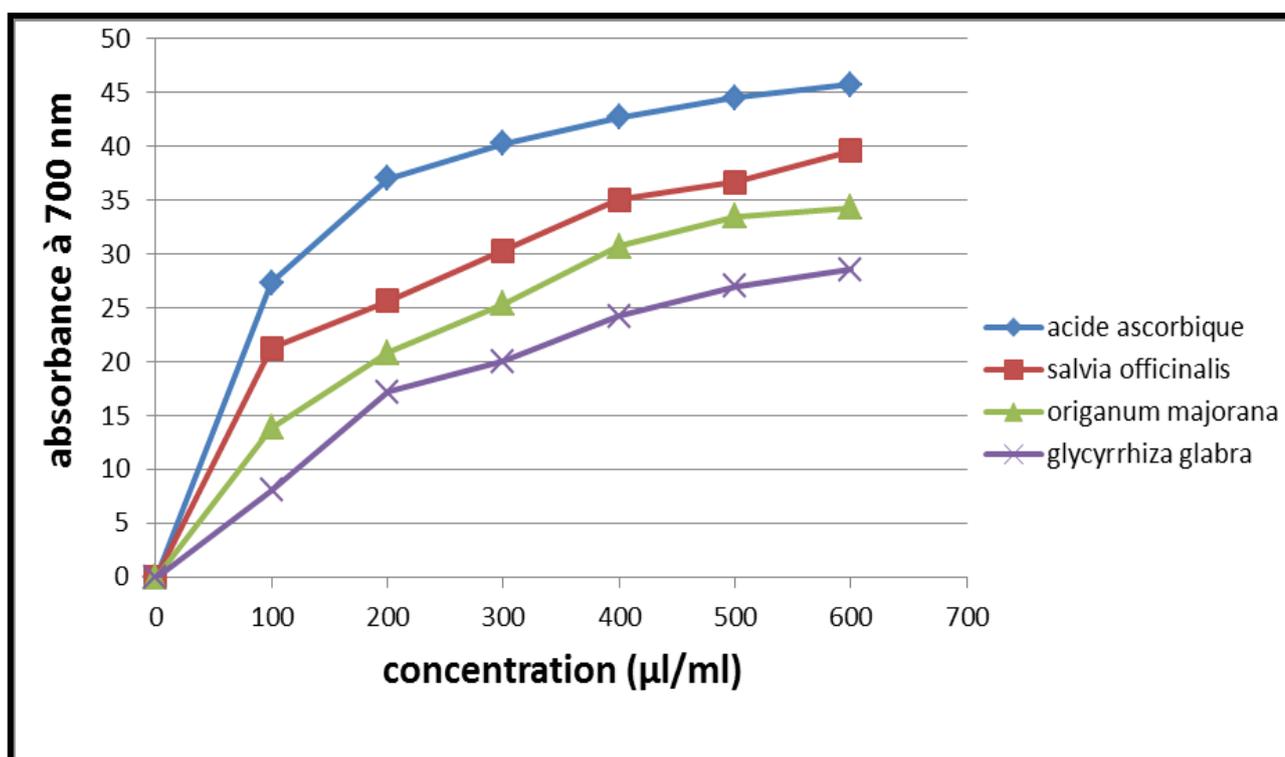


Figure 13: Pouvoir réducteur des extraits (*Salvia officinalis* et *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*) et de l'acide ascorbique testés à différentes concentrations

Les valeurs des IC_{50} obtenues avec les différents extraits et avec l'acide ascorbique en se basant sur le test du pouvoir réducteur du fer sont résumées dans le **tableau 08**.

Tableau 08 : Valeur d'IC50 de l'activité antioxydante pour le test du pouvoir de réduction du fer (FRAP)

L'extrait	<i>Salvia officinalis</i>	<i>Origanum majorana</i>	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Acide ascorbique
IC50 ug/ml	195,47±0,38	293,12±0,16	430,61±0,39	86,54±0,36

D'après les graphes (**Figure 13**), on remarque que le pouvoir réducteur du fer des extraits éthanolique des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana* et les racines de *G. glabra* et du standard (acide ascorbique) augmente avec l'augmentation de la concentration.

L'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* présente l'activité la plus élevée pour réduire le fer comparé à l'extrait éthanolique des feuilles *O. majorana*, et ce dernier présente l'activité plus forte que celle de l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra*.

A partir de ces résultats, nous avons remarqué que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana* possède la meilleure activité réductrice que l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra*.

On peut dire que, les composés réducteurs qui sont présent dans l'extrait des feuilles sont plus importants que l'extrait des racines.

Les extraits étudiés ont la capacité de réduire le fer, mais l'acide ascorbique utilisé dans cette méthode comme contrôle positif a montré la capacité réductrice la plus élevée.

L'ensemble des résultats mentionnés dans le (**Tableau 08**), indiquent que L'IC50 est inversement liée à la capacité antioxydant d'un composé.

L'étude de l'activité réductrice du fer a montré que l'activité de l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra* a IC50 la plus élevée (430,61±0,39ug/ml), suivi par l'extrait éthanolique des feuilles *O. majorana* (293,12±0,16ug/ml), et l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* qui a la valeur d'IC50 la plus faible (195,47±0,38ug/ml). Donc, nous pouvons déduire que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana* montre un pouvoir réducteur meilleur que l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra*. Cela confirme les résultats de nos études précédentes.

Les résultats montrent que les valeurs d'IC50 pour l'acide ascorbique (86,54±0,36ug/ml) donc Les valeurs IC50 de test de FRAP indique que: la capacité à réduire le fer de l'acide ascorbique est plus que celui de nos extraits éthanolique.

La comparaison de l'activité antioxydante de notre étude et celle indiquée par **MAHDI et al (2021)** rapporte que l'extrait éthanolique des feuilles de *S. officinalis* présente une capacité réductrice très faible par rapport aux notre extrait avec une concentration ($IC_{50}=357.14\mu g/ml$) et les résultats de **PAUDEL et al (2022)** rapporte que l'extrait éthanolique des feuilles de *O. majorana* présente une capacité réductrice très faible par rapport aux notre extrait avec une concentration ($IC_{50}=372.72\mu g/ml$) et les résultats de **ZHOU et al (2019)** rapporte que l'extrait éthanolique des racines de *G. glabra* présente une capacité réductrice très faible par rapport aux notre extrait avec une concentration ($IC_{50}=477.42\mu g/ml$).

II. Effet de l'incorporation des plantes médicinales sur la qualité organoleptique et antioxydante du fromage traditionnel

1. Analyses physicochimiques des fromages préparés

Le **tableau 09** montre les résultats des analyses physico-chimiques des 10 échantillons de fromage préparé: témoin (sans poudre), fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de *S. officinalis*, fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de *G. glabra*, fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de *O. majorana*.

Tableau 09: Résultats des analyses physicochimiques

	Échantillons	pH	Humidité (%)	Acidité (°D)	Extrait sec total (EST%)
	Témoin	6,16	81,57	35,8	18,25
<i>salvia officinalis</i>	0,125%	6,85	80,15	23	19,85
	0,25%	6,86	73,36	22,5	26,64
	0,5%	6,88	70,93	22,1	29,07
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	0,125%	6,84	81,35	23,2	18,65
	0,25%	6,85	81,03	22,9	18,97
	0,5%	6,89	80,52	21,8	19,48
<i>origanum majorana</i>	0,125%	6,78	81,54	24,5	18,46
	0,25%	6,79	80,8	24,2	19,17
	0,5%	6,81	79,99	23,9	20,01

a. pH

La mesure du pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle de la qualité de toute denrée alimentaire. Les résultats de pH, présentés sur le **tableau 07**, montrent que le pH du fromage témoin était moyen (pH = 6,16), ce qui est lié à l'action des bactéries lactiques dans le lait puis le caillé, qui conduisent à la fermentation et à la sécrétion de l'acide lactique qui réduit le niveau de pH. Cette fonction acidifiante des bactéries lactiques joue un rôle déterminant dans le processus de fabrication du fromage.

Ces résultats montrent des valeurs très proches et hautement significatives ($p < 0,005$) entre les trois variétés de fromages enrichis avec des valeurs de pH neutres.

La moyenne est de 6,77 et selon JORA, le pH du lait normal est compris entre 6,6 et 6,8, nos résultats sont donc presque égaux à la norme.

b. Taux d'humidité

Selon la littérature, le taux d'humidité est un critère de qualité qui nous renseigne sur la stabilité d'un produit lors du stockage pour prévenir les risques d'altération.

Les résultats de l'humidité de toutes les types du fromage étudiée sont reportés dans le **tableau 07**, il existe une relation directe entre l'augmentation de la concentration des plantes médicinales étudié et la diminution non significative ($p > 0,05$) de taux l'humidité, En effet, la teneur en humidité des fromages étudiés variait entre 70-83%.

Le fromage avant enrichissent est plus riche en eau (81,57%) que le fromage enrichi avec les poudres des trois plantes, Les grandes valeurs trouvées par la présente étude pour les trois fromages enrichi avec (*S. officinalis*, *G. glabra* et *O. majorana*) (80,15 ; 81,35 ; 81,54) respectivement sont inférieure de celle de fromage avant enrichissent (81,57), cela est due aux poudres ajoutées. La différence entre ces résultats peut être due au type de variété, aux conditions de culture. Donc le fromage mixte possède le bon paramètre contre le risque d'altération durant la conservation.

c. Acidité titrable

Les résultats de l'acidité titrable montrent que la valeur trouvée du fromage témoin (35,8D°) est relativement élevée par rapport au fromage industriel (20°D), ce qui peut être expliqué par un éventuel ajout d'acide acétique pour accélérer le processus de caillage du lait (**Tableau 07**).

Les résultats ont montrés également une diminution hautement significatives ($p < 0,005$) de l'acidité et très proche entre les trois types de fromage enrichi avec (*S. officinalis* et *G. glabra* et *O. majorana*), les valeurs varient de 21-25 D°.

d. L'extrait sec total

L'extrait sec représente la fraction solide, qui contient différentes substances responsables de la valeur nutritionnelle et thérapeutique des aliments. L'ajout de plantes médicinales au fromage peut augmenter hautement significatives ($p < 0,005$) le niveau de parties solides, améliorant ainsi ses propriétés fonctionnelles.

Le fromage frais non enrichi représente une valeur petite de (EST) qui égale à (18,25%) on observe que le fromage enrichi avec (*S. officinalis* et *G. glabra* et *O. majorana*) a une valeur plus élevée variante entre 18-30%.

Selon (DASEN et al., 1983) le taux de l'extrait sec varie d'un type de fromage à un autre. Cette différence d'extrait sec total est principalement due au type de caillé obtenu, qui s'explique par l'utilisation de sel et l'ajout des trois poudres végétales. La richesse en matière sèche du fromage lui confère une consistance relativement ferme.

2. Evaluation de l'activité antioxydante de fromage préparé

• **Activité antiradicalaire DPPH**

Nous représentons dans la figure suivante les valeurs déterminées de l'activité antiradicalaire (DPPH) des échantillons du fromage enrichi avec les trois plantes médicinales, ainsi que celui de témoin négatif (fromage traditionnel non enrichi).

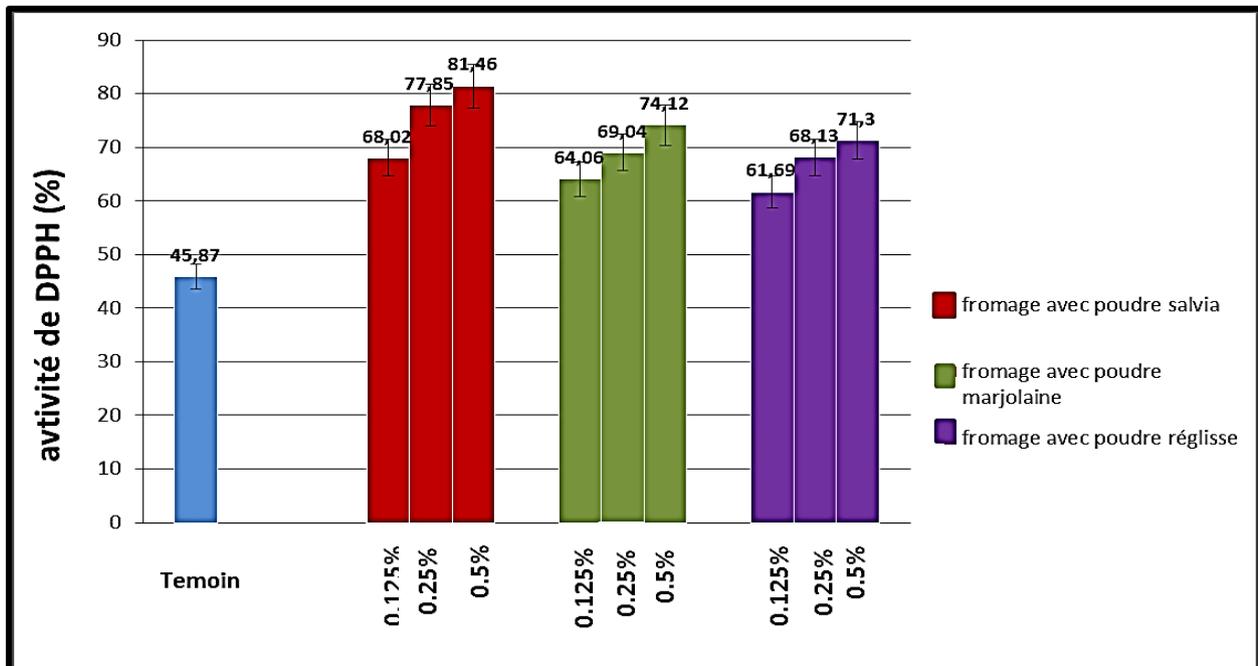


Figure 14 : Activité inhibitrice du radical DPPH des échantillons du fromage enrichi avec des plantes médicinales (*Salvia officinalis* et *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*)

Comme le témoigne les résultats de la **figure 14**, la capacité antioxydante totale des fromages est influencée par la concentration de chaque plante. En effet, au fur et à mesure que la concentration de la plante dans le fromage augmente, on observe une augmentation de l'activité antioxydante.

On remarque également que c'est le fromage enrichi avec la poudre de feuilles de sauge qui a présenté le meilleur effet antioxydante et cela avec les trois concentrations testées, les valeurs obtenues varient de 68,02 à 81,46%, suivi par le fromage enrichi avec les feuilles d'*O. majorana*, les valeur obtenues varient de 64,06 à 74,12% et en dernière position, vient le fromage enrichi avec la poudre des racines de *G. glabra* qui a donné un pouvoir antioxydante variable de 61,69 à 71,3% pour les différentes concentrations.

L'étude statistique montre une différence hautement significatives ($p < 0,005$) entre l'activité antiradicalaire DPPH des fromages préparés.

- **Pouvoir réducteur de fer FRAP**

Nous représentons dans la figure suivante les valeurs déterminants le pouvoir réducteur de fer des échantillons du fromage enrichi avec différentes concentrations des poudres de plantes *Salvia officinalis*, *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*.

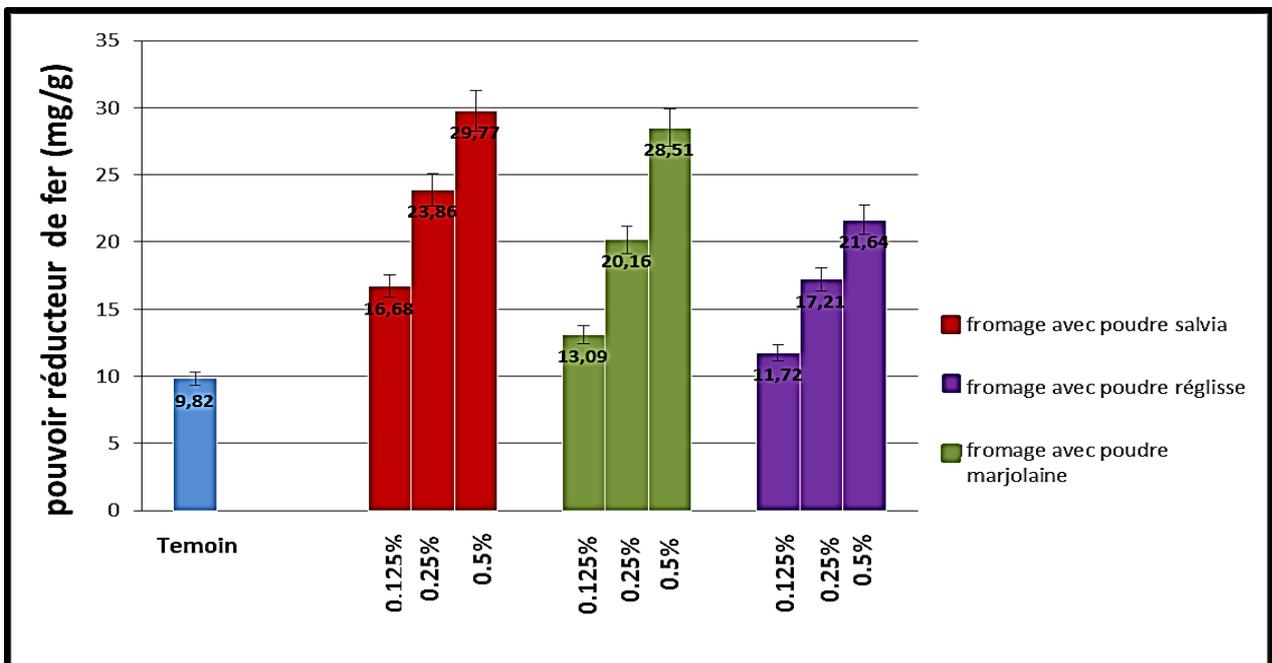


Figure 15 : Teneurs en pouvoir réducteur de fer du fromage enrichi avec des plantes médicinales (*Salvia officinalis* et *Glycyrrhiza glabra* et *Origanum majorana*).

D'après la **figure 15** et l'étude statistique ($p < 0,005$) montre que le pouvoir réducteur du fromage enrichi est proportionnel à la concentration de poudre de plantes ajoutées, à chaque

fois que la concentration végétale dans le fromage augmente, une augmentation de l'activité du pouvoir réducteur est observée. Par rapport au témoin les fromages enrichis sont nettement plus actifs, ce qui confirme que le pouvoir réducteur est bel et bien dû aux poudres de plantes ajoutées. L'ordre de l'activité des trois plantes suit les résultats obtenus avec le test de DPPH, avec des valeurs moindres, en effet c'est la poudre des feuilles de *S. officinalis* qui est le plus efficace suivie par la poudre des feuilles d'*O. majorana* et enfin la poudre des racines de *G. glabra*.

3. Résultats des analyses sensorielles

Les résultats de les analyses sensorielles (couleur, odeur, saveur et texture) des 10 échantillons de fromage traditionnel: témoin (sans poudre), fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de *S. officinalis*, fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de *G. glabra*, fromage enrichi avec (0,125%, 0,25% et 0,5%) de poudre de d'*O. majorana* sont mentionnés dans le tableau suivant (**Tableau 10**):

Tableau 10: Résultats d'analyse sensorielle

Model paramètre	<i>Salvia officinalis</i>			<i>Glycyrrhiza glabra,</i>			<i>Origanum majorana</i>			Témoin
	0,125%	0,25%	0,5%	0,125%	0,25%	0,5%	0,125%	0,25%	0,5%	
Gout	Doux	Doux	Doux	Sucré	Sucré	Sucré	Doux	Doux	Acide	Doux
Texture	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide	Semi-solide
Couleur	Blanche	Vert clair	Vert clair	Blanche	Jaune clair	Jaune clair	Blanche	Blanche	Vert clair	Blanche
Présence de graines de de poudre	+	++	+++	+	++	+++	+	++	+++	-
Odeur	Faible	Faible	Intense	Faible	Faible	Intense	Faible	Faible	Intense	Faible
Nombre de dégustateurs qui aiment le fromage	19/19	18/19	15/10	15/19	5/19	1/19	19/19	19/19	18/19	19/19

D'après les résultats obtenus dans le **tableau 10**, Les examens organoleptiques ont montré que tous les fromages étaient d'une bonne qualité, on constate que la plupart de dégustateurs

préfèrent le fromage incorporé à 0,125% des trois plantes de (*S. officinalis* et *G. glabra* et *O. majorana*), ils les trouvant parfait avec un goût excellent.

Cependant, le fromage de 0,25% prend la deuxième classe avec un bon goût et en dernière classe celui à 0,5% avec un goût qui est acceptable par rapport au témoin, nous pouvons alors dire que les produits à base de 0,125% et 0,25% ont donné des résultats satisfaisants et présentent une bonne qualité organoleptique.

Les dégustateurs ont remarqué le goût doux et un peu acide dans le cas des fromages préparés avec la poudre des feuilles de *S. officinalis* et *O. majorana*. D'autre part, les dégustateurs ont remarqué le goût sucré dans le cas des fromages préparés avec la poudre des racines de *G. glabra*, qualité pour laquelle les consommateurs grecs montrent une certaine préférence.

Un grand nombre de dégustateurs s'est accordé sur une l'odeur faible pour toute les échantillons du fromage incorporé.

4. Résultats des analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons de fromage sont mentionnés dans le (Tableau 11).

Tableau 11: Les analyses microbiologiques des échantillons préparé

Echantillon Germes recherchés	<i>Salvia officinalis</i>			<i>Glycyrrhiza glabra,</i>			<i>Origanum majorana</i>			Témoin	Norme JORA (2017)
	0,125%	0,25%	0,5%	0,125%	0,25%	0,5%	0,125%	0,25%	0,5%		
FMAT	7,3.10 ²	5,9.10 ²	4,1.10 ²	8,6.10 ²	7,8.10 ²	6,4.10 ²	7,5.10 ²	6,6.10 ²	5,1.10 ²	1,36.10 ³	<10 ⁵
<i>Staphylocoques</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
<i>Salmonella</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
<i>Clostridium sulfito- réducteur</i>	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Levures et moisissures	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS

Les résultats montrent que tous les échantillons analysés sont dépourvus de germes pathogènes notamment *Staphylocoque*, *Salmonella*, *Clostridium sulfato-réducteur*, ainsi que les levures et les moisissures, cela est conforme aux normes (**Annexe N**), ce qui indique que la qualité microbiologique et hygiénique de nos échantillons de fromages préparés est bonne. Nous avons également noté que le FTAM normal et variable (**Annexe N**), Parce que les résultats que nous avons obtenus sont conformes aux normes algériennes ($<10^5$). On peut conclure que la qualité du fromage préparé est acceptable si l'on améliore la sécurité du stockage à basse température, ce qui réduira le risque de croissance microbienne (**GRILLET et al., 2005**).

CONCLUSION

Conclusion

Le potentiel prometteur des plantes médicinales dans le domaine alimentaire, offre de nouvelles perspectives pour l'innovation, la santé et la durabilité dans l'industrie. Ce qui appelle à une démarche continue pour investir la nature de manière rationnelle et responsable.

Portant sur trois espèces de plantes médicinales (*Salvia Officinalis* , *Origanum majorana* et *Glycyrrhiza Glabra*), notre recherche a prouvé l'existence des terpénoïdes, des saponisides, des tanins, des mucilages , des coumarines et des quinones libres dans les feuilles et les racines des plantes médicinales étudiées, ces molécules sont des composés bioactifs essentiels, qui peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé et offrir des propriétés utiles dans la fabrication de différents types des produits alimentaires .

Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes a montré la richesse des extraits éthanoliques des trois plantes en ces composés .Les taux les plus importants sont observés dans les feuilles de *S.officinalis* $117,46\pm 0,45$ mg EAG/g pour les polyphénols et $96,03\pm 0,08$ mg EQ/g pour les flavonoïdes , pour *O. majorana* on a noté $87,18\pm 0,22$ mg EAG/g et $71,61\pm 0,49$ mg EQ/g pour les polyphénols et les flavonoïdes respectivement , tandis que les valeurs observés pour *G. glabra* sont de l'ordre de $71,55\pm 0,44$ mg EAG/g pour les polyphénols et $63,42\pm 0,38$ mg EQ/g pour les flavonoïdes.

L'activité antioxydante des extraits a été évaluée avec deux tests le test de DPPH et le test FRAP, les résultats ont montré une forte capacité antioxydante pour tous les extraits avec des meilleures valeurs indiquées chez *S. officinalis*.

L'exploitation de ces plantes dans le domaine alimentaire, en particulier dans la production de fromage, ouvre passage à des possibilités nouvelles pour bonifier de la qualité, la saveur, la valeur nutritionnelle et la durée de conservation des produits laitiers.

Les résultats de l'analyse physico-chimiques des échantillons des fromages préparés avec les différentes concentrations des poudres de plantes indiquent que les valeurs de pH et EST analysés augmentent avec l'augmentation de concentrations des poudres ajoutées, tandis que pour les valeurs de l'acidité et d'humidité elles diminuent, mais les résultats restent dans les normes, de mêmes pour les analyses microbiologiques. Cependant, l'activité antioxydants des fromages enrichis a présenté des résultats très prometteurs surtout avec *Origanum majorana* qui a été bien appréciée durant le teste de dégustation.

L'incorporation de composés bioactifs issus de plantes médicinales pourrait offrir des avantages supplémentaires pour la santé des consommateurs, en offrant des propriétés antioxydants, antimicrobiennes.

Cependant, il est important de souligner l'importance de recherches plus approfondies pour évaluer avec précision les effets de ces plantes médicinales dans l'industrie alimentaire tout en tenant compte de facteurs tels que la sécurité, la réglementation, les interactions avec d'autres ingrédients et les préférences des consommateurs. De plus, l'exploitation durable de ces plantes, tout en garantissant la préservation de la biodiversité, des ressources naturelles et des savoirs traditionnels, est essentielle pour garantir un impact positif à long terme, et enfin il serait pertinent de :

- Explorer l'identification d'autres métabolites secondaires en utilisant des techniques et solvants d'extraction, ce qui pourrait fournir une compréhension plus complète de la composition chimique des plantes médicinales et de leurs propriétés.
- Explorer des façons innovantes de stériliser et de conserver les plantes médicinales sans diminuer leur valeur et leurs propriétés bénéfiques.
- Répondre à la demande croissante des consommateurs pour des produits alimentaires innovants et diversifiés utilisant ces plantes, qui consistent à ajouter de nouvelles saveurs, arômes et textures au fromage.

ANNEXES

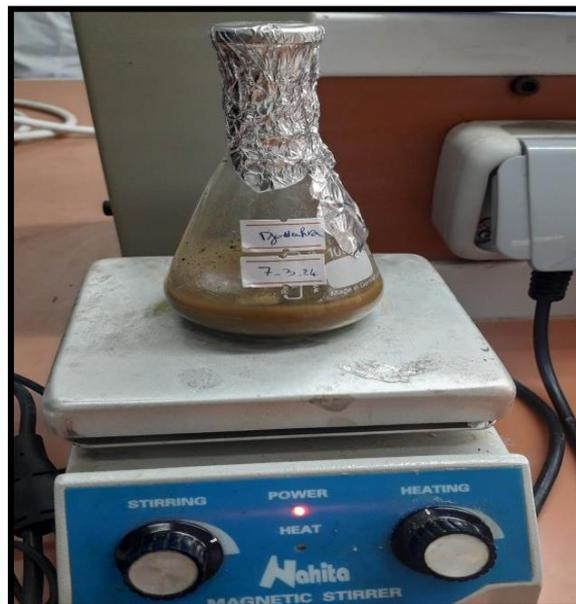
ANNEXES A: Appareils et réactifs chimiques utilisés.

Réactifs chimiques	Appareils utilisés
Acide sulfurique(H ₂ SO ₄)	Spectrophotomètre UV-visible
Acide chlorhydrique(HCl)	Évaporateur rotatif
Folin-Ciocalteu	Bain marie
Acide gallique	Balance
Acide ascorbique	Vortex
Quercétine	Agitateur magnétique
Ferricyanure de potassium (K ₃ Fe(Cn) ₆)	Étuve
Trichloracétique(TCA)	Micropipette.
Chlorure ferrique (FeCl ₃)	
2,2-diphényle-1-picrylhydrazyle(DPPH),	
Éthanol	
Trichlorure d'aluminium(AlCl ₃)	
NaOH	
Carbonate de sodium(Na ₂ CO ₃)	
Na ₂ HPO ₄	
NaH ₂ PO ₄	
Chloroforme	

ANNEXES B: matériel utilisée pour les analyses microbiologiques.

Matériels utilisées	Les géloses et les solutions utilisées
Les boites de pétris	Eau distillée stérile
Les flacons	Eau physiologique
Les tubes à essai	Gélose viande de foie
Autoclave	Gélose Chapman
L'étuve	Gélose Hektöen
Le bec benzène	Gélose OGA
La balance	Gélose PCA
Agitateur à la plaque chauffante	
Entonnoir	
Le barrot magnétique	
Les pipettes pasteur	
Micropipettes	

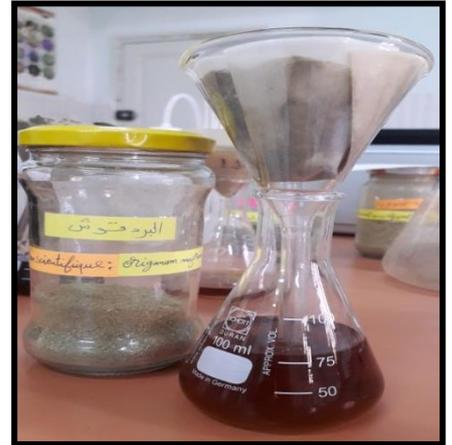
ANNEXE C: l'extraction par la méthode de macération (photos originale).



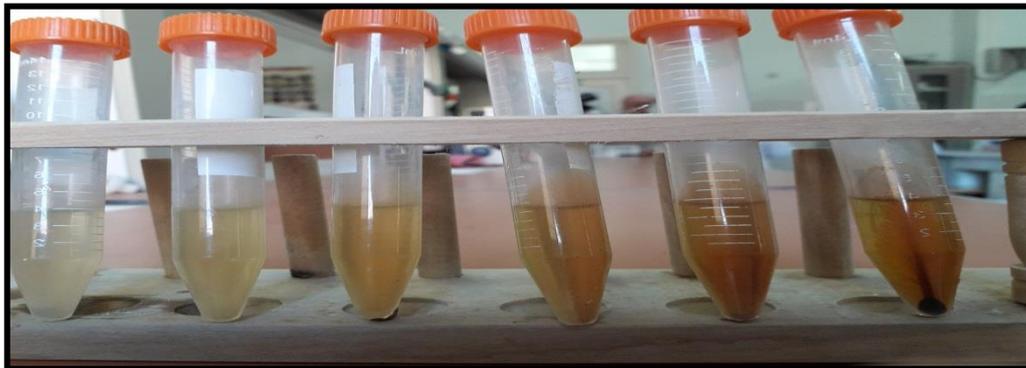
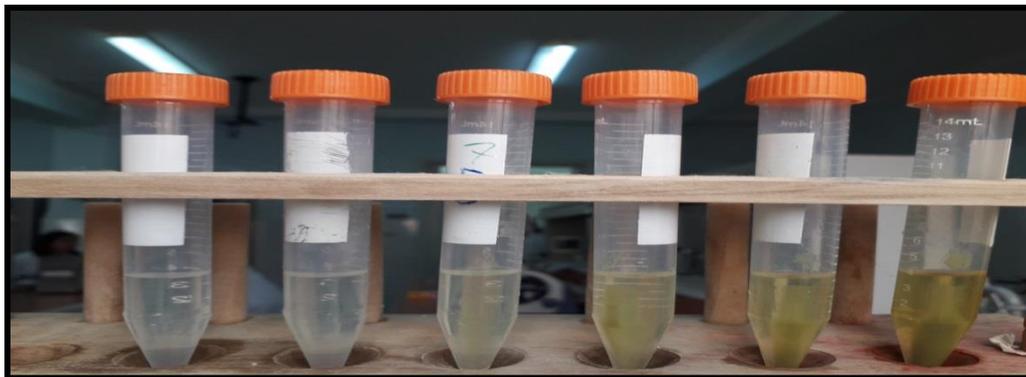
ANNEXE D: évaporateur rotatif (photos originale).



ANNEXE E : Préparation de L'infusé à 5% pour les trois plantes (photos originale).



ANNEXE F: Surnageant après centrifugation des trois extraits pour le test de FRAP (photos originale).



ANNEXE J: Spectrophotomètre (OPTIZEN POP UV/VIS Spectrophotometer) (photos originale).



ANNEXE H: pH-mètre (photos originale).



ANNEXES I: Ensemencement par l'étalement au râteau sur le dénombrement des microorganismes (**photos originale**).



ANNEXE G : étuve bactériologiques (**photos originale**).



ANNEXE K: Fiche d'analyse sensorielle.

Université Akli Mohand Ulhadj
Science de la nature et de la vie et des sciences de terre
Département de biologie

Fiche de dégustation d'un fromage

Ce formulaire est élaboré afin d'évaluer un fromage à base de poudre des plantes (*Salvia officinalis* , *Glycyrrhiza glabra* , *Origanum majorana*)

Cochez celle qui vous convient :

Étudiant	Employeur	Enseignant
Sexe	Homme	Femme
Taux de consommation du fromage frais	Fort	Faible

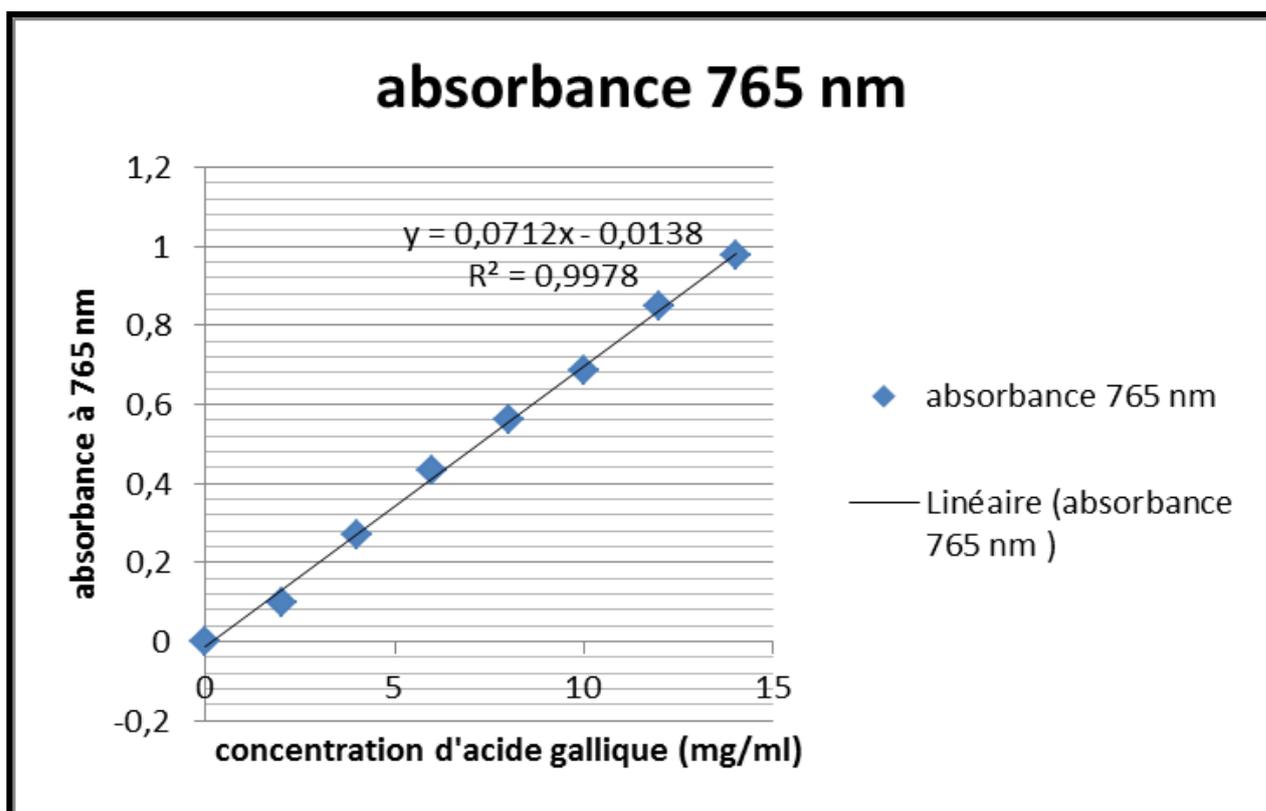
		<i>Salvia Officinalis</i>			<i>Glycyrrhiza Glabra</i>			<i>Origanum Majorana</i>			
	Sensation	Témoin	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Gout	Doux										
	Sucré										
	Acide										
Texture	Solide										
	Semi-solide										
	Semi-liquide										
	Présence de grains et de poudre										
Couleur	Blanche										
	Coloré										
Odeur	Intense										
	Faible										

Niveau de satisfaction :

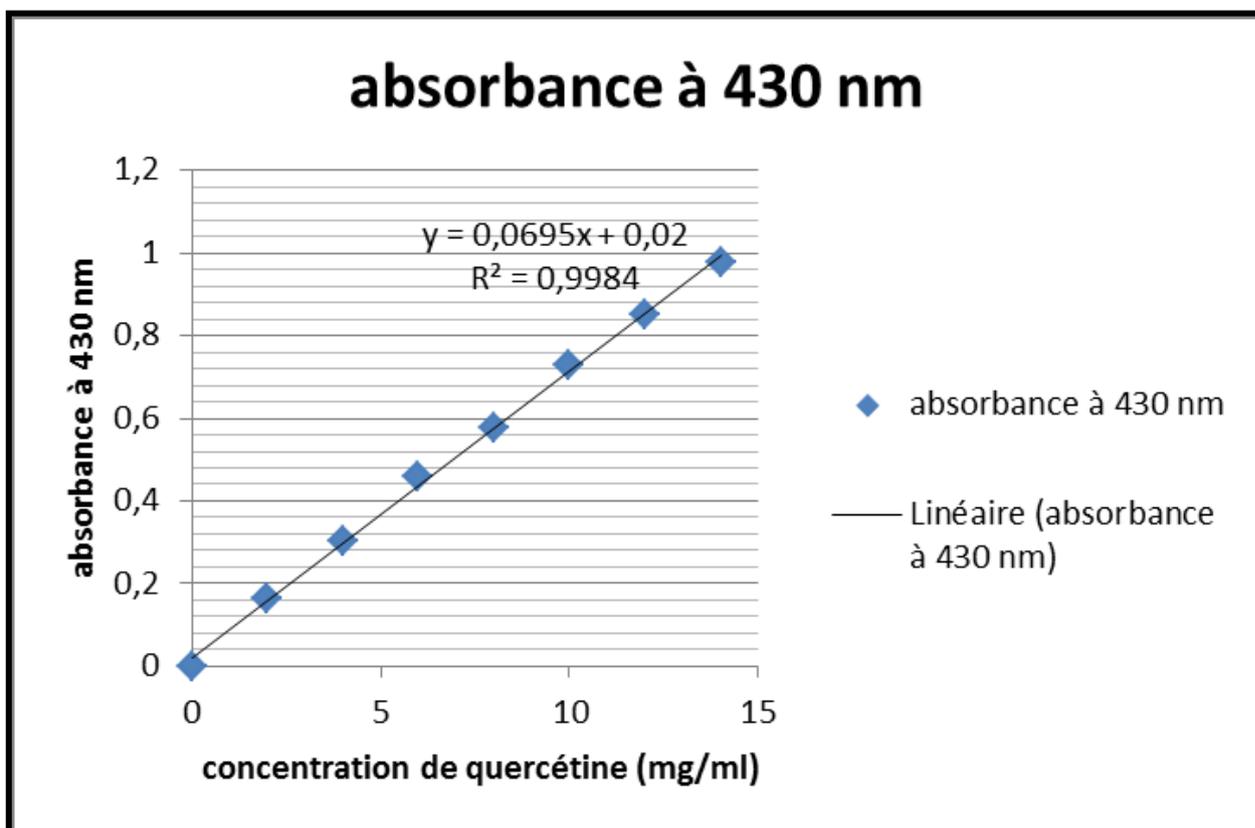
Mécontent	Pas satisfait	Neutre	Satisfait	Très satisfait

<u>Observation :</u>	<u>Evaluation finale :</u> /

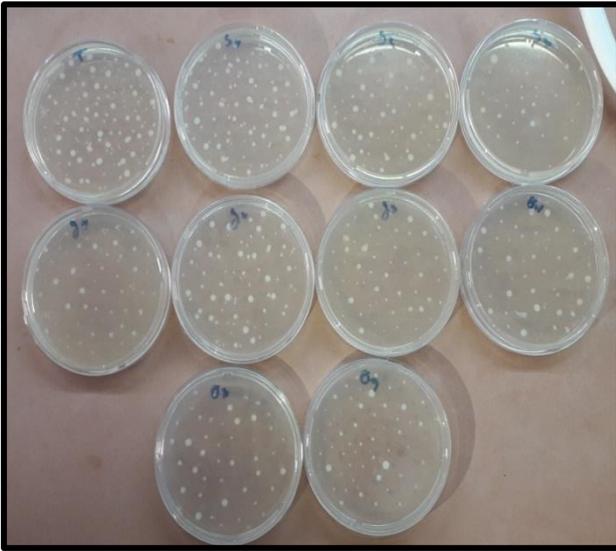
ANNEXES L: Droite d'étalonnage d'acide gallique.



ANNEXES M: Droite d'étalonnage de la quercétine.



ANNEXE N: Résultats des analyses microbiologiques.



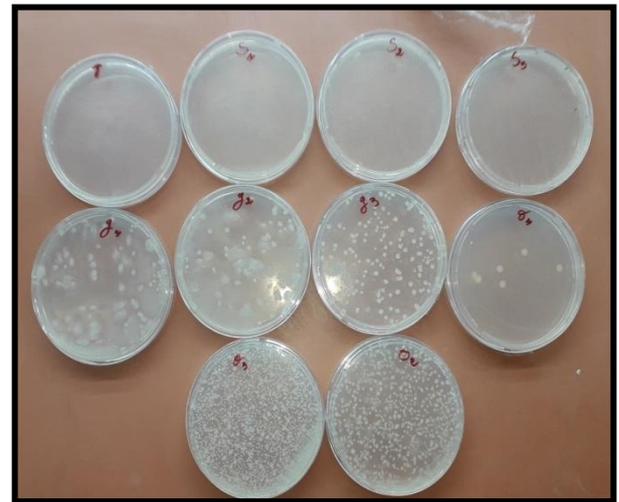
FTAM sur milieu PCA



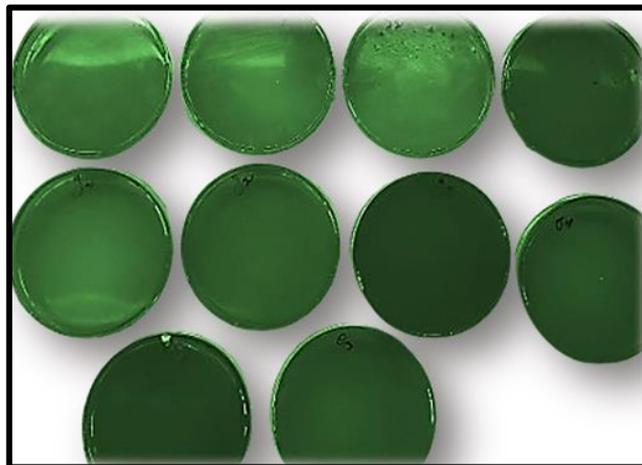
Staphylocoques sur milieu Chapman



Clostridium sulfito-réducteur sur milieu VF



Levure et moisissure sur milieu OGA



Salmonella sur milieu Hektöen

ANNEXE O: critère microbiologique des laits et produits laitiers selon JORA

PRODUITS	n	c	m	M
7. Lait déshydraté destiné aux industriels (sacs de 50 kg) :				
— germes aérobies à 30° C	1	—	2.10 ⁵	2.10 ⁶
— coliformes	1	—	1	10
— pseudomonas aérogina	1	—	≤10	—
— pseudomonas fluorescens	1	—	≤10	—
— antibiotiques	1	—	absence	—
8. Yaourts :				
— coliformes	5	2	10	10 ²
— coliformes fécaux	5	2	10	30
— staphylococcus auréus	5	2	10	3.10 ²
— salmonella	5	0	absence	absence
— flore lactique (yaourt)	1	—	≥10 ⁷	—
9. Fromages frais :				
— coliformes	5	2	10	10 ²
— coliformes fécaux	5	2	10	30
— staphylococcus auréus	5	2	10	2.10 ²
— salmonella	5	0	absence	absence
10. Fromages à pâte molle :				
— coliformes	5	2	10 ²	10 ³
— coliformes fécaux	5	2	10	10 ²
— staphylococcus auréus	5	1	10 ²	10 ³
— anaérobies sulfitoréducteurs à 46° C	5	2	absence	≤10
— salmonella	5	0	absence	absence
11. Fromages à pâte dure et demi-dure :				

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABAYOMI S. Plantes médicinales et médecine traditionnelle d'Afrique. KARTHALA Editions, 2010.
- ABDELKADER M, AHCEN B, RACHID D et al. Phytochemical study and biological activity of sage (*Salvia officinalis* L.). International journal of bioengineering and life sciences, 2015. Pages 1253-1257.
- AFZAL-RAFII Z. Etude cytotoxonomique et phylogénétique de quelques *Salvia* de la région méditerranéenne: Groupe du *Salvia officinalis* L. Bulletin de la Société Botanique de France, 1976. Pages 515-527.
- ALGEBALY A, ALGABBANI Q, AL-OTAIBI WR et al. Aqueous Extract of *Origanum majorana* at Low Temperature (0 C) Promotes Mitochondrial Fusion and Contributes to Induced Apoptosis in Human Breast Cancer Cells. Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP, 2021. Page 2959.
- ALI-RACHEDI F, MERAGHNI S, TOUAIBIA N et al. Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea* sub. *Maritima* L. Bulletin de la société royale des sciences de liège, 2018.
- ALSCHER RG, ERTURK N, et HEATH LS. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. Journal of experimental botany, 2002. Pages 1331-1341.
- AL-SNAFI AE. Glycyrrhiza glabra: A phytochemical and pharmacological review. IOSR Journal of Pharmacy, 2018. Pages 1-17.
- ALTINDAL D et ALTINDAL N. Sage (*Salvia officinalis*) oils. In: Essential oils in food preservation, flavor and safety. Academic Press, 2016. Pages 715-721.
- ANDRIAMASINORO NA. Purification et caractérisation des métabolites secondaires extraits de plantes de la famille des Asparagaceae et Caprifoliaceae, et évaluation de leurs activités biologiques. 2018. Thèse de doctorat. Université Bourgogne Franche-Comté.
- ARMANINI D, FIORE C, MATTARELLO M J et al. History of the endocrine effects of licorice. Experimental and clinical endocrinology & diabetes, 2002. Pages 257-261.
- AUBAILE-S Françoise. Les préparations fermentées. Les fermentations au service des produits de terroir, 2005. Page 14.
- AUGUSTIN N, PIERRE Nsumbu Nlandu, ANTOINE Lubobo Kanyenga et al. Evaluation des Facteurs Antinutritionnels de Quelques Géotypes de Haricot Commun (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofortifié. 2017.
- AUGUSTIN NN, PIERRE NSUMBU NLANDU, ANTOINE LUBOBO

- KANYENGA et al. Evaluation des Facteurs Antinutritionnels de Quelques Génotypes de Haricot Commun (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofortifié. 2017.
- BACHIRI L, LABAZI N, DAOUDI A, et al. Etude ethnobotanique de quelques lavandes marocaines spontanées. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2015. Pages 1308-1318.
 - BACHTARZI N, AMOURACHE L et DEHKAL G. Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien)[Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)]. *Int. J. Innov. Sci. Res*, 2015. Pages 34-42.
 - BELFEKIH F, EL O, MARIAM Y, et al. Screening phytochimique D'Arbutus unedo L. *The American Journal of Innovative Research & Applied Sciences*, 2017. Pages 237-245.
 - BELHADJI KA, BOUZOUINA M, et ADDOU A. Étude de l'activité antibactérienne et identification des substances bioactives de différents extraits de *Myrtus communis*. *Phytothérapie*, 2022. Page 288.
 - BELKACEM N, AZZI R. et DJAZIR R. Phytochemical screening, total phenolics contents and in vitro antioxidant activity of *Salvia officinalis*, *Satureja calamintha*, *Mentha pulegium* and *Marrubium vulgare*. *Phytothérapie*, 2022. Pages 23-28.
 - BELOUED. A. Plantes médicinales d'Algérie, OPU, Alger, 1998. Page 277.
 - BEN SALHA G. Déterpénation de l'huile essentielle d'*Origanum majorana* L. et évaluation des activités biologiques. 2020.
 - BENSAKHRIA A. Le stress oxydatif. *Toxicologie générale*, 2018. Page 70-86.
 - BENTABET LASGAA N. Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredoliaaretioides* et *echiumvulgare* de l'ouest algérien. 2015. Thèse de doctorat. Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
 - BENTIBA G. Essai de fabrication d'un fromage traditionnel frais type «Jben» en utilisant la pepsine de poulet. 2023. Thèse de doctorat. Université Echahid Chikh Larbi Tébéssi-Tébessa.
 - BOHUI PSG, ADIMA AA, NIAMKÉ FB, et al. Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales: *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 2018. Pages 50-58.
 - BOUCHELOUH S, HALA A et al. Etude théorique des propriétés physico-chimiques

des flavonoïdes d'une plante (*salvia officinalis*). 2020. Thèse de doctorat. University of Jijel.

- BOUCHENAK O, YAHIAOUI K, BENHABYLES N et al. Criblage phytochimique et évaluation du pouvoir antioxydant des feuilles de myrtus communis L. et rhamnus alaternus L. 2020.
- BOUFADI MY, KEDDARI S, MOULAI-HACENE F, et al. Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties of *Salvia officinalis* extract from Algeria. *Pharmacognosy Journal*, 2021.
- BOUGANDOURA N et BENDIMERAD N. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, 2013. Page 14.
- BOULLARD B. Dictionnaire plantes & champignons. (No Title), 1997. Page 875.
- BOURRE J M. *Le Lait: vrais et faux dangers*. Odile Jacob, 2010.
- BOUTERFAS K, MEHDADI Z, LATRECHE A et al. Quantification de quelques polyphénols de *Marrubium vulgare* L. du mont de Tessala (Algérie occidentale) pendant les deux périodes de végétation et de floraison. *Les technologies de laboratoire*, 2013.
- BOUYAHYA A, CHAMKHI I, BENALI T et al. Traditional use, phytochemistry, toxicology, and pharmacology of *Origanum majorana* L. *Journal of ethnopharmacology*, 2021. Pages 113318.
- CASTUS VA et ARETIOIDES A. CRIBLAGE PHYTOCHIMIQUE DE DEUX PLANTES MEDICINALES: VITEX AGNUS CASTUS ET ANABASIS ARETIOÏDES, 2015.
- CESBRON L E, LUBRANO L A, BRAESCO V et al. Fromages blancs, petits-suissees et laits fermentés riches en protéines. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 2017. Pages 33-40.
- CHAUCHE TM. *Activités biologiques de quelques plantes médicinales, Représentation des voies de biosynthèse des polyphénols*, 2020.
- CHENNA A, AHMEDI R., et CHEFROUR, A. Physico-chemical characterization of the essential oil of *Origanum majorana* (L.) cultivated in a semi-arid bioclimatic stage (South-east Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 2018.

- CHEURFA M., ALLEM R., ZABEL K., et al. The effects of Glycyrrhiza glabra L. And Zizyphus lotus L. Root extracts on some human pathogenic bacteria. *Phytothérapie*, 2017. Pages 1-7.
- CHIRSANOVA C A et REȘITC V. Influence du teneur du calcium sur les propriétés de texture de fromage. In : *Modern Technologies in the Food Industry*. 2016. Pages 430-435.
- CHOPRA Ram Nath et al. *Indigenous drugs of India*. 1933.
- COLINE D. *Analyse SWOT-Entremont*. Publications Études & Analyses, 2020.
- CROZIER A, CLIFFORD MN, ET ASHIHARA H. *Plant secondary metabolites. Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*, 2006. Page Blackwell Publishers.
- DAIRA N, MAAZI M, et CHEFROUR A. Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 2016. Pages 276-290.
- DASEN A et GRAPPIN R. Détermination rapide de l'extrait sec des fromages à l'aide d'un four à micro-ondes. *Le Lait*, 1983. Pages 75-84.
- DE OLIVEIRA T, DE CARVALHO S, DE ARAÚJO SOARES R et al. Antioxidant effects of *Satureja montana* L. essential oil on TBARS and color of mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. *LWT-Food Science and Technology*, 2012. Pages 204-212.
- DELAVEAU P. *Expliquez-moi les plantes - Voyage en botanique*. Paris : Pharmathèmes édition communication santé, 2003, 505p.
- DEROUICHE M. et ZIDOUNE MN. Caractérisation d'un fromage traditionnel, le Michouna de la région de Tébessa, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 2015. Page 229.
- DJOUSSE Boris M K., NGOUNE N F., DJOUKENG H G., et al. Extraction et caractérisation des huiles essentielles de trois plantes aromatiques cultivées à l'Ouest-Cameroun: *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* et *Cymbopogon citratus*. *Cameroon J Biological and Biochemical Sciences*, 2022. Pages 121-133.

- DUBOIS J, MITTERAND H et DAUZAT A. Dictionnaire étymologique et historique du français. 2006.
- DUBOIS L. L'aliment, un futur miracle de la biotechnologie?. Sociologie et sociétés, 1996. Pages 45-57.
- DUNJA Š, KARALIJA E, ŠOLA I, et al. The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. Plants, 2021. Page 118.
- DUPONT Frédéric et GUIGNARD Jean-Louis. Botanique: systématique moléculaire. Elsevier Health Sciences, 2007. Page 285.
- EL GABBAS Z, BEZZA K, LAADRAOUI J, et al. Salvia officinalis, rosmarinic and caffeic acids attenuate neuropathic pain and improve function recovery after sciatic nerve chronic constriction in mice. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2019.
- ERRAJRAJI A, OUHDOUCH F, et EL-ANSSARI N. Usage des plantes médicinales dans le traitement du diabète de type 2 au Maroc: Use of medicinal plants for type 2 diabetes treatment, in Morocco. Médecine des maladies Métaboliques, 2010. Pages 301-304.
- FADILI K, ZERKANI H, AMALICH S, et al. ETUDE PHYTOCHIMIQUE ET EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE DES FEUILLES ET DES FRUITS DU Capparis spinosa L. PHYTOCHEMICAL STUDY AND EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF LEAVES AND FRUITS OF Capparis spinosa L, 2017.
- FARNSWORTH N R., AKERELE O B, Audrey S et al. Place des plantes médicinales dans la thérapeutique. Bulletin of the World Health Organization, 1986. Page 159.
- FAVIER A. Stress oxydant et pathologies humaines. In : Annales pharmaceutiques françaises. Elsevier Masson, 2006. Pages 390-396.
- FIGUEREDO G. Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. 2007. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.
- FLEURENTIN J. Des sources du savoir aux médicaments du futur. IRD Editions,

2002.

- GALLEGO J A C. Las flores de la Atalaya. Univ de Castilla La Mancha, 2003.
- GARNIER G, BÉZANGER-BEAUQUESNE Lucienne et DEBRANX, Germaine. Ressources médicinales de la flore française. 1961.
- GAY G, ROUILLON R, BERNILLON J, et al. IAA biosynthesis by the ectomycorrhizal fungus *Hebeloma hiemale* as affected by different precursors. Canadian journal of botany, 1989. Pages 2235-2239.
- GHEDIRA K, GOETZ P, et LE JEUNE R. *Glycyrrhiza glabra* L. (fabaceae) Réglisse. Phytothérapie, 2010. Pages 185-190.
- GHORBANI A et ESMAEILIZADEH M. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. Journal of traditional and complementary medicine, 2017. Pages 433-440.
- GOLENIOWSKI M, BONFILL M, CUSIDO R, et al. Phenolic acids. Natural products, 2013. Pages 1951-1973.
- GRANDJEAN D. Le stress oxydatif cellulaire chez le chien: conséquences et prévention nutritionnelle. Bulletin de l'Académie vétérinaire de France, 2001. Pages 49-61.
- GRILLET N, GRIMAUD P, LOISEAU G et al. Qualité sanitaire du lait cru tout au long de la filière dans le district de Mbarara et la ville de Kampala en Ouganda. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 2005. Pages 245-255.
- GUIGNARD JL et DUPONT Frédéric. Botanique: systématique moléculaire. Elsevier Health Sciences, 2011. Page 290.
- GUPTA M, KARMAKAR N, SASMAL S et al. Free radical scavenging activity of aqueous and alcoholic extracts of *Glycyrrhiza glabra* Linn. Measured by ferric reducing antioxidant power (FRAP), ABTS bleaching assay (α TEAC), DPPH assay and peroxy radical antioxidant assay. Int. J. Pharmacol. Toxicol, 2016. Pages 235-240.
- HABIBOU H H, IDRISSE M, IKHIRI KHALID Pr et al. Activité Antioxydante des

extraits méthanoliques de différents organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. Eur Sci J, 2019. Pages 1857-7881.

- HADDOUCHI F, CHAOUICHE T M, et HALLA N. Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*, 2016. Pages S254-S262.
- HALENG J, PINCEMAIL J, DEFRAIGNE J O, et al. Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 2007.
- HAMID E H, MONCEF B, ASSIA B, et al. Phytochemical screening of a medicinal plant: *Mentha spicata* L. *Am. J. Innovative Res. Appl. Sci*, 2018. Pages 2429-5396.
- HAMMOND E, DUNKLEY W, BODYFELT F, et al. Report of the Committee on Sensory Data to the Journal Management Committee of the American Dairy Science Association. 1986.
- HANIFI N. Importance des ressources phytogénétiques et leur utilisation en Algérie. In conservation des ressources végétales. Publication d'Actes éditions, 1991. Pages 47-49.
- HANS W K et KOTH S. 1000 plantes aromatiques et médicinales. Terre édition, 2007. Pages 6-7.
- HELENE L. Les plantes médicinales en France, entre pharmacie et herboristerie : aspects historiques et législatifs *Medicinal plants in France, between pharmacy and herb trade: Historical and legislative aspects*, *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 2015. Pages 391-398.
- HENNEBELLE T, SAHPAZ S, et BAILLEUL F. Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2004. Pages 3-6.
- HIBOUCHE S. Suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du camembert «Le Fermier» fabriqué à la laiterie EURL STLD «Société de transformation du lait et dérivés» Tizi-Ouzou. 2016. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- HIMOUR S, YAHIA A, BELATTAR H et al. Etude phytochimique des feuilles

d'Olea europaea L. var Chemlel d'Algérie. J. of Biores. Valorization, 2016. Pages 34-38.

- HOFFMANN L L. Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCoAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'HydroxyCinnamoyl-CoA: shikimate/quinate hydroxycinnamoyl Transférase (HCT). 2003. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur-Strasbourg I.
- HOKAYEM M, BISBAL C, LAMBERT K, et al. Quelle place pour les antioxydants dans la prévention du diabète de type 2 ? Médecine des maladies métaboliques, 2012. Pages 327-331.
- HOKAYEM M, BISBAL C, LAMBERT K, et al. Quelle place pour les antioxydants dans la prévention du diabète de type 2? Médecine des maladies métaboliques, 2012. Pages 327-331.
- HOSSEINI S M A, SOURI M K, FARHADI N et al. Changes in glycyrrhizin content of Iranian licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) affected by different root diameter and ecological conditions. 2014.
- JOKAR M. Chemical composition of the essential oil, total phenolic content and antioxidant activity in *Origanum majorana* L.(Lamiaceae) cultivated in Iran. Advances in Environmental Biology, 2011. Pages 2326-2331.
- KARAHAN F, AVSAR C, OZYIGIT I I et al. Antimicrobial and antioxidant activities of medicinal plant *Glycyrrhiza glabra* var. *glandulifera* from different habitats. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 2016. Pages 797-804.
- KASSE M, CISSE M, TOURE A et al. Qualité microbiologique des tranches de mangues (*Mangifera indica* L.) vendues à Dakar (Sénégal). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2014. Pages 1611-1619.
- KÜPELI A E, GENÇ Y, KARPUZ B, et al. Coumarins and coumarin-related compounds in pharmacotherapy of cancer. Cancers, 2020. Page 1959.
- KYTIDOU K, ARTOLA M, OVERKLEEF H S, et al. Plant glycosides and glycosidases: a treasure-trove for therapeutics. Frontiers in plant science, 2020. Page

521948.

- LANDRIER JF. Vitamine E et physiologie du tissu adipeux. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 2011. Pages 83-87.
- LEEJA L et THOPPIL J E. Antimicrobial activity of methanol extract of *Origanum majorana* L. (Sweet marjoram). *Journal of Environmental Biology*, 2007. Page 145.
- LEKSIR C et CHEMMAM M. Contribution à la caractérisation du klida, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 2015.
- LUND M N. Reactions of plant polyphenols in foods: Impact of molecular structure. *Trends in Food Science & Technology*, 2021. Pages 241-251.
- MACHEIX JJ, FLEURIET A, et JAY-ALLEMAND, Christian. Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques, 2005.
- MACHEIX JJ. Les composés phénoliques des végétaux: quelles perspectives à la fin du XXème siècle? *Acta botanica gallica*, 1996. Pages 473-479.
- MAHAUT M, KOROLCZUK J, PANNETIER R et al. Eléments de fabrication de fromage de type pâte molle de lait de chèvre à caractère lactique par ultrafiltration de lait acidifié et coagulé. *Technique Latère & Marketing*. Julho-agosto, 1986. Pages 24-28.
- MAHDI S, RACHID A. Z. Z. I, et LAHFA F B. Antioxidant activity and hemolytic effect of hydro-methanolic extract and its phenolic enriched fractions from leaves and stems of *Salvia officinalis* L. from Algeria. *Journal of Natural Product Research and Applications*, 2021. Pages 17-30.
- MALLAYE A M N. Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache, coagulé par la papaïne naturelle. *Memoire de diplome de master en Qualite des aliments de l'homme*. Université cheikh anta diop de dakar ecole inter-etats des sciences et medecine veterinaires de dakar. 46p, 2012.
- MEKHANEG B. Variation de la composition du lait en fonction de la race et de l'alimentation. 2020. Thèse de doctorat.

- MILLER Rebecca E, MCCONVILLE Malcolm J et WOODROW Ian E. Cyanogenic glycosides from the rare Australian endemic rainforest tree *Clerodendrum grayi* (Lamiaceae). *Phytochemistry*, 2006. Pages 43-51.
- MUANDA F N. Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Université Paul Verlaine-Metz, 2010.
- MULUNGULUNGU N. Deogratias MPIANA P. T., MBAYO, K. Marsi, et al. Etude de l'activité antirépanocytaire et de la thermodégradation des extraits bruts aqueux, méthanoliques et éthanoliques de *Ipomoea batatas*, une plante comestible à vertu. *International journal of Innovation and Applied studies*, 2015. Pages 684-690.
- MUQADDAS R A K, NADEEM F et JILANI M I. Essential chemical constituents and medicinal uses of Marjoram (*Origanum majorana* L.)—A comprehensive review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 2016. Pages 56-62.
- NIETO G. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. *Medicines*, 2017. Page 63.
- ORBAN J-C. Oxygène, stress oxydant. In : *Désordres métaboliques et réanimation*. Springer, Paris, 2011. Pages 427-437.
- PANCHE A N, DIWAN A D, et CHANDRA S R. Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 2016. Page 47.
- PANDEY S, VERMA B et ARYA P. A review on constituents, pharmacological activities and medicinal uses of *Glycyrrhiza glabra*. *Pharm Res*, 2017. Pages 26-31.
- PARIS M, HURABIELLE M et PARIS RR. *Abrégé de matière médicale: Monographies (2. partie): plantes actives sur le système nerveux, sur l'appareil digestif, plantes cardiotoniques, plantes antiparasitaires, plantes insecticides, antibiotiques et antitumoraux d'origine végétale*. Masson, 1981.
- PASTORINO Giulia, CORNARA Laura, SOARES Sónia et al. Liquorice (*Glycyrrhiza glabra*): A phytochemical and pharmacological review. *Phytotherapy research*, 2018. Pages 2323-2339.
- PAUDEL P N, SATYAL P, SATYAL R et al. Chemical composition, enantiomeric distribution, antimicrobial and antioxidant activities of *Origanum majorana* L.

essential oil from Nepal. *Molecules*, 2022. Pages 6136.

- PERECKO T, JANCINOVA V, DRÁBIKOVÁ K, et al. Structure-efficiency relationship in derivatives of stilbene. Comparison of resveratrol, pinosylvin and pterostilbene. *Neuroendocrinology Letters*, 2008. Page 802.
- PEREIRA O R, CATARINO M D, AFONSO A F et al. *Salvia elegans*, *Salvia greggii* and *Salvia officinalis* decoctions: Antioxidant activities and inhibition of carbohydrate and lipid metabolic enzymes. *Molecules*, 2018. Page 3169.
- PÉROUMAL A. Caractérisation des fruits et de la pulpe de six accessions de *Mammea americana*: Aptitude à la transformation des fruits et caractérisation des composés phénoliques de la pulpe. 2014. Thèse de doctorat. Antilles-Guyane.
- PETIT AC. Toxicité et utilisation de quelques Fabaceae alimentaires et médicinales. 2011. Thèse de doctorat. UHP-Université Henri Poincaré.
- PINCEMAIL J, DEGRUNE F, VOUSURE S et al. Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme*, 2007, vol. 21, no 2, p. 66-75.
- QUINTANA S E, CUEVA C, VILLANUEVA-BERMEJO D et al. Antioxidant and antimicrobial assessment of licorice supercritical extracts. *Industrial crops and products*, 2019. Page 111496.
- RAMAN V, MANFRON J, AVULA B et al. Application of microscopy in the quality control of licorice roots: Comparative anatomy of the roots and rhizomes of five species of *Glycyrrhiza*. *Microscopy and Microanalysis*, 2022. Pages 2150-2166.
- RICHARD T, TEMSAMANI H, DELAUNAY JC, et al. Stilbènes: de la chimie à la neuroprotection. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 2014. Pages 173-180.
- RICHONNET C. Caractéristiques nutritionnelles des fromages fondus. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 2016. Pages 48-56.
- RISTIC D B et ZALFIJA N T. Bric D (ed) *Institute for medicinal plants Josif Panacic*. Belgrade and Art Grafik Belgrade, 1999. Pages 151-167.
- ROUCHOTAS P, MSc ND, et Heidi F, MA ND. *Vitamine C*. 2017.

- SAHLI R. Etude phytochimique de quelques plantes extrémophiles tunisiennes et exploration de leurs activités biologiques. 2017. Thèse de doctorat. Université du Droit et de la Santé-Lille II; Université de Carthage (Tunisie).
- ŠAMEC D, KARALIJA E, ŠOLA I, et al. The role of polyphenols in abiotic stress response: The influence of molecular structure. *Plants*, 2021. Page 118.
- SÉRÉMÉ A, MILLOGO RASOIODIMBY J, GUINKO S, et al. Concentration en tanins des organes de plantes tannifères du Burkina Faso. *Journal de la Société ouest-africaine de chimie*, 2008. Pages 55-61.
- SHAHIDI F et NACZK M. *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC press, 2003.
- SOLIMAN N A et EL-GENAIDY M AM. Toxicological and Histological Effects of Licorice *Glycyrrhiza glabra* L., Roots Aqueous Extract on Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* Wied.(Diptera: Tephritidae) Under Laboratory Conditions. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 2021. Pages 553-562.
- STAGOS D, PORTESIS N, SPANOU C et al. Correlation of total polyphenolic content with antioxidant and antibacterial activity of 24 extracts from Greek domestic Lamiaceae species. *Food and Chemical Toxicology*, 2012. Pages 4115-4124.
- STENGEL K. *Des fromages et des hommes: ethnographie pratique, culturelle et sociale du fromage*. 2015.
- TAHRI N, EL BASTI A, ZIDANE L et al. Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la province de Settat (Maroc). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 2012. Pages 192-208.
- TANGUY M et BEGUÉ-SIMON AM. Antioxydants Première partie: les antioxydants dans l'alimentation. *Médecine*, 2009. Pages 256-260.
- TZIN V, GALILI G, AHARONI A. Shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis. *eLS*, 2012.
- URITU Cristina M, MIHAI Cosmin T, STANCIU Gabriela-Dumitrita et al. Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review. *Pain Research and Management*, 2018.

- VALERY H G. élaboration et caractérisation des différentes électrodes modifiées par le phosphate naturel marocain et les argiles camerounaises. 2013.
- VASUDEVA N et al. *Origanum majorana* L.-Phyto-pharmacological review. 2015.
- VIBHA J B, CHOUDHARY K, SINGH Mangal et al. A study on pharmacokinetics and therapeutic efficacy of *Glycyrrhiza glabra*: a miracle medicinal herb. *Botany Research International*, 2009. Pages 157-163.
- WEN L, JIANG Y, YANG J, et al. Structure, bioactivity, and synthesis of methylated flavonoids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2017. Pages 120-129.
- WILLIAMSON G, PLUMB GW, et GARCIA-CONESA M T. Glycosylation, esterification, and polymerization of flavonoids and hydroxycinnamates: effects on antioxidant properties. *Plant Polyphenols 2: Chemistry, Biology, Pharmacology, Ecology*, 1999. Pages 483-494.
- WILLY A. Jardinage, La sauge, une plante aux multiples usages, 2021 : <https://www.ledauphine.com/magazine-lifestyle/2021/08/22/la-sauge-une-plante-aux-multiples-usages> : consulté « 13/04/2024 ».
- ZADEH J B, KOR Z M et GOFTAR M K. Licorice (*Glycyrrhiza glabra* Linn) as a valuable medicinal plant. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2013. Pages 1281-1288.
- ZHOU JX, BRAUN M S, WETTERAUER P et al. Antioxidant, cytotoxic, and antimicrobial activities of *Glycyrrhiza glabra* L., *Paeonia lactiflora* Pall., and *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. Extracts. *Medicines*, 2019. Page 43.
- ZILLICH OV, SCHWEIGGERT-WEISZ U, EISNER P, et al. Polyphenols as active ingredients for cosmetic products. *International journal of cosmetic science*, 2015. Pages 455-464.

Detectia Université BOUIRA

ID: 01xcoh-68T6

Certificat d'analyse de la similarité textuelle

- Nom du document: GHODBANE Amira, TAIB Ouïam encadrées par Mme DJOUAHRA SECONDE.docx
- Soumis par: DJENADI Katia
- Faculté: -
- Date de soumission: 2024-06-19



Taux global de similarité

- 26.3% Similarité Forte
- 0.0% Similarité Proche
- 0.0% Exclu manuellement



Nombre de sources

- 184 sources Internet
- 0 sources Thèses-Algérie
- 0 sources dépôt privé



Passages surlignés

- 10644 mots
- 73569 caractères

I Ce document est un certificat et résumé d'analyse et de détection de similarité textuelle qui peut être utilisé pour l'établissement d'un rapport de plagiat. Il revient à l'examineur, l'encadrant ou bien au comité déontologique de l'université ou de l'école d'émettre un avis quant au statut de plagiat du document analysé.

@ Consultez l'arrêté N° 1082 du 27 Décembre 2020 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat pour en savoir plus concernant ce qui est considéré comme étant un acte de plagiat, les procédures ainsi que les sanctions.

Taille minimale des passages: 15 mots. Niveau de tolérance de la similarité: Majeur

Signature d'intégrité



RESUME

Résumé : Notre étude a porté sur trois plantes, deux de la famille Lamiaceae (*Salvia officinalis L* et *Origanum majorana L*) et une autre de la famille Fabacées (*Glycyrrhiza glabra L*). Le screening phytochimique visant à caractériser les différentes classes de métabolites secondaires chez les espèces étudiées a révélé quelles sont riches en flavonoïdes, tanins, terpénoïdes, saponisides, mucilages, coumarines et quinones libres. Le dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes présents dans les déférents extraits éthanoliques a révélé une richesse en polyphénols totaux dans les feuilles de *S. officinalis L* et d'*O. majorana L* par rapport à la partie racinaire de *G. glabra L* avec des valeurs respectives de $117,46 \pm 0,45$, de $87,18 \pm 0,22$ et de $71,55 \pm 0,44$, le même constat a été observé avec les flavonoïdes avec des valeurs de $96,03 \pm 0,08$, de $71,61 \pm 0,49$ et de $63,42 \pm 0,38$ respectivement.

L'activité antioxydante de nos extraits étudiée par les méthodes DPPH et FRAP a montré une bonne efficacité avec des IC50 respectives de $90,5 \pm 0,4$; $195,47 \pm 0,38$ pour *S. officinalis*, $110,03 \pm 0,12$; $293,12 \pm 0,16$ pour *O. majorana* et de $230,59 \pm 0,36$; $430,61 \pm 0,39$ pour *G. glabra*. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons des fromages préparés à base des poudres des trois plantes ont montré des résultats dans les normes, tandis que l'activité antioxydant des fromages enrichis est plus importante que le fromage témoin. De plus la majorité des dégustateurs ont témoigné que le fromage préparé à base de *O. majorana* est le meilleur.

Mot clés : *Salvia officinalis L.*, *Glycyrrhiza glabra L.*, *Origanum majorana L.*, polyphénols, flavonoïdes, activité antioxydant, fromage traditionnel.

ملخص: ركزت دراستنا على ثلاثة نباتات، اثنان من عائلة الشفوية (الميريمية و البردقوش) وآخر من عائلة البقولية (عرق السوس). كشف الفحص الكيميائي النباتي الذي يهدف إلى توصيف الفئات المختلفة من المستقلبات الثانوية في الأنواع التي تمت دراستها أنها غنية بالفلافونويدات الحرة والعفص والتيربينويدات والسابونيسيدات والصمغ والكومارين والكينونات. كشف تحديد إجمالي البوليفينول والفلافونويدات الموجودة في المستخلصات الإيثانولية المختلفة عن ثراء في إجمالي البوليفينول في أوراق الميريمية و البردقوش مقارنة بالجزء الجذري من عرق السوس بقيم 117.46 ± 0.45 و 87.18 ± 0.22 و 71.55 ± 0.44 ، وقد لوحظت نفس الملاحظة مع مركبات الفلافونويد بقيم 96.03 ± 0.08 و 71.61 ± 0.49 و 63.42 ± 0.38 على التوالي. أظهر نشاط مضادات الأكسدة لمستخلصاتنا التي تمت دراستها بواسطة FRAP و DPPH فعالية جيدة بقيم ذات الصلة البالغة 90.5 ± 0.4 ؛ 195.47 ± 0.38 للميريمية و 110.03 ± 0.12 ؛ 293.12 ± 0.16 للبردقوش و 230.59 ± 0.36 ؛ 430.61 ± 0.39 لعرق السوس. أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لعينات الأجبان المحضرة باستخدام مساحيق النباتات الثلاثة نتائج ضمن المعايير، في حين أن نشاط مضادات الأكسدة للأجبان الغنية أكبر من جبن السيطرة. بالإضافة إلى ذلك، شهد غالبية المتذوقين أن الجبن المحضر من البردقوش هو الأفضل. **الكلمات المفتاحية :** الميريمية، عرق السوس، البردقوش، البوليفينول، الفلافونويدات، نشاط مضادات الأكسدة، الجبن التقليدي.

Abstract: Our study focused on three plants, two from the Lamiaceae family (*Salvia officinalis L* and *Origanum majorana L*) and another from the Fabaceae family (*Glycyrrhiza glabra L*). The phytochemical screening aimed at characterizing the different classes of secondary metabolites in the species studied revealed that they are rich in free flavonoids, tannins, terpenoids, saponisides, mucilages, coumarins and quinones. The determination of total polyphenols and flavonoids present in the deferent ethanolic extracts revealed a richness in total polyphenols in the leaves of *S. officinalis L* and *O. majorana L* compared to the root part of *G. glabra L* with respective values of 117.46 ± 0.45 , 87.18 ± 0.22 and 71.55 ± 0.44 , the same observation was observed with flavonoids with values of 96.03 ± 0.08 , 71.61 ± 0.49 and 63.42 ± 0.38 respectively.

The antioxidant activity of our extracts studied by the DPPH and FRAP methods showed good effectiveness with respective IC50s of 90.5 ± 0.4 ; 195.47 ± 0.38 for *S. officinalis*, 110.03 ± 0.12 ; 293.12 ± 0.16 for *O. majorana* and 230.59 ± 0.36 ; 430.61 ± 0.39 for *G. glabra*. Physico-chemical and microbiological analyzes of samples of cheeses prepared using the powders of the three plants showed results within the standards, while the antioxidant activity of the enriched cheeses is greater than the control cheese. In addition, the majority of tasters testified that cheese prepared from *O. majorana* is the best.

Key words: *Salvia officinalis L.*, *Glycyrrhiza glabra L.*, *Origanum majorana L.*, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, traditional cheese.