



Projet De Fin D'études
Présenté En Vue D'obtention Du Diplôme De Master Sciences et Techniques
Gestion et Conservation de la Biodiversité

Etude Ethnobotanique des Plantes Aromatiques et Médicinales et Evaluation de l'Activité Insecticide de *Syzygium aromaticum*

Présenté par : KARKACH Imane

Encadré par : Pr. MIKOU Karima

Pr. ELOUTASSI Nouredine

Soutenue le : 14/07/2021 devant le jury composé de :

Pr. ELOUTASSI Nouredine	Encadrant externe	CRMEF, FÈS-MEKNÈS
Pr. MIKOU Karima	Encadrante interne	FST, USMBA
Pr. LAHKIMI Amal	Examinatrice	FSDM, USMBA
Pr. AL FIGUIGUI Jamila	Examinatrice	FST, USMBA
Pr. RACHIQ Saad	Examineur	FST, USMBA

Année universitaire : 2020/2021

DEDICACES

*A mon cher père: **HAMID KARKACH***

Qui peut être fier et trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie, il était toujours prêt de moi pour me conseiller et me motiver, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent.

*A ma chère mère : **SAIDA BAHSAINÉ***

La personne la plus précieuse dans ma vie : merci d'avoir sacrifié des années pour ma réussite, tu veillais toujours sur mon confort et ma joie merci d'avoir me donner le goût d'apprendre, et de m'encourager quand je baissais mes bras, je te serai reconnaissante toute ma vie.

*A ma petite sœur **SAFAE KARKACH***

Je voudrais t'exprimer mon amour et toute l'affection que j'ai pour toi. Je t'aime petite sœur.

*A toute la famille **KARKACH** et **BAHSAINÉ***

Je remercie infiniment tous mes proches qui m'ont encouragé à avancer.

A tous mes chers amis

Je vous remercie chaleureusement, vous êtes la source de motivation, du courage, de l'amour... Je vous aime tous.

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord **DIEU** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la bonne volonté de mener à terme ce présent travail.

Je tiens à remercier mon encadrant, professeur **ELOUTASSI Noureddine**, professeur au Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation (CRMEF), Fès, de m'avoir non seulement proposé le sujet, et accepté de m'encadrer, mais aussi de me faire profiter de son savoir, de sa grande expérience, de ses conseils précieux, pour tout le temps qu'il m'a consacré, sa clairvoyance et ses qualités humaines d'écoute et de compréhension m'ont également beaucoup appris, un grand merci à vous.

J'exprime aussi mes sincères remerciements à mon encadrante interne, professeur **MIKOU Karima**, professeur à la Faculté des Sciences et Techniques qui m'a fait l'honneur par sa participation en consacrant son temps malgré ses nombreuses responsabilités.

Je remercie également les Membres de jury, pour l'honneur qu'ils m'ont accordé, professeur **RACHIQ Saad** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, professeur **AL FIGUIGUI Jamila** professeur à la Faculté des Sciences et Techniques et professeur **LAHKIMI Amal** professeur à la Faculté des Sciences Dhar ElMehrez, Merci à vous pour avoir accepté de faire partie de mon jury.

Je tiens à remercier également Le **Doyen IJAALI Mustapha** de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour ses multiples conseils et les efforts déployés par son équipe afin de nous assurer une formation de qualité.

Je tiens à remercier notre chef de filière monsieur **EL GHDRAOUI. L** pour tous les efforts consentis, durant toute la période de formation.

Mes remerciements s'étendent également à tous les professeurs de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès ainsi au corps administratif.

Je tiens également à remercier tous les membres du Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organo-métalliques, Moléculaires et Environnement (**LIMOME**), je remercie également tous les doctorants pour leur accueil, leur bonne humeur, leur disponibilité et leur aide qui m'a permis de mener ce projet à bien.

Finalement je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous les professeurs qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences m'ont soutenu dans la poursuite de mes études.

RESUME

L'importance des plantes médicinales ne cesse d'augmenter en relation, d'une part, avec la forte augmentation de la demande mondiale enregistrée ces dernières décennies pour les plantes médicinales, d'autre part, elle est due au rôle potentiel de ces plantes grâce à leurs principes actifs.

L'étude ethnobotanique réalisée en premier lieu dans la région des Fès-Meknès précisément la province de Boulemane, nous a permis de mettre en évidence l'importante place de la phytothérapie traditionnelle dans cette région et le savoir-faire riche de la population locale, ainsi la deuxième enquête menée dans la même région et qui a été destinée aux herboristes de la région nous a permis de compléter le catalogue floristique des PAM de la région de Fès Meknès, et il s'est avéré que les Myrtacées, les Lamiacées et les Astéracées restent les familles les plus citées par les enquêtés, d'où le choix de notre plante *Syzygium aromaticum*;

L'extraction de l'huile essentielle à travers la méthode de l'hydrodistillation, dont le rendement était de 6,3%. Les résultats des analyses ont permis de caractériser soixante cinq composés, puis nous avons évalué l'efficacité de notre huile essentielle dans la lutte biologique contre *Callosobruchus maculatus* (l'un des principaux ravageurs qui attaquent les légumineuses au Maroc) à travers 3 testes. Les résultats de cette étude ont montré que l'huile essentielle de *S. aromaticum* a un bon effet sur la mortalité, la fécondité, l'émergence et la répulsion de *C. maculatus*.

Mots clés : Enquête ethnobotanique, *Syzygium aromaticum*, hydrodistillation, CPG, lutte biologique.

ABSTRACT

The importance of medicinal plants continues to increase in relation, on the one hand, with the strong increase of the world demand recorded these last decades for the medicinal plants and their derived products and, on the other hand, it is due to the potential role of these plants thanks to their active ingredients in particular essential oils in various fields namely, cosmetic, agriculture, the ethnobotanical study carried out in the first place in the region of Fès-Meknès precisely the province of Boulemane, the ethnobotanical study carried out first in the region of Fez-Meknes, precisely the province of Boulemane, allowed us to highlight the important place of traditional phytotherapy in this region and the rich know-how of the local population, so the second survey conducted in the same region and which was intended for herbalists in the region allowed us to complete the floristic catalog of the pam of the region of Fez-Meknes, and it turned out that the Myrtaceae, Lamiaceae and Asteraceae remain the families most cited by the respondents, hence the choice of our plant *Syzygium aromaticum*; We proceeded to the extraction of the essential oil through the method of hydrodistillation, whose yield was 6.3%. The results of the analysis allowed us to characterize sixty-five compounds, then we evaluated the effectiveness of our essential oil in the fight against *Callosobruchus maculatus* (one of the main pests attacking legumes in Morocco) through 3 tests. The results of this study showed that the essential oil of *S. aromaticum* has a good effect on mortality, fecundity, emergence and repulsion of *C. maculatus*.

Keywords: ethnobotanical survey, *Syzygium aromaticum*, hydrodistillation, GPC, biological control.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Variation de la température et des précipitations dans la province de Boulemane..	27
Figure 2: Variation du degré de l'ensoleillement durant l'année dans la province de Boulemane.....	28
Figure 3: Montage de Clevenger (Photo originale prise au laboratoire LIMOME, 2021, dans le cadre de ce projet).....	33
Figure 4: Photo de <i>C. maculatus</i> prise au Laboratoire (LIMOME), 2021.....	35
Figure 5: Figure 5 : Systématique de l'insecte <i>Collosobruchus maculatus</i>	35
Figure 6: Conditions d'élevage et des traitements biologiques des bruches de <i>C. maculatus</i> en présence des graines de pois chiche (photo originale, prise au Laboratoire LIMOME, 2021).....	36
Figure 7: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i> (Photo prise au Laboratoire LIMOME, 2021.....)	36
Figure 8: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i> (Photo prise au Laboratoire, 2021)	37
Figure 9 : Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par répulsion sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i> (Photo prise au Laboratoire, 2021).....	38
Figure 10: La répartition des participants selon le sexe.....	41
Figure 11: Répartition des participants selon l'âge	41
Figure 12: Répartition des enquêtés selon le niveau d'instruction.....	42
Figure 13: Les fréquences des familles botaniques les plus utilisées par la population.....	46
Figure 14: Répartition des plantes recensées selon leur origine	46
Figure 15 : Les parties des plantes utilisées par la population	47
Figure 16: Les modes de préparation des plantes médicinales et aromatiques	47
Figure 17: Intoxication en cas d'usage des plantes médicinales.....	48
Figure 18: Profil des herboristes en fonction de la tranche d'âge	49
Figure 19: Répartition des herboristes selon le sexe	50

Figure 20: Répartition des herboristes selon le niveau d'instruction.....50

Figure21 : Répartition des herboristes selon les sources des informations sur les plantes
.....51

Figure22: Pourcentage de citations des familles botaniques.....57

Tableau1: Variation de la température, des précipitations et de l'humidité dans la province de Boulemane.....	38
Tableau2: Les principales sources de la province de Boulemane selon l'Agence du bassin hydraulique Sebou, 2004.....	40
Tableau 3: Les données climatiques et géographiques des différents sites d'enquête (Deuxième enquête).....	43
Tableau 4: Répartition des enquêtés en fonction des sites visités.....	44
Tableau 5: Liste des plantes médicinales et aromatiques recensées.....	54
Tableau 6: illustrations de quelques plantes recensées.....	57
Tableau 7: Liste des plantes médicinales et aromatiques recensées.....	67
Tableau 8: La composition chimique de la plante étudiée (obtenue par CPG).....	76
Tableau 9: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i>	80
Tableau 10: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> sur la ponte et l'émergence des adultes de <i>C. maculatus</i>	81
Tableau 11: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i>	81
Tableau 12: Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par contact sur la ponte et l'émergence des adultes de <i>C. maculatus</i>	82
Tableau 13: Activité répulsive de différentes concentrations d'huile essentielle de <i>S. aromaticum</i> contre <i>Callosobruchus maculatus</i>	83

LISTE DES CARTES

Carte 1: Répartition du giroflier dans le monde.....	34
Carte 2: Les nappes phréatiques de la région de Fès-Meknès selon l'Agence du bassin Hy- draulique Sebou, 2004.....	40
Carte 3: Localisation des différentes zones d'étude (Première enquête).....	41
Carte 4: Localisation et limites de la zone d'étude (Deuxième enquête).....	42

LISTE DES ABREVIATIONS

PAM :	Plantes aromatiques et médicinales
HE :	Les Huiles essentielles
CAPM :	Centre Antipoison et de pharmacovigilance du Maroc
CPG :	Chromatographie en phase gazeuse
CCM :	Chromatographie en couche mince
SM :	Spectrométrie de masse
RHE :	Rendement d'huiles essentielles
IR :	Infrarouge
UV :	U-visible
CPG/SM :	Chromatographe en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de la masse
UE :	Union Européenne
MDH :	Millions de dirhams

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME	III
ABSTRACT	IV
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES CARTES	VIII
LISTE DES ABREVIATIONS	IX
TABLE DES MATIERES	X
INTRODUCTION GENERALE	1

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Ethnobotanique et phytothérapie	6
I. Ethnobotanique	6
I.1. Définition de l'ethnobotanique	6
I.2. Importance de l'ethnobotanique	6
II. Phytothérapie	6
II.1. Définition	6
II.2. Importance de la phytothérapie	7
II.3. Précautions d'emploi en cas d'usage de la phytothérapie	7
CHAPITRE II : Généralités sur les plantes médicinales et aromatiques	7
I. Définition des PAM	7
II. Plantes médicinales et aromatiques au Maroc	8
III. Principes actifs des plantes médicinales et aromatiques	9
IV. Modes préparatoires des plantes médicinales et aromatiques	11
CHAPITRE III : Généralités sur les huiles essentielles	12
I. Définition des huiles essentielles	12
II. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles	11
II.1. Propriétés physiques	13
II.2. Composition chimique	13
III. Activités biologiques des huiles	14
III.1. Activité antibactérienne	14
III.2. Activité antifongique	14
III.3. Activité insecticide	15
IV. Répartition et localisation des huiles dans les tissus végétaux	15
V. Procédés d'extraction des HE	16

VI. Caractérisation des huiles essentielles	19
VI.1. Caractérisation organoleptique	19
VI.2. Caractérisation physique	19
VI.3 Solubilité des huiles essentielles	19
VI.4 Caractérisation chromatographique	20
VI.5 Spectrométrie de masse	20
CHAPITRE IV: Monographie de la plante	21
I. Systématique	21
II. Description botanique	21
III. Culture	22
IV. Ecologie	22
V. Répartition géographique	23
VI. Intérêts	23
VIII. Toxicité	24

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. Etude ethnobotanique	26
I.1. Outil d'investigation	26
I.2. Nature et période des enquêtes	26
I.3. Première enquête	26
I.3.a. Situation géographique de la région d'étude	26
I.3.b. Données climatiques	27
I.3.c. Pédologie	28
I.3.d. Caractéristiques hydrauliques	29
I.3.e. Localisation et limites des zones d'étude	30
I.3.f. Population visée par l'enquête	30
I.3.g. Fiche d'enquête	31
I.4. Deuxième enquête.	31
I.4.a. Localisation et limites de la zone d'étude	31
I.4.b. Données climatiques et géographiques des différents sites d'enquête	32
I.4.c. Répartition des nombres des enquêtés selon les différents sites d'étude	32
I.4.d. Fiche d'enquête	33
II. Extraction de l'huile essentielle (Protocol expérimental)	33
II.1. Calcul du rendement des HE	34
III. Identification par CPG	34
IV. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de giroflier	34
IV.1. Matériel animal	35

IV.2. Tests de contact	36
IV.3. Test d'inhalation	37
IV.4. Test de répulsion	38
IV.5. Méthodes de calcul	38

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Enquêtes ethnobotaniques	41
I.1. Analyse de la première enquête auprès de la population locale	41
I.1.a. Informations générales sur les personnes enquêtées	41
I.1.b. Liste floristique des plantes recensées	42
I.1.c. Utilisation des plantes médicinales	45
I.1.d. Intoxication due à l'usage des plantes médicinales	46
I.1.e. Discussion des résultats	46
I.2. Analyse des informations de la deuxième enquête auprès des herboristes	47
I.2.a. Informations personnelles	47
I.2.b. Liste des plantes citées	49
I.2.c. Utilisation des plantes médicinales	57
I.2.d. Discussion des résultats	58
II. Extraction et rendement en huiles essentielles	59
III. Caractérisation par CPG	60
IV. Activité biologique des huiles essentielles	62
IV.1. Effet des huiles essentielles sur <i>C. maculatus</i>	62
IV.1.a. Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i>	62
IV.1.b. Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par contact sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i>	63
IV.1.c. Effets des huiles essentielles de <i>syzygium aromaticum</i> testé par répulsion sur la mortalité des adultes de <i>C. maculatus</i>	64
IV.2. Discussion des résultats	64
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	69
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	76
ANNEXES	78

**INTRODUCTION
GÉNÉRALE**

INTRODUCTION GENERALE

Notre projet de fin d'étude intitulé « Étude Ethnobotanique des Plantes Aromatiques et Médicinales et Évaluation de L'Activité Biologique du *Syzgium aromaticum* », sous l'encadrement du professeur et ELOUTASSI Noureddine a été réalisé dans le cadre de la formation de Master Gestion et Conservation de la Biodiversité 2020-2021. Ce travail a été élaboré dans le Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux Organo-métalliques, Moléculaires et Environnement (LIMOME).

Pour introduire cette étude : la population marocaine a une tradition riche et ancienne dans le domaine de la phytothérapie. Il s'agit d'un héritage arabo-berbère, largement influencé par la religion islamique ; aussi, l'utilisation d'un certain nombre de plantes médicinales, dans le traitement de plusieurs maladies, est-elle une partie intégrée de la culture marocaine.

C'est ainsi qu'à l'échelle régionale, le Maroc constitue un véritable réservoir phytogénétique, grâce aux conditions climatiques et édaphiques appropriées. Il occupe une place privilégiée parmi les pays méditerranéens qui ont une longue tradition médicale et un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales, que ça soit le savoir-faire de la population locale ou celui des herboristes autant que personnes beaucoup plus expérimentées, qui ont un large cumul scientifique relatif à la phytothérapie et qui sont capables de poser un diagnostic, de retrouver la plante qui soigne et finalement de guérir le malade.

La région de Fès-Meknès connaît une utilisation très répandue de la médecine traditionnelle et ceci est dû à l'abondance et à la diversité des plantes dans la région, la géographie qui varie entre les plaines et les montagnes, le climat qui influence distinctement la température et les précipitations. Il existe donc un potentiel naturel important en plantes aromatiques et médicinales d'où la nécessité de sa valorisation et sa préservation.

Plusieurs recherches menées par des auteurs ont prouvé qu'un choix d'espèces végétales, effectué selon des normes fondées sur l'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie scientifiques, a donné lieu à la découverte de nouveaux médicaments. Les connaissances traditionnelles en matière de guérison, sauvegardées et transmises d'une époque à l'autre

par les populations rurales, constituent héritage oral précieux qui domine surtout chez les femmes âgées et analphabètes.

La protection de cette histoire ancestrale à l'intérieur de la technique d'abrasion est plus que cruciale et sa perte pourrait être irrémédiable pour l'humanité, si aucune tentative n'est faite pour sa transcription fiable et urgente, Il est donc temps que cette histoire médicinale conventionnelle fasse l'objet d'une recherche intensive menée à travers une chaîne d'enquêtes ethnobotaniques destinées à la population locale de chaque région du Maroc, en accordant une plus grande importance à la population agricole où l'accumulation de données sur la végétation médicinale est localisée, pour la rénovation de cette richesse contre la dispersion et l'érosion.

Aujourd'hui, de nombreuses maladies sont traitées par les plantes médicinales et leurs huiles essentielles obtenues par hydrodistillation ou par d'autres méthodes. De nombreuses huiles essentielles sont considérées dans le monde, et de nombreuses ont été identifiées, en raison de leur composition chimique. L'utilisation des huiles essentielles des plantes médicinales et aromatiques est associée à leurs propriétés médicinales, en l'occurrence anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongiques, antitoxiques, bactéricides, insecticides, stimulantes, calmantes et autres.

De plus, les huiles essentielles constituent un dispositif tout à fait passionnant pour accroître la durée de vie des produits alimentaires. Ces matières végétales riches en composés antimicrobiens, antifongiques et anti-insectes sont utilisées pour résoudre le problème de l'altération post-récolte due aux micro-organismes et aux insectes et pour éviter le manque de productions satisfaisantes et en quantité tout au long du stockage.

L'utilisation de produits chimiques (pesticides) est considérée comme un problème en raison de ses propriétés cancérigènes. L'utilisation immodérée des pesticides artificiels a été mise en garde en raison de leur toxicité et de la pollution résiduelle. En outre, de nombreux insectes nuisibles peuvent développer une résistance à ces pesticides.

Malheureusement, à ces jours, l'utilisation des plantes médicinales dans le domaine médical et en agriculture au Maroc reste limité, et surtout dans des régions considérées comme des régions riches en plantes médicinales et aromatiques et difficiles à parcourir à savoir les provinces de la région de Fès-Meknès notamment la province de Boulemane. C'est dans ce contexte qui s'inscrivent les principaux objectifs de notre travail qu'est divisé à deux parties essentielles :

- Une première enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales les plus utilisées par la population locale de la région de Fès-Meknès;
- Une deuxième enquête destinée aux herboristes de la même région afin d'élargir la liste floristique des plantes médicinales et aromatiques utilisés par la population.

Une seconde partie qui concerne un exemple d'utilisation des plantes médicinales et aromatiques en médecine traditionnelle et en agriculture.

Les deux objectifs cités ci-dessus s'inscrivent dans la valorisation et la conservation floristique de notre patrimoine naturel pour les générations futures et la mise en évidence du rôle potentiel des huiles essentielles dans la protection des cultures.

PREMIERE PARTIE

GENERALITES

&

ETUDES

BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE I : ETHNOBOTANIQUE ET PHYTOTHERAPIE

I. Généralités sur l'ethnobotanique

I.1. Définition de l'ethnobotanique

L'ethnobotanique, est une science interdisciplinaire qui se préoccupe de l'étude des plantes utilisées en phytothérapie, ainsi que l'interaction biologique, économique et culturelle directe dans le temps et dans l'espace entretenue entre l'homme et la végétation. (Afzal et *al.*, 2018 ; Bahadur et *al.*, 2018).

L'ethnobotanique se base sur une observation et une analyse détaillée et approfondie des plantes utilisées dans une communauté et de toutes les croyances et pratiques culturelles associées à une telle utilisation (Heinrich, 2013).

La recherche ethnobotanique permet l'étude des plantes et l'étude des problèmes de santé. Pendant de nombreuses années, l'un des principaux intérêts de la recherche sur les plantes médicinales été d'identifier de nouvelles pistes pour les programmes de découverte des médicaments (Vandebroek, 2013).

I.2. Importance de l'ethnobotanique

La recherche ethnobotanique sert de ponts de communication entre les chercheurs et les communautés locales qui utilisent et connaissent l'objectif thérapeutique des plantes, elle demeure le meilleur sinon le seul moyen pour la prise en charge de plusieurs maladies auprès de la population locale (Elachouri, 2018), ainsi elle offre la possibilité de reconstituer les identités culturelles, grâce à l'évaluation rétrospective de divers usages historiques des plantes médicinales, de plus les informations fournies par l'étude ethnobotanique seront utilisées comme guide au développement des médicaments en phytothérapie.

II. Généralité sur la phytothérapie

II.1. Définition de la phytothérapie

La phytothérapie est la médecine qui se base sur les extraits de plantes médicinales qui renferment de nombreux principes actifs, elle repose principalement sur la pratique traditionnelle fondée sur l'utilisation ancestrale et locale des plantes médicinales destinées à la prévention et le traitement de certains troubles fonctionnels et états pathologiques.

II.2. Importance de la phytothérapie

Certes, la phytothérapie joue un rôle important dans l'atténuation de divers problèmes médicaux auxquels la population mondiale est confrontée, vue que les plantes constituent une source importante de molécules actives qui servent à la fabrication de nouveaux médicaments, la plupart des médicaments approuvés et commercialisés trouvent leur origine structurelle dans des produits naturels (Stratton, et *al.*, 2015). Ainsi la phytothérapie, permet de valider scientifiquement les objectifs thérapeutiques et les effets secondaires des plantes afin de pouvoir les recommander pour les pays en développement où ils seraient culturellement acceptables et du coup réduire les coûts de soins de santé.

II.3. Précautions d'emploi en cas d'usage de la phytothérapie

Malgré l'effet curatif ou préventif que peuvent avoir les plantes médicinales sur l'organisme, il faut que l'utilisateur sache que les PAM ne sont pas dépourvues de danger et peuvent se révéler toxiques si elles sont mal digérées ou en cas de surdosage. Ces plantes médicinales ont été responsables d'environ 3 à 5% des intoxications signalées au Maroc, avec un taux de létalité de 7% selon le CAPM (Kharchoufa et *al.*, 2018) le danger se présente dans la fausse croyance des utilisateurs en ayant l'idée que tout ce qui est naturel est inoffensif quel que soit la dose ou la posologie.

Au Maroc, le recours à la phytothérapie représente une nécessité pour la plupart des citoyens vu que les soins de santé moderne demeurent coûteux, ce qui augmente le risque que peut avoir ces plantes sur la santé humaine. Le danger et les précautions d'emplois concernent spécifiquement les patients atteints d'une maladie chronique qui pour des raisons financières ou en raison de l'incompatibilité du traitement conventionnel, essayent les plantes médicinales qui demeurent moins inoffensives (Hmamouchi et *al.*, 2012), il peut s'agir de réactions allergiques, de réactions cutanées type photosensibilisation ou atteintes de certains organes comme le tractus gastro-intestinal, le foie (hépatotoxicité), les reins, le cœur (cardiotoxicité) et le système nerveux central (neurotoxicité).

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES PLANTES MEDICINALES ET AROMATIQUES

I. Définition des PAM

Une plante médicinale est toute plante ou espèce végétale contenant une ou plusieurs substances actives utilisées à des fins thérapeutiques. En 2004 l'Organisation Mondiale de

la Santé a défini les plantes médicinales comme étant « Toute plante, sauvage ou cultivée, utilisée pour des fins médicinales (Abdelnour et Arnold, 2004).

On peut subdiviser les PAM selon leur origine en deux types, les plantes spontanées dites sauvages et les plantes cultivées.

II. Plantes aromatiques et médicinales au Maroc

Le Maroc par sa position biogéographique, offre une très grande richesse et diversité écologique et floristique d'origine de sa flore qui constitue un véritable réservoir phytogénétique, ce qui lui permet d'occuper une place privilégiée parmi les pays méditerranéens qui ont une longue tradition médicale et un savoir-faire traditionnel à base de plantes médicinales. (Tardivon, 2012).

Ainsi, plus de 4200 espèces ont été identifiées dont 800 endémiques et 600 classées comme produits à usage médicinal et/ou aromatique, ce qui lui a permis d'être classé deuxième mondialement après la Turquie (Selon l'Agence Nationale des Plantes Médicinales et Aromatiques, 2021).

Les productions annuelles sont arrivées à 140 000 tonnes tout en procurant des revenus alternatifs aux communautés locales, générant en moyenne quelque 500 000 journées de travail/an (Selon l'Agence Nationale des Plantes Médicinales et Aromatiques, 2021).

Concernant la production, elle est globalement assurée par les PAM spontanées, alors que la part des PAM cultivées demeure très faible (2%). La culture des PAM est répandue dans plusieurs régions du pays et concerne environ une trentaine d'espèces.

Actuellement, le Maroc est classé 12^{ème} exportateur mondial des PAM avec 52 000 tonnes de plantes et 5 000 tonnes d'huiles. Les principales destinations des exportations marocaines en PAM sont le marché de l'UE et les Etats Unis, mais l'ouverture sur d'autres destinations (Japon, Canada, Suisse, Espagne, Allemagne) a permis d'augmenter les volumes de l'exportation (Selon l'Agence Nationale des Plantes Médicinales et Aromatiques, 2021).

Depuis l'année 2005, les exportations marocaines des PAM connaissent une augmentation importante. Ainsi, la valeur des exportations de PAM est passée de 67 MDH en 2002 à 233 MDH en 2014. La valeur des exportations des HE quant à elle est passée de 62 MDH en 2005 à 139 MDH en 2014. En 2017, cette valeur à passer à près de 280 millions de DH.

Selon le Département des Eaux et Forêts 2017 les exportations de PAM pourraient atteindre 500 millions de DH à l'horizon 2030.

Pour les importations : Selon le Département des Eaux et Forêts, les principaux produits importés concernent les condiments dont, à part le cumin, l'importation ne peut être remplacée par des productions locales. Il s'agit du poivre qui vient en tête avec 43% des quantités globales importées suivi du gingembre (16%), du cumin (12%), du curcuma (9%), de la cannelle (9%) et du girofle (5%).

III. Principes actifs des PAM

III.1. Définition d'un principe actif

L'expression principe actif désigne une substance qui a une certaine activité biologique, y compris toutes les substances thérapeutiques (bénéfiques) telles que les médicaments, les vitamines et les probiotiques, ou toxiques (poisons).

Les principes actifs peuvent être synthétiques, comme c'est le cas de la plupart des médicaments actuels, semi-synthétiques, tels que l'aspirine (acide acétylsalicylique) ou naturels (auxquels on va s'intéresser), par exemple des alcaloïdes et des extraits de plantes utilisés en médecine traditionnelle ou en phytothérapie.

III.2. Types de principes actifs

- ✓ **Les terpénoïdes:** Ils constituent le plus vaste ensemble de métabolites secondaires du règne végétal, on distingue les monoterpènes, les sesquiterpènes (lactones sesquiterpéniques), les diterpènes, les triterpènes et les stéroïdes (saponosides, hétérosides cardiotoniques, phytostérols). Les monoterpènes et les sesquiterpènes sont les constituants principaux des huiles essentielles, Comme l'huile essentielle de Lavande (Woronuk et *al.*, 2010).
- ✓ **Alcaloïdes:** Les alcaloïdes sont des molécules organiques à bases azotées, considérés parmi les substances les plus efficaces et les plus importantes sur le plan thérapeutique, de propriétés pharmacologiques marquées (analgésiques, antispasmodiques, bactéricides). Ils ont pour précurseurs des acides aminés azotés principalement (tryptophane, ornithine, phénylalanine, tyrosine, histidine) (Sabbah, 2015).
- ✓ Les poly phénols ou composés phénoliques forment une grande classe de produits chimiques qui on trouve dans les plantes au niveau des tissus superficielles, ils sont

des composés photochimiques poly hydroxylés et comprenant au moins un noyau aromatique à 6 carbones. Ils subdivisent en sous classe principales; les acides phénols, les flavonoïdes, les lignines, les tanins... (Chakou, 2013).

- ✓ **Saponines :** (ou saponosides) On entend par saponosides (savon -saponaire, l'herbe à savon ; le réglisse ; le bouillon blanc ; le Modène-), des hétérosides naturels dont la matière est un composé soluble à l'eau qui la rend moussante comme une eau de savon (Aoudahi, 2010).
- ✓ **Flavonoïdes :** Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné (Adouane, 2016). Les flavonoïdes sont généralement des antibactériennes (Wichel et Anton, 2009). Ils peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et de l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippent réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (Isrin et *al.*, 2001).
- ✓ **Anthocyanes :** (ou anthocyaniques) A forte dose, les anthocyanes sont des poisons apparentés au cyanure. Ce sont des dérivés de l'acide cyanhydrique (produit de la combinaison de l'hydrogène avec le cyanogène). On les trouve dans les fleurs bleues (bleuet, violette, mauve) (Aoudahi, 2010).
- ✓ **Vitamines :** Des substances aminées nécessaires, en faible quantité, au maintien de la vie. Les vitamines sont des substances qui agissent à faibles doses. On distingue les vitamines hydrosolubles et liposolubles. Les plantes fournissent quasiment toutes les vitamines. Certaines plantes en sont riches (ex: Citron--> vitamine C ; Cresson--> vitamines B1, B2, C, E).
- ✓ **Tanins :** Tanin est un terme provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux (Hopkins, 2003). On distingue deux catégories : Les tanins condensés, polymères d'unités flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, non hydrolysable mais peuvent être oxydées par les acides forts libérant des anthocyanidines (Hopkins, 2003). Les tanins hydrolysables, polymères à base de glucose dont un radical hydroxyle forme une liaison d'ester avec l'acide gallique (Hopkins, 2003). Les plantes riches en tanins

sont utilisées pour retendre les tissus souples et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, facilitant ainsi le transit intestinal (Isrin et *al.*, 2001).

IV. Modes préparatoires des PAM

Les plantes médicinales peuvent être appliquées de différentes manières. Voici la liste des préparations les plus courantes :

IV.1. Infusions: L'infusion se fait généralement avec les fleurs et les feuilles des plantes, mais dans certains cas, il est possible de faire également infuser des racines et des écorces. Le principe est simple versez de l'eau bouillante sur la plante (il faut compter une cuillerée à café de plante par tasse), et vous laissez infuser entre dix et vingt minutes. Une infusion peut se conserver au réfrigérateur pendant 48 heures maximum. En principe, il est préférable de ne pas sucrer les tisanes (Nogaret-Ehrhart, 2003).

IV.2. Décoction: Cette méthode s'applique essentiellement aux parties souterraines de plante et écorces, qui libèrent difficilement leurs principes actifs lors d'une infusion. Elle consiste à extraire les propriétés des plantes en les laissant infuser dans l'eau qu'on porte à ébullition, laisser refroidir et filtrer (Benhamza, 2008).

IV.3. Macération: C'est l'opération qui consiste à laisser tremper une certaine quantité de plantes sèches ou fraîches dans un liquide (eau, alcool, huile ou même du vin) pendant 12 à 18 heures pour les parties les plus délicates (fleurs et feuilles)et de 18 à 24 heures pour les parties dure, puis laisser à température ambiante. Avant de boire, il faut bien la filtrer. Cette méthode est particulièrement indiquée pour les plantes riches en huiles essentielles et permet de profiter pleinement des vitamines et minéraux qu'elles contiennent (Khetouta, 1987 et Stary, 1992).

IV.4. Les huiles essentielles : On les obtient par différentes méthodes d'extraction.

IV.5. Poudres médicinales : Les drogues séchées sont très souvent utilisées sous forme de poudre. Il s'agit de remèdes réduits en minuscules fragments, de manière générale, plus une poudre est fine, plus elle est de bonne qualité. Les plantes préparées sous forme de poudre peuvent s'utiliser pour en soin tant interne (avalées ou absorbées par la muqueuse buccale) qu'externe (sert de base aux cataplasmes et peuvent être mélangées aux onguents (Chevallier, 2001).

IV.6. Sirops : Dissolution de 180 g de sucre dans 100g d'eau à laquelle est incorporé le principe thérapeutique voulu (Nogaret, 2003).

IV.7. Pommade : La pommade est préparée à l'aide d'un mélange de plante choisie, sous forme de poudre ou suc, avec une substance grasse comme la vaseline, huile de coco, huile d'olive, huile d'amande ou même des graisses animales (Garber, 2015).

IV.8. Cataplasme: Les plantes sont hachées grossièrement, puis mises à chauffer dans une casserole recouverte d'un peu d'eau. Laissez frémir deux à trois minutes. Presser les herbes, puis les placer sur l'endroit à soigner. Couvrir d'une bande ou d'un morceau de gaze (Benhamza, 2008).

IV.9. Crèmes : Les crèmes sont des émulsions préparées à l'aide de substances (l'huile, graisses..) et de préparation des plantes (infusion, décoction, teinture, essences, poudres) (Baba Aissa, 2000).

CHAPITRE III : GENERALITES SUR LES HUILES ESSENTIELLES

I. Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle (HE) est un extrait de végétaux aromatique et hautement volatile, marquée par une forte odeur. C'est un produit de composition assez complexe, obtenue à partir d'une matière première végétale.

Les huiles essentielles contiennent un nombre considérable de familles biochimiques incluant les alcools, les phénols, les esters, les oxydes, les coumarines, les monoterpènes, les sesquiterpènes, les cétones, les aldéhydes.

Avant la réalisation de l'extraction on parle d'essences, les essences sont des mélanges complexes de métabolites secondaires caractérisés ainsi car ils ne participent pas directement à la croissance de la plante, ils sont impliqués dans des mécanismes de défense ou d'attraction de la plante (défense contre les herbivores ou les phytopathogènes (champignons, virus et bactéries) ou l'attraction de pollinisateurs. Elles constituent des stimulus pour les microorganismes bénéfiques et participent aussi à la protection de la plante contre les rayons UV.

La quantité d'huile essentielle contenue dans les plantes est toujours de très faibles concentrations.

Il est primordial de faire une distinction entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau. Une huile végétale est obtenue par pression, et est constituée majoritairement de corps gras.

II. Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

II.1. Propriétés physiques

Selon Bruneton (2009), les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- ✓ Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques usuels, et peu solubles dans l'eau à laquelle, toutefois, elles communiquent leur odeur ;
- ✓ Elles sont volatiles ;
- ✓ Elles ne sont que très rarement colorées ;
- ✓ Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau (les huiles essentielles de saffran, de girofle ou de cannelle constituent des exceptions) ;
- ✓ Elle a un indice de réfraction élevé et la plupart dévient la lumière polarisée.

II.2. Composition chimique

La volonté de connaître la composition chimique des huiles essentielles a fasciné de nombreux chercheurs et les stratégies de plus en plus pointues d'évaluation chimique ont permis de prendre conscience d'une très grande variété de constituants (Bruneton, 1999). Ce sont les terpènes (mono et sesquiterpènes), qui peuvent être prépondérants dans un maximum d'essences, et les composés odorants dérivés du phénylpropane. Les voies métaboliques fondamentales de la biosynthèse des huiles essentielles sont : la voie du mévalonate et la voie du shikimate. La première voie est constituée de terpénoïdes: terpènes acycliques (linalol, géraniol, ...), monoterpènes monocycliques (limonène, menthol, thymol, carvacrol, ...), monoterpènes bicycliques (camphre, bornéol, ...), sesquiterpènes (artémisine, ...). La voie des shikimates comprend des composés aromatiques C6-C3 (aldéhyde cinnamique, eugénol, ...), des composés en C6-C1 (vaniline, ...) (Kurkin, 2003).

III. Activités biologiques

Les huiles essentielles sont reconnues pour leurs propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles ont des propriétés antitoxiques, insecticides, antivirales, antioxydantes et antiparasitaires. Plus récemment, elles ont été diagnostiquées comme ayant des propriétés anticancéreuses.

L'activité biologique d'une huile est étroitement liée à sa composition chimique et aux effets synergiques possibles entre ses composants.

III.1. Activité antibactérienne

Leur spectre d'action est très étendu, car elles agissent contre un large éventail de bactéries, y compris celles qui développent des résistances aux antibiotiques. Cette activité est par ailleurs variable d'une huile essentielle à l'autre et d'une souche bactérienne à l'autre (Kalemba et Kunicka, 2003). Les huiles essentielles agissent aussi bien sur les bactéries Gram positives que sur les bactéries Gram négatives. Toutefois, les bactéries Gram négatives paraissent moins sensibles à leur action et ceci est directement lié à la structure de leur paroi cellulaire (Burt, 2004). La croissance des bactéries, résistantes et multi-résistantes aux antibiotiques, peut être inhibée par certaines huiles essentielles. Les huiles d'agrumes, de lavande, de menthe, de genévrier, de l'arbre à thé, de thym et d'eucalyptus se révèlent particulièrement efficaces contre les staphylocoques dorés résistants à la méthicilline (May et al., 2000 ; 51 Tohidpour et al., 2010) et les entérocoques résistants à la vancomycine (ERV) (Fisher et Phillips, 2009). Les huiles essentielles, isolées de deux espèces de thym de Corée, *Thymus magnus* et *Thymus quinquecostatus*, sont également capables d'inhiber la croissance de bactéries résistantes comme *Streptococcus pneumoniae*, *Samonella typhimurium*, *Salmonella entereditis* et *S. aureus* (Shin et Kim, 2005).

III.2. Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant la denrée alimentaire (LisBalchin, 2002). Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des Labiatae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc...

III.3. Activité insecticide

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (c.-à-d., résistance des insecticide, toxicité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidu, pollution environnemental) ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée aux produits naturels (Isman, 2005). Les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'effort a été donc concentré sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (Kim *et al.*, 2003). Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (Shaaya *et al.*, 1997).

IV. Répartition et localisation des huiles dans les tissus végétaux

Parmi les espèces végétales 800 000 à 1500 000 selon les botanistes, 10 % seulement sont dites aromatiques. Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles sont presque exclusivement de l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les: Lamiaceae, Lauraceae Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (Bruneton, 1999). La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface du végétal (Bruneton, 1987). Il existe en fait quatre structures sécrétrices :

- ✓ Les cellules sécrétrices : Chez les Lauracées, Zingibéracées.
- ✓ Les poils glandulaires épidermiques : Chez les Lamiacées, Géraniacées, ...
- ✓ Les poches sphériques schizogènes : Les glandes de type poche se rencontrent chez les familles des : Astéracées, Rosacées, Rutacées, Myrtacées, ...
- ✓ Les canaux glandulaires lysigènes : On les retrouve chez les Conifères, Umbellifères, ...

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur

perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (Bruneton, 1993 ; Teuscher *et al.*, 2005).

La mise en évidence de l'huile essentielle dans les coupes d'organes s'effectue à l'aide de colorants lipophiles comme le noir Soudan III qui colore en rouge les gouttelettes essence.

Les teneurs en huiles essentielles sont généralement très faibles, il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle. A l'exception de celle du bouton floral du giroflier où le rendement en huile essentielle atteint largement les 15% (Makhlouf, 2002).

V. Procédés d'extraction des huiles essentielles

L'extraction est une étape nécessaire et présente dans de nombreux procédés de fabrication dans les différents domaines industriels relevant de la pharmacie, de la cosmétique, de la parfumerie et de l'agroalimentaire. La diversité et la complexité des huiles essentielles rendent le choix des processus d'obtention délicat. La méthode choisie ne doit pas conduire à la discrimination entre les composés polaires et apolaires, ni induire de réactions biochimiques, de dégradations thermiques, d'oxydation, de réduction, d'hydrolyse, de changement de pH ou entraîner une perte de composés volatils. Pour cela, différents paramètres et propriétés sont à prendre en compte (Fernandez et Cabrol, 2007).

V.1. Extraction par expression à froid

L'expression à froid est une extraction sans chauffage réservée aux agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse). Le principe de ce procédé mécanique consiste à éclater les minuscules vésicules et les poches à essences. L'essence ainsi libérée est entraînée par un courant d'eau. Le procédé consiste à fixer le fruit sur une coupe équipée de lames et une seconde coupe pour l'enfermer. Un couteau circulaire creuse un trou à la base du fruit. L'application d'une pression sur les parois du fruit entraîne l'extraction du jus qui va être transporté jusqu'au collecteur pendant que l'essence est extraite de la peau et collectée à l'aide d'un jet d'eau. L'émulsion eau-essence est ensuite séparée par décantation. L'intérêt de cette technique réside dans l'obtention d'essence n'ayant pas subi de modification chimique liée à la chaleur. De même, elle est couplée avec la production du jus de fruit (Baser et Buchbauer, 2010 ; Wilson, 2010).

V.2. Extraction par distillation et entraînement à la vapeur d'eau

La distillation par entraînement à la vapeur est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est placé dans l'alambic sur une plaque perforée située à une certaine distance au-dessus du fond rempli d'eau. Le végétal est en contact avec la vapeur d'eau saturée mais pas avec l'eau bouillante. La vapeur provoque la rupture d'un grand nombre de glandes qui libèrent leurs composés aromatiques. Les huiles essentielles diffusent donc à travers le végétal pour entrer en contact avec la vapeur d'eau circulant à l'extérieur. Les vapeurs chargées en composés volatils sont ensuite condensées avant d'être décantées.

Du fait de leur différence de densité, les HE et l'eau sont séparées en deux phases et les HE sont ensuite récupérées (Nixon et McCaw, 2001). Cette technique permet d'éviter des réactions lors du contact des constituants des huiles essentielles avec l'eau conduisant à des changements dans la composition finale de l'extrait. En outre, elle agit mieux avec les huiles essentielles contenues dans les glandes situées à la surface du végétal. La distillation à la vapeur des huiles essentielles non superficielles est plus longue et exige plus de vapeur que celle des HE superficielles.

V.3. Hydrodistillation

La méthode d'extraction des huiles essentielles la plus simple est l'hydrodistillation. Son principe consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Durant l'hydrodistillation, l'eau bouillante pénètre dans les cellules végétales et solubilise une partie de l'huile essentielle contenue dans les cellules de la plante. La solution aqueuse chargée de composés volatils, diffuse ensuite à travers le tissu de l'organe végétale vers la surface extérieure où l'huile essentielle sera vaporisée. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotropique. À la température d'ébullition, les pressions de vapeurs combinés sont égales à la pression 10 d'évaporation. Ainsi, les huiles essentielles, dont les points d'ébullition varient normalement de 200 à 300 °C, s'évaporent à une température proche de celle de l'eau. Le mélange est ensuite refroidi. L'eau et les HE, une fois condensées, se séparent en deux phases (Baser et Buchbauer, 2010).

Le contact du matériel végétal avec l'eau dans cette technique engendre notamment des phénomènes d'hydrolyse. Bien que la distillation (l'hydrodistillation ou la distillation à la

vapeur) soit la méthode normalisée pour l'extraction des huiles essentielles, l'effet de la chaleur peut causer des modifications chimiques et des dégradations des composants thermosensibles. Par conséquent, l'huile essentielle récupérée est un produit qui diffère de l'essence originelle, d'autant plus que la durée de distillation est longue (3 heures).

V.4. Extraction aux solvants

La méthode consiste à faire macérer les fleurs dans un solvant volatil hydrocarboné apolaire (le pentane, l'hexane, etc.). Le solvant est ensuite évaporé pour donner une pâte appelée concrète qui renferme des composés aromatiques, des cires et des composés huileux de la plante. À cette étape, la concrète ne peut pas être utilisée dans la parfumerie. Les cires présentes dans leur composition rendent la solution trouble et par conséquent peu soluble dans la base de parfum. La macération de la concrète dans l'alcool permet la réduction de cire et l'obtention de l'absolue. La solution alcoolique est ainsi homogénéisée par une forte agitation entre 30-60 °C puis réfrigérée entre -5 et -10 °C de sorte que les cires peuvent être éliminées par précipitation. Selon MeyerWarnod, (1984), les cires ne sont pas solubles dans l'alcool à des températures inférieures à -1 °C. L'alcool est ensuite évaporé pour donner l'absolue très prisée des parfumeurs (Silva, 1995 ; Nixon et McCaw, 2001 ; Wilson, 2010).

V.5. Hydrodistillation assistée par micro-ondes

Les micro-ondes constituent, par ailleurs, une méthode d'extraction en plein développement. Cette méthode permet de réaliser des extractions du matériel végétal frais à pression atmosphérique, sans ajout d'eau ou de solvant. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes. Le chauffage interne de l'eau intrinsèque de la plante permet de dilater ses cellules et provoquer la distillation azéotrope d'un mélange d'eau/huile essentielle. Un système réfrigérant situé à l'extérieur du four à micro-ondes permet la condensation du distillat en continu, puis le mélange est dirigé dans l'appareil de Clevenger où les composés aromatiques sont obtenus par simple séparation de phase. L'excès d'eau est réintroduit dans le réacteur de manière à restaurer la quantité d'eau initialement présente dans la plante. Comparée à la distillation traditionnelle, l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes permet d'obtenir une huile essentielle similaire de point de vue qualitative et quantitative en une durée d'extraction plus courte. Toutefois, l'extraction des composés oxygénés, de valeurs odorantes plus significatives que les monoterpènes est favorisée (Lucchesi et *al.*, 2004).

VI. Caractérisation des huiles essentielles

VI.1. Caractérisation organoleptique

Liquides à température ambiante, rarement visqueuse (myrrhe), certaines cristallisent partiellement ou totalement à plus faible température (anis : anéthol ; menthe des champs : menthol ; thym saturéioïde: bornéol). Les huiles essentielles sont volatiles et n'ont pas le toucher gras et onctueux, ce qui les différencie des huiles fixes (Kaloustianet Hadji-Minaglo, 2012 ; Franchrome et *al.*,2001), la plupart d'entre elles sont incolores ou jaune pâle lorsqu'elles viennent d'être préparées à l'exception des essences à azulènes qui sont bleues (ex : camomille allemande), de l'essence d'absinthe qui est verte, de celle de girofle qui est brune et de celle de wintergreen qui est rougeâtre. D'odeur agréable, aromatique. Pour la saveur, elle peut être douce, piquante, caractéristique, fruité, fraîche (Haddad et Hadji, 2016).

VI.2. Caractérisation physique

VI.2.a. Pouvoir rotatoire : C'une propriété des molécules chirales, celles-ci ont la propriété de dévier le vecteur d'un faisceau lumineux les traversant (Kaloustian et Hadji-Minaglo, 2012). Il est mesuré à l'aide d'un polarimètre. Les huiles essentielles sont le plus souvent optiquement actives. Densité relative : elle représente le rapport de la masse d'un volume de liquide (HE pour notre cas) par la masse du même volume d'eau. Elle est sans unité et varie en fonction de la température.

VI.2.b. La densité relative : Est mesurée par deux appareils : le densimètre et le pycnomètre. La densité des HE est en général inférieure à celle de l'eau à l'exception des HEs de sassafras, de cannelle et de girofle (Brunton, 2005).

VI.2.c. Indice de réfraction : C'est une grandeur sans dimension, caractéristique d'un milieu, décrivant le comportement de la lumière dans celui-ci ; Il est mesuré couramment par le réfractomètre d'Abbe (Kaloustian et Hadji-Minaglo, 2012). La détermination de l'indice de réfraction pour une huile essentielle permet seulement de vérifier si elle est conforme aux normes établies. Les HEs ont souvent un indice de réfraction élevé (Courtial, 2007).

VI.3. Solubilité des huiles essentielles

VI.3.a. Dans l'eau : Elles ne sont naturellement pas, ou très peu, solubles dans l'eau ; certains composants sont néanmoins plus solubles que d'autres (verbénone du romarin

officinal, lavandulol de la lavande vraie) ; quelques-unes ont des constituants particulièrement solubles, ce qui entraîne, durant la distillation des écorces de cannelle, l'obtention habituelle d'émulsions (Franchrome, et *al.*, 2001).

VI.3.b. Dans les huiles fixes : Elles sont totalement solubles dans les huiles grasses.

VI.3.c. Dans l'éthanol : Une huile essentielle est dite miscible à V volumes et plus de l'éthanol de titre alcalimétrique déterminé à la température de 20°C, lorsque le mélange de 1 volume d'huile essentielle et de V volumes de cet éthanol est limpide, et le reste après addition graduelle d'éthanol de même titre jusqu'à un total de 20 volumes (Chouiteh, 2012).

VI.3.d. Dans les solvants organiques : les HE s'y solubilisent très bien (Franchrome, et *al.*, 2001).

VI.4. Caractérisation chromatographique

Différentes méthodes analytiques peuvent être utilisées, telles que la spectroscopie infrarouge, la (CCM), la (CPG), la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) qui est la méthode la mieux adaptée à l'analyse des huiles essentielles (Jammaledine, 2010).

Chromatographie en phase gazeuse (CPG) C'est une méthode d'analyse qualitative et quantitative des mélanges complexes de composés gazeux ou susceptible d'être vaporisé sans décomposition. L'échantillon est vaporisé et injecté en tête de colonne. L'élution est assurée par un flux de gaz inerte : phase mobile (H₂, N₂, Hélium...). La CPG est basée sur la répartition du produit analysé entre la phase gazeuse mobile et une phase liquide ou solide stationnaire. Les substances séparées sont affichées sur le chromatogramme, et chaque pic est caractérisé par un temps de rétention et une surface permettant ainsi de déterminer l'identité et le pourcentage de chaque constituant (Benoit, 2015).

VI.5. Spectrométrie de masse

C'est une technique analytique qualitative et quantitative dont le domaine d'application est très étendu. Le couplage CPG/SM Le couplage CPG/SM est la technique de référence dans le domaine des HE, elle permet d'effectuer simultanément la séparation et l'analyse de différents constituants d'un mélange complexe

(Ouis, 2015). Elle fournit un chromatogramme accompagné d'un ensemble de spectre de masse correspondant à chaque pic chromatographique, ce qui permet l'identification de la majorité des constituants séparés par la CPG.

CHAPITRE IV : LA MONOGRAPHIE DE *Syzgium aromaticum*

Syzgium aromaticum commercialisée, importée, et très utilisée au Maroc comme plante aromatique et médicinale, dans ce travail nous allons évaluer l'activité insecticide cette plante.

I. Systématique

- ✓ **Règne** : Plantae
- ✓ **Sous-règne** : Tracheobionta
- ✓ **Embranchement** : Magnoliophyta
- ✓ **Sous-embranchement** : Magnoliophytina
- ✓ **Classe** : Magnoliopsida (= dicotylédones)
- ✓ **Ordre** : Myrtales
- ✓ **Famille** : Myrtaceae
- ✓ **Genre** : Syzygium
- ✓ **Espèce** : *aromaticum* (Ghedira K et *al.*, 2010)

II. Description botanique

Le giroflier est un grand arbre au tronc gris clair de 12 à 15 mètres de hauteur pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut. Il présente un port érigé et pyramidal (Davet et Rouxel, 1997). Son feuillage est aromatique, coriace, persistant vert sombre et vernissé au revers plus clair. Ses feuilles sont opposées, entières, elliptiques, d'environ 10-12 cm à nervure médian marquée et parsemées de glandes sur le revers.

Les fleurs sont disposées en cymes terminales de 25 fleurs environ, formant 3 fourches. Elle se présente sous la forme d'un long pédoncule, petite fleur à l'extrémité des rameaux, à 4 pétales (blanc-rosé) pompon Duveteux d'étamines blanches saillantes, les fleurs à 4 pétales blanc rosé sont caractérisées par leurs sépales rouges persistants.

Ce sont les boutons floraux cueillis avant épanouissement que l'on appelle les clous de girofle et l'huile essentielle qui est utilisés pour leurs vertus thérapeutiques ; Les fruits du giroflier sont des baies pourpres comestibles (Rakotoatimanana et *al.*, 1999).

III. Culture

Le giroflier, comme beaucoup d'autres plantes de la famille des Myrtacées, est habitué aux climats tropicaux. Il a besoin d'humidité, de chaleur, et d'une altitude basse, ne dépassant pas 300 mètres. Les climats marins semblent favoriser son développement. Le giroflier a besoin d'un sol volcanique (ou sédimentaire), au bord de mer, avec une forte pluviométrie bien répartie sur l'année, et un ensoleillement plus marqué à l'apparition des inflorescences (Bois, 1999 ; Ranoarisoco, 2012 ; Karen, 2012 ; Ministère de l'Agriculture de la République de Madagascar, 2014). Le moment le plus favorable à la récolte est déterminé par la couleur rosé du clou de girofle. Cueillis trop tôt, les clous n'auront pas la teneur suffisante en essence, et trop tard, les fleurs seront épanouies (sans pétales). Etant donné que les clous n'arrivent pas à maturité de façon simultanée (les Branches basses fleurissent plus tôt que les branches hautes), il faut procéder à plusieurs passages pour un même arbre (Bois, 1999). Le giroflier donne des clous à partir de la 5ème année. Autour de la 8ème année, la récolte est exploitable, mais le giroflier n'atteindra sa pleine production qu'à 20 ans. Un giroflier peut produire pendant 75 à 80 années, et ces vieux arbres peuvent donner 50kg de clous frais par an (Ranoarisoco, 2012).

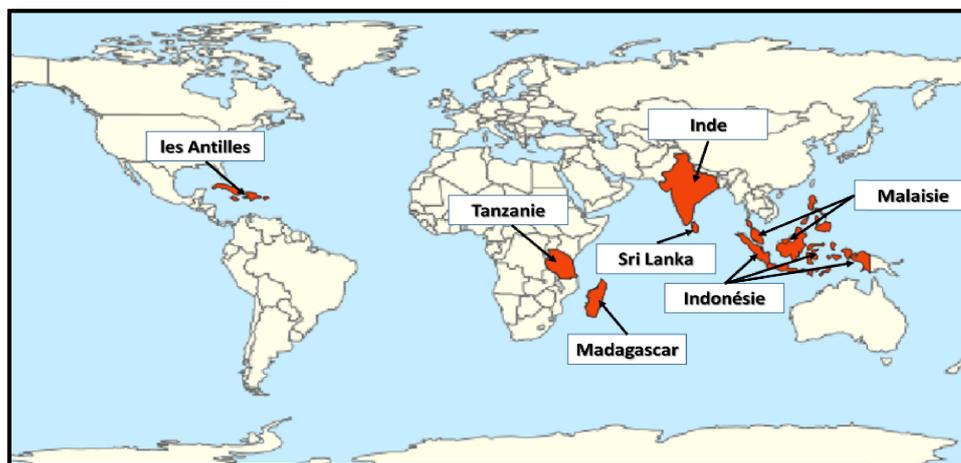
IV. Ecologie

Le giroflier, comme beaucoup d'autres plantes de la famille des Myrtacées, est habitué aux climats tropicaux. Cet arbre nécessite beaucoup d'ensoleillement, car sans soleil il ne donnera pas de clou. Cependant, à l'état de jeunes plants, il faut légèrement les ombrager durant les premiers mois. Il a également besoin d'humidité, de chaleur, et d'une altitude basse, ne dépassant pas 300 mètres. Les climats marins semblent favoriser son développement (Bois, 1999).

Bien qu'il ait besoin d'une humidité atmosphérique de 80%, l'eau stagnante est nuisible aux racines. Il se plaît sur les terrains qui s'écoulent bien, et sur les pentes basses des collines. En revanche, les sols très argileux et sableux ne lui conviennent pas. Dans l'idéal, le giroflier a besoin d'un sol volcanique (ou sédimentaire), au bord de mer (surtout pour l'altitude), avec une forte pluviométrie bien répartie sur l'année, et un ensoleillement plus marqué à l'apparition des inflorescences (Lim, 2014).

V. Répartition géographique

Le giroflier est une espèce des arbres d'origine asiatique tropicale, on le trouve dans l'Indonésie (iles Moluques), mais aussi Madagascar, La Réunion, Les Antilles, la Tanzanie (Bhowmik *et al.*, 2012).



Carte 1: Répartition du giroflier dans le monde

VI. Intérêt général

- En **agriculture** : l'huile essentielle de girofle possède un effet protecteur des cultures contre les insectes (Danthu *et al.*, 2014).
- En **médecine** : Le girofle s'utilise le plus souvent sous forme d'huile essentielle pour soigner les affections respiratoires et digestives (Aggarwal *et al.*, 2006). Et aussi sont considérées comme une source riche en composés antimicrobiens bioactifs (Menghani *et al.*, 2014).
- En **alimentation** : elle est traditionnellement utilisée depuis l'Antiquité pour la conservation des produits alimentaires car elle a des propriétés antiseptiques et désinfectantes (Banerjee *et al.*, 1999).

VII. Intérêts des huiles essentielles

Très efficace contre les douleurs bucco-dentaires (abcès, gingivite, aphte, caries, plaque dentaire) ; les infections cutanées (mycose, mycose ongle, panaris, abcès, furoncle) ; les gastro-entérites et les diarrhées infectieuses, ainsi ils ont un effet puissant contre les troubles uro-génitaux (vaginite, vulvite, infections urinaires, prostatite infectieuse) (Khunkitti *et al.*, 2012 ; Taher *et al.*, 2015).

VIII. Toxicité

Un surdosage de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* peut entraîner des troubles gastro-intestinaux légers, tels que des vomissements, des nausées ou des diarrhées (Dupont et Guignard, 2012). L'huile essentielle de Clou de Girofle est en effet dermocaustique et irritante pour les voies respiratoires ce qui oblige à la diluer pour l'appliquer sur la peau. Il faut l'utiliser sur de courtes durées et avec l'avis du médecin. Elle ne peut être utilisée avec des médicaments anticoagulants, enfin, elle contient plus de 80% d'eugénol, un composant allergène. Les personnes hypertendues doivent l'utiliser avec la plus grande prudence car elle peut augmenter la tension artérielle (Werner et Branschwei, 2008). La dose létale est estimée à 2 à 5g/kg. Chez un enfant de 20kg, un flacon de 10ml peut déjà entraîner de sérieuses lésions.

DEUXIEME PARTIE

MATERIEL

&

METHODES

I. Etude ethnobotanique

I.1. Outil d'investigation

Un travail de terrain est effectué dont le but à mener deux enquêtes ethnobotaniques qui consistent à aller à la rencontre des praticiens traditionnels, pour s'enquérir de leur méthode de traitement des différentes maladies, ces enquêtes sont indispensables dont la mesure où elles nous permettent de connaître le rôle potentiel des PAM dans le traitement de certaines pathologies.

I.2. Nature et période des enquêtes

Il s'agit d'une étude statistique étalée sur une période de cinq semaines, basée sur deux enquêtes ethnobotaniques.

Pour se faire on a élaboré deux fiches de questionnaire (Annexe 1 et 2) dont le premier a été destiné à la population locale (rurale) dans différents villages pour avoir un inventaire floristique le plus complet possible et avoir une diversité des données collectées de la région, et le deuxième aux herboristes de la région de Fès Meknès.

I.3. Première enquête

I.3.a. Situation géographique de la région d'étude

La province de Boulemane appartient à la région du Fès-Meknès, elle est limitée au Nord par la province de Sefrou et Taza ; Au Sud par la province de Midelt et Figuig ; A l'Est la province de Guercif et Taourirt ; A l'Ouest par la province d'Ifrane.

La province s'étend sur superficie totale de 14.395 km² (14 ha/km²), située entièrement sur la plaine de saïs. Le relief de la province de Boulemane est partagé entre plaine et montagne. Selon les RGPH en 2004, la province de Boulemane compte une population de 185 110 habitants dont 131 300 sont des ruraux, soit 71% de la population totale.

I.3.b. Données climatiques

Tableau1 : Variation de la température, des précipitations et de l'humidité dans la province de Boulemane (Site 1, 2020)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep- tembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	2	3	6	8.9	12.6	17.3	21.1	20.5	15.9	11.8	6.9	3.3
Température minimale moyenne (°C)	-3.1	-2.4	-0.1	2.4	5.8	9.7	13.1	13	9.4	6	0.9	-1.7
Température maximale (°C)	8.6	9.7	13.1	16	19.7	25	29.3	28.8	23.4	18.8	12.2	9.9
Précipitations (mm)	35	40	51	60	69	40	23	32	46	45	41	36
Humidité(%)	66%	65%	61%	61%	58%	50%	42%	43%	56%	61%	67%	68%
Jours de pluie (jrée)	5	5	7	8	9	7	6	7	7	6	5	5

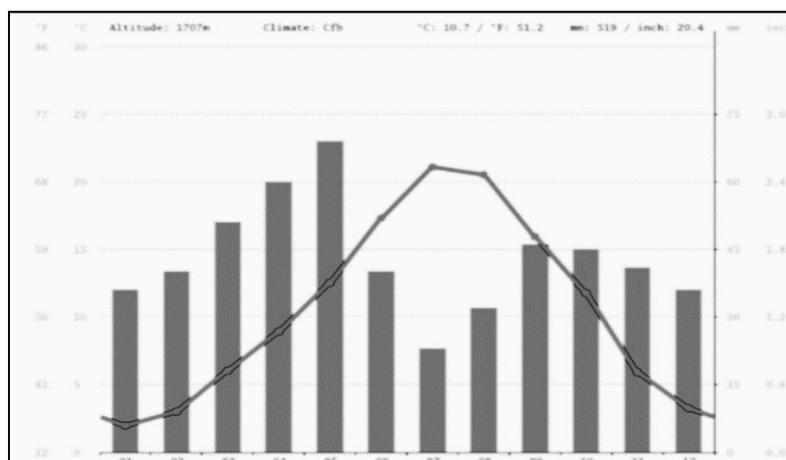


Figure 1 : Variation de la température et des précipitations dans la province de Boulemane (Site 1, 2020).

Des précipitations moyennes de 23 mm font du mois de Juillet le mois le plus sec. Avec une moyenne de 69 mm, c'est le mois de Mai qui enregistre le plus haut taux de précipitations.

Au mois de Juillet, la température moyenne est de 21.1 °C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. Avec une température moyenne de 2.0 °C, le mois de Janvier est le plus froid de l'année.

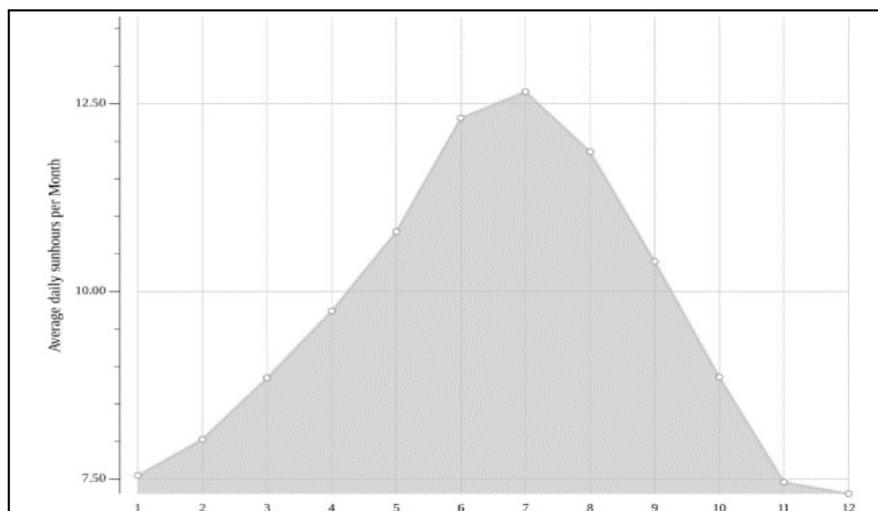


Figure 2 : Variation du degré de l'ensoleillement durant l'année dans la province de Boulemane (Site 1, 2020)

En Juillet, le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est mesuré à Boulemane en moyenne. En Juillet, il y a en moyenne 12.66 heures d'ensoleillement par jour et un total de 392.5 heures d'ensoleillement en Juillet.

En Janvier, le nombre d'heures d'ensoleillement quotidien le plus bas est mesuré à Boulemane en moyenne. En Janvier, il y a en moyenne 7.46 heures d'ensoleillement par jour et un total de 223.79 heures d'ensoleillement.

Environ 3526.13 heures d'ensoleillement sont comptées à Boulemane tout au long de l'année. Il y a en moyenne 115.81 heures d'ensoleillement par mois.

I.3.c. Pédologie

Les caractéristiques édaphiques de la région étudiée ont été effectuées au laboratoire d'analyse et de valorisation des ressources environnementales, Haut-Commissariat des Eaux et des Forêts, Direction Régionale de Fès-Boulemane-Fès. Plusieurs types de sols se rencontrent dans la zone d'étude. Ils sont en fonction de leurs structures, texture, salure et forme d'accumulation calcaire ou gypseuse. Nous citons, en particulier des sols calcimagnésiques, des sols iso-humiques avec un faible taux de matière organique et des sols fersialitiques très carbonisés, très caillouteux et riches en oxydes de fer (couleur rouge). Nous avons étudié dans ce travail la répartition des végétaux en fonction de type de sol (Eloutassi, 2013).

I.3.d. Caractéristiques hydrauliques

➤ L'eau de surface

Les apports en eau de surface sont de l'ordre de 990 Mm³ par an dont : 56% dans le bassin de Sebou, 44% dans le bassin de Moulouya. Il est à noter que ces apports présentent une irrégularité assez importante dans l'espace et dans le temps.

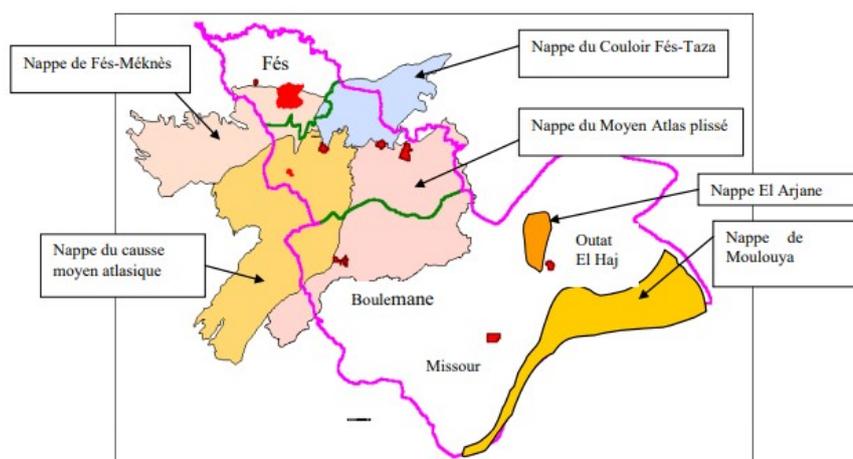
➤ Les principales sources

Les principales sources de la province de Boulemane selon l'Agence du bassin hydraulique Sebou, 2004 sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Tableau2 : Les principales sources de la province de Boulemane selon l'Agence du bassin hydraulique Sebou, 2004.

Province	Sources	Débit (litres/s)
Boulemane	Ain Tadourt	190
	Ain Tatou	92
	Ain Titzil	150
	Ain Tsaf	150
	Ain Rakhou	100

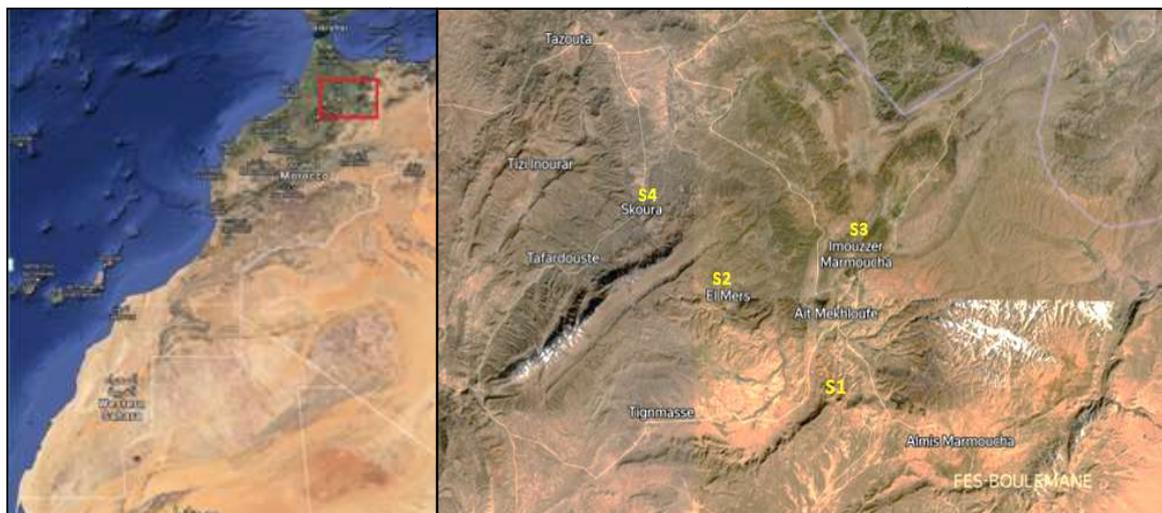
➤ Les nappes phréatiques



Carte 2 : Carte des nappes phréatiques de la région de Fès-Meknès selon l'Agence du bassin Hydraulique Sebou, 2004.

Les nappes exploitées pour l'alimentation urbaine et rurale en eau potable, pour l'irrigation et pour usage industriel.

I.3.e. Localisation et limites des zones d'étude



Carte 3 : Localisation des différentes zones d'étude

- **Station 1** : Serghina est une commune rurale marocaine de la province de Boulemane, dans la région de Fès-Meknès. Elle a une population totale de 3746 habitants (2014), situé à 32.3 km de Boulemane.
- **Station 2** : El Mers est une commune rurale marocaine de la province de Boulemane, dans la région de Fès-Meknès. Elle a une population totale de 5152 habitants (2014), situé à 13.1 km de Serghina.
- **Station 3** : Mermoucha est une commune rurale marocaine de la province de Boulemane, dans la région de Fès-Meknès. Elle a une population totale de 2461 habitants (2014).
- **Station 4** : Sekkoura Mdaz est une commune rurale marocaine de la province de Boulemane, dans la région de Fès-Meknès. Elle a une population totale de 8462 habitants (Haut Commissariat Au Plan, 2014) (Site 2).

I.3.f. Population visée par l'enquête

Ce sont les habitants de la région de Fès Meknès précisément les habitants de la province de Boulemane qui ont été concernés par l'enquête, les enquêtés ont été divisés en quatre classes d'âge inférieurs à 20 ans, entre 20 et 40 ans, entre 40 et 60 ans et supérieurs à 60 ans.

La fiche d'enquête s'est destinée principalement à la communauté locale de la région, avec une focalisation sur les villages car c'est à ce niveau où l'usage des plantes médicinales est soupçonné élevé, et les personnes âgées, vue le cumul d'informations qu'ils reçoivent au fil des années.

Le nombre de personnes issues de chaque sous-population n'était pas le même : Sarghina (n=30), Lmers (n=25), Mermoucha (n=30), Sekkoura (n=35).

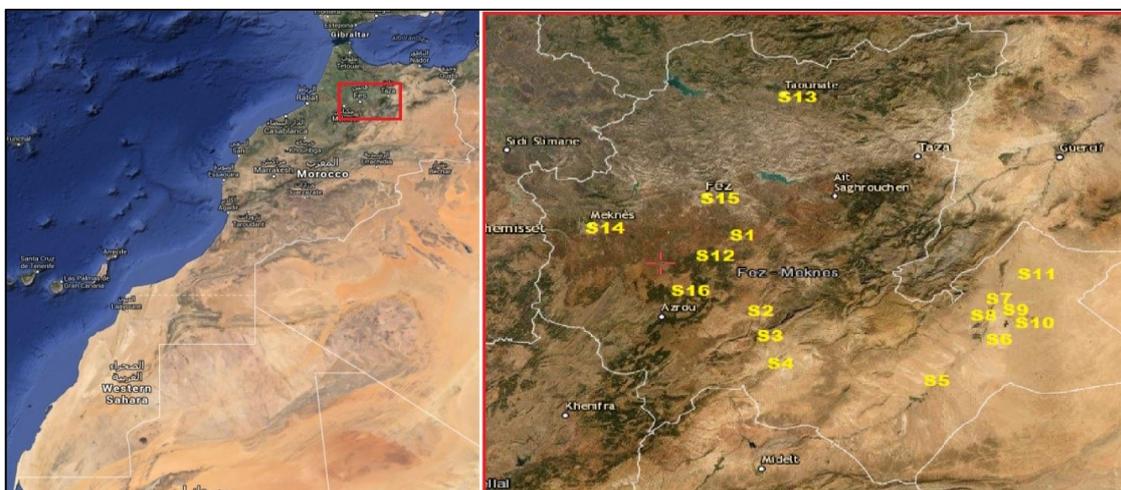
I.3.g. Fiche d'enquête

La fiche d'enquête ethnobotanique comprend deux phases (Annexe 1)

- Une phase réservée au profil de l'informateur comprenant la classe d'âge, le sexe d'appartenance, le niveau d'instruction.
- Une phase consacrée aux plantes médicinales utilisées par l'informateur comprenant le nom de la plante, son origine, la partie utilisée, le mode de préparation, le type de trouble pathologique traité.

I.4. Deuxième enquête

I.4.a. Localisation et limites de la zone d'étude



Carte 4 : la situation géographique de tous les sites de l'enquête

S1: Sefrou, S2: Tighboula, S3: Boulmane, S4 :Enjil, S5 :Misour, S6 :Outat el Haj, S7 :El Orjane, S8 :Tirnes, S9 :Tassa, S10 :Tissaf, S11 :Fritessa, S12 :Imouzzer kandar, S13 :Taounate, S14 :Meknès, S15 :Fès , S16:Ifrane.

I.4.b. Données climatiques et géographiques des différents sites d'enquête

Tableau 3 : Les données climatiques et géographiques des différents sites d'enquête

Sites	Nom	Lat (nord)	Long (Ouest)	T m (°C)	P m (mm/an)	Type de climat (Köppen-Geiger)
1	Sefrou	33°49'54"	4°49'40"	15.9	502	CSA
2	Tighboula	32° 36' 36"	6° 00' 36"	13.0	475	CSA
3	Boulmane	34° 02' 00"	5° 00' 00"	11.7	460	CSA
4	Enjil	33°10'48"	4°31'48"	12.1	404	CSA
5	Misour	33° 03' 00"	3° 59' 27"	16.3	190	BWk
6	Outat el Haj	33° 20' 44"	3° 41' 38"	15.6	168	BWk
7	El Orjane	33° 23' 25"	3° 43' 12"	15.5	184	BWk
8	El Orjane (Tirnes)	33°29'47"	3°48'36"	15.5	184	BWk
9	Tassa	33° 28' 31"	3° 39' 45"	15.7	199	BWk
10	Tissaf	33° 16' 39"	3° 16' 09"	15.4	189	BWk
11	Fritessa	33° 36' 37"	3° 32' 28"	16.1	218	BWk
12	Imouzzerkandar	33° 44'04"	5° 00' 20"	13.5	612	CSA
13	Taounate	34°32'11"	4°38'24"	17.0	655	CSA
14	Meknès	33° 51' 47"	5°32' 03"	17.2	576	CSA
15	Fes	34°01'59"	5°00'01"	18.0	536	CSA
16	Ifrane	33° 31' 04"	5° 06' 05"	11.3	843	CSB

Lat : Latitude ; Long : Longitude ; T m : Température moyenne ; P m : Précipitation moyenne ; Type de climat (Köppen-Geiger) : Type de climat selon la classification de Köppen-Geiger ; Csc : Climat tempéré chaud avec été sec court et frais BWk : Climat désertique froid et sec

I.4.c. La répartition des nombres des enquêtés selon les différents sites d'étude

Tableau 4 : Répartition des enquêtés en fonction des sites visités

Numéro	Sites	Nombre d'enquêtés
1	Fès	15
2	Sefrou	7
3	Tighboula	2
4	Immouzer	5
5	Ifrane	5
6	Meknès	13
7	Boulmene	4
8	Enjil	2

9	Taounate	6
10	Missour	4
11	Outat el haj	4
12	El Orjane	3
13	El Orjane (Tirnes)	3
14	Tassa	2
15	Tissaf	2
16	Fritessa	3

I.4.d. Fiche d'enquête

Le questionnaire comprend trois parties (Annexe 2) :

- **Première partie** : réservée au profil socioculturel des herboristes, renseignant principalement sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation et l'origine du savoir
- **Deuxième partie** : Cette partie s'intéresse, aux plantes utilisées pour traiter chaque maladie, ainsi que la méthode utilisée.

II. Extraction de l'huile essentielle

A l'échelle du laboratoire, la méthode usuelle pour l'obtention des huiles essentielles est l'hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger.



Figure 3 : Montage de Clevenger (Photo originale prise au laboratoire LIMOME, 2021, dans le cadre de ce projet)

On a fait immerger la de matière végétale (100g) dans un ballon qui contient de l'eau (sans remplir le ballon pour éviter les débordements de l'ébullition), puis on la placée sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition, après un certain temps (environ 15min), l'eau entre en ébullition, ce qui engendre la formation de vapeur. La chaleur

permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. La vapeur est condensée dans le réfrigérant et s'écoule à l'état liquide en goutte à goutte dans un récipient ; c'est le distillat. Ce dernier est un mélange de deux phases non miscibles (eau distillé et huiles essentielles), qui sont séparés par la différence de densité. L'huile ainsi obtenue est récupérée et conservée dans des tubes d'ependorf qui ont hermétiquement fermés pour éviter tout risque d'altération. Ils sont conservés à une température basse (4-5°C).

II.1. Calcul du rendement des HE

Le rendement en huile essentielle (RHE), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (Me) et la masse de la matière végétale utilisée (Mv). (Kapadiya S et Desai M., 2017). Il est exprimé en pourcentage (%) est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%) = (Me / Mv) \times 100}$$

R% : Rendement en %. Me : Masse d'huile essentielle extraite exprimé en gramme (g).

Mv : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction exprimée en gramme (g).

III. Identification par CPG

Les analyses chromatographiques sont effectuées par chromatographie en phase gazeuse « CPG » à régulation électronique de pression de type Perkin Elmer. La colonne utilisée est capillaire de silice fondue, longueur 30m, diamètre de 0,25 mm. Le gaz vecteur est l'hélium avec un débit de 1,0 ml/min. La température de la colonne est programmée automatiquement à 50°C pendant 10 min, puis de 50 à 200°C durant 75 min et enfin à 200°C pour 25 min. Les températures de l'injecteur et du détecteur restent constantes (200 °C). L'identification des composants est effectuée par co-injection de composés authentiques de référence.

IV. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de giroflier

IV.1. Matériel animal

Dans ce projet nous avons étudié l'effet biologique de l'huile essentielle du girofle sur l'insecte *Callosobruchus maculatus* ravageur de pois chiches.

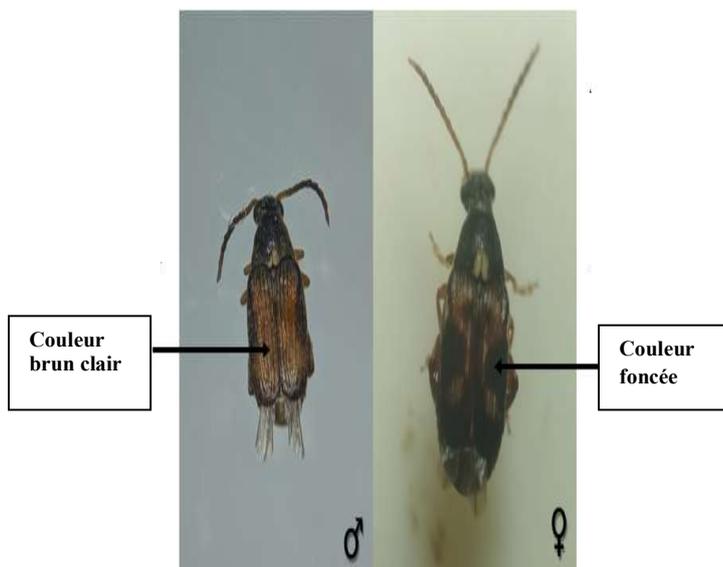


Figure 4 : Photo de *C. maculatus* prise au Laboratoire (LIMOME), 2021

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropodes
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Coleoptera
- **Super-famille** : Chrysomeloidea
- **Famille** : Chrysomelidae
- **Genre** : Collosobruchus

Figure 5 : Systématique de l'insecte *Collosobruchus maculatus*

Les adultes de *C. maculatus* sont issus d'une souche d'élevage de masse au laboratoire de Laboratoire de biotechnologie et préservation des ressources naturelles, à une température de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ environ et à une humidité relative de $70 \pm 5\%$ et une photopériode de 14h (lumière) / 10h (obscurité). La forme non voilière de l'insecte, à capacité reproductrice plus importante, a été utilisée.



Figure 6 : Conditions d'élevage et des traitements biologiques des bruches de *C. maculatus* en présence des graines de pois chiche (photo originale, prise au Laboratoire LIMOME, 2021)

IV.2. Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* testé par contact sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*

Les solutions d'huiles essentielles sont testées par fumigation. Pour favoriser leur diffusion dans le milieu de traitement, la charge d'huile est déposée sur une rondelle de papier filtre Whatman n°2.

Les différentes concentrations d'huiles essentielles, définies par rapport au volume d'air de l'enceinte du bocal, sont exprimées en microlitre par litre ($\mu\text{l/l}$ d'air). La quantité d'huile est fonction du volume des bocaux, nous avons appliqué quatre (4) concentrations à savoir : $1\mu\text{l/l}$, $5\mu\text{l/l}$, $10\mu\text{l/l}$ et $20\mu\text{l/l}$.

L'étude du taux de mortalité est menée sur 100 grammes de graines saines de pois chiche, un suivi régulier chaque a été effectué pour tous les paramètres comme la longévité/mortalité des adultes, la fécondité (Nombre d'œufs pondus) des femelles, et l'émergence de nouveaux individus après un cycle de vie.

Chaque bocal reçoit, selon le cas, une quantité de 100g de graines de pois chiche, une rondelle de papier filtre imbibée de la charge d'huile essentielle à étudier et 10 individus de *C. maculatus*. Un témoin est réalisé dans les mêmes conditions, avec une rondelle de papier filtre non charger. Trois répétitions sont ainsi effectuées.

Pour la mortalité, le nombre d'insectes morts est compté chaque jour après la fin de l'expérience et le taux de mortalité est calculé. Pour l'importance de la ponte, les œufs pondus sur les parois des bocaux et sur les graines sont comptés sous loupe binoculaire. Leur nombre est comparé à celui du témoin. Le taux de réduction de la ponte est ensuite calculé.



Figure 7 : Test de contact

IV.3. Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* testé par inhalation sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*

Dans des bocaux en verre d'un litre de volume, des petites masses du coton sont suspendus à l'aide d'un fil fixé à la face interne du couvercle. Les doses en huiles essentielles ont été déposées dans le coton au moyen d'une micropipette 10 min avant le dépôt des insectes pour saturer le milieu. Dix bruches de *C. maculatus* (mâle et femelle) d'un âge de 24h sont placés dans chaque bocal dont la fermeture est parfaitement étanche. Les insectes morts ont été comptés après 24 h. Les insectes ont été considérés comme morts lorsqu'aucun mouvement pendant 1 h n'a été observé. Les essais biologiques ont été effectués dans les mêmes conditions constantes d'élevages, c'est-à-dire $27 \pm 1^\circ\text{C}$ environ et à une humidité relative de $70 \pm 5 \%$ et une photopériode de 14h (lumière) / 10h (obscurité).

Pour évaluer la différence en efficacité entre les deux tests. Nous avons conservé les mêmes doses du teste de contact ($1\mu\text{l/ml}$, $5\mu\text{l/ml}$, $10\mu\text{l/ml}$ et $20\mu\text{l/ml}$).



Figure 8 : Test d'inhalation

IV.4. Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* testé par répulsion sur la mortalité des adultes de *C. maculatus*

L'effet répulsif de l'huile essentielle de à l'égard des adultes de *C. maculatus* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald *et al.* (1970). Ainsi, les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux moitiés égales ayant chacune $31,80 \text{ cm}^2$ de surface. Sur l'une des deux moitié un volume de 0.5ml des chacune des solutions d'huile essentielle préparées dans l'acétone avec différentes doses (1, 5, 10 et $20 \mu\text{l/ml}$ d'acétone) a été répandue uniformément, correspondant ainsi aux doses de 0,016; 0,079; 0,157 et $0,315 \mu\text{l/cm}^2$ par disque. Tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml d'acétone. Ensuite, les boîtes de Pétri ont été fermées avec du Parafilm. Au bout d'une demi-heure, on compte le nombre

de bruches présentes sur la moitié du disque traitée avec l'huile essentielle face à celui sur la partie non traitée. Trois répétitions pour chaque expérience ont été faites dans les mêmes conditions environnementales que l'élevage d'insectes.



Figure 9 : Test de répulsion

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé selon la formule suivante (Zandi-Sohani et al., 2013) : $PR (\%) = [(NC - NT) / (NC + NT)] \times 100$

PR = pourcentage de répulsion. NC = nombre d'insectes dans la zone de contrôle. NT = nombre d'insectes dans la zone de traitement

IV.5. Méthodes de calcul

Le taux de mortalité observé est corrigé par la formule d'Abbott :

$$P_c = 100 \times \frac{P_o P_t}{100 - P_t}$$

Où P_c = mortalité corrigée en pourcentage ; P_o = mortalité observée dans l'essai et P_t = mortalité observée dans le témoin.

Le taux de réduction de la ponte est donné par la formule suivante :

$$T_x = 100 \times \frac{N_t N_e}{N_t}$$

où : T_x = taux de réduction par rapport au témoin ; N_t = nombre d'œufs dans le bocal témoin et N_e = nombre d'œufs dans l'essai.

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé selon la formule suivante (Zandi-Sohani et al., 2013) :

$$PR (\%) = [(NC - NT) / (NC + NT)] \times 100$$

PR = pourcentage de répulsion. NC = nombre d'insectes dans la zone de contrôle. NT = nombre d'insectes dans la zone de traitement

TROISIEME PARTIE

RESULTATS

&

DISCUSSION

I. Enquêtes ethnobotaniques

I.1. Analyse de la première enquête auprès de la population locale

I.1.a. Informations générales sur les personnes enquêtées

✓ Répartition selon le sexe

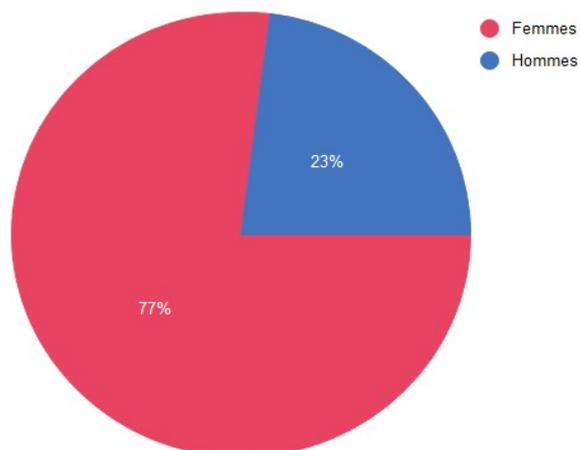


Figure 10: La répartition des participants selon le sexe.

Il ressort des résultats du graphe que les femmes de cette région font plus recours à la médecine traditionnelle que les hommes, avec un pourcentage de 77%, contre 23% des hommes.

✓ Répartition selon leur âge

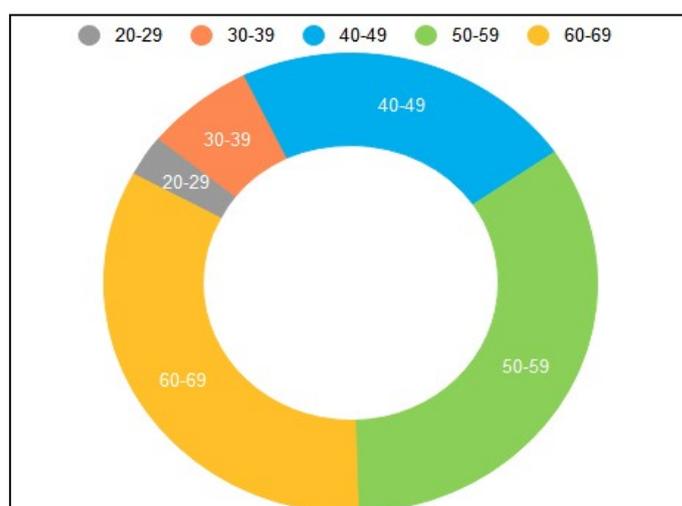


Figure 11 : Répartition des participants selon l'âge

Il s'avère que la tranche d'âge la plus dominante est celle de (60-69 ans), vient ensuite les personnes ayant l'âge entre 50 ans et 59 ans, puis la tranche d'âge comprise entre

40 et 49 ans, les personnes qui ont l'âge compris entre 30 et 39 ans et le pourcentage des usagers ayant un âge entre 20 et 29 ans reste le plus faible.

✓ **Répartition selon le niveau d'instruction**

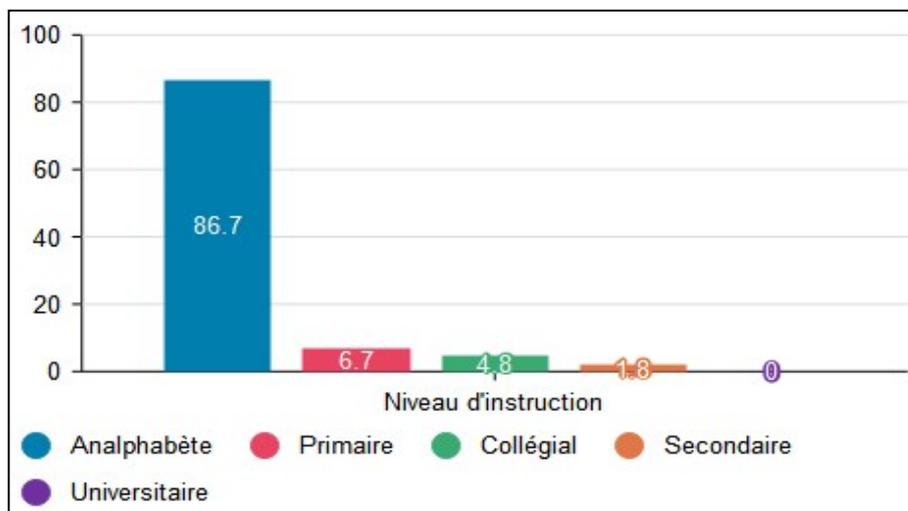


Figure 12 : Répartition des enquêtés selon le niveau d'instruction

Le traitement des données nous a permis d'obtenir le graphique de la figure 5, qui montre qu'au niveau de la province de Boulemane 86.7 % des personnes utilisatrices des plantes médicinales sont des analphabètes, viennent ensuite les niveaux primaire, secondaire et universitaire avec un pourcentage respectivement de 6.7 %, 4.8 %, 1.8%, 0%.

I.1.b Liste floristique des plantes recensées

Tableau 5: Liste des plantes médicinales et aromatiques recensées

Nom vernaculaire de la plante	Nom scientifique	Pathologie traitée	Cultivée ou sauvage	La partie de la plante utilisée	Mode de préparation
Fliyou	Mentha pulgium	Grippe/ Rhume /Bronchite	Sauvage	Les feuilles	Infusion
Adouchn/ azoukni	Thymus willdenowii boiss	Inflammation	-	Les feuilles	Infusion
Zeitra	Thymus vulgaris	Diabète	-	Les feuilles	Infusion
Mkhinza	Chenopodium ambrosoides	Fièvre	-	Les feuilles	Infusion
Liqama	Mentha spicata	grippe	-	Les feuilles	Infusion
Azir	Rosmarinus officinalis	Maux au dos Hémorroïdes	-	Les feuilles	Infusion, Cataplasme

Étude Ethnobotanique des Plantes Aromatiques et Médicinales et Évaluation de L'Activité Biologique du *Syzygium aromaticum*

Zaater	Origanum glandulosa	Grippe Troubles gastriques	-	Les feuilles	Infusion
Chih	Artemisia herba alba	Cicatrisation des brulures et des plaies Diabète	-	Les feuilles	Décoction
Foua	Rubia Tinctorium	Anémie	-	La racine	Infusion
Mriouta	Marrubium vulgare	fièvre typhoïde.	-	Les feuilles	décoction
Salmiya	Salvia officinalis	Maladies cardiaques et lors de la ménopause.	-	Les feuilles	es feuilles en poudre sont utilisées en cataplasme
Khzama	avandula dentata	Infection uro-génitale	Les deux	Les feuilles	Infusion
Merssita	Mentha rotundifolia	Fièvre et toux	-	Les feuilles	Décoction
Fijl	Ruta chalpensis	Toux-rhume-grippe- diabète	-	Les feuilles	Infusion
Safran	Crocus sativus	Stimulant digestif, sédatif, analgésique ; condiment très apprécié	Cultivé	Les feuilles	poudre
Halhal	Lavandula stoechas	Cholestérol	-	Feuilles	Infusion
Taqa	Juniperus oxycedrus L	Troubles de la digestion, et en cas d'inflammations des voies urinaires	-	Baies	Décoction
Defla	Nerium oleander	Urticaire	-	Les feuilles	Décoction, lotion
Aaraar	Tetraclinis articulata	La toux, La grippe, Les boumons, Rhumatisme Cette plante est utilisée pour traiter les affections bucco- dentaires, les maladies de la peau, les affections du tube digestif, les maladies respiratoires, les pathologies neurologiques	-	Rameaux	Décoction, Cataplasme
Tadiss	Pistacia atlantica		-	Feuilles Graines	la poudre des graines ou des feuilles
Baqs	Berberis vulgaris	Insuffisance hépatique	-	Fruit	
Tabgha	Rubus ulmifolius	Maux de gorges	-	Fruit, fleurs	Décoction
Aassa sidna Moussa	Laurus azorica	Diarrhée infantile Diabète Affection digestive lescrampes abdominale	-	Feuilles	Infusion

Amlils	Rhamnus alaternus	Rhumatisme, lactaire, L'appareil génital.	-	Les racines	
	babounj	Anthemis arvensis	Troubles gastriques	-	Les fleurs
Terrahla	Inula viscosa	Les douleurs rhumatismales.	-	Racines et feuilles	Décoction

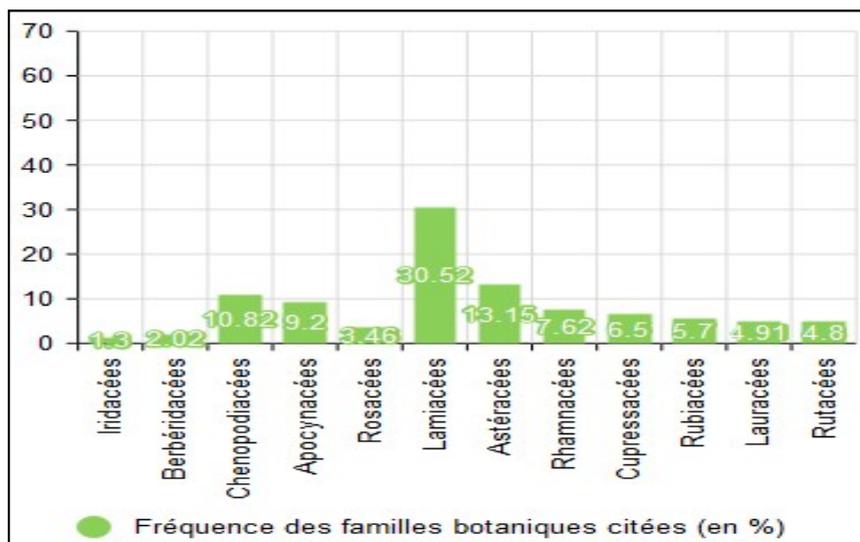


Figure 13 : Les fréquences des familles botaniques les plus utilisées par la population

Analyse floristique : D’après les résultats du graff, il s’avère que les familles les plus utilisées sont les Lamiacées (30,52%) viennent ensuite les Astéracées (13.15%), les Chenopodiacées (10.82%), suivies des Apocynacées avec (9.2%), les Rhamnacées (7.62%), les Cupressacées.

(6.5%), les Rubiacées (5.7%), les Lauracées (4.91%), les Rutacées (4.8%), les Rosacées (3.46%), les Berbéridacées (2.02%), et les Iridacées (1.3%).

➤ **Origine des plantes (sauvage ou cultivée)**

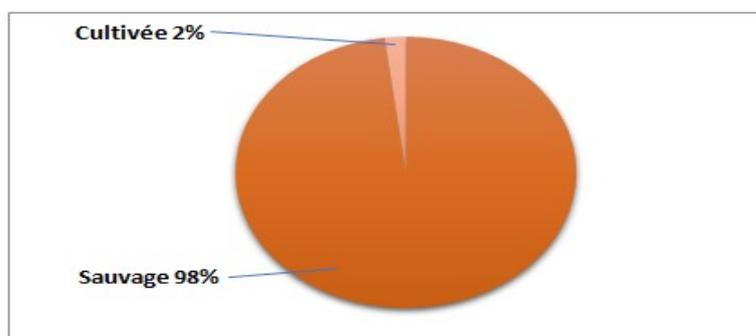


Figure 14 : Répartition des plantes recensées selon leur origine

Il s'avère que la quasi-totalité des plantes médicinales utilisées par la population et spontanée (sauvage), avec un pourcentage de 98 %, seulement 2% qui est cultivée : il s'agit principalement du Safran et Avandula dentata.

I.1.c Utilisation des plantes médicinales

✓ Selon la partie utilisée

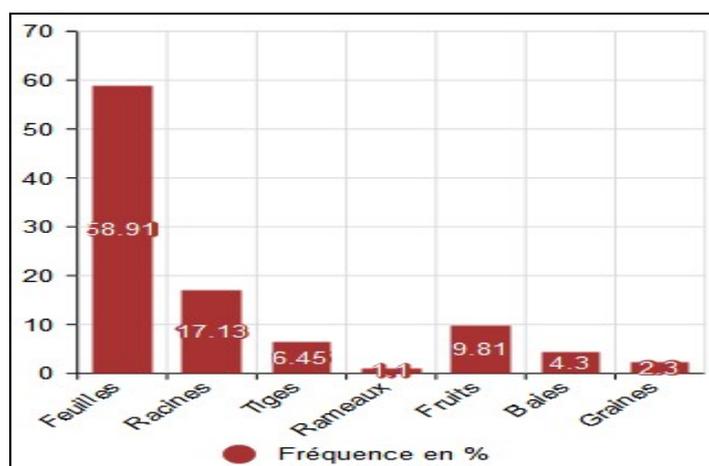


Figure 15 : Les parties des plantes utilisées par la population

Divers organes des plantes sont utilisés par la population pour la satisfaction de leurs besoins thérapeutiques, dans la zone d'étude, les feuilles sont les organes les plus utilisés avec (58,91%), suivies des, racines, fruits, tiges, baies, graines et rameux avec un pourcentage respectivement de : 17.13%, 9.81 %, 6.45%, 4.3%, 2.3 % et 1.1 %.

✓ Selon le mode de préparation

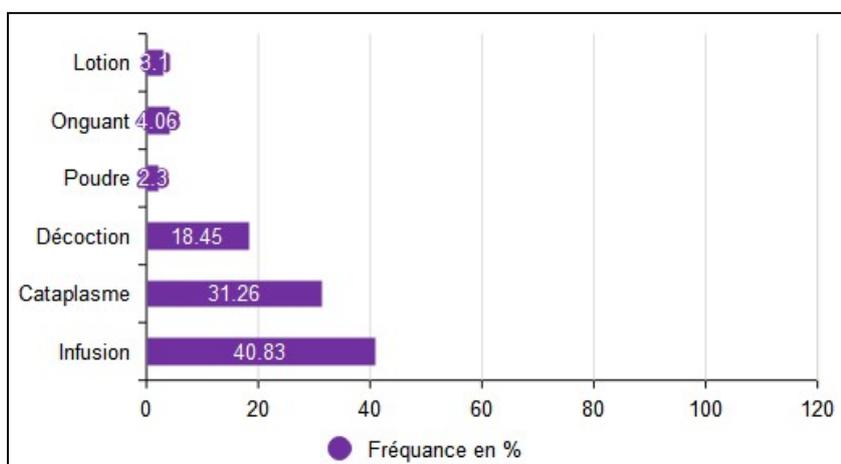


Figure 16 : Les modes de préparation des plantes médicinales et aromatiques

Différentes pratiques thérapeutiques sont employées par la population locale, pour le traitement de diverses pathologies, l'infusion est le mode le plus pratiqué avec un pourcentage de 40.83% Suivie de la décoction (31.21%).

I.1d. Intoxication due à l'usage des plantes médicinales

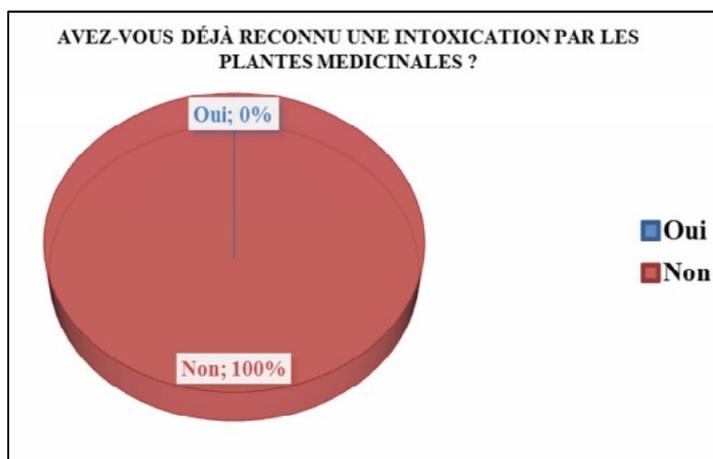


Figure 17 : Intoxication en cas d'usage des plantes médicinales

D'après la figure, aucune des personnes enquêtées n'a encouru une intoxication en cas d'usage d'une plante médicinale. Le pourcentage des non-intoxiqués été de 100%.

I.1.e. Discussion des résultats

L'enquête ethnobotanique que nous avons menée dans la province de Boulemane par le biais des enquêtes destinées à la population locale de ladite région, a permis d'inventorier un grand nombre de plantes médicinales largement utilisées dans le traitement de diverses maladies, notamment gastro-intestinales, respiratoires, dermatologiques, cardio-vasculaires et endocriniennes (Vogler BK, et *al.*, 1999).

Ces résultats sont conformes aux résultats obtenus par d'autres auteurs dans d'autres régions du Maroc (Salhi, et *al.*, 2010).

D'après l'analyse des résultats les familles botaniques les plus représentées dans notre zone d'étude sont: les Lamiacées (30.52%), les Astéracées (13.15%) et les Chenopodiacées (10.82%). Notre étude ethnobotanique a permis de dévoiler l'usage très fréquent des plantes médicinales dans notre région d'étude, et par conséquent, le savoir thérapeutique très large dont dispose les habitants de cette région en ce qui concerne les pratiques médicales populaires surtout les anciennes générations qui ont développé un large savoir-faire relatif aux modes d'utilisations des PAM, la partie appropriée de la plante dans la

guérison de telle pathologie. dans ce contexte, il s'est avéré que pour la population de notre région d'étude l'infusion reste le mode le plus utilisé avec un pourcentage de 40.83% quand à la partie de la plante la plus utilisée c'est la feuille avec un pourcentage de 58.91%, il semblait nécessaire d'interroger les enquêtés sur les cas d'intoxication enregistrés lors de la prise de ces plantes et il s'est avéré qu'aucun cas n'était enregistré cela justifie l'utilisation de ces plantes par notre population pour la guérison.

Les plantes médicinales occupent alors une place très importante dans le système de soin de santé de notre population grâce au savoir-faire accumulé et transmis d'une génération à l'autre mais cette transmission reste verbale donc il faut procéder à leur documentation afin d'éviter leur disparition, en vue de les garder pour les prochaines générations, y compris la communauté scientifique qui pourrait en tirer beaucoup d'informations pour le développement de nouveaux médicaments.

Il est incontestable donc qu'il faut promouvoir la préservation de la couverture végétale régionale aussi bien que nationale, en luttant contre la destruction massive et l'urbanisation non contrôlée, ainsi que le dépeuplement des zones rurales où l'usage des plantes médicinales est très accentué.

I.2. Analyse des informations de la deuxième enquête

On a enquêté 41 herboristes dans neuf villes de la région, nous avons récupéré 33 questionnaires soit un taux de 80%.

I.2.a. Informations personnelles

✓ Age

L'âge des herboristes variait entre 22 et 70 avec une moyenne d'âge de 46 ans, la majorité d'entre eux (50%) appartenait à la tranche d'âge (>50 ans).

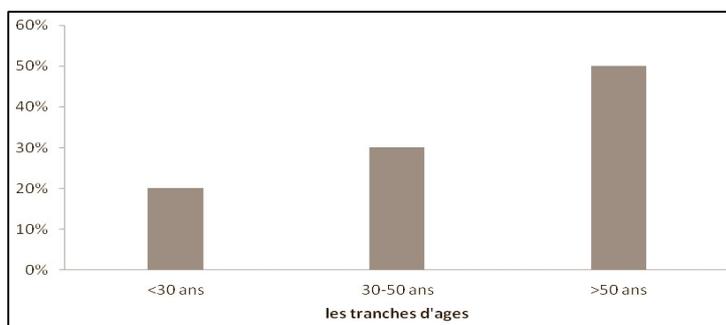


Figure 18 : Profil des herboristes en fonction de la tranche

✓ **Le sexe**

La majorité des herboristes était de sexe masculin (92%), soit 30 herboristes de sexe masculin et 3 herboristes de sexe féminin.

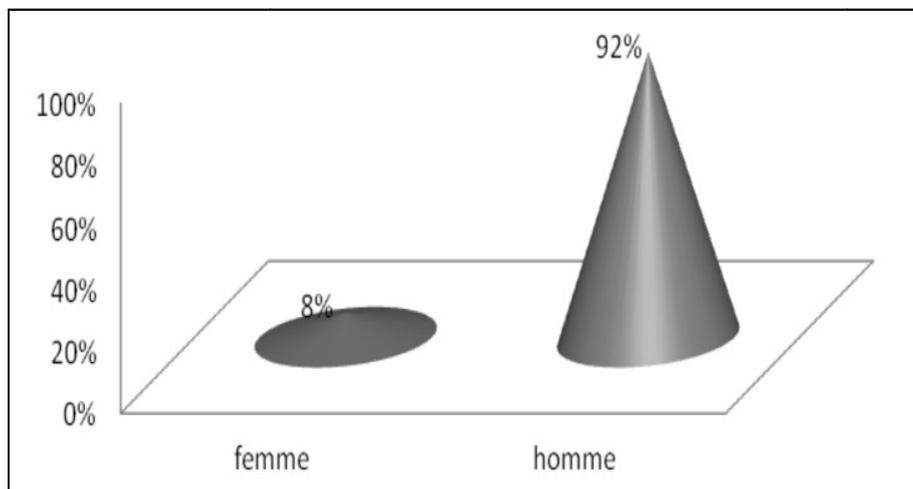


Figure 19 : Répartition des herboristes selon le sexe

Concernant le niveau d'instruction, 45 % des herboristes sont analphabètes, les 55% des herboristes restant se répartissaient entre une scolarisation primaire (25%), une scolarisation secondaire (22%), et seulement 8% des herboristes avaient des niveaux d'études supérieurs.

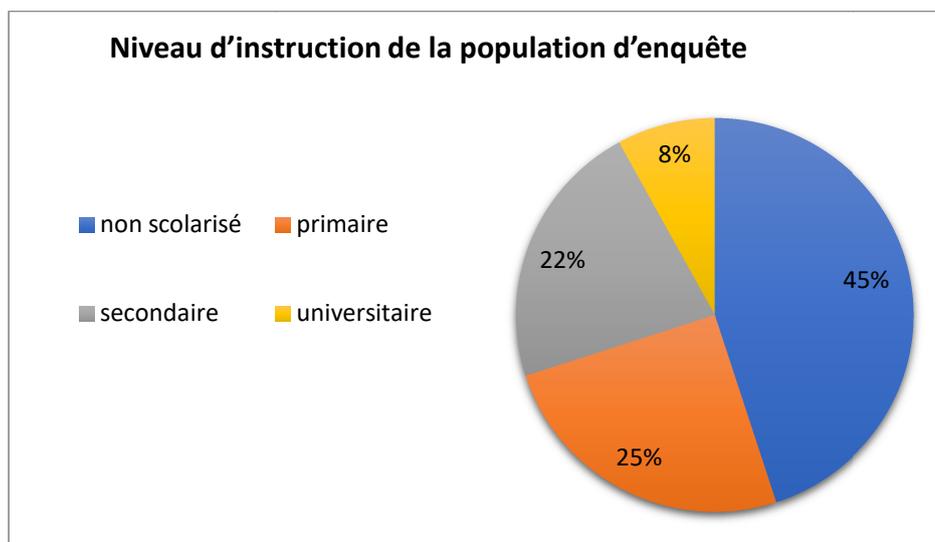


Figure 20 : Répartition des herboristes selon le niveau d'instruction

➤ **Les sources des informations sur l'utilisation des plantes**

La majorité des herboristes (70%) acquièrent les informations à travers les expériences des autres herboristes d'une part, des livres de la médecine alternative d'autre part, (15 %), de l'expérience de la famille (5%), ainsi que des cycles de formations (10%).

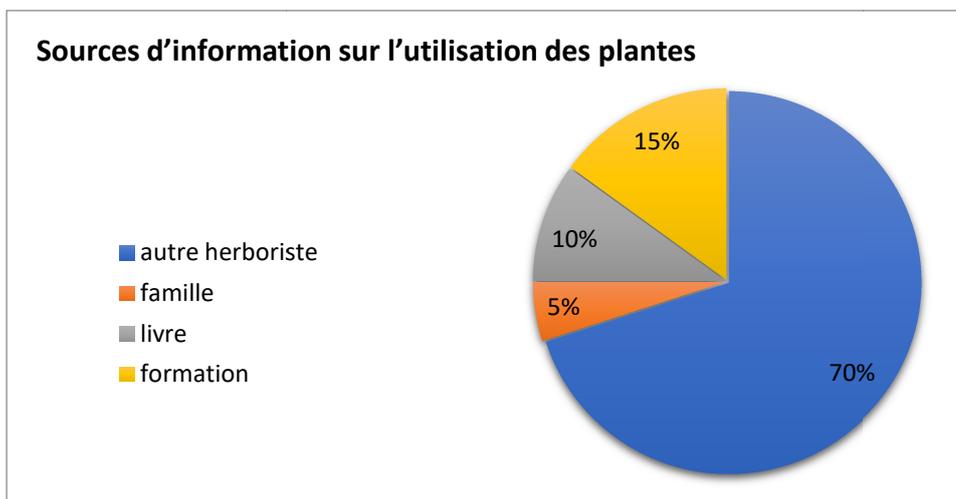


Figure 21: Répartition des herboristes selon les sources des informations sur les plantes

Parmi les herboristes qui ont accepté de nous répondre seulement 3 herboristes (10 %), qui ont bénéficié de cours d'une formation en matière de manipulation et d'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des différentes pathologies, dans le cadre des séminaires organisés par l'agence nationale des plantes médicinales et aromatiques Taouate.

I.2.b. Liste des plantes citées

Tableau 7 : Liste des plantes médicinales et aromatiques recensées

Nom de plante en français	Nom scientifique des plantes	Nom local	Famille	Partie utilisée	Mode de préparation
Anis vert	<i>Pimpinella anisum</i>	Habbet hlawa	Apiaceae	Graine	Infusion, Macération
Cerfeuil	<i>Anthriscus cerefolium</i>	Tirlan	Apiaceae	Feuille	Infusion, Décoction Cataplasme
Absinthe	<i>Artemisia absinthium</i>	Chiba	Asteraceae	Feuille, Sommité fleurie	Infusion
Ail	<i>Allium sativum</i>	Toum	Amaryllidaceae	Bulbe, Fruit	Poudre, jus
Oignon	<i>Allium cepa</i>	Basla	Amaryllidaceae	Bulbe	Infusion, Jus, Cataplasme
Curcumin	<i>Curcuma xanthorrhiza</i>	Kharkoum	Zingiberaceae	Rhizome	Infusion
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	Skinjibir	Zingiberaceae	Rhizome	Décoction, Poudre
Cardamome	<i>Elettaria Cardamomum</i>	Kaakala	Zingiberaceae	Graine	Infusion
Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	kalitous	Myrtaceae	Feuille	Infusion
Ginseng	<i>Panax ginseng</i>	Jinsing	Araliaceae	Rhizome	Décoction, Poudre
Genévrier	<i>Juniperus communis</i>	Aarar	Cupressaceae	Feuille, Fruit	Infusion, Décoction, Macération, Cataplasme,
Cannelle	<i>Cinnamomum verum</i>	Quarfa	Lauraceae	Ecorce	Décoction,
Iris	<i>Iris germanica</i>	Sousane	Iridaceae	Rhizome	Infusion, Poudre
Rosier	<i>Rosa centifolia</i>	Ward al baldi	Rosaceae	Fleur	Infusion, Décoction, Distillation
Sureau	<i>Sambucus nigra</i>	Balasane	Adoxaceae	Fleur	Infusion

Chénopode	Chenopodium ambrosioides	Mkhinza	Chenopodiaceae	Feuille, Sommité fleurie	Infusion
Muscadier	Myristica fragrans	Bsibisa	Myristicaceae	Ecorce	Poudre
Figue de barbarie	Opuntia ficus indica	Handia	Cactaceae	Feuille	Infusion, Poudre
Concombre	Cucumis sativus	Khiar	Cucurbitaceae	Graine	Infusion
Chêne (galle)	Quercus infectoria	Afs	Fagaceae	Noix	Cataplasme, Décoction
Saule	Salix alba	Safsaf	Salicaceae	Ecorce	Décoction
Laurier rose	Nerium oleander	Dafila	Apocynaceae	Feuille	Inhalation
Pin	Pinus pinaster	sanaoubar	Pinaceae	Feuille	Infusion
persil	Petroselinum crispum	Maàddanous	Apiaceae	Graines Partie aérienne	Infusion Décoction
Sarriette	Satureja vulgaris	Nadgh	Lamiaceae	Feuille Sommité fleurie	Infusion
encens	boswellia	hsalaban	Burseraceae	La gomme (smagh)	Fumigation
caroubier	Ceratonia siliqua	Kharroub	Fabaceae	Graine du Fruit	Poudre
Capillaire de montpellier	Adiantum capillus-veneris	Kazbour el bir,	Pteridaceae	Feuille	Infusion Décoction
Arbousier	Arbutus unedo	bakhnou	Ericaceae	Fruit, Feuille, Racine, écorce	Décoction, Infusion
Aristolochie	Aristolochia paucinervis	barreztem	Aristolochiaceae	Plante entière	Cataplasme
Asperge	Asparagus officinalis	sekkum	Liliaceae	Racine	Décoction
Souci officinal	Calendula officinalis	jemra	Asteraceae	Fleurs	Infusion
pyrèthre	Anacyclus pyrethrum	Jdar chlough	Asteraceae	Rhizome Racine	Poudre, Décoction

Anacycle radié	Anacyclus radius	hallala	Asteraceae	Fleurs	Infusion
Buglosse officinale	anchusa officinalis	horraycha,	Boraginaceae	Sommité fleurie	Décoction
Palmier nain	Hyphaene thebaica	Doum	Arecaceae	Fruit	Infusion, poudre
Chrysanthèmes	Chrysanthemum trifurcatune Desf	tayrrigt	Asteraceae	Plante entière	Infusion
clématite	Clematis	naelbarda	ranunculaceae	Plante entière	Cataplasme
jasmin	Jasminum polyanthum	yasmine	Oleaceae	Fleurs	Tisanes, thés, huile essentielle, macérations
Lierre grimpant	Heoera helix	louwaya	Araliaceae	Feuille	Infusion, décoction,
Datura	Datura stramonium	chdek jmel	Solanaceae	Feuille	Fumigation
trèfle	Trifolium	nefla	Fabaceae	Fleurs	Décoction, Infusion
harmel	Peganum harmala	Harmel	zygophyllaceae	Graine, Plante entière	Cataplasme, Fumigation, Décoction
Genet blanc	Retama monosperma	rtem,	Fabaceae	Fruit, Feuille, tige	Infusion, Décoction, Fumigation cataplasme
ricin	Ricinus communis	kherwaâ	euphorbiaceae	Feuille	Huile essentielle, cataplasme
Chardon marie	cardionus marianus	chouk lahmar	Asteraceae	Graine, Racine, feuille	Décoction, Poudre
Tamaris commun	Tamarix gallica,	terfa	tamaricaceae	Partie aérienne	Décoction
Euphorbe	Euphorbia resinifera	daghmous	Euphorbiaceae	Fruit, tige	Fumigation, Poudre, Macération,
Myrte commun	Myrtus communis L.	arrayhan	Myrtaceae	Feuilles, Fleurs, fruits	Poudre, infusion
Chardon à glu	Atractylis gummifera	Addad	Asteraceae	La racine	Décoction
Vigne rouge	Vitis vinifera	Dalya el hamra	Vitaceae	Feuille	Décoction

Tabac	Nicotiana rustica	Taba	Solanaceae	Feuille	Poudre
Chanvre indien	Cannabis sativa	Kif	cannabaceae	Sommité fleurie, Graine	Poudre
Belladone	Atropa belludona	Zbib lidou	Solanaceae	Feuille, Fleurs, Partie aérienne	Toxique
Mandragore	Mandragora autumnalis	bayd al ghoul	Solanaceae	Racine, Fruit, feuille	Décoction
Ephedra	Ephedra altissima	Belbal	ephedraceae	Tige	Bandage
Le Gui	Viscum oruciatlcm	lanjbar	Viscaceae	Feuille	Macération
cypres	Cupressus semperviens.	Sibri	cupressaceae	Fruit	Infusion, décoction
Hellebore foetide	elleborus foetidus	Kharbak	ranunculaceae	Plante entière, rhizome	Décoction, infusion
Jusquame noire	Hyoscyamus niger	Skrane	Solonaceae	Feuille	L'huile essentielle
Scille	Vrginea scilla	bssila	hyacinthaceae	Fruit	Poudre
Henné	Lawsonia inermis	L-henna	Lythraceae	Partie aérienne	Cataplasme
cynoglosse officinale	Cynoglossum officinale L.	Lissan el-kelb	boraginaceae	Partie aérienne	Fumigation
Sabline rouge	spergularia rubra	Elaachba elhamra	Caryophyllaceae	Partie aérienne	Décoction
Aloe vera	Aloe vera	sabar	Aloeaceae	Partie aérienne	Décoction
Le navet	Brassica rapa L.	Laft	brassicaceae	Racines, Feuille, Fruit	Cuites, Macération
Renoncule bulbeuse	Ranunculus bullatus L.	El-falss	Ranunculaceae	Feuilles	Cataplasme
Garou	Daphne gnidium L.	alzaz	thymelaeaceae	Feuilles	Cataplasme

geranium	Pelargonium Geraveolens	Al -âtarcha	geraniaceae	Fleurs, Partie aérienne	Décoction, Infusion, Huile essentielle
Chene-ligne	Quercus suber L	D'bbagh	Fagaceae	Ecorces	Fumigation
Spergulaire pourpre	Spergularia . purpurea Pers	Zahrat Arrimal	Caryophyllaceae	Partie aérienne	Infusion
Chevrefeuille des bois	Lonicera periclymenum	bosroude	caprifoliaceae	Feuilles, Fleurs	Décoction, infusion
Buis	Buxus sempervirens	bakas	Buxaceae	Ecorce, Racine, Feuille	Décoction
Angelique officinale	Angelica archangelica	Hachichat el malaika	Apiaceae	Tige, racine, Graine	Huile essentielle infusion
Fougere male	Dryopteris filix mas	sarkhas	Dryopteridaceae	Racine	Décoction,
Pied de chat tussilage	Antennaria dioica	Rjal elkata	Asteraceae	Fleurs	Infusion, cataplasme
Muguet de mai	Tussilago farfara	Daassat lhmar	Asteraceae	Fleurs	Cataplasme,
Houblon	Convallaria majalis	Zanbak elwadi	asparagaceae	Feuille	Toxique-
Murier noire	Humulus lupulus	Hachichat dinar	cannabaceae	Partie aérienne	Décoction
Souci officinal	Murus nigra	tout	Moraceae	Fruit Feuille	Infusion
staphysaigre	Calendula officinalis	eljamrra	Asteraceae	Fleurs Sommité fleurie	Infusion, Cataplasme
Gattillier	Delphinium staphysagria	Hab ras	ranunculaceae	Graine	Décoction
parietaire pourprier	Vitex agnus castus	hiroua	verbenaceae	Fruit sommité fleurie	Infusion
	Parietaria officinalis	rbiaa	Urticaceae	Tige	Décoction, cataplasme
	Portulaga oleracea	rajla	portulacaceae	Partie aérienne	Infusion

myrte	Myrtus communis	riyhane	Myrtaceae	Feuille, Fleurs	Décoction, Infusion
garou	Daphne gnidium	lazaz	thymelaeaceae	Ecorce, Feuille	Cataplasme
psyllium	Plantago psyllum	zarktouna	plantaginaceae	Graine	Macération, décoction
Fougere male	Dryopteris filix mas	sarkhas	thymelaeaceae	Racine	Poudre
Grande cigue	Conium maculatum	choukrene	Apiaceae	Feuille, Fruit	Fumigation
Aloes officinaux	Aloe vera	ssabar	Aloeaceae	Feuille	Jus
saghine	Corrigiola telephifolia	sarghina	Caryophyllaceae	Racine	Fumigation
aneth	Anethum segetum	tabch	Apiaceae	Graine	Infusion
Petit houx	Ruscus aculeatus	aachba	Liliaceae	Feuille, Racine	Décoction
Salsep areille	Smilax aspera	Aachba roumiya	Smilacaceae	Racine	Décoction
carthame	Carthamus tinctorius	osfour	Asteraceae	Sommité fleurie	Infusion
alkekengi	Physalys alkekengi	Aaineb taalab	Solanaceae	Fruit	Décoction
Morelle noire	Solanum nigrum	Aineb dib	solanaceae	Feuille, Fleurs	Poudre
Capillaire de montpelier	Adiantum capillus veneris	Kasbour el bir	Pteridaceae	Feuille	Infusion
maniguette	Amomum grana pradisid	Gouza sahraouiya	zingiberaceae	Graine	Cataplasme, poudre
Capselle bourse a pasteur	Capsella bursa pastoris	Kis raaai	brassicaceae	Partie aérienne	Poudre, décoction
bardane	LAPPA MAJOR	Issika	Asteraceae	Racine Feuille Graine	Décoction
plantain	Plantago sp	massassa	plantaginaceae	Graine Feuille Racine Fleure	Infusion, Macération, Poudre,
Chou-fleur du	anabassis	aknoun	amaranthaceae	Tige	Infusion

desert					
La Roquette	Eruca sativa Mill	Charyat, El-Jerjir	Asteraceae	Feuille	Décoction
Sochet rond	Cyperus rotundus	tara	Cyperaceae	Feuille	Décoction
pyrèthre d'afrique	anacyclus pyrethrum	Aakar karha, Akir karha	Asteraceae	Feuille	Décoction, cataplasme, infusion
Fabago	Zygophyllum	aakaya	zygophyllaceae	Feuille, Racine	Poudre, Jus, infusion
Girofle	Syzgium Aromaticum	Qranfel	Myrtacées	Fruit	Infusion ou utilisation directe
menyanthe	Medicago sativa	fassa	Fabaceae	Feuille, Graine	Infusion, Décoction, cataplasme
Epine vinette	berberis	irghis	berberidaceae	Fruit	Infusion, Jus
orchis	Orchis mascula	Haya omayta	Orchidaceae	Racine	Infusion
tournesol	Helianthus annuus	Naouarat chamch	Asteraceae	Fleurs	Infusion
myrrhe	Commiphora africana	elmar	Burseraceae	Résine	Poudre, décoction,
Epine vinette	Berberis vulgaris	ighris	Berberidaceae	Fruit, Racine	Infusion
Scille maritime	Urginea maritima L	Azalimouchen	Liliaceae	Bulbe	Fumigation

➤ Répartitions des plantes par famille

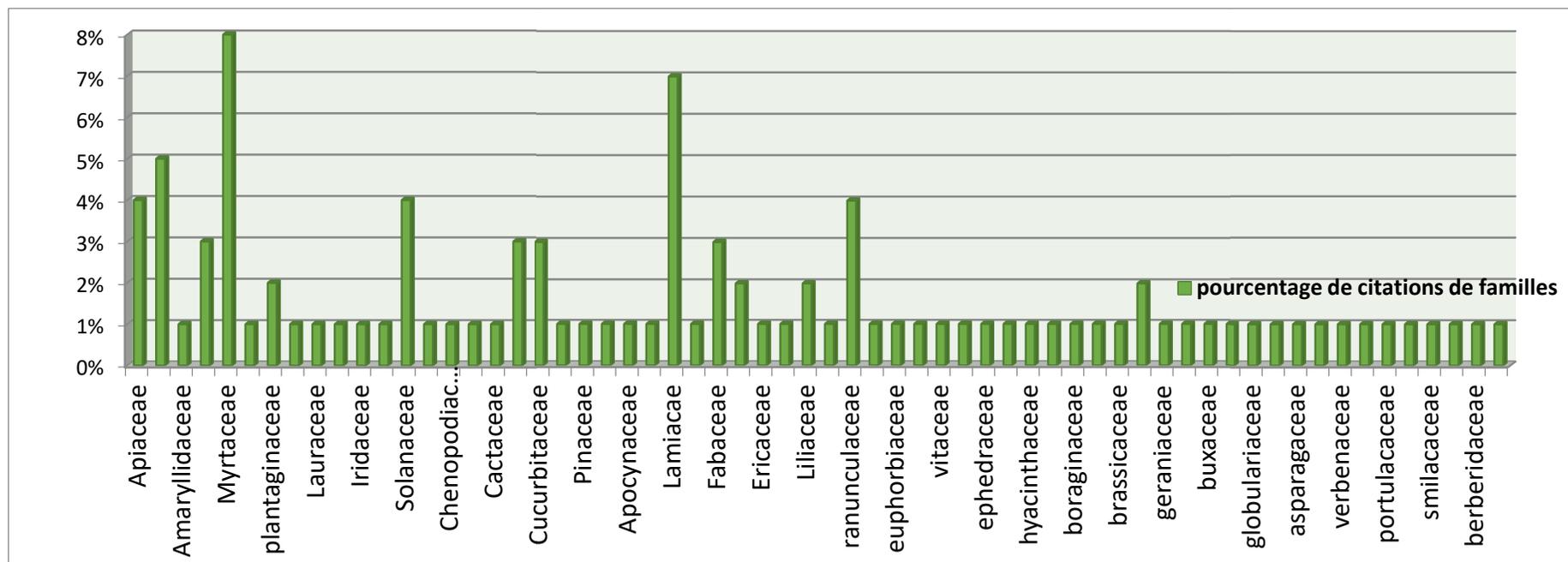


Figure 22 : Pourcentage de citations des familles botaniques

D'après l'interprétation de la figure, les familles les plus utilisées dans la région de Fès-Meknès pour traiter les maladies sont les familles des Myrtacées, des Lamiacées et des Astéracées.

I.2.c. Utilisation des plantes médicinales

➤ Parties utilisées

Les parties des plantes qui ont été citées au cours de cette étude en médecine traditionnelle sont au nombre de 16 : La bulbe, la graine, le rhizome, les racines, l'écorce, les sommités fleuries, la feuille, la fleur, le fruit, la tige, la noix, les bourgeons, la partie aérienne, la gomme, la résine et la plante entière. L'organe le plus utilisé est la feuille (25%) suivie de la fleur (19%) ainsi que la racine (11%), le fruit et la graine (10%).

Ensuite la partie aérienne, la tige, la sommité fleurie ainsi que l'écorce occupent une place moyenne avec un taux respectif de 6 %, 5% et 4% les parties utilisées restantes à savoir les rhizomes les bulbes, la plante entière, les noix, les bourgeons, la gomme et la résine sont représentées dans l'ensemble par un taux cumulatif de 3%,2%, et 1%. (Annexe 2).

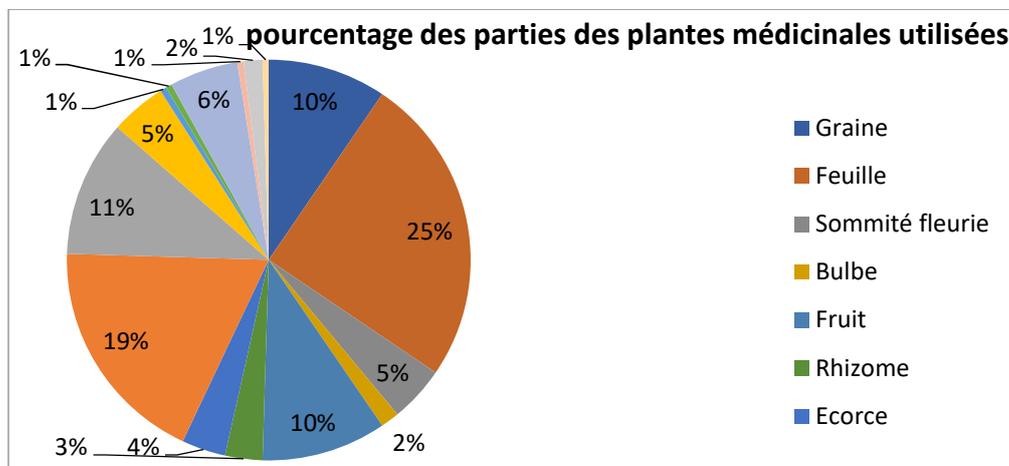


Figure 23 : Répartition des pourcentages des différentes parties utilisées des plantes

➤ Mode d'administration

Afin de faciliter l'administration du principe actif, plusieurs modes de préparations sont employés à savoir la décoction, l'infusion, la mastication, les huiles essentielles, le jus, la poudre, la fumigation....

L'infusion et la décoction sont les deux modes de préparation les plus utilisés avec un taux respectivement de 30,1 % et 28,6 % suivie de la poudre avec un taux de 13,3% ensuite par le cataplasme, la fumigation, et la macération avec un taux respectivement de 9,7 %, 5,1 %

et 4,1% et des huiles essentielles, des jus et de l'inhalation avec un taux de 3,1 % ,2,6 % et 1%.

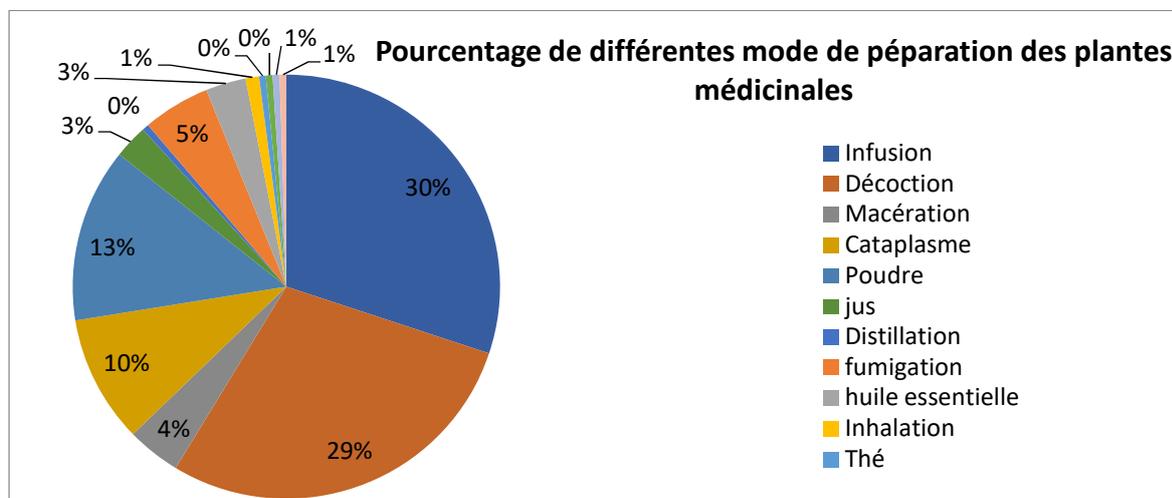


Figure 24: Répartition des pourcentages des différents modes de préparation des plantes médicinales

I.2.d. Discussion des résultats

Nous avons étudié la pratique des herboristes (exerçant à la région de Fès-Meknès) étant des personnes expérimentées dans le domaine de la phytothérapie donc ils représentent une bonne source capable de refléter l'utilisation des PAM dans la région, et dont l'objectif est d'élargir la liste des plantes médicinales et d'enrichir celle obtenue dans la province de Boulemane (la première enquête).

Notre étude a montré que la majorité des herboristes était de sexe masculin (92%), avec une moyenne d'âge de 46 ans. (Leur âge était entre 22 et 70 ans).

Concernant le niveau d'instruction, 45 % des herboristes étaient analphabètes, les 55% des herboristes restant se répartissent entre une scolarisation primaire (25%), scolarisation secondaire (22%), et seulement 8% des herboristes avaient des niveaux d'études supérieurs.

La majorité des herboristes (70 %) acquièrent les informations à travers les expériences des autres herboristes d'une part, et livres de la médecine alternative d'autre part, (15 %) L'expérience de la famille (5%), ainsi que des formations (10%).

Les plantes les plus citées pour traiter les maladies sont : L'anis vert, le girofle, l'ail, le gingembre, le curcuma, le genévrier, l'armoise, la coloquinte, la badiane et le myrte.

Au cours de cette enquête, et pour l'efficacité du traitement, nous avons trouvé pour chaque plantes la partie utilisée et la méthode de préparation adéquate.

Les Myrtacées, les Lamiacées, et les Astéracées représentent les familles les plus citées, la famille des Myrtacées qui représente la famille botanique la plus utilisée est connue pour ses plantes aromatiques, célèbres soit comme plantes d'agrément, soit pour leurs propriétés médicinales. Parmi les 140 genres et 3.000 espèces présents dans cette famille, on extrait de certaines plantes, des huiles essentielles dont sept sont couramment utilisées à l'officine : l'huile essentielle d'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*), les huiles essentielles d'eucalyptus globuleux (*Eucalyptus globulus*), citronné (*Corymbia citriodora*) et radié (*Eucalyptus radiata*), l'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), de myrte (*Myrtus communis*) et enfin de niaouli (*Melaleuca quinquenervia*). L'huile essentielle d'arbre à thé, plus connue sous le nom de Tea Anti-infectieuse, ainsi le girofle reste le plus cité dans cette famille due à son activité antibactérienne puissante à large spectre d'action (Chaudari et al., 2012), utile par exemple lors de colite bactérienne, de cystite (64) ; antivirale lors par exemple d'hépatite virale; Antifongique (Bruneton, 2009; Pinto et al., 2009; CHAIEB, 2007; Mi-jin, 2007); Antiparasitaire antiseptique et antalgique dentaire (Chaib, 2007): infections dentaires, odontalgie anesthésique locale: l'eugénol inhibe la conduction nerveuse (CHAIEB K, 2007); Anti-inflammatoire: l'eugénol inhibe la synthèse des prostaglandines (Brunton, 2007).

Les feuilles représentent la partie la plus utilisée et l'infusion représente le mode de préparation le plus utilisé ainsi l'organe le plus utilisé est la feuille.

On a pu mettre en valeur certaines plantes et sauvegarder certaines connaissances acquises par les herboristes, ce qui nous a permis d'élargir la liste floristique des PAM utilisées par la population de la région de Fès-Meknès, élaborée lors de la première enquête tout cela peut ouvrir une voie de recherche sur les plantes efficaces les plus utilisées en médecine traditionnelle et constituer une base de données pour les études ultérieures visant à évaluer expérimentalement les potentialités biologiques et chimiques de ces plantes.

II. Extraction et rendement en huiles essentielles

L'huile essentielle extraite est de couleur jaune clair, avec un rendement de 6,3%. Les résultats des analyses ont permis de caractériser soixante-cinq composés, représentant plus de 99,92% de la composition chimique de l'huile essentielle de l'espèce. L'analyse de la

composition chimique de l'HE de *S. aromaticum* révèle la présence de 80,26 % de Eugenol, 9.62 % de Eugenyl acetate, 6.74 % de β -Caryophyllene et 1.14 % C-Humulene.

III. Caractérisation par CPG

S. aromaticum représente l'une des principales sources végétales de composés phénoliques, (Bao et al., 2012; Kamatou et al., 2012 ; Cortés-Rojas et al., 2014). L'eugénol est le composé principalement responsable de l'arôme du clou de girofle et constitue 72 à 90 % de l'huile volatile du clou de girofle (Kamatou et al., 2012). Les autres constituants courants de l'huile essentielle sont l'acétate d'eugényle, β caryophyllène, le salicylate de méthyle, le pinène, la vanilline (Nurdjannah et Bermawie, 2012), et α -humulène (7) (Jirovetz et al., 2006) (Voir tableau 8 et annexe 3).

La variation des composants et de la composition de l'huile essentielle de girofle dépend de la variété, des conditions agroécologiques, des prétraitements, de la transformation et des méthodes d'extraction (Nurdjannah and Bermawie, 2012).

Tableau8 : La composition chimique de la plante étudiée (obtenue par CPG)

Numéro du composant	Composants	Pourcentage relatif
1	Isovaleral	Traces
2	Furfural	0,01
3	Benzaldehyde	Traces
4	6-Methyl-5-hepten-2-one	Traces
5	Limonene	Traces
6	Benzyl alcohol	Traces
7	(E)- α -Ocimene	Traces
8	Linalool	0,01
9	(E)-4,8-Dimethylnona-1,3,7-triene	0,01
10	Ethyl benzoate	Traces
11	Methyl salicylate	0,05
12	Chavicol	0,09
13	Eugenol	80,26
14	Dihydroeugenol	0,14
15	C-Copaene	0,14
16	β -Bourbonene	Traces
17	1,5-diepi- β -Bourbonene	Traces
18	Vanillin	0,01
19	Methyleugenol	0,03
20	β -Caryophyllene	6,74

21	Caryophylla-4(12),8(13)-diene	0,01
22	9-epi-Isocaryophyllene	0,01
23	C-Humulene	1,14
24	allo-Aromadendrene	0,01
25	trans-Cadina-1(6),4-diene	0,03
26	G-Muurolene	0,01
27	Germacrene D	0,01
28	β -Selinene	0,02
29	α -Selinene	0,02
30	α -Muurolene	0,02
31	γ -Cadinene	0,07
32	Cubebol [0,07]	0,01
33	trans-Calamenene	0,04
34	β -Sesquiphellandrene	0,14
35	γ -Cadinene	0,14
36	Eugenyl acetate	9,62
37	C-Calacorene	0,02
38	Non connu	0,08
39	Non connu	0,02
40	(E)-Nerolidol	0,03
41	Caryophyllene oxide	0,31
42	Caryophyllene oxide isomer	0,26
43	Non connu	0,02
44	Non connu	Traces
45	Humulene epoxide I	0,01
46	Widdrol	0,01
47	Humulene epoxide II	0,04
48	(E)-Isoeugenyl acetate	Traces
49	1-epi-Cubenol	0,02
50	Caryophylladienol I	0,02
51	Caryophylladienol II	0,03
52	K-Cadinol	0,01
53	K-Muurolol	0,01
54	C-Muurolol	Traces
55	Non connu	0,01
56	14-Hydroxy-(Z)-caryophyllene	0,04
57	14-Hydroxy-9-epi-(E)-caryophyllene	0,01
58	14-Hydroxy-(E)-caryophyllene	0,04
59	Germacra-4(15),5,10(14)-trien-1C-ol	0,03
60	(E)-Coniferyl alcohol	0,04
61	Benzyl benzoate	0,01

62	Non connu	Traces
63	Non connu	0,03
64	Non connu	0,01
65	Non connu	0,02
Le total identifié		99,92

IV. Activité insecticide de l'huile essentielle de *Syzgium aromaticum*

IV.1. Effet de l'huile essentielle sur *Callosobruchus maculatus*

IV.1.a. Test d'inhalation

Grâce à ce test, l'efficacité de l'HE de *S. aromaticum* s'est améliorée contre le *C. maculatus*. Elle a généré une mortalité de $53,33 \pm 11,55\%$ après 4 jours pour la dose de (1 μ l d'HE/L d'air) et de 100% après 72 h pour la dose de 20 μ l d'HE/L d'air (Tableau 9). Pour la fécondité des femelles, nous avons enregistré une réduction de plus de 95% pour les faibles doses (1 et 5 μ l d'HE/L d'air) et 100% pour les doses (10 et 20 μ l d'HE/ml d'air). De même, aucun individu n'a été émergé dans tous les lots traité.

Tableau9 : Effets des huiles essentielles de *syzgium aromaticum* testé par inhalation sur la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus*

Dose (μ l)	Temps d'exposition			
	24h	48h	72h	96h
Témoin	0 \pm 0 ^a	0 \pm 0 ^a	0 \pm 0 ^a	0 \pm 0 ^a
1	0 \pm 0 ^a	16,67 \pm 5,77 ^b	40 \pm 0 ^b	53,33 \pm 11,55 ^b
5	3,33 \pm 4,4 ^a	20 \pm 0 ^b	56,67 \pm 5,77 ^c	63,33 \pm 15,27 ^b
10	3,33 \pm 4,4 ^a	33,33 \pm 5,77 ^c	80 \pm 10 ^d	100 \pm 0 ^c
20	6,67 \pm 4,4 ^a	36,67 \pm 5,77 ^c	100 \pm 0 ^c	100 \pm 0 ^c

Chaque valeur est une moyenne \pm l'erreur standard de trois répétitions. Les moyennes dans la même colonne suivies de la ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) en utilisant le test LSD.

Tableau 10 : Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* sur la ponte et l'émergence des adultes de *C. maculatus*

Dose (µl)	Nombre d'œufs et d'émergence	
	Taux de réduction de la ponte	Pourcentage de réduction d'émergence des adultes
Contrôle	0±0 ^a	0 ^a
1	95,93±0,97 ^b	100 ^b
5	97,83±0,57 ^c	100 ^b
10	100 ^d	100 ^b
20	100±0 ^d	100 ^b

Chaque valeur est une moyenne ± l'erreur standard de trois répétitions. Les moyennes dans la même colonne suivies de la ou des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) en utilisant le test LSD.

IV.1.b. Test de contact

À faibles doses (1 et 5µl/ml d'acétone), les résultats ne sont pas satisfaisants, mais avec une dose plus élevée de 20µl/ml d'acétone, on a enregistré 96±5,47% de mortalité après 3 jours de traitement. Cette mortalité a augmenté progressivement jusqu'à 100±0%, après 4 jours d'exposition. Toutes les concentrations d'huile ont présenté une réduction de pont et de taux d'émergence supérieur à 90% avec une absence totale des émergences enregistrées dans les lots traités par les doses 10 et 20µl/ml d'acétone.

Tableau11 : Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* testé par contact sur la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus*

Dose (µl)	Pourcentage de mortalité par jour de traitement			
	24h	48h	72h	96h
Témoin	0±0 ^a	0±0 ^a	0±0 ^a	0±0 ^a
1	2±4,47 ^a	10±7,07 ^b	38±4,47 ^b	48±8,36 ^b
5	6±5,47 ^b	14±8,94 ^b	54±5,47 ^c	62±8,36 ^c
10	4±5,47 ^{ab}	36±5,47 ^c	84±8,94 ^d	78±7,07 ^d
20	18±4,47 ^c	40±7,07 ^c	96±5,47 ^c	100±0 ^c

Tableau12. Effets des huiles essentielles de *syzygium aromaticum* testé par contact sur la ponte et l'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus*

Dose (µl)	Nombre d'œufs et d'émergence	
	Taux de réduction de la ponte	Taux d'inhibition des adultes (% IR)
Contrôle	0±0a	0±0 ^a
1	93,46±1,2b	95,33±2,64 ^b
5	95,98±1,3b	97,75±2,08 ^c
10	97,9±1,24b	100±0 ^c
20	99,44±0,67b	100±0 ^d

IV.1.c. Test de répulsion

Le pourcentage moyen de répulsion de l'huile essentielle de *S. aromaticum* contre *C. maculatus* sont indiqués dans le tableau 6. Selon ces résultats, l'effet répulsif de l'huile essentielle augmente avec les concentrations après 2 et 4 h et atteint son maximum à la concentration 20 µl/l. À la concentration 20 µl/l, le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle contre *C. maculatus* est de 56,67 après 2 h, et de 70 après 4 h.

Tableau 13 : Activité répulsive de différentes concentrations d'huile essentielle de *S. aromaticum* contre *Callosobruchus maculatus*.

Insecte	Doses (µl/cm ²)	Répulsion (%) ± Erreur standard	
		2h	4h
<i>Callosobruchus maculatus</i>	0.016	30±10 ^a (II)	46,66±5,77 (III)
	0.079	33,33±5,77 ^a (II)	50±10 (III)
	0.157	43,33±11,55 ^a (III)	53,33±11,54 (III)
	0.315	56,67±5,77 ^{ab} (III)	70±10 (IV)

Repellency class [13]: Classe 0 – 0-0.1%, Classe I – 0.1 – 20%, Classe II – 20.1-40%, Classe III – 40.1-60%, Classe IV – 60.1-80%, Classe V – 80.1-100%

IV.2. Discussion des résultats

Les résultats montrent que les huiles essentielles du giroflier provoquent la mortalité totale de 100% des adultes de *C. maculatus* en 72 h de traitement par inhalation et en 96 par contact et ceci à une concentration de 20µl/l d'air. Cette grande efficacité serait elle-même

induite par l'action des composés majeurs comme Eugenol (80,26 %), Eugenyl acetate (9.62%), et β -Caryophyllene (6.74 %). Cette hypothèse a été également émise par Lawal *et al.*, (2014) pour expliquer l'efficacité des huiles des clous de girofle sur divers ravageurs. Ces composés terpéniques jouent un rôle répulsif à faible concentration et létal à forte concentration (Picimbon, 2002).

La présente étude montre également que les huiles étudiées provoquent une réduction significative du nombre d'œufs pondus par femelle. Cette réduction s'observe dès la concentration la plus faible. Le taux de réduction de ponte est respectivement de $95,93 \pm 0,97\%$ (test inhalation) et de $93,46 \pm 1,2\%$ (test contact) contre 0 ± 0 dans le bocal témoin et ceci à faible dose $1\mu\text{l/l}$ d'air. A forte dose $20\mu\text{l/l}$ d'air une réduction total de 100% de ponte et des émergences a été en enregistré. Des résultats similaires ont été rapportés par (Oliveira *et al.*, 2017 ; Shah *et al.*, 2008 ; Sasikala *et al.*, 2019). Cette réduction de la ponte serait le fait de la mort précoce des adultes de *C. maculatus* due aux vapeurs d'huiles essentielles, comme l'ont montré Schmidt, Mazibur et en étudiant l'effet de l'huile de *Acorus calamus* sur *Callosobruchus phaseoli*.

La toxicité de contact des huiles volatiles végétales envers les parasites des produits stockés comme insecticide est due à leur la volatilité et donc une faible persistance. Ces caractéristiques ont forcé les chercheurs à répéter les candidatures. Dans le cadre de la présente étude, certaines huiles volatiles ont montré des propriétés insecticides remarquables contre le parasite des graines stockées essentiellement *C. maculatus*.

Nos conclusions sont en accord avec les résultats de plusieurs chercheurs antérieurs qui ont a signalé que l'activité insecticide des huiles essentielles contre un large spectre des insectes des produits stockés avec un influence sur tous les paramètres du cycle de vie des parasites qui peuvent être légèrement affectés ou profondément affecté par les traitements. En effet, les molécules bioactives peuvent même ne pas tuer directement les insectes comme le cas de notre étude, mais peuvent entraîner une réduction pertinente de la ponte, ainsi que plusieurs troubles du développement, pouvant ainsi inhiber totalement l'émergence des individus (Sasikala *et al.*, 2019). Le teste d'inhalation inhibe totalement la population de *C. maculatus* ceci est probablement due aux capacités de ce test de distribuer d'une manière égale les huiles volatiles dans tous les endroits du bocal contrairement aux tests de contact.

CONCLUSION GENERALE
&
RECOMMANDATIONS

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Notre travail a été mené principalement en deux volets, le premier représente deux enquêtes ethnobotaniques réalisées dans la région de Fès-Meknès qui nous ont montrées l'attachement de la population au patrimoine traditionnel, surtout dans les douars enclavés où la population locale a su développer au fil du temps un savoir-faire important et des techniques traditionnelles impressionnantes quant à l'usage des plantes aromatiques et médicinales, donc elles nous ont permis de déceler toutes les plantes médicinales utilisées par la population, le deuxième volet est une étude expérimentale concernant l'extraction des HEs du *Syzygium aromaticum*, l'identification de ses huiles essentielles par CPG et une dernière partie consacrée à l'évaluation de l'activité biologique de ces huiles contre l'une des insectes ravageurs des légumineuses: *Callosobruchus maculatus*. Plusieurs résultats ont été recueillis au cours de cette étude, et qui sont résumer comme suit :

Premièrement les résultats de la première enquête ethnobotanique montrent que les plantes médicinales occupent une place très importante dans la vie quotidienne des habitants de la province de Boulemane , ainsi plusieurs familles botaniques ont été recensés mais la famille des Lamiacée est la plus citée par cette population locale avec un pourcentage de (30,52%).Ainsi les habitants de cette région affirment que presque la totalité des PAM sont d'origine sauvage, pour le mode de préparation il s'est avéré que l'infusion est le mode le plus pratiqué (40.83%), ainsi dans la zone d'étude, les feuilles sont les organes les plus utilisés avec (58,91%)pour l'intoxication aucun cas n'a été enregistré ; Les résultats de la deuxième enquête qui a été destiné aux herboristes de la région de Fès-Meknès nous ont permis d'élargie le catalogue floristique obtenu lors de la première enquête et en tirer plusieurs informations relatives aux modes d'utilisation des plantes, l'organe approprié ..et il s'est avéré que les familles botaniques les plus utilisées par les habitants de la région Fès-Meknès sont Les Lamiacées, les Myrtacées et les Astéracées.

La deuxième partie a été consacré à l'étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de précédé par une extraction de l'huile essentielle et une identification de ses composés par CPG.

L'huile essentielle de girofle a été obtenue par hydrodistillation avec un rendement de 2.31%, ainsi l'identification par CPG a révélé révèle la présence de 80,26 % de

Eugenol, 9.62 % de Eugenyl acetate, 6.74 % de β -Caryophyllene et 1.14 % C-Humulene.

Notre étude portée sur les propriétés biologiques des huiles essentielles du girofle montre leurs bonnes activités insecticides du qu'ils ont à un bon effet sur la mortalité, la fécondité, l'émergence et la répulsion

A partir de ces résultats et du faible risque des composés végétaux pour l'homme et les êtres vivants, ainsi que de leur biodégradabilité dans la nature et de leur impact environnemental moindre par rapport aux pesticides synthétiques, cette huile essentielle peut être une alternative appropriée aux insecticides chimiques dans la lutte contre *C. maculatus*, au moins dans les petits entrepôts, or d'autres recherches sont également nécessaires pour évaluer le taux d'absorption de l'huile essentielle par les graines stockés afin d'obtenir une formulation appropriée pour leur utilisation en tant que protecteurs des produits stockés.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart., 2003.** La Phytothérapie Se Soigner Par Les Plantes Groupe Eyrolles, 2003, ISBN 2-7081-3531-7. Suisse. P : 25-30
- BABA AISSA F., 2000.** Les plantes médicinales en Algérie Edit. Bouchéne et AD. Diwan, Alger, p 368. Bellakhdar J., 1997. La pharmacopée traditionnelle marocaine: Médecine arabe ancienne et savoir faire. ISBN 2- 910728-03-X. Ibis Press.
- Bahadur S, Khan M S, Shah M, Shuaib M.,2018.** Traditional usage of medicinal plants among the local communities of Peshawar valley, Pakistan. Acta Ecologica Sinica.
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G., 2010.** Handbook of essential oils: science, technology, and applications. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- BENHAMZA Louiza., 2008.** Doctorat d'état en Sciences Vétérinaires Option Anatomie Pathologique/pharmacologie.
- Benoit G., 2015.** Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de Vienne [Thèse]. Université de poitiers faculté de médecine et de pharmacie.
- BOIS D., 1999.** Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges : histoire utilisation, culture. Volume 3 : plantes à épices, à aromates, à condiments. Paris : Ed. CME; 1999. p. 1-11.
- Boutayeb Abd., 2013.** Etude bibliographique sur les huiles essentielles et végétales. Université Ibn Tofail. [en ligne]. [Consulté en Juin 2018].
- Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- Bruneton, J., 2009.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 4eme Edition.
- Brunton J., 2005.** Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris.
- Burt S., 2004.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. Int. J. Food Microbiol. 94: 223-253
- Chakou F et Medjoudja K., 2014.** Etude bibliographique sur la phytochimie de quelques espèces du genre Nitraria. Mémoire de Licence, Univ. Kasdi Merbah, Ourgla, 29p

CHAUDHARI L.K., JAWALE B.A., SHARMA S., 2012. Antimicrobial activity of commercially available essential oils against *Streptococcus mutans*.

CHEVALLIER., 2001. Encyclopedia des plantes médicinales. Edit.La rousse, Paris, pp16, 293, 295.

Christophe Tardivon J, Chadouli M., 2012. Un exemple de développement humain au Maroc la coopérative féminine de Ben Karrich-Tétouan.

Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P., 2014. Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. Asian Pacific journal of tropical biomedicine, 4(2), 90-96.

Davet P Rouxel F., 1997. Détection et isolement des champignons du sol, Paris.cedex07, p147.

Ed.Tecet, Lavoisier, Carette D., 2000, A.S. La Lavande et son Huile Essentielle. Ph.D. Thesis, Université Lille 2, Lille, France.

Elachouri M., 2018. Chapter 5 - Ethnobotany/Ethnopharmacology, and Bioprospecting: Issues on Knowledge and Uses of Medicinal Plants by Moroccan People. In: Mandal SC, Mandal V, Konishi T, editors. Natural Products and Drug Discovery: Elsevier; p. 105-18.

Eloutassi N., 2013. Contribution au développement des régions rurales :Conservation de *Rosmarinus officinalis*, ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5 , N ° 130409 ISSN 2111-4706.

Stratton C F, Newman D J, Tan D S., 2015. Cheminformatic comparison of approved drugs from natural product versus synthetic origins. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2015;25(21):4802-7.

Fisher K, Phillips C ., 2009. In vitro inhibition of vancomycin-susceptible and vancomycinresistant *Enterococcus faecium* and *E. faecalis* in the presence of citrus essential oils. Br. J. Biomed. Sci. 66: 180-185

Franchrome P , Jollois R, Pénoel D., 2001. L'aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation des extraits aromatiques. Paris : Edition Roger Jollois.

GARBER A., 2015. Plantes médicinales pour les animaux : lesquelles et comment les utiliser.

- Haddad D, Hadji D., 2016.** Contribution à l'étude des huiles essentielles de *Myrtus communis* L. [thèse]. Université Mouloud Mammeri. Tizi ouzou
- Heinrich M., 2013.** Ethnopharmacology and Drug Discover. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering: Elsevier.
- Ilboudo Z., Dabiré L.C.B., Nébié R.C.H., Dicko I.O., Dugravot S., Cortesero A.M, Sanon A., 2010.** Biological activity and persistence of four essential oils towards the main pest stored cowpeas, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 46.124-128.
- ISMAN, M.B., 2005.** Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, N° 51, pp. 45-66.
- Jammaledine M., 2010.** Extraction et caractérisation de la composition des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* du Moyen Atlas [Mémoire]. Université sidi mohammed ben abdellah. Fès.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Stoilova, I., Stoyanova, A., Krastanov, A., Schmidt, E., 2006.** Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. *J. Agric. Food Chem.* 54 (17), 6303–6307.
- Kalemba D, Kunicka A., 2003.** Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 10: 813-829
- Kaloustian J, Hadji-Minaglo F., 2012.** La connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie. Paris. Edition Springer.
- Kamatou GP, Vermaak I and Viljoen AM., 2012.** Eugenol--from the remote Maluku Islands to the international market place: A review of a remarkable and versatile molecule. *Molecules* 17: 6953-6981.
- KAREN RANOARISOA., 2012.** Evolution historique et état des lieux de la filière girofle a Madagascar.[en ligne] . Sciences agronomiques. Madagascar : université d'antananrivo, 135p.
- Kharchoufa L, Merrouni I A, Yamani A, Elachouri M., 2018.** Profile on medicinal plants used by the people of North Eastern Morocco: Toxicity concerns. *Toxicon.* 154:90-113. **Hmamouchi I, Rachidi M, Abourazzak F E., 2012.** Pratique traditionnelle d'utilisation des plantes médicinales marocaines en rhumatologie.

KIM, S., C. PARK, M. OHH, H. CHO AND Y. AHN, 2003 - Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Stored Prod. Res.*, N° 29, pp. 11-19.

Kurkin., 2003. Phenylpropanoids as the biologically active compounds of the medicinal plants and phytopharmaceuticals.

Lis-Balchin M., 2002. Lavender: the genus *Lavandula*. Taylor and Francis, London.p: 37, 40, 50, 155-200.

Loi 85-5 du 16 février 1985 relative à la protection et à la promotion de la santé.

Lucchesi, M. E., Chemat, F., & Smadja, J., 2004. Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323–327

May J, Chan CH, King A, Williams L, French GL., 2000. Time-kill studies of tea tree oils on clinical isolates. *J. Antimicrob. Chemother.* 45: 639-643

Mendoza P.J, Flinn PW, Campbell JF, Hagstrum DW, Throne JE, 2004. Detection of Stored-Grain Insect Infestation in Wheat Transported in Railroad Hopper-Cars. *J Econ Entomol* 97:1474–1483.

Ndomo A.F., Tapondjou A. L., Tendonkeng F., Tchouanguép F. M., 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura*, 2009, 27, 3, 137-143.

Nenaah G E., Ibrahim S I.A., Al-Assiuty B A., 2015. Chemical composition, insecticidal activity and persistence of three Asteraceae essential oils and their nanoemulsions against *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Stored Products Research* 61 9-16.

Nixon, M., McCaw, M., 2001. *The Compleat distiller*. New Zealand: The Amphora Society.

NOGARET A.S., 2003. *La phytothérapie: Se soigner par les plantes*. Ed.Groupe Eyrolles.

Nurdjannah, N., Bermawie, N., 2012. 11—Cloves. In: Peter, K.V. (Ed.), *Handbook of Herbs and Spices*. second ed. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, pp. 197–215.

OLIVEIRA, José Varga., 2017. Fumigation and repellency of essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea. *Pesq. agropec. bras.* [online], vol.52, n.1 [cited 2021-01-19], pp.10-17.

Pourya, M., Sadeghi, A., Ghobari, H., Taning, C.N.T., Smagghe, G., 2018. Bioactivity of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *Kurdica* (Zohary) Rech. F. and *Pistacia khinjuk* Stocks essential oils against *Callosobruchus maculatus* (F, 1775) (Coleoptera: Bruchidae) under laboratory conditions. *J. Stored Prod. Res.* 2018.03.007.

Rahman I U, Afzal A, Iqbal Z, Ijaz., 2012. Historical perspectives of Ethnobotany. *Clinics in Dermatology.*

Rakotoatimanana B.V., 1999. : Contribution à l'optimisation d'une unité de production d'huiles essentielles », mémoire de fin d'études, Département Génie Chimique, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo ESPA, Université d'Antananarivo,

RANOARISOA KM., 2012. Evolution historique et état des lieux de la filière girofle à Madagasc[Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome]Antananarivo : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; 89 p.

Sabbah L., 2015. Alcaloïdes de la Pervenche., editor. Méga Guide STAGES IFSI. Paris: Elsevier Masson; 2015. p. 161-2.

Salhi S, Fadli M, Zidane L., 2010. Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa* 31:133–46 6.

Samia AOUADHI., 2015. Mémoire de master en toxicologie : « Atlas des risques de la phytothérapie rationnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes ». Tunis. Master spécialisé en toxicologie.

SHAAYA E., KOSTJUKOVSKI M., EILBERG J. et SUKPRAKARN C., 1997 - Plant oils as fumigants and contact insecticides for control of stored product insects, *Journal Stored Product Research*.N° 33, pp 7-15.

Shin S, Kim JH., 2005. In vitro inhibitory activities of essential oils from two Korean thymus species against antibiotic-resistant pathogens. *Arch. Pharm. Res.* 28: 897-901

Silva, T., 1995. Development of essential oil industries in developing countries. Austria: K.Tuley de Silvia.

Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H., et Fontem D. A., 2003. Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera, Bruchidae). Cahiers d'études et de recherches francophones, Agriculture, 12(6), pp : 401-407.

TEUSCHER, ANTON R, LOBSTEIN A., 2005. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, Lavoisier, 522p.

Tohidpour A, Sattari M, Omidbaigi R, Yadegar A, Nazemi J., 2010. Antibacterial effect of essential oils from two medicinal plants against Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) *Phytomedicine*. 17: 142-145

Vandebroek I., 2013. Intercultural health and ethnobotany: How to improve healthcare for underserved and minority communities *Journal of Ethnopharmacology*.

Vogler BK, Pittler MH, Ernst E., 1999. The efficacy of ginseng. A systematic review of randomised clinical trials. *Eur J Clin Pharmacol* 55 (8):567–75.

Wilson, M., 2010. Huiles essentielles pour la cuisine et le bien-être. Montréal]: Fides.

Woronuk G, Demissie Z, Rheault M, Mahmoud S., 2010. Biosynthesis and Therapeutic Properties of *Lavandula* Essential Oil Constituents.

**REFERENCES
WEBOGRAPHIQUES**

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

Site 1 : <https://fr.climate-data.org/afrique/maroc/boulemane>

Site 2 : <https://www.communesmaroc.com/ville/boulemane> (Haut Commissariat Au Plan, 2014)

Site 3 <https://doi.org/10.1016/B978-2-294-74529-4.00041-0>

Site 4 : <https://www.anpma.ma/>. (Agence Nationale des Plantes Médicinales et Aromatiques, 2021).

Site 5 : <http://www.abhsebou.ma/presentation-du-bassin/> (Agence du bassin hydraulique Sebou, 2004)

ANNEXE 1

Étude Ethnobotanique des Plantes Aromatiques et Médicinales et Évaluation de L'Activité Biologique du *Syzygium aromaticum*

- Age
- Sexe Masculin Féminin
- Niveau académique Analphabète Primaire collégial Secondaire Universitaire

- Origine de savoir formations initiation familiale Lecture
 autres

Nom scientifique ou (arabe, amazigh)	Origine et type de plante (sauvage ou cultivée)	Période et Technique de récolte	Partie utilisée	Mode de préparation	Pathologie traitée

-Avez-vous enregistré un cas d'intoxication du à la prise d'une plante médicinale, si oui comment procédez-vous?

.....

ANNEXE 2

Date de l'enquête

- ✓ **Lieu de l'enquête**

- ✓ **Age :**
- ✓ **Sexe :** Masculin Féminin
- ✓ **Situation familiale :** Célibataire Marié Divorcé
- ✓ **Niveau académique :** Analphabète Primaire Secondaire Universitaire

- ✓ **Milieu de vie :** Rural Urbain
 Ville :..... Village :..... Douar :.....

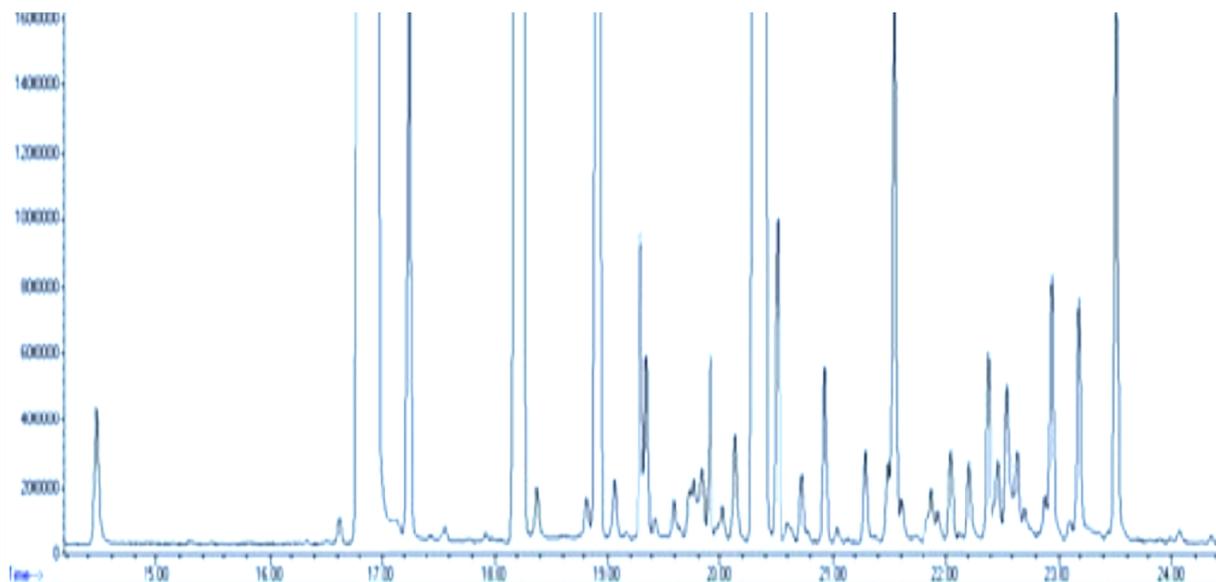
- ✓ **Origine de l'information :** La famille Herboriste Guérisseur Lecture

Nom scientifique ou (arabe, amazigh)	Partie utilisée	Mode de préparation	Pathologie traitée

-Avez-vous enregistré un cas d'intoxication du à la prise d'une plante médicinale, si oui comment procédez-vous?

.....

ANNEXE 3



Chromatographie en phase gazeuse de *Syzgium aromaticum*

Master Sciences et Techniques

Gestion et Conservation de la Biodiversité

Résumé

Nom et prénom : KARKACH Imane

Année Universitaire : 2020-2021

Titre : *Étude Ethnobotanique des Plantes Aromatiques et Médicinales et Évaluation de L'Activité Biologique du Syzgium aromaticum*

L'importance des plantes médicinales ne cesse d'augmenter en relation, d'une part, avec la forte augmentation de la demande mondiale enregistrée ces dernières décennies pour les plantes médicinales, d'autre part, elle est due au rôle potentiel de ces plantes grâce à leurs principes actifs notamment les huiles essentielles dans différents domaines à savoir, la cosmétique, l'agriculture...

L'étude ethnobotanique réalisée en premier lieu dans la région des Fès-Meknès précisément la province de Boulemane, nous a permis de mettre en évidence l'importante place de la phytothérapie traditionnelle dans cette région et le savoir-faire riche de la population locale, ainsi la deuxième enquête menée dans la même région et qui a été destinée aux herboristes de la région nous a permis de compléter le catalogue floristique des PAM de la région de Fès Meknès, et il s'est avéré que les myrtacées, les lamiacées et les astéracées restent les familles les plus citées par les enquêtés, d'où le choix de notre plante *Syzygium aromaticum*;

L'extraction de l'huile essentielle à travers la méthode de l'hydrodistillation, dont le rendement était de 6,3%. Les résultats des analyses de la CPG ont permis de caractériser soixante cinq composés, puis nous avons évalué l'efficacité de note huile essentielle dans la lutte biologique contre *Callosobruchus maculatus* (l'un des principaux ravageurs qui attaquent les légumineuses au Maroc) à travers 3 testes. Les résultats de cette étude ont montré que l'huile essentielle de *S. aromaticum* a un bon effet sur la mortalité, la fécondité, l'émergence et la répulsion de *C. maculatus*.

Mots clés : Enquête ethnobotanique, *Syzygium aromaticum*, hydrodistillation, CPG, lutte biologique.

