



Projet de Fin d'Etudes

Présenté en vue d'obtention du diplôme de

Licence Sciences et Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

(BVPR)



Contrôle de qualité du romarin de la matière première au produit fini

(*Rosmarinus Officinalis*)

Présenté par :

- EL-MOUATAMID Salma

Encadrée par :

- Mr TAHRI JOUTI Mohammed Ali
- Mme BENABOU Lamyae

Soutenu le 05-07-2022

Devant le jury composé de :

- Mr. RACHIQ Saâd
- Mr. TAHRI JOUTI Mohammed Ali
- Mme BENABOU Lamyae

FST Fès

FST Fès

Agrin Maroc

Année universitaire : 2021 / 2022

DEDICACES

Je dédie cet ouvrage

A ceux que j'aime le plus au monde mes très chers parents,

Leurs sacrifices et leurs encouragements toute ma vie, je ne saurais jamais comment exprimer mes sentiments pour avoir veillé sur mon éducation, jamais je ne peux les remercier assez de m'avoir donné le meilleur.

A mes deux chers frères

A mes très chers amis pour leur aide et encouragement pendant cette période de ce projet.

A toute la promotion de Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources 2022

A toute ma famille et ceux qui me connaissent, j'apprécie chaleureusement votre soutien.

REMERCIEMENTS

Au terme de la rédaction de ce mémoire, je tiens tout d'abord à remercier DIEU le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qui m'a donnée durant toutes les années d'études et d'avoir guider mes pas vers la vie du savoir.

Je tiens à remercier également mon encadrante de stage Mme BENABOU Lamyae pour le temps qu'elle a consacré et pour les précieuses informations qu'elle m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon professeur et encadrant Mr. TAHRI JOUTI Mohammed Ali pour son suivi et son énorme soutien, qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de la période du projet.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Je remercie tous les enseignants du département "Biologie". Ainsi que tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pendant toutes les années d'études.

Je remercie également Mr M. CHAMI directeur général d'AGRIN Maroc de m'avoir accepté au sein de l'entreprise.

Mes remerciements vont à tout le personnel que j'ai contacté durant mon stage au sein de la société, auprès desquelles j'ai trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont j'avais besoin.

Sommaire :

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale.....1

Présentation de l'entreprise.....2

1. Fiche d'identité de l'entreprise.....2
2. Unité de production.....2
3. Normes et réglementation.....3

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I : Aspect botanique du romarin

1. Plante sélectionnée : *Rosmarinus officinalis*4
2. Répartition géographique du romarin au Maroc.....5
3. Description botanique5
4. Classification.....5

Chapitre II : Aspect biologique du romarin

1. Composition chimique du romarin.....6
2. Molécules bioactives.....6
3. Facteurs qui influencent la composition chimique du romarin.....7
4. Propriétés biologiques du romarin.....8
5. Ses propriétés thérapeutiques8
6. Son utilisation.....8
7. La toxicité du romarin9
8. Ses propriétés.....10

Chapitre III : La démarche qualité

1. But de la démarche qualité.....11

2. Adopter une démarche qualité.....	11
3. Mise en place de la démarche qualité.....	11
4. Réussite de la démarche qualité.....	12
5. Contrôle de qualité.....	12
➤ Caractéristique du contrôle de qualité.....	13

Deuxième partie : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal utilisé.....	14
2. Les parties utilisées et les formes de préparation de la plante	14
3. Méthodes.....	14
A. Echantillonnage de la matière première	15
B. Contrôle organoleptique.....	15
C. Contrôle physique.....	15
○ Contrôle de la propreté.....	16
○ Détermination du poids spécifique.....	17
○ Détermination du taux de la granulométrie.....	18
D. Contrôle chimique.....	19
○ Détermination du taux d'humidité.....	19
○ Détermination du taux des huiles essentielles.....	20
○ Détermination du taux des cendres totales et des cendres insolubles dans l'acide.....	21
E. Contrôle biologique	23
F. Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle chez <i>E. coli</i>	26

Troisième partie : Résultats et discussion

I. Résultats du contrôle organoleptique.....	30
II. Résultats du contrôle physique.....	30
III. Résultats du contrôle chimique.....	31
IV. Résultats du contrôle biologique	34
V. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle chez <i>E. coli</i>.....	35
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	39

Liste des abréviations

°C = Degré Celsius

C.T. = Cendres Totales

C.I.A. = Cendres Insolubles dans l'Acide

E. Coli = *Escherichia coli*

Fd = Facteur de dilution

°H = Humidité

HACCP = Hazard Analysis Critical Control Point

HE = Huile essentielle

Min= minute

PAM = Plantes Aromatiques et Médicinales

PS = Poids Spécifique

T°= Température

% = Pourcentage

Liste des figures

Figure 1 : <i>Rosmarinus officinalis</i>	4
Figure 2 : <i>Rosmarinus officinalis</i> en stade de floraison.....	5
Figure 3 : Nelma Litre	17
Figure 4 : Appareil de tamisage.....	18
Figure 5 : Dessiccateur halogène.....	19
Figure 6 : Appareil d'hydro-distillation.....	20
Figure 7 : Echantillon à analyser.....	23
Figure 8 : Pot (romarin + l'eau physiologique).....	24
Figure 9 : Echantillons préparés avant incubation.....	25
Figure 10 : La souche bactérienne utilisée <i>E.coli</i>	27
Figure 11 : Disques de papier Whatman stériles.....	29
Figure 12 : La masse récupérée du romarin après tamisage.....	31
Figure 13 : La phase aqueuse et la phase organique de l'hydro distillation.....	32
Figure 14 : Résultats des analyses après incubation.....	34
Figure 15 : Résultats d'inhibition de l'HE chez <i>E. Coli</i>	35
Figure 16 : Zone et diamètre d'inhibition de l'HE chez <i>E. coli</i>	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Parties utilisées et formes de préparation de la plante.....	14
Tableau 2 : Généralités sur la souche bactérienne testée.....	26
Tableau 3 : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition.....	27
Tableau 4 : Taux des HE et d'humidité du romarin des deux écotypes	32
Tableau 5 : Taux des cendres totales et cendres insolubles dans l'acide.....	33
Tableau 6 : Résultats des diamètres d'inhibition de l'HE du romarin sur <i>E. Coli</i>	36

Résumé

L'objectif de cette étude consiste à suivre le contrôle de la qualité du romarin qui a pour objectif effectuer plusieurs analyses sur le produit à savoir les contrôles : organoleptique, physique, chimique, biologique et l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle.

Le contrôle organoleptique a été effectué sur le romarin prélevé de deux régions : Er-Rich et Talssint afin de comparer la couleur et l'odeur des deux échantillons en fonction de plusieurs facteurs.

L'étude de l'activité antibactérienne a été réalisée sur l'huile essentielle du romarin issu de trois régions : Er-Rich, Talssint et Debdou afin d'étudier la différence de l'activité antibactérienne de l'HE des différentes régions.

Les interprétations se font selon les exigences clients dans certains contrôles. Par contre, d'autres doivent répondre à des normes internationales.

Mots clés : Qualité, Normes, *Rosmarinus officinalis*, Huile essentielle, *E. coli*

Introduction générale

Dans toutes les civilisations et sur tous les continents, l'Homme s'est servi des plantes et surtout des plantes aromatiques, d'abord dans son alimentation, puis pour se soigner. La valorisation des plantes médicinales de la flore nationale sera d'un grand apport pour l'industrie pharmaceutique et aura un impact économique certain.

Une plante médicinale est définie par les Pharmacopées française et européenne comme une plante ou partie de plante, utilisée en l'état, soit le plus souvent sous la forme desséchée, soit à l'état frais; dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses.

A l'heure actuelle, le romarin est une des plantes médicinales les plus intéressantes dans la protection et la préservation de la santé. Le romarin (*Rosmarinus officinalis*), considéré comme ayant des usages condimentaires et/ou alimentaires, se retrouve dans la cuisine méditerranéenne ; c'est aussi une plante mellifère (**Leptat et al, 2017**)

Le contrôle de qualité des PAM a pour objet de vérifier si ces plantes sont conformes ou non que ça soit aux normes internationales ou aux exigences des clients. Cependant, la qualité de ces plantes séchées est exigée par le consommateur. Dans ce sens, AGRIN MAROC, société qui s'intéresse au contrôle des PAM sèches, vise à assurer et garantir la sécurité et la qualité de ces produits.

Ce rapport fait état du contrôle de la qualité du Romarin depuis la réception de la matière première jusqu'à l'exportation du produit fini qui a pour objet d'assurer des analyses physico-chimiques afin de vérifier si le produit répond aux normes fondamentales de la sécurité alimentaire internationale.

❖ Présentation de l'entreprise :

1. Fiche d'identité de l'entreprise :

Dénomination	Agrin Maroc
Logo	
Siège social-Fès	Quartier industriel Sidi Brahim B.P ; 1623-3003 f7S Maroc
Agence-Casablanca	Roche-Noires
Date de création	1993
Secteur d'activité	Produit de culture
Capital social	8.000.000 Dhs
Statut juridique	Société anonyme
Employés permanents	40
Ratio à l'exportation (en % du CA)	45%
Principaux produits exportés	Plantes aromatiques (Thym, Romarin, ...) et épices (coriandre)
Principales destinations	Italie, Etats-Unis, France, Turquie, Canada, Espagne, Pays-Bas, Australie, Allemagne, Amérique Latine

2. Unité de production :

Cette unité renferme les services de la réception et l'exportation des PAM et des épices.

a) Description de l'unité de production :

L'entreprise dispose d'une unité de nettoyage, de découpage et de mouture d'herbes et d'épices qui sont : le thym, le romarin, la coriandre.

AGRIN Maroc dispose de quatre lignes de production :

- **Ligne A** : le thym et la coriandre et le basilic
- **Ligne B** : pré nettoyage de la coriandre

- **Ligne C** : les produits moulus
- **Ligne D** : le romarin
- Unité du traitement thermique (Steri Food)

b) Département qualité :

Crée en 2004 par l'entreprise pour faire face à la concurrence et satisfaire les besoins des clients, ce département veille à l'application de toutes les procédures permettant de sécuriser le processus de production, de conditionnement et de distribution des produits.

Dotée d'un système de management de la qualité, certifié HACCP en 2006, AGRIN Maroc a consolidé ses systèmes pour obtenir en 2008, une certification organique ECOCERT pour le romarin et le thym (entier, coupé, moulu) et en 2009, la certification qualité de la sécurité alimentaire ISO 22.000 (bureau Veritas) et aussi une certification BRC (prévue juin 2012) qui est un référentiel essentiel des fournisseurs de la distribution.

En 2008, la mise en place de la première unité de stérilisation par vapeur des herbes & épices.

Steri-Food est unique de son genre au niveau national et qui offre la gamme complète requise par les clients : physique, chimique et microbiologique avec une capacité de 9TM d'herbes et 12TM d'épices (**Goura et al, 2017**)

3. Normes et réglementation :

Par ailleurs, et consciente des attentes de ses clients, AGRIN Maroc, n'a cessé d'investir dans la qualité en adoptant plusieurs normes Internationales et a été couronnée de plusieurs certificats à savoir l'**HACCP** en 2006, **Bio** (ECOCERT) en 2008 et l'**ISO 22000** en 2009.

Toute entreprise qui se doit de mettre en place la méthode HACCP, y trouvera : une analyse de l'environnement des référentiels dans le secteur agroalimentaire ; une présentation de l'HACCP afin d'en faciliter la mise en place ; un décryptage de l'ISO 22000 ; des éléments de management à développer ; en bref, des outils et des méthodes pour réussir son plan de maîtrise sanitaire (**Boutou et al, 2014**).

Première partie : Revue bibliographique

Chapitre I : Aspect botanique

1. Plante sélectionnée : *Rosmarinus officinalis*

Le **romarin** (*Rosmarinus officinalis*) est l'une des plantes aromatiques, médicinales et ornementales, incontournable. Pour bénéficier des vertus du romarin facilement, il est possible de le cultiver en pot ou en pleine terre, il est doté d'une grande adaptabilité.



Fig 1 : *Rosmarinus officinalis*

- C'est un arbrisseau toujours vert de 0,5 à 2 m qui se reconnaît de loin à son odeur pénétrante.
- Il est répandu dans le Rif oriental, le Moyen Atlas oriental, le Haut Atlas Oriental et les hauts plateaux de l'Orient.
- Il se développe dans les bioclimats semi-arides et subhumides à variantes chaude à fraîche.
- C'est une plante résistante à la sécheresse qui présente des caractères apparents de xérophytisme (petite feuilles, etc...). (CIAB, 2019)

2. Répartition géographique du romarin au Maroc :

Le romarin se situe sur les bandes gauches de la Moulouya et dans l'Atlas Rifain. Dans le Moyen Atlas, il est très abondant à Jbel Lahmer, au col de Fegouss et dans le massif de Bou Iblane. Dans le grand Atlas, il est particulièrement abondant dans la région de Midelt et dans la forêt de Debdou, et rare dans la partie occidentale. On le rencontre également dans le Rif central et Centro-occidental. (Zrira et al, 2016)

3. Description botanique :

- Le romarin est un arbrisseau de la famille des lamiacées, peut atteindre jusqu'à 1,5 mètre de hauteur, il est facilement reconnaissable en toute saison à ses feuilles persistantes sans pétiole, coriaces beaucoup plus longues que larges, aux bords légèrement enroulés, vert sombre luisant sur le dessus, blanchâtres en dessous.
- La floraison commence dès le mois de février (ou janvier parfois) et se poursuit jusqu'au mois avril-mai.
- La couleur des fleurs varie du bleu pâle au violet.
- Le calice velu à dents bordées de blanc, elles portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base.
- Comme pour la plupart des Lamiacées, le fruit est un tetrakène (de couleur brune) (Aafi et al, 2015)

4. Classification :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphytes
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Dicotylédones
- Ordre : Lamiales (labiales)
- Famille : Lamiaceae
- Genre : Rosmarinus
- Espèce : *Rosmarinus officinalis*



Fig 2: *Rosmarinus officinalis*
en stade de floraison

(A. LOMBARD, 2003)

Chapitre II : Aspect biologique

1. Composition chimique :

La composition chimique de la plante dans son ensemble dépend du lieu de croissance et de récolte ainsi que du moment de la récolte dans le cycle végétatif (idéal quand le végétal contient le maximum d'essence).

a. Acides phénols :

- acide rosmarinique : 1,7 à 2,83% en moyenne
- acide caféique : environ 3% (= aucune valeur précisée) associé avec l'acide chlorogénique

b. Diterpènes phénoliques tricycliques : sont en fait des artéfacts d'oxydation lors de l'extraction de la drogue.

- acide carnos(ol)ique ~ 0,35%
- carnosol = picrosalvine (valeur variable, jusqu'à 4,6% ou majoritaire)
- rosmanol
- rosmadial

c. Triterpènes :

- acide ursolique : 2 à 4% en moyenne et 5% de dérivés de l'acide ursolique
- acide oléanolique ~ 10%
- α - et β -amyrines

d. Flavones méthylées :

- lutéoline genkwanine (**Leptat et al, 2017**)

e. Huile essentielle (monoterpènes) : La composition de l'huile essentielle peut varier selon la phase de développement et l'origine des feuilles. (**Fadi et al, 2011**)

- α -pinène : 3,48 à 27,1% en moyenne
- 1,8-cinéole : 12,84 à 42,9% en moyenne
- camphre : 10,22 à 31,4% en moyenne
- bornéol libre et estérifié
- camphène : 3,53 à 9,8% en moyenne (**Leptat et al, 2017**)

f. Cuticule cireuse des jeunes feuilles :

- n-alkanes (97%)
- isoalkanes et alkènes.

g. Constituants divers :

- Polysaccharides acides (environ 6%)
- Traces de salicylates (**Fadi et al, 2011**)

2. Molécules bioactives :

Ses **huiles essentielles** renferment des essences de camphre, de cinéol, de verbénone ou de pinènes.

Le romarin contient des **flavonoïdes** (diosmine, lutéoline), des diterpènes, comme le rosmadial et l'acide carnosolique, mais aussi des lipides (alcanes et alcènes).

On trouve également des **stéroïdes** et des **triterpènes** (acide aléanolique, acide ursotique) et des **acides phénoliques** (acide rosmarinique, acide chlorogénique). Des phytoestrogènes ont des effets comparables aux hormones féminines.

3. Facteurs qui influencent la composition chimique du romarin :

La composition chimique et le rendement en huiles essentielles varient suivant diverses conditions :

- L'environnement, le génotype, l'origine géographique, la période de récolte, la méthode de séchage, le lieu de séchage, la température et la durée de séchage, les parasites, les virus et les mauvaises herbes.

C'est ainsi que l'action des huiles est le résultat de l'effet combiné de leurs composés actifs et inactifs, ces composés inactifs pourraient influencer la disponibilité biologique des composés actifs et plusieurs composants actifs pourraient avoir un effet synergique (**Khaled et al, 2015**)

4. Environnement de culture :

Le Romarin peut croître même sur des terrains non adaptés à une exploitation agricole, il a donc peu d'exigences vis-à-vis du sol. Il a une préférence pour des sols argileux ou sablonneux, étant situés dans des endroits secs, chauds, (c'est ainsi qu'il produit le plus d'huiles essentielles et qu'il dégage les parfums les plus puissants) abrités du vent et ensoleillés.

Une terre bien drainée, calcaire et meuble, une exposition plein sud, des plants démarrés sans fertilisants chimiques et de bonne provenance sont les meilleures conditions pour le Romarin en zone non rustique (**Leptat et al, 2017**)

5. Ses propriétés thérapeutiques :

Le romarin, comme toutes les plantes aromatiques et médicinales, contient des composés chimiques ayant des propriétés antibactériennes. L'utilisation de ces molécules à base de plantes peut présenter de nombreux avantages par rapport aux produits de synthèse actuels.

Il agit sur le système nerveux et possède d'excellentes propriétés anti-oxydante et antimicrobienne.

Cette plante est utilisée en médecine en raison de ses différentes propriétés :

- Anti spasmolytiques, diurétiques, hépato protectrices, soulagement des désordres respiratoires.
- Antibactériennes, antimutagéniques, antioxydantes, chémopréventives
- Anti-inflammatoires, antimétastatiques
- Inhibition de la genèse des tumeurs mammaires et la prolifération des tumeurs cutanées (**Bouadjemi et al, 2015**)

6. Son utilisation :

Les extraits du Romarin possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries endocanalaire ou au niveau de la microflore vaginale et d'origine fongique contre les dermatophytes.

Cependant, ils possèdent également, des propriétés cytotoxiques qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre (**Brahimi et al, 2018**)

7. La toxicité du romarin :

- L'emploi culinaire de Romarin, sous forme de feuilles ou d'HE (maximum 20 gouttes par jour) ne présente à priori aucune toxicité aiguë ou chronique.
- Les feuilles ont une faible toxicité mais cependant non négligeable. Elles ont une action très tonique presque excitante, empêchant le sommeil. Il est préférable d'éviter l'usage du Romarin de la fin de la journée au coucher.
- L'HE du romarin contenant du camphre (et de l'eucalyptol) n'est pas toxique mais peut engendrer des crises d'épilepsie (**Leptat et al, 2017**)
- L'huile essentielle de romarin peut avoir des effets neurotoxiques, déclencher des convulsions et crises d'épilepsie. Par voie orale, et à part l'utilisation en cuisine, il est déconseillé aux femmes enceintes ou allaitantes.

8. Ses propriétés :

➤ Activité antibactérienne :

Les effets des extraits aqueux et méthanoliques du Romarin, sur la croissance du *Streptococcus sobrinus* et sur l'activité extracellulaire de l'enzyme glucosyl-transferase ont été étudiés, les résultats ont suggéré que les extraits du Romarin peuvent empêcher la lésion de la carie en inhibant la croissance du *Streptococcus sobrinus* et peuvent aussi éliminer les plaques dentaires par suppression de l'activité de la glucosyltransférase (**Tsai et al, 2007**).

Afin de chercher de nouveaux antibiotiques et des agents antimicrobiens, une autre étude a été élaborée par examiner les effets antimicrobiens des extraits des composés isolés de certaines plantes, sur l'ensemble de 29 bactéries et levures avec pertinence dermatologiques. L'extrait obtenu par le dioxyde de carbone(CO₂) supercritique du Romarin, a présenté un large spectre antimicrobien. La croissance de 28 sur 29 germes a été empêchée par cet extrait d'acide carnosique (**Benikhlef et al, 2014**)

➤ **Activité antifongique :**

La biosynthèse de l'aflatoxine a été inhibée totalement par l'huile essentielle du Romarin à une concentration de 450 ppm. Selon certains résultats indiqués, le potentiel de cette huile essentielle en tant que préservatif naturel contre l'*Aspergillus parasiticus* En utilisant la technique standard de diffusion sur gélose, ont évalué l'activité biologique de 11 huiles essentielles y compris celle du Romarin, les résultats ont montré que de ces huiles ont une activité inhibitrice modérée sur les cinq levures (*Candida albicans*, *Rhodotorulaglutinis*, *Schizosaccharomycespombe*, *Saccharomycescerevisiae*, *Yarrowialypolitica*) examinées.

➤ **Activité antivirale :**

L'évaluation de l'activité antivirale de l'extrait commercial du Romarin a indiqué qu'il y a une inhibition de l'infection par le virus de l'immunodéficience humaine (HIV) à la concentration très basse. Cependant, le carnasol a montré une activité (Anti-HIV) à une concentration modérée qui n'était pas cytotoxique (**Benikhlef et al, 2014**)

Chapitre III : La démarche qualité

1. But de la démarche qualité :

Il est simple : répondre à la demande et aux besoins des clients. Pour cela, il faut que l'entreprise soit certifiée en répondant aux exigences d'une norme. La qualité des produits ou services sera notamment validée par des certifications, atouts majeurs pour faire face à la concurrence et mettre en confiance ses clients.

2. Adopter une démarche qualité :

Avant de mettre en place une démarche qualité, une entreprise doit avoir une politique qualité qui détermine les objectifs à atteindre en termes de production et de management.

Une fois cette politique qualité approuvée par la totalité des salariés, la démarche qualité est intégrée.

La démarche qualité est l'ensemble des actions menées par une entreprise pour :

- ✓ Améliorer la qualité et la gestion de la qualité,
- ✓ Proposer de meilleurs produits, services ou prestations aux clients,
- ✓ Faire évoluer les salariés (<https://qualite.ooreka.fr>)

3. La mise en place de la démarche qualité :

L'intégration de la démarche qualité concerne tous les salariés :

- ✓ Les cadres et responsables ont le devoir de réorganiser leur service afin de mettre en place les directives dictées par la démarche qualité. Ils doivent tout faire pour atteindre les objectifs et satisfaire la clientèle.
- ✓ Les employés, de leur côté, doivent appliquer les directives afin que les objectifs de la démarche qualité soient atteints à court, moyen et long terme (Goura et al, 2017)

4. Réussite de la démarche qualité :

Pour que la mise en place d'une démarche qualité soit bénéfique à l'entreprise, il faut :

- que la démarche qualité et ses directives soient claires et comprises de tous,
- que le personnel soit formé aux nouvelles tâches qui leurs seront demandées et que leurs conditions de travail soient analysées et si nécessaire améliorées,
- qu'un représentant qualité soit nommé dans les services principaux :
 - Service commercial,
 - Service technique,
 - Service production
- pour les grandes entreprises, qu'un service qualité soit créé,
- que la non-qualité soit étudiée, que la qualité continue soit assurée,
- que l'avis du consommateur soit pris en compte.

5. Contrôle de qualité :

Le contrôle qualité représente une procédure (ou une série de procédures) visant à assurer la qualité d'un produit manufacturé.

Dans cette optique, le produit doit satisfaire un ensemble défini de critère de qualité et d'exigence client

Il implique également qu'à l'issue de l'acte technique de contrôle, une décision soit prise en ce qui concerne la conformité :

- Produit conforme
- Produit non conforme qui doit être rebuté
- Produit non conforme pouvant être retouché (<https://qualite.ooreka.fr>)

• Caractéristiques du contrôle de qualité :

De nos jours, il est primordial de mettre en place une démarche de contrôle qualité dans les entreprises. Que ce soit par souci interne de proposer des produits qualitatifs, ou par obligation législative ou contractuelle, le contrôle qualité est une réalité dont il faut faire face.

On distingue deux types de contrôle qualité, le contrôle à réception, et le contrôle en production. Dans les deux cas, l'objectif est de détecter des anomalies sur les produits.

Un contrôle est défini par un certain nombre de paramètres :

- La fréquence de contrôle : systématique, par prélèvement ;
- La ou les caractéristiques du produit qui doivent être contrôlée(s) ;
- Le type de contrôle : destructif ou non destructif (parfois appelé « essai »)
- La méthode de contrôle : par mesure, par comparaison par appréciation, (Contrôle visuel par exemple)
- Les moyens de contrôle à utiliser : appareil de mesure, référentiel (**Goura et al, 2017**)

L'étude de ce projet s'est limitée dans le cadre des analyses suivantes:

- **Contrôle organoleptique**
- **Contrôle physique**
- **Contrôle chimique**
- **Contrôle biologique**
- **Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle du romarin chez *Escherichia coli***

Deuxième partie : Matériel et méthodes

❖ Objectif :

Cette étude est portée sur le contrôle de qualité du romarin de la matière première au produit fini.

1. Matériel végétal utilisé :

La plante à étudier est : *Rosmarinus officinalis*

2. Les parties utilisées et les formes de préparation de la plante :

Tableau 1 : Parties utilisées et formes de préparation de la plante

Nom français	Partie utilisée de la plante	Formes de préparation utilisée
Romarin (<i>Rosmarinus Officinalis</i>)	Feuilles	Feuilles entières, en poudre, et en huile essentielle (HE)

3. Méthodes :

Le contrôle de la qualité du Romarin s'effectue suivant cinq types de contrôles :

- **Contrôle organoleptique** : couleur, odeur
- **Contrôle physique** :

- Corps étrangers d'origine végétale de la plante
- Corps étrangers d'origine animale (insectes, excréments,...)
- Corps étrangers d'origine végétale d'autres plantes
- Autres corps étrangers (verre, plastique,...)
- Poids spécifique
- Taux de la granulométrie

- **Contrôle chimique** : taux d'humidité, taux de cendres, HE
- **Contrôle biologique** : Analyses microbiologiques
- **Contrôle microbiologique, les contaminants et les allergènes** : ces contrôles sont traités dans des laboratoires externes.
- **Etude de l'activité antibactérienne de l'HE du romarin**

➤ Techniques d'analyse :

A. Echantillonnage de la matière première :

L'échantillonnage a pour objet de prélever un échantillon ayant des caractères représentatifs.

Exemple d'une méthode d'échantillonnage : **méthode de X**

On prélève du début, milieu et de la fin du chargement (camion) :

- Calcul du nombre des échantillons prélevés :

$$\text{Nombre des échantillons prélevés} = \frac{\sqrt{\text{nbre de sacs} + 1}}{3}$$

(IMANOR & EACCE)

B. Contrôle organoleptique :

▪ Objectif :

L'évaluation sensorielle est une technique de mesure qui permet de déterminer par l'intermédiaire des sens humains la qualité organoleptique d'un produit.

Il s'agit du contrôle de la couleur de la plante et son odeur.

- **Matériel végétal** : *Rosmarinus Officinalis* issu de deux régions : Er-Rich et Talssint

C. Contrôle physique :

Pour définir la qualité d'un échantillon donné, il faut mesurer plusieurs paramètres afin de vérifier la conformité ou non du produit.

Pour effectuer cette opération, nous avons prélevé un échantillon de **romarin** à analyser à partir d'un échantillonneur automatique dans la ligne de production. L'échantillon doit passer dans un diviseur à rifles à fin de l'homogénéiser puis nous pesons un petit échantillon pour analyser la propreté du produit :

o **Contrôle de la propreté :**

a. Détermination du taux des corps étrangers d'origine végétale de la plante :

Il s'agit d'une analyse physique appliquée sur la matière première réceptionnée (romarin). Son principe est de faire passer une quantité du produit à analyser dans des tamis pour pouvoir séparer les tiges et les cailloux contenus dans le produit :

$$\% \text{ (tiges)} = (m/\text{prise d'essai}) \times 100$$

Où : **m** : masse des tiges.

b. Détermination des corps étrangers d'origine animale :

La détermination des corps étrangers se fait manuellement à l'aide d'une passoire pour la séparation de tous corps étrangers contenu dans le produit fini Ils peuvent être des excréments, insectes,...

c. Détermination du taux des corps étrangers d'origine végétale d'autres plantes :

La détermination se fait manuellement à l'aide d'un passoir. Cette technique permet la séparation des corps étrangers contenus dans le produit fini. Son principe est de faire passer une quantité du produit à analyser dans des tamis.

$$\% \text{ (Corps étrangers)} = (m/\text{prise d'essai}) \times 100$$

Où : **m** : masse des corps étrangers

d. Détermination d'autres corps étrangers :

Elle se fait manuellement, et permet la séparation des corps étrangers (pierres, verre, filaments de plastique, ...) du produit fini.

○ **Détermination du poids spécifique :**

▪ **Définition :**

Le poids spécifique ou poids volumique est le poids par unité de volume d'un matériel.

▪ **Méthodes utilisées :** Selon les exigences du client.

➤ **Exemple :** Méthode de Nelma litre



Fig 3 : Nelma litre

La méthode la plus utilisée pour la détermination du PS de l'échantillon est celle de Nelma litre :

Nous mettons une quantité de l'échantillon à analyser dans un appareil appelé Nelma Litre ayant un volume équivalent à un litre et nous enfonçons le couteau raseur a fond pour enlever la trémie puis on calcule le PS par la formule suivant :

$$\text{PS} = \frac{\text{masse affichée par la balance} - \text{masse de l'appareil vide}}{\text{volume de Nelma Litre}} \text{ en (g/l)}$$

○ Détermination de la granulométrie :

▪ Principe :

Le principe de la granulométrie se base sur la taille des particules du produit en utilisant des tamis.

▪ Objectif :

La détermination du taux de la granulométrie de l'échantillon afin d'évaluer sa qualité.

▪ Matériel végétal :

- Romarin moulu

▪ Matériel utilisé :

- Appareil de tamisage automatique
- Des tamis
- Balance

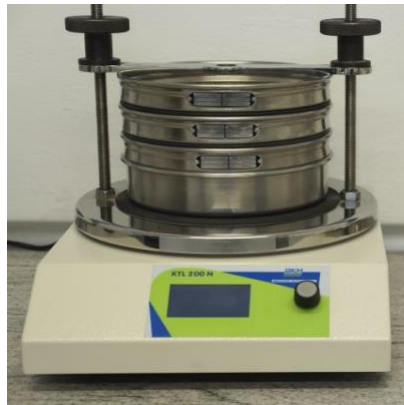


Fig 4 : Appareil de tamisage

▪ Mode opératoire :

Pour le test de granulométrie, on pèse 50 g du Romarin moulu puis on le met dans un tamiseur automatique et on pèse le refus, ensuite on calcule le taux de granulométrie par la relation suivante :

$$\% (\text{granulométrie}) = (\text{le refus} \times 2) - 100$$

D. Contrôle chimique :

○ Détermination du taux d'humidité :

▪ Principe :

L'exploitation de l'évaporation de l'eau contenue dans le produit à analyser sous l'effet de la température.

▪ Objectif : La détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité de toutes matières premières réceptionnées est déterminé automatiquement par un dessiccateur halogène qui fonctionne selon le principe thermogravimétrique, c'est-à-dire que le poids initial est enregistré, puis l'échantillon est séché à l'aide d'une lampe halogène, tandis qu'une balance intégrée mesure en continu le poids de l'échantillon.

▪ Matériel utilisé :



Fig 5 : Dessiccateur halogène

▪ Mode opératoire :

Afin d'évaluer l'humidité du romarin, on pèse 5 g dans le dessiccateur, fermer l'appareil et on attend jusqu'à l'affichage de la valeur. Le résultat est lu en pourcentage %.

La perte globale de poids est alors interprétée comme correspondant au taux d'humidité.

- **Détermination du taux des huiles essentielles :**

L'extraction de l'huile essentielle a été faite par la méthode d'hydro distillation des feuilles sèches de la plante durant 4 heures, à l'aide d'un appareil de type Clevenger.

- **Objectif :**

La détermination du taux des huiles essentielles contenu dans un échantillon.

- **Principe :**

L'exploitation de la différence des températures d'ébullition entre les constituants du mélange à distiller

- **Les échantillons utilisés:**

Les échantillons que nous avons utilisés pour l'extraction de l'HE ont été prélevés de trois régions : des régions Debdou en Mai et de la région de Talsint en Juin 2022.

- **Matériel utilisé : Appareil de Clevenger**

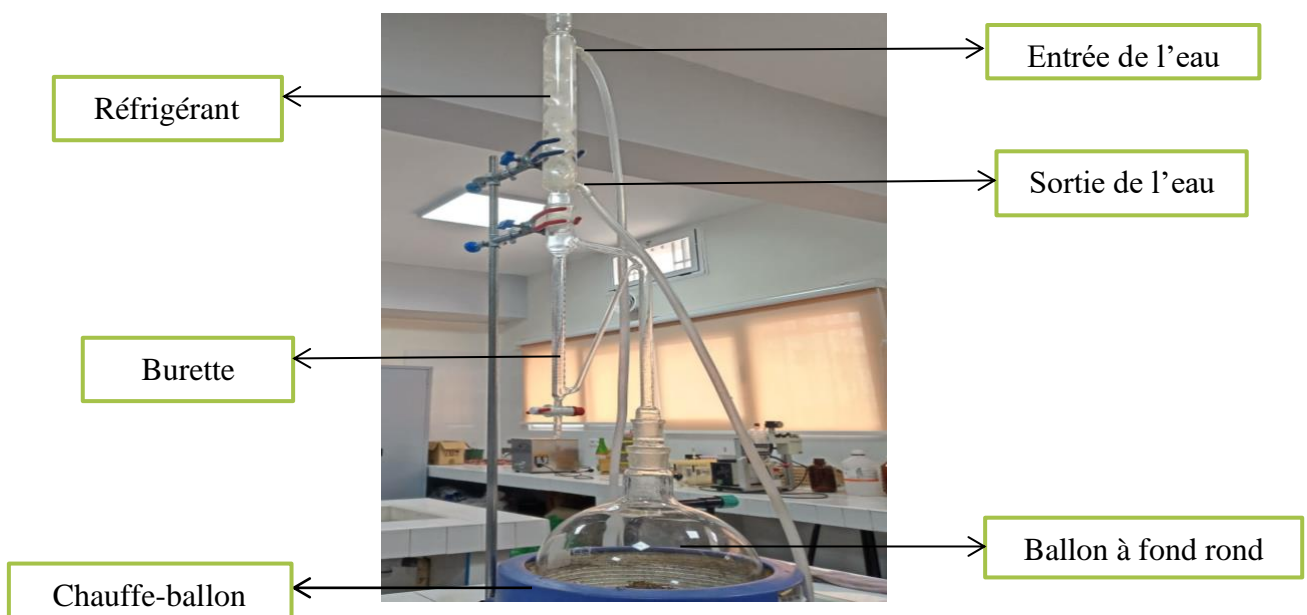


Fig 6 : Appareil d'hydro-distillation

- **Mode opératoire :**

Pour la réalisation de l'hydro-distillation, nous pesons 100 g de matière fraîche du végétal (romarin) Ensuite, cette quantité est introduite dans un ballon à fond rond de 1500 ml. Nous ajoutons 15 ml d'eau distillée à l'aide d'une éprouvette graduée. Puis, nous plaçons le mélange dans une chauffe ballon, on branche l'appareil de condensation avec le ballon, puis on allume l'appareil et ouvre le robinet. Après, le tout a été porté à ébullition pendant 4h.

Enfin, les vapeurs chargées en huiles essentielles, en traversant le réfrigérant, vont se condenser et chuter dans la burette graduée nous permettant de lire directement le volume de l'HE contenu dans ce produit après 4h. L'eau et l'huile se séparent par différence de densité.

- Le pourcentage en HE est calculé par la relation suivante :

$$\% \text{ HE} = \frac{\text{volume récupéré (ml)}}{\text{prise d'essai (g)}} \times 100$$

- **Détermination du taux des cendres totales et cendres insolubles dans l'acide :**

- **Objectif :**

La destruction de la matière organique contenu dans l'échantillon à analyser.

- **Matériel végétal :** Romarin moulu
- **Matériel utilisé :**
 - **Verrerie :** creuset, éprouvette, fiole jaugée, pipette,
 - **Autres matériels :** papier filtre stérile, entonnoir
 - **Appareils utilisés :** balance, four à moufle, plaque chauffante, bain marie,
 - **Composé chimique :** l'acide chloridrique HCl

▪ **Mode opératoire :**

Nous mettons le creuset dans le four à moufle une heure pour le tarer et noter sa masse (m_0), puis on met 2g du **romarin moulu** dans les creusets et nous ajoutons 2 ml d'alcool pour incinération avant de les remettre dans le four. Après 1h, on fait sortir les creusets pour on note leurs masse, nous répétons la même procédure jusqu'à la stabilisation du poids des produit (m_2).Après la stabilisation du poids, on ajoute 15 à 20 ml de l'acide chloridrique HCl dans chaque creuset et les placer dans le bain marie pendant 10 min. Puis, on effectue une filtration de produit et un rinçage par l'eau distillée tiède jusqu'à neutralisation. Ensuite, nous plaçons les précipités dans le four et on note leurs masses à chaque heure jusqu'à la stabilisation du poids (m_3)

En fin, nous calculons le pourcentage des cendres par la formule suivante :

❖ **cendres totales :**

$$\text{C.T} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

❖ **cendres insolubles totales :**

$$\text{C.I.A} = \frac{(m_3 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

Avec :

- m_0 : masse du creuset vide
- m_1 : masse du creuset + échantillon
- m_2 : masse finale après la stabilisation du poids
- m_3 : masse finale après l'ajout de HCl

E. Contrôle biologique :

▪ Objectif :

Ces analyses s'effectuent au sein du laboratoire de l'entreprise dont l'objectif est de vérifier l'efficacité du traitement thermique

Rosmarinus officinalis, cette espèce a été choisie, surtout, à cause de sa disponibilité et son utilisation courante en médecine traditionnelle et dans le domaine agro-alimentaire (**Riyaha et al, 2013**)

Dans l'unité de traitement thermique de l'entreprise, nous effectuons une **pasteurisation**, dont le but est de réduire le nombre des micro-organismes bénéfiques et néfastes et détruire les formes pathogènes dans le produit.

▪ Matériel végétal utilisé :



Fig 7 : Echantillon à analyser

▪ Mode opératoire :

❖ Préparation de l'eau physiologique :

Dans un flacon gradué en verre, on met 1000 ml d'eau distillée puis on ajoute 9 g de NaCl (9%). On met le flacon dans l'autoclave à 121 °C pendant 15 min (stérilisation)

Ensuite on prépare 4 tubes à essai, on ajoute dans chaque tube 9 ml d'eau physiologique puis on met ces tubes dans l'autoclave à 121 °C pendant 15 min.

❖ **Préparation du milieu de culture solide (PCA) :**

Dans un erlenmeyer stérilisé, on met 20,5 g du milieu de culture puis ajouter 1000 ml d'eau distillée. Nous agitons à l'aide d'un agitateur magnétique. On met la solution se chauffer sur une plaque chauffante à une T° de 95 °C à 100 °C pendant 15 min. ensuite, on met la solution préparée dans un flacon gradué en verre puis placer ce dernier dans l'autoclave à 121 °C pendant 15 min

❖ **Préparation de dilution mère:**

Dans un pot stérilisé, on met 1 g du romarin puis on ajoute 9 ml de la solution physiologique préparée

On agite le pot, on obtient une solution mère à un facteur de dilution **1/10**



Fig 8 : Pot (romarin + l'eau physiologique)

❖ **Ensemencement en profondeur :**

✓ **Dilution au fd 1/10 :**

On prélève 1 ml de la solution mère par une pipette pasteur et le mettre dans la boîte de pétri

✓ **Dilution au fd 1/100 :**

On prélève 1 ml du pot puis on l'ajoute au tube (contenant 9 ml de la solution physiologique) déjà préparé, on agite le tube au vortex

On prélève 1 ml du tube puis on le met dans la boîte de pétri

Puis on effectue un écoulement du milieu de culture stérile sur les deux boites

On laisser les boites refroidir pendant environ 15 min et on les place à l'étuve, pendant 72 heures à une T° de 30°C

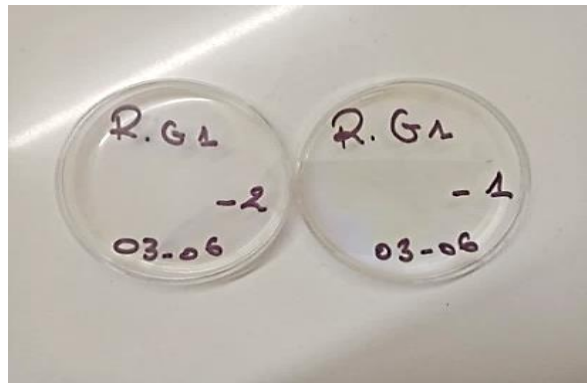


Fig 9 : Echantillons préparés avant incubation

La lecture des résultats se fait après incubation des échantillons pendant 72 h.

F. Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle du romarin :

▪ Objectif :

Le but de ce travail est d'évaluer l'activité antibactérienne de l'huile essentielle du romarin *Rosmarinus officinalis L* de trois écotypes Er-Rich, Talsinte et Debdou sur une souche bactérienne : *Escherichia coli*.

Notre étude a été effectuée au laboratoire de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès sur l'huile essentielle extraite par la méthode d'hydro-distillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger au sein du laboratoire de la société Agrin Maroc. Ces huiles ont été extraites du Romarin issu de trois régions : Debdou, Er-Rich et Talsinte, afin d'étudier la différence des diamètres d'inhibition de l'HE de chaque région sur la bactérie (*E. coli*).

▪ Matériel végétal :

- Huile essentielle du romarin prélevé de trois régions : Er-Rich, Debdou et Talsint

▪ Matériel microbiologique :

Afin d'évaluer l'activité antimicrobienne de *Rosmarinus officinalis L.*, une souche bactérienne est utilisée. La souche testée est largement rencontrée dans diverses pathologies chez l'Homme (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Généralités sur la souche bactérienne testée

Souches bactériennes testées	Caractères bactériologiques	Habitats	Pouvoir pathogène
• <i>Escherichia coli</i>	Gram -	- Le tube digestif	- Septicémie méningite du nourrisson, de plaies opératoires et gastroentérites. - Douleurs abdominales et des diarrhées sanglantes.

Source : (Mouas et al, 2017)

Cette souche bactérienne a été fournie par le Laboratoire de Microbiologie de la faculté des Sciences et Techniques de Fès, après avoir été purifiée et identifiée.



Fig 10 : La souche bactérienne utilisée *E.coli*

Tableau 3 : Sensibilité des souches microbiennes en fonction des zones d'inhibition.

Sensibilité	Zone d'inhibition
Non sensible ou résistante (-)	diamètre < 8mm
Sensible (+)	diamètre compris entre 9 à 14 mm
Très sensible (++)	diamètre compris entre 15 à 19 mm
Extrêmement sensible (+++)	diamètre > 20 mm

Source : (Mouas et al, 2017)

▪ **Méthodes :**

Pour évaluer l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle du romarin des trois régions, nous avons utilisé la méthode d'**aromatogramme**, c'est une méthode de diffusion des disques sur milieu gélosé.

L'**aromatogramme** est une méthode de mesure in vitro du pouvoir antibactérien des huiles essentielles, équivalent à un antibiogramme où les antibiotiques sont remplacés par des huiles essentielles.

Remarque : Toutes les opérations s'effectuent dans la zone stérile

❖ Préparation du milieu de culture : milieu Luria-Bertani

Pour la préparation du milieu de culture, il faut mettre :

- 10 g de NaCl
- 10 g de peptones
- 5g d'extrait de levure
- Agar-Agar 15 à 18
- 1000 ml de l'eau distillée

La gélose de Luria-Bertani stérile est coulé dans des boites de pétri à raison de 15 ml par boite puis laissées refroidir.

Le **milieu Luria-Bertani (LB)** est utilisé au lieu du milieu **Mueller Hinton (MH)**

Il favorise une croissance luxueuse des cellules d'*E. Coli*, car la tryptone et l'extrait de levure fournissent des facteurs de croissance essentiels que les cellules d'*E. Coli* devraient autrement synthétiser.

Pour chaque souche bactérienne les essais (tests) ont été répétés deux (2) fois pour chaque échantillon (Er-Rich, Debdou et Talsint).

❖ Préparation de l'échantillon :

On prélève une colonie sur la gélose par une anse stérile, puis on la met dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique ensuite on agite le tube au vortex

❖ Préparation des boites de pétri :

On prélève 1 ml du tube (eau physiologique + bactérie), on étale la solution puis on effectue un ensemencement par l'écouvillon.

❖ Diffusion par disque stérile :

On dépose les disques de papier Whatman (6 mm)

A l'aide d'une pince stérile, les disques imprégnés de 8µl d'huile essentielle ont été déposés à la surface des boites de pétri ensemencées par la souche à tester.



Fig 11 : Disques de papier Whatman stériles

On dépose un antibiotique (Tétracycline) dans les deux boites de pétri, jouant un rôle d'un testeur positif (contrôle positif).

Les boites sont ensuite fermées et laissées diffuser à la température ambiante pendant 30 mn et mise à l'étuve à une température de 37°C pendant 24 heures.

La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque, en mm.

Les essais (tests) ont été répétés deux (2) fois pour chaque échantillon (Er-Rich, Debdou et Talsint).

Troisième partie : Résultats et discussion

I. Résultats du contrôle organoleptique :

Le contrôle organoleptique du romarin a montré que :

- ✚ Le romarin issu de la région d'Er-Rich se caractérise par une couleur verte, alors que celui prélevé de la région de Talsint est d'une couleur jaune verdâtre.
- ✚ L'odeur des deux échantillons (Er-Rich et Talsint) est faible.
- ✚ La couleur et l'odeur des échantillons des deux écotypes est due à plusieurs facteurs : le climat, la période de récolte, la température de séchage, la teneur en eau de la plante, ...

II. Résultats des analyses physiques :

1. Contrôle de la propreté du romarin :

Les interprétations de chaque résultat de PF se font selon les exigences des clients, la qualité de la matière première selon le cahier de charge du fournisseur.

2. Poids spécifique en g/l :

Le PS varie d'un échantillon à l'autre selon la coupe du Romarin (grande, petite, moulu) et selon la qualité de la matière première.

Dans la majorité des cas, on trouve que le PS varie selon la coupe de produit :

- Matière légère : $270 \text{ g/l} < PS < 300 \text{ g/l}$
- Matière lourde : $300 \text{ g/l} < PS < 380 \text{ g/l}$

En général, les interprétations des résultats du PS se font selon les exigences des clients.

3. Taux de la granulométrie :

Le tamis utilisé dans ce test est d'un diamètre de 500 μm

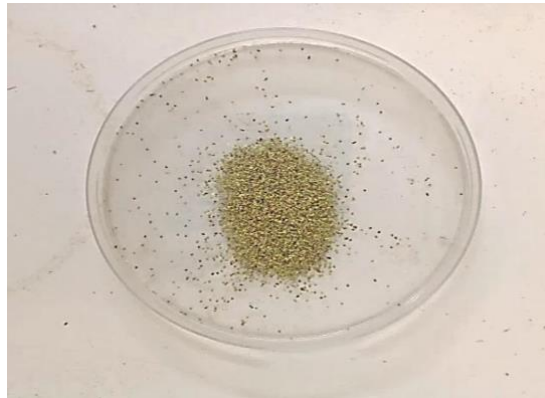


Fig 12 : la masse récupérée du romarin après tamisage

La masse récupérée est : **$m = 0,74 \text{ g}$**

Le taux de granulométrie est calculé comme suit :

$$\% (\text{granulométrie}) = (0,74 \times 2) - 100$$

$$\% (\text{granulométrie}) = 98,52 \%$$

La valeur obtenue signifie que **98,52%** inférieur à 500 μm .

III. Résultats des analyses chimiques :

1. Taux d'humidité :

L'humidité doit être inférieure à 11% et l'activité en eau ne doit pas dépasser 0,65% pour éviter le développement microbien au cours du stockage des produits.

Les résultats du taux d'humidité du romarin avant et après traitement thermique sont confidentiels à l'entreprise.

2. Taux des huiles essentielles :

Pendant l'hydro-distillation, les vapeurs se refroidissent et retournent à l'état liquide en se divisant en deux phases non miscibles :

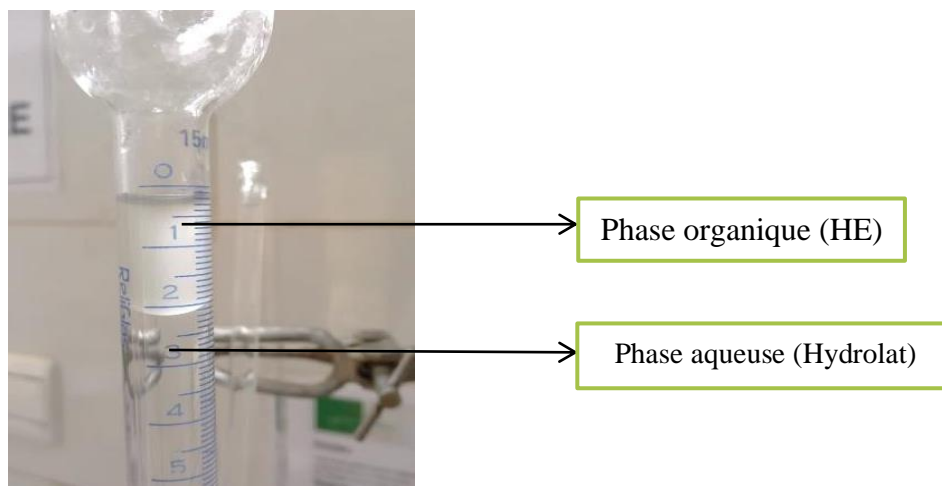


Fig 13 : la phase aqueuse et la phase organique de l'hydro distillation

Le résultat du taux des HE est représenté comme suit :

Tableau 4 : Taux des HE et d'humidité du romarin des deux écotypes

Produit	Région	Taux d'humidité	Taux des HE
<i>Rosmarinis</i>	Er-Rich	8%	2,7%
<i>Officinalis</i>	Talssint	7,83%	3%

Les résultats obtenus montrent que le % d'humidité diffère d'une région à l'autre à cause de la durée de séchage.

Le romarin issu de la région d'Er-Rich se caractérise par un taux en HE de **2,7%** qui est faible par rapport à celui de la région de Talssint (**3%**).

A partir des résultats obtenus du taux des HE du romarin des différentes régions, on constate que le pourcentage en HE du romarin varie d'une région à l'autre et cela pour diverses raisons. (Climat de la région, période de récolte, mode de séchage, ...)

3. Taux des cendres totales et cendres insolubles dans l'acide :

Le taux des cendres totales (CT) et des cendres insolubles dans l'acide (CIA) déterminé dans le produit (romarin moulu) est présenté par le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Taux des cendres totales et cendres insolubles dans l'acide

Produit	N° Creuset	m ₀	m ₁	m ₂	m ₃	Cendres Totales	Cendres insolubles dans l'acide
<i>Rosmarini Officinalis</i>	1	42,8300	44,8519	42,9509	42,8320	5,980%	0,59%
	2	35,1183	37,1556	35,2523	35,1317	6,574%	0,66%
	3	33,9288	35,9328	34,0615	33,9375	6,622%	0,43%
	4	40,4171	42,4561	40,5582	40,4311	6,884%	0,65%
	5	40,1258	42,1335	40,2587	40,1375	6,620%	0,58%
	6	43,4377	45,4568	43,5672	43,4439	6,414%	0,60%
	7	33,9113	35,9619	34,0514	33,9214	6,832%	0,49%

m= masse du creuset

➤ Les interprétations se font selon des exigences du client

D'après le tableau, on remarque que le taux des cendres totales est compris entre 5,98% et 6,884% (ne dépasse pas **8%**), et le taux des cendres insolubles est compris entre 0,43% et 0,66% (ne dépasse pas **1%**). (Ces expériences restent à vérifier pour les valeurs statistiques, cela est dû au facteur du temps)

Les valeurs obtenues signifient que les résultats sont conformes à **la norme du taux des cendres du romarin :**

- ✓ **Cendres totales ≤ 8%**
- ✓ **Cendres insolubles dans l'acide ≤ 1%**

IV. Résultats des analyses microbiologiques du romarin:

Après incubation des échantillons pendant 72 heures, le comptage des colonies est effectué visuellement.



Fig 14 : Résultats des analyses après incubation

La lecture se fait seulement sur la boîte contenant des colonies supérieure à 10 et inférieure à 300 dont la boîte de pétrie est comptable.

Le nombre de colonies C (unité formant colonies) est calculé comme suivant :

$$\begin{aligned} C &= \text{Nombre de colonie (28)} \times \text{facteur de dilution} \\ &= 28 \times 10 \end{aligned}$$

$$C = 280 \text{ UFC}$$

En général, les interprétations se font selon des exigences du client et dans ce cas le produit est conforme.

V. Résultats de l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle :

Après incubation des échantillons à 37 °C pendant 24 heures, les résultats sont représentés par la figure suivante : :

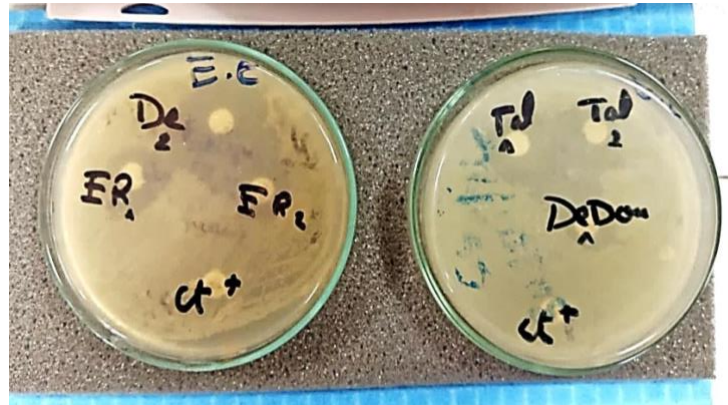


Fig 15 : Résultats d'inhibition de l'HE chez *E. Coli*

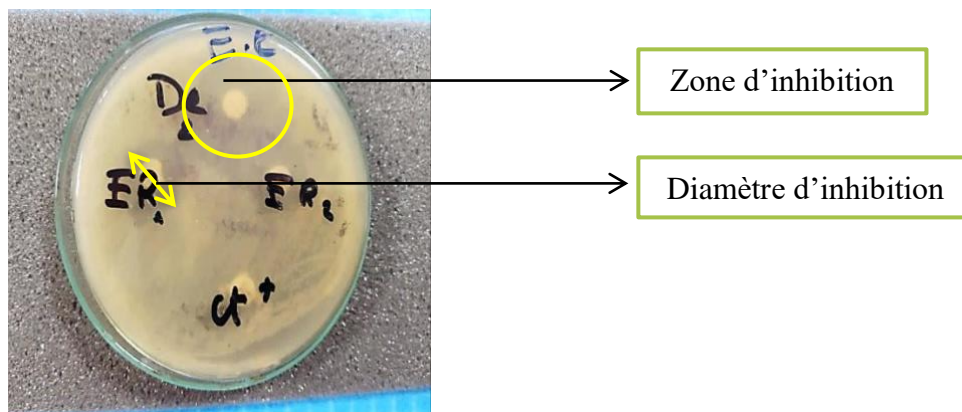


Fig 16 : Zone et diamètre d'inhibition de l'HE chez *E. coli*

Les résultats montrent que les huiles essentielles des trois écotypes inhibent la croissance bactérienne d'*Escherichia Coli* avec des diamètres différents :

Tableau 6 : Résultats des diamètres d'inhibition de l'HE du romarin sur *E. Coli*

Région	Er-Rich		Debdou		Talsint	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
Diamètre d'inhibition (mm)	15mm	16 mm	20 mm	19 mm	18 mm	18 mm

R = Répétition

D'après les résultats, on constate que l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* des trois régions possède une bonne activité antibactérienne contre la bactérie testée. On remarque que les diamètres d'inhibition sont compris entre 15 et 19 mm, cela signifie que la souche testée est très sensible à l'HE.

Les diamètres d'inhibition de la région de Debdou sont de 20mm et 19 mm élevés par rapport à ceux des autres régions, donc la souche testée a fait preuve de bons résultats vis-à-vis l'extrait de cette région.

Ainsi, on peut constater que l'activité antimicrobienne dépend de la qualité d'huile essentielle (écotype), ses composants chimiques d'une part et dans une autre part de la souche bactérienne elle-même.

Selon une étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle du romarin de deux régions Blida et Djelfa, les résultats ont indiqué que l'huile essentielle de l'écotype Blida présente une activité antimicrobienne contre *Escherichia coli* presque égale à celui de Djelfa, avec 9,25 mm et 9,5 mm respectivement. L'huile essentielle de romarin (Blida et Djelfa) ont montré une activité importante sur les bactéries à Gram positif que les bactéries à Gram négatif, ceci est dû aux différences structurales de leurs membranes externes. La grande résistance des bactéries Gram – à l'huile essentielle est liée à la complexité de l'enveloppe cellulaire de ces microorganismes qui contiennent un double membrane, contrairement à la structure. (Mouas et al, 2017)

Conclusion

La qualité finale d'une plante aromatique ou médicinale dépend des conditions de culture, de récolte, de séchage, et de stockage. Une plante doit être exempte d'éléments étrangers, tels que ceux d'origine de la même plante, signes d'infection fongique ou de contamination animale, traces de pourriture.

Si l'on veut conserver aux plantes leur place en phytothérapie, il faut que ces plantes répondent à des normes. D'après les résultats trouvés dans cette étude, il est à noter que la valeur de chaque paramètre mesuré varie selon la nature et la qualité du romarin. La **conformité** ou la **non-conformité** de chaque paramètre est précisée selon des exigences imposées par le client.

Par contre, certains paramètres comme, le taux des cendres et d'humidité doivent répondre aux normes internationales de qualité du romarin : **%cendres totales ≤ 8% et %cendres insolubles dans l'acide ≤ 1%**, l'**humidité** ne doit pas dépasser **11%** afin de garder la stabilité microbienne au cours du stockage. On peut remarquer que d'autres facteurs externes et internes de la plante influencent ces paramètres à savoir le climat, l'humidité, la période de récolte, le mode de séchage, ...

Un pourcentage d'eau trop élevé permet à un certain nombre de réactions enzymatiques de se développer, entraînant des conséquences néfastes sur l'aspect de l'herbe, ses caractères organoleptiques, ses propriétés thérapeutiques à savoir les activités, hépato protectrices, soulagement des désordres respiratoires, antioxydantes, anti-inflammatoires. (Bouadjemi et al, 2015)

La méthode d'aromatogramme a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien de l'huile essentielle du romarin, vis à-vis la souche bactérienne testée. L'huile essentielle du romarin des trois écotypes Er-Rich, Debdou et Talsint a montré une bonne activité antibactérienne vis-à-vis la bactérie *E. coli* à Gram négatif.

Le romarin qui est destiné directement ou indirectement à la consommation humaine doit être sain et sans danger pour la santé du consommateur et ne doit pas se dégrader lors de son transport.

Références bibliographiques

A.LOMBARD (2003) : Février 2003 In Muséum national d'Histoire naturelle (Ed) Conservatoire botanique national du Bassin parisien

Aafi A et al, 2015 Projet PAM « Intégration de la biodiversité dans les chaînes de valeurs des plantes aromatiques et médicinales méditerranéennes du Maroc », Rabat

Boutou et al, (2014) : Management sécurité alimentaire de l'HACCP à iso22000/ Olivier Boutou

Brahimi et al, (2018) : Thèse de Master Effets antimicrobiens des extraits de romarin (*Rosmarinus officinalis*) chez *Staphylococcus aureus*

CIAB, 2019 : Carrets internationaux de l'Agence bio (édition 2019)

Fadi et al, (2011), thèse de Doctorat, le romarin, *Rosmarinus Officinalis* les bons procédés d'extraction pour un effet thérapeutique optimal Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat

Goura et al (2017) : Projet de fin d'étude contrôle de qualité de quelques herbes aromatiques et épices FST Fès

Leptat et al (2017) : Thèse de doctorat, Le Romarin, *Rosmarinus officinalis L.*, une Lamiacée médicinale de la garrigue provençale Faculté de Pharmacie de Marseille

Mouas et al (2017) : Évaluation de l'activité antibacterienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin *rosmarinus officinalis l*

Riyaha et al (2013) : thèse de Master Valorisation des plantes aromatiques et médicinales: étude du potentiel chimique et antibactérien des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* FST Fès

Tsai et al (2007): In vitro inhibitory effects of rosemary extracts on growth and glucosyltransferase activity of streptococcus sodrinus .Food chem. (In press).

Weckesser et al (2007): Screening of plant extracts for antimicrobial activity against bacteria and yeast with dermatological relevance. Phytomedicine.

Zrira S, 2016 : 2^{ème} Atelier National de l'ENEV, 2016

Site web :

Rosmarinus officinalis (2016), (« Romarin (*Rosmarinus officinalis*) » [archive], sur *doctissimo.fr* (consulté le 19 décembre 2016)

(<https://qualite.ooreka.fr>)