

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master II

Option :

Biotechnologie des Plantes Aromatiques et Médicinales et des Produits Naturels

**Valorisation de *Myrtus communis* L. de la région de Bejaia en
Vue de son utilisation dans l'alimentation et la santé.**

Présentée par :

M^{elle} **ALLALI Yamina Yasmine**

Devant le jury composé de :

Mme. Benfékih-Allal, L.	Pr.	USDB	Présidente
Mme. Moumene, S.	MCB	USDB	Directrice de Mémoire
Mlle. Chebata, N.	MAA	USDB	Examinatrice

Année Universitaire 2016 - 2017

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir accordé courage et volonté pour accomplir ce modeste travail.

"L'Homme est un Homme avec l'autre" selon Nietzsche. Cette citation prend tout son sens quand il s'agit de présenter en son nom le travail d'une équipe et l'aboutissement d'un effort intellectuel et technologique partagé. Je tiens à remercier ici tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à ce que notre travail soit fait.

Je remercie docteur le MOUMENE Saida, du département de Biotechnologies de l'Université de Saad Dahlab Blida 1 pour avoir accepté de m'encadrer et pour ses conseils et ses précieuses orientations qu'elle n'a cessé de m'apporter tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier tous les professeurs qui m'ont aidé dans mon cursus.

Et je remercie les membres du jury pour l'honneur d'évaluer mon travail.

Je tiens à remercier tous les membres de ma famille ALLALI et AYARI et GHORID, merci à mes parents d'avoir toujours cru en moi, pour leur soutien sans faille depuis toujours. Jamais je n'aurai réussi sans eux.

Je remercie toutes mes amies sans préciser les noms afin de n'oublier personne pour leurs encouragements, leur participation d'une façon ou d'une autre et pour les moments extraordinaires et inoubliables.

Dédicaces

A mes parents

A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

A mon cher père qui ma appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements.

A mes sœurs et mes frères et mes tantes

A mes frères Hamza et Anis et mes sœurs Malek, Lili, Imane, Lamis et ma chère tante Wafia et tante souade merci pour toute votre aide, que dieu vous garde vous protège et vous offre une vie pleine de bonheur et de succès, j'espère que vous trouverez dans ce travail mes vifs sentiments d'amour et d'affection !

A tous mes collègues et amis

Vous êtes toujours dans mon cœur. Je ne vous oublierai jamais et spécialement ma chère Khalouf Hafida et ma chère Mouici Samia, je vous remercie infiniment pour votre soutien comme des sœurs dans tous mon parcours. Veuillez trouver dans ce travail mon expression d'amour et d'amitié.

RESUME

Valorisation du *Myrtus communis* L. en vue de consommation alimentaire

Ce présent travail porte sur la valorisation du *Myrtus communis* L. en vue de son utilisation dans la consommation alimentaire. Les fruits et feuilles du myrte récoltés dans la Wilaya de Bejaia en Algérie ont fait l'objet de cette étude. Les résultats de l'étude ethnobotanique ont montré que le myrte est utilisé comme traitement dans les pathologies gastriques, et comme drogue anti-inflammatoire indiquée dans le cas de rhumatismes. Une partie, des feuilles séchées ont été soumises à une hydrodistillation, pour le suivi de l'évolution du rendement en huiles essentielles en fonction du temps. Cette technique a permis de déterminer que la durée de traitement pour l'obtention du meilleur rendement est comprise entre 100 et 250 mn, et d'une valeur de 0.57 %. L'étude histologique basée sur les coupes anatomiques, au niveau des feuilles ont été suivies par des observations microscopiques pour l'identification des tissus et la localisation des glandes sécrétrices. L'Extraction des polyphénols a montré un meilleur rendement par macération d'une moyenne de 29 %. Aussi l'étude de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux de la plante étudiée a révélé un pourcentage élevé d'inhibition de (IC50 = 0,59mg/ml). Ce qui confirme une forte capacité anti-radicalaire de la plante étudiée. Notre étude à fait ressortir un arôme naturel par la méthode d'extraction sous vide et un colorant naturel à partir de notre plante phare qui ont peu être conserver durant 4 mois, donc ils peuvent être utilisés dans le domaine agro-alimentaire en toute sécurité après avoir compléter quelques essais.

Mots clés : *Myrtus communis*, Huile essentielle, Activité anti-oxydante, polyphénols, Arôme et Colorant.

Abstract

Valorisation of *Myrtus communis* L. for food consumption

This research project focuses on the valorization of *Myrtus communis* L. for use in food consumption. The fruit and leaves of the myrtle collected in the Wilaya of Bejaia in Algeria were the subject of this study. The results of the ethnobotanical study in different parts of the country have shown that myrtle is used as a treatment in gastric pathologies and as an anti-inflammatory drug indicated in the case of rheumatism. Some of the dried leaves were subjected to a hydrodistillation to monitor the evolution of the yield of essential oils as a function of time. This technique made it possible to determine that the treatment time for obtaining the best yield is between 100 and 250 minutes and a value of 0.57%. The histological study based on the anatomical sections at the leaf level was followed by microscopic observations for the identification of the tissues and the location of the secretory glands. Extraction of polyphenols showed a better decoction yield of an average of 29%. Thus, the study of the antioxidant activity of the aqueous extract of the studied plant revealed a high percentage of inhibition of $IC_{50} = 0,59\text{mg/ml}$. This confirms a strong anti-root capability of the plant studied. Our study revealed a natural flavor by the vacuum extraction method and a natural solvent dye from our flagship plant which can be used in the food industry safely after completing some tests.

Key words: *Myrtus communis*, Essential oil, Antioxidant activity, polyphenols, Aroma and Colorant.

Abréviation

DPPH : Radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

R : Radicaux.

μl : Microlitre.

UV : Radiations ultra-violettes.

HE : huile essentielle.

HCl : Acide chlorhydrique.

MeOH : Méthanol.

EtOH : Ethanol.

RL : Radicaux libres.

IC : La concentration inhibitrice.

% : Pourcentage.

M : Molarité.

N : Normalité.

°C : Degré Celsius.

pH : Potentiel hydrogène.

V : Volume.

P : Poids.

rpm : Rotation par minute.

AFNOR : Association Française de normalisation.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

L'OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

L'INRA : L'Institut National de la Recherche Agronomique.

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie de partie aérienne de *Myrtus communis* L.

Figure 2 : Distribution géographique de *Myrtus communis* L.

Figure 3 : Formule chimique de la cellulose et la modélisation de l'assemblage des fibres cellulosiques.

Figure 4 : Systèmes de défense contre les radicaux libres.

Figure 5 : Les feuilles et fruits du *Myrtus communis* L. de la région de Bejaia.

Figure 6 : *Myrtus communis* L. dans son biotope naturel.

Figure 7 : Dispositif d'hydrodistillation de type Clevenger.

Figure 8 : Dispositif mise au point par Likens et Nickerson pour la distillation.

Figure 9 : Domaine d'utilisation du myrte dans chaque station.

Figure 10 : Partie utilisée dans chaque station.

Figure 11 : Mode de préparation du myrte dans chaque station.

Figure 12 : Pathologies traitées dans chaque station.

Figure 13 : les feuilles *Myrtus communis* L. de la région de Bejaia.

Figure 14 : Coupe transversale du fruit de *Myrtus communis* L.

Figure 15 : Coupe transversale dans la feuille de myrte vue au microscope.

Figure 16 : Coupe transversale présentant les tissus existants dans la feuille du myrte vue au microscope photonique (GX500).

Figure 17 : Rendement en huile essentielle lors de l'hydrodistillation des feuilles de *Myrtus communis* L.

Figure 18 , 19 : Rendement d'extraction des polyphénols totaux par décoction et macération.

Figure 20 : Inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'extrait brut de feuilles de *Myrtus communis* L.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Principaux chémotypes de l'huile essentielle du *Myrtus communis* L. selon l'origine géographique.

Tableau 2 : Principales classes des composés phénoliques.

Tableau 3 : Activités biologiques de quelques composés phénoliques.

Tableau 4 : Variables indiquées dans le questionnaire utilisé pour notre étude ethnobotanique.

Tableau 5 : Evaluation des paramètres physicochimiques de l'HE étudiée.

Tableau 6 : Effet antioxydant des extraits étudiés.

Tableau 7 : Absorbances et concentrations des dilutions de l'extrait de *Myrtus communis* L.

Liste des Annexes

Annexes 1 : Plan de la station de récolte.

Annexes 2 : Vue par satellite de la station de récolte.

Annexes 3 : Influence de la durée d'extraction sur le rendement en huile essentielle de *Myrtus communis* L.

Annexes 4 : l'absorbance de l'acide gallique.

Annexes 5 : Courbe d'étalon de l'acide gallique.

Annexe 6: Formule chimique de la cellulose et la modélisation de l'assemblage des fibres cellulosiques

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.

DEDICACES.

RÉSUMÉ.

LISTES DES FIGURES ET DES TABLEAUX.

INRODUCTION.1

CHAPITRE 1 : Etude bibliographique.

1 Généralités sur les plantes médicinales.....	3
2 Aperçu sur la famille des Myrtaceae.....	3
3 Généralités sur <i>Myrtus communis</i> L.....	3
1.3 Position systématique.....	4
4Caractérisation botanique.....	4
5Caractérisation histologique.....	5
6 Répartition géographique.....	5
7 Biologie et exigences culturelles.....	6
8 Utilisation traditionnelle.....	7
9 Composition biochimique.....	8
9.1 Cellulose brute.....	8
9.2 Matière grasse.....	8
9.3 Matières azotées totales.....	9
10 Les huiles essentielles.....	9

TABLE DES MATIERES

10.1 Généralités et définitions.....	9
10.2 Facteurs déterminant la qualité des huiles essentielles.....	10
10.3 Localisation et rôles des huiles essentielles chez les végétaux.....	11
10.4 Méthodes d'extraction.....	12
10.5 Caractérisation des huiles essentielles.....	13
11 Les polyphénols.....	13
11.1 Généralités et définitions.....	13
11.2 Classification des structures phénoliques.....	15
11.3 Méthodes d'extraction.....	16
11.4 Rôles et fonctions biologiques.....	16
12 Pouvoir antioxydant.....	17
12.1 Définition des radicaux libres.....	18
12.2 Les antioxydants.....	18
12.3 Les antioxydants primaires.....	18
12.4 Les antioxydants secondaires.....	19
12.5 Les radicaux libres dans les systèmes biologiques.....	19
12.6 Piégeage du radical 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH).....	20
13 Généralités sur les arômes.....	20
13.1 Différentes catégories d'arômes.....	20

TABLE DES MATIERES

13.2	Extraction d'arômes.....	21
14	Les colorants.....	21
14.1	Différents types de colorants.....	22
14.2	Rôle des colorants.....	23

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES.

1	Matériel végétal.....	24
2	Etude ethnobotanique.....	25
3	Etude de la plante.....	26
3.1	Caractérisation morphologique du matériel végétal Frais.....	26
3.2	Etude anatomique.....	27
3.3	Caractéristique physico-chimique de la plante.....	27
3.3.1	Potentiel hydrogène.....	27
3.3.2	Teneur relative en eau.....	27
3.3.3	Taux d'humidité de la poudre végétale.....	28
3.3.4	Etude de la composition biochimique de la plante.....	29
3.3.5	Cellulose brute.....	29
3.3.6	Matières grasses.....	30
3.3.7	Matières azotées totales.....	30
4	Extraction d'huile essentielle.....	31
4.1	Extraction.....	31
4.2	Cinétique de rendement.....	32
4.2	Caractérisation physicochimique des huiles essentielles.....	33
4.3	Indice d'acide.....	33

TABLE DES MATIERES

4.4 Indice d'ester.....	34
4.5 Indice de réfraction.....	34
5 préparation des extraits brutes	35
6 Dosage des polyphénols totaux.....	36
7 Etude de l'activité antioxydante des extraits de la plante.....	36
8 Mise en évidence des arômes à partir du myrte.....	37
9 Mise en évidence des colorants à partir du myrte.....	38
10 Exploitation des résultats des données.....	38

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.

1 Exploitation des résultats collectés à partir de l'étude ethnobotanique.....	39
2 Description morphologique du matériel végétal frais.....	42
3 Description histologique.....	44
4 Caractérisation physico-chimique de la plante.....	46
4.1 Potentiel hydrogène.....	46
4.2 Teneur en eau.....	46
4.3 Taux d'humidité dans la poudre de végétale.....	46
5 Composition biochimique de la plante.....	46
5.1 Cellulose brute.....	46
5.2 Matière grasse.....	47
4.3 Matières azotées totales.....	47

TABLE DES MATIERES

6 Huile essentielle de feuille de myrte.....	47
6.1 Cinétique et rendement.....	47
6.2 Caractérisation physico-chimique des huiles essentielles.....	48
7 Les polyphénols totaux du Myrte communis L.....	51
8 La teneur en polyphénols totaux.....	52
9 Activité antioxydante du Myrte communis L.....	52
10 Production des arômes à partir du myrte.....	53
11 Production d'un colorant naturel à partir du myrte.....	53
CONCLUSION.....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	56
ANNEXES.....	72

INTRODUCTION

Depuis des millénaires, les plantes médicinales ont été utilisées par nos ancêtres, qui ont su développer les extraordinaires vertus médicinales que recèlent les plantes. L'Algérie à l'instar de nombreux pays du monde, recèle d'un patrimoine important des plantes médicinales et aromatiques ; qu'il est utile d'explorer et de valoriser en utilisant les substances bioactives issues des plantes dans différents domaines comme la mise au point de nouvelles formulations dans l'industrie agroalimentaire, cosmétologique et en pharmacie. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires qui se sont surtout illustrés dans le domaine thérapeutique Lucienne, (2013).

Comme plante d'étude nous avons opté pour *Myrtus communis* L., de la famille des myrtacées qui pousse naturellement dans le nord Algérien (Site de notre récolte wilaya de Bejaia).

Le Myrte a suscité beaucoup d'intérêt de la part des chercheurs dans le monde.

La recherche élaborée sur les propriétés phyto-chimiques et pharmacologiques du Myrte par, Asgarpahah et *al.* (2015) en Inde.

Maxia et *al.* (2011) ont rapporté l'effet anti-inflammatoire de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. dont les composés majoritaires sont le (1,8-cinéol, 16% ; linalol, 12%) administrée aux doses de 1 ml/kg et de 2 ml/kg en Amérique.

En Italie, De Laurentis et *al.* (2005) ont mis en évidence l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de myrte sur les bactéries gram positive.

le myrte possède un large spectre biologique, à titre d'exemple l'activité antimicrobienne, spasmolytique et immunodulante et expectorante en Tunisie et en Algérie par Ben Ghnaya et *al.*, (2013).

La caractérisation physico-chimique des extraits hydrosolubles préparés à partir des fruits du Myrte par Chidouh A., (2014), en Algérie. L'analyse du pouvoir antioxydant des extraits aqueux préparés à partir de cette même plante, réalisé par Touaibia et *al.* (2013), en Algérie.

Les travaux de Chaouche, (2010) ont permis la détermination structurale des Composés Flavoniques de l'espèce *Myrtus communis* L. en Algérie.

INTRODUCTION

Enfin la modernisation de la société Algérienne a engendré plusieurs problématiques parmi eux le manque de produits naturels et l'augmentation des différentes maladies et carences. L'objectif de notre volet de recherche est d'apporter des solutions naturelles à certaines de ces problématiques comme les colorants toxiques les oxydes de chrome ou de plomb qui conduisant à des empoisonnements chroniques, notre solution consiste donc l'extraction de colorant naturel à partir des fruits de myrte qui peut être utilisé dans le domaine agro-alimentaire et de même pour l'arôme extrait à partir des feuilles de myrte. et l'objectif de notre étude est de connaître l'influence de la zone de récolte sur la composition de la plante et l'influence de la méthode d'extraction sur le rendement.

1 Généralités sur les plantes médicinales

Une plante peut être qualifiée de médicinale lorsqu'elle contient, au niveau de ses organes (feuilles, fruits, tiges, racines, fleurs, bulbes, graines), un ou plusieurs principes actifs qui sont aussi appelé par la pharmacopée française (2012), comme drogue végétale utiliser à des fins thérapeutiques. Les principes actifs sont des substances chimiques contenus dans la plante médicinale agissant de façon isolée ou en association pour une action thérapeutique. Une plante médicinale peut contenir des centaines, voire des milliers de principes actifs différents. (Volàk et *al.* 1984 ; Iserni, 2001).

Selon l'OMS (1998), la phytothérapie est le traitement médical le plus utilisé au monde, bien qu'il existe plus de 20 000 plantes utilisées dans le monde pour leurs propriétés médicinales, sans compter celles que nous n'avons pas encore découvertes. Seulement 2 000 à 3000 plantes médicinales ont été étudiées au niveau scientifique. Pour information, on estime qu'il y a environ 500 000 espèces végétales dans le monde mais, Seulement la moitié a été répertoriée, dans des endroits comme l'Amazonie. Un nombre important de plantes reste donc à identifier et à recenser.

2 Aperçu sur la famille des Myrtaceae

La famille des Myrtaceae est la huitième plus grande famille de plantes vu son importance économique et écologique. Elle comprend 5650 espèces classées dans 150 genres (Govaerts et *al.*, 2008). Elle connaît une grande diversité dans la zone tropicale, notamment en Australie, en Amérique du Sud et en Asie tropicale (Mabberley 1997 ; Gattapaglia et *al.*, 2012).

Les espèces végétales de cette famille sont économiquement de première importance pour les industries pharmaceutiques, agroalimentaires ou cosmétiques, sans compter les nombreux composés potentiellement bioactifs qu'il reste à analyser et valoriser (Govaerts et *al.*, 2008).

1.3 Généralités sur *Myrtus communis* L.

3 Position systématique

On peut classer *Myrtus communis* L. du point de vue botanique selon les divisions suivantes (Grêté, 1965) :

- Règne : Plantae.
- Sous-règne : Eucaryotae.
- Embranchement : Spermaphytae.
- Sous-embranchement : Angiospermae.
- Classe : Dicotylédonae.
- Ordre : Myrtales.
- Famille : Myrtaceae.
- Genre : *Myrtus*.
- Espèce : *Myrtus communis* L.

Selon les pays, le *Myrtus communis* L. est connu sous différentes dénominations (Beloued, 2001 ; Goetz, 2012).

- Nom latin : *Myrtus communis*.
- Nom français : Myrte commun, Herbe du lagui.
- Nom arabe : Rihan, Hadas, Mersin, Henblass.
- Nom berbère : Chelmoun, Halmouch.
- Nom tamahaq : Tarihane, Tchlmoun.

4 Caractérisation botanique

Le myrte est phanérophyte sempervirent, c'est un arbuste diploïde typique de la flore méditerranéenne ($2n = 2x = 22$) (Messaoud et *al.*, 2011). Il possède une tige assez régulière, toujours verte et à écorce rousse. Toutes ses parties ont un parfum très frais et fort agréable.

Les rameaux sont quadrangulaires les deux premières années (Gonzalez-varo et *al.*, 2009).

Les feuilles sont opposées, ovoïdes, lancéolées, 2 à 3 fois plus longues que larges, mesurant (20-24 × 4-11 mm), à nervation pennée, munies d'un pétiole très court, à extrémités aiguës, et un peu convexes, lisses, coriaces, et d'un vert foncé brillant (Figure 1a).

La floraison débute à partir de mai-juin et s'étale jusqu'en août. Les fleurs sont odorantes, solitaires, aux pétales blancs, jusqu'à 3 cm de diamètre, pourvue à la base de 2 bractées très petites, isolées à l'aisselle des feuilles et portées par de longs pédoncules. Elles sont régulières, de type 5. Le pistil est constitué de deux ou trois carpelles soudés, et l'ovaire est surmonté d'un très long style, qui traverse un disque nectarifère blanc et pentagonal. La pollinisation est effectuée par les insectes (Figure 1b) (Gonzalez-varo et al., 2009).

Le fruit est une baie ovoïde de (7-10 × 6-8 mm), de dimensions de couleur noir-bleuâtre au sommet d'un pédoncule ténu, de saveur âpre, résineuse et astringente (Figure 1c). Les graines sont réniformes, luisantes, de couleur ivoire (Figure 1d), et de saveur résineuse avec des irrégularités de forme et de tailles.



Figure 01 : Morphologie de partie aérienne de *Myrtus communis* L. (Tuberoso, et al., 2010 ; Migliore, 2011). a : floraison, b : les feuilles, c : les graines, d : Fructification.

5 Caractérisation histologique

Le myrte est caractérisé par la présence de glandes ou structures sécrétrices dans les feuilles et les fleurs (Ciccarelli et al., 2005). L'accumulation de l'huile essentielle dans des cavités sécrétrices de type schizogène, est une caractéristique de la famille des Myrtacées. La poche sécrétrice est localisée sous l'épiderme foliaire. Elle est constituée d'un espace intracellulaire, qui est entouré par un épithélium de cellules sécrétrices d'huile essentielle. (Kalachanis et al., 2005).

6 Répartition géographiques

Cette espèce végétale pousse dans différentes régions du monde. On la trouve à l'est de l'Amérique et dans les régions tempérées chaudes de l'hémisphère boréal. Son aire de diffusion s'étend en Asie jusqu'en Perse (Vicidomini, 2007). Elle rentre dans l'ethno-

pharmacopée de nombreux pays méditerranéens, tels que, Chypre, Ethiopie, Iran, Irak, Italie, Maroc, Palestine, Tunisie, Turquie et Yemen (Figure 02).

Elle pousse spontanément dans les maquis, les bois humides et les forêts de chêne, au bord des routes ainsi qu'à proximité du littoral (Poletti, 1982 ; Cakir, 2004 ; Azaizeh et *al.*, 2006 ; Ciccarelli et *al.*, 2008).



Figure 02 : Distribution géographique de *Myrtus communis* L. Migliore J., (2011).

7 Biologie et exigences culturales

Il a une préférence pour les sols bien drainés et frais. C'est une plante très résistante aux conditions climatiques que se soit la sécheresse ou bien le gel jusqu'à -7°C (Dias et *al.*, 1987).

Selon Théophraste, (1988) le myrte a besoin d'un émondage très séché, d'un apport de fumier très fort et un arrosage aussi copieux que leur émondage sévère. Les vieux arbres sont rabattus et le tronc se cultive comme un variable plant.

D'après Belot (1987) a affirmé que le myrte se multiplie par voie sexuée ou semis des graines et par la propagation végétative comme, le marcottage le bouturage et la division des touffes. Il se bouture relativement bien avec les rameaux semi lignifiés.

La récolte des fruits de myrte s'étale du mois de septembre jusqu'au mois de décembre. Cependant les feuilles se récoltent de mai à septembre, en laissant toujours les 2/3 du feuillage pour ne pas affaiblir la plante (Ramdani, 1994).

8 Utilisation traditionnelle

Le myrte est cultivé depuis l'antiquité, pour ces propriétés médicinales et pour son parfum (Dias *et al.*, 1987). Le myrte occupe une place importante dans l'histoire, il était réputé pour son action antiseptique. Hippocrate (médecin grec, vers 277 av.J.C.) utilisait ses baies contre les métrorragies. Dioscoride et Pline (médecins latins du 1^{er} siècle ap. JC) indiquaient de nombreuses applications médicales. Ainsi, les feuilles écrasées s'appliquaient sur les ulcères. La poudre de feuilles est utilisée pour préparer, un macérât contre les panaris et les maladies des ongles. Elle est également administrée contre les pertes séminales et les sueurs cardiaques. Les fleurs sont utilisées pour faire noircir les cheveux. Les fruits verts ou desséchés s'employaient contre les hémorragies. Bouillies dans le vin comme vulnéraire et astringent externe. Le suc des baies était utilisé comme stomachique et diurétique. Les graines sont utilisées contre les affections osseuses (Gryc, 1985).

Le myrte est connu en Algérie pour ses propriétés anti-inflammatoires et hypoglycémiantes (Bouzabata, 2013). Les feuilles sont utilisées comme remède contre les affections des voies respiratoires. Les préparations à base de cette plante sont préconisées contre les bronchites, les sinusites, les otites, les diarrhées et les hémorroïdes. Les fruits constituent un remède contre la dysenterie, l'entérite et les hémorragies (Beloued, 1998).

En Tunisie, les fruits sont utilisés dans le Nord du pays à l'état frais ou bien en décoction pour soulager l'ulcère et les douleurs gastriques ; ils sont préconisés pour arrêter les diarrhées aiguës, et comme traitement de la toux et des rhinites. L'huile essentielle issue des fruits est utilisée pour atténuer les douleurs rhumatismales en application locale (Boukef, 1986).

Au Maroc, l'infusion et la décoction des feuilles sont utilisées comme remède des affections respiratoires et des diarrhées. L'infusion est également préconisée pour traiter la conjunctivite. Le décocté est appliqué sur les plaies, les abcès, les furoncles et les hémorroïdes saignants. Le décocté concentré est donné aux femmes dans les hémorragies de la délivrance. Le fruit est mâché contre les gingivites et les aphtes (Bellakhdar, 1997).

9 Composition biochimique

9.1 Cellulose brute

La cellulose représente le composé structural de base des parois cellulaires des végétaux supérieurs. C'est le constituant organique majoritaire des plantes et le plus largement synthétisé sur Terre (Douglas *et al.*, 1985).

D'un point de vue structural, la cellulose est un polysaccharide de la série des β -Dglucanes dont le motif répétitif est la cellobiose, constitué de deux β -Dglucopyrannoses (Annexe 6), (Aspinall, 1980 ; Douglas *et al.*, 1985 ; Nevell *et al.*, 1985 et Klemm *et al.*, 2004).

La structure fibrillaire très condensée de la cellulose explique sa haute résistance aux attaques chimiques (Aspinall, 1980), mais également sa haute résistance mécanique à la traction, qui implique son emploi fréquent dans les textiles et cordages (Raynal-Ioualalen, 1996 ; Guignard, 2000).

La méthode de son extraction selon les normes ISO (1997) passe par deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide qui va durée 1h à l'aide de l'acide sulfurique et l'autre en milieu alcalin à l'aide de la soude durant jusqu'à 24h.

9.2 Matière grasse

La matière grasse est un composant naturellement présent dans de nombreux aliments et constitue une part essentielle de notre alimentation. Les huiles et graisses sont également appelées corps gras ou matière grasse (Nevell *et al.*, 1985).

Il faut tenir compte que les matières grasses jouent un rôle essentiel en apportant de l'énergie aux êtres vivants grâce aux lipides qu'elles contiennent (Nevell *et al.*, 1985).

Les corps gras sont majoritairement composés de triglycérides qui sont des esters constitués d'une molécule de glycérol et de trois acides gras. Les autres composants forment ce que l'on appelle l'insaponifiable (Nevell *et al.*, 1985).

Selon les normes Pharmacopée Européenne, (1997) et les publications de l'INRA (1988), la méthode d'extraction dure 8h et le solvant d'extraction utilisé est l'éther de pétrole. Cette méthode se base sur l'extracteur soxhlet.

9.3 Matières azotées totales

Ce sont des constituants azotés des aliments et végétaux tels que, les protéines, les acides aminés libres, les amides et les nitrates. Leur teneur est donc le produit de la teneur en azote de l'aliment d'après ISO (1997).

La méthode de Kjeldahl est une technique de détermination du taux d'azote dans un échantillon. Elle est applicable pour le dosage de l'azote de différents composés azotés tels les amines et les sels d'ammonium quaternaires. Elle ne permet pas le dosage direct des nitrates, nitrites, nitrosyles, cyanures qui doivent d'abord être réduits en ammoniac. Quand l'azote est sous forme organique, on procède d'abord à la minéralisation du composé pour passer à de l'azote minéral. On détruit la molécule organique en l'oxydant à ébullition avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré, en présence de catalyseur : le carbone s'élimine sous forme de dioxyde de carbone (CO_2), l'hydrogène sous forme d'eau et l'azote reste en solution sous forme d'ion ammonium (NH_4^+) (Csesk et *al.*, 1999).

10 Les huiles essentielles

10.1 Généralités et définition

Actuellement, près de 3000 huiles essentielles sont décrites, parmi lesquelles environ 300 présentent une importance commerciale dans le cadre de l'application pharmaceutique, cosmétique, alimentaire, agronomique ou dans le domaine de la parfumerie (Bekkara et *al.*, 2007 ; Tajkarimi et *al.*, 2010).

A l'échelle mondiale, la production des huiles essentielles est d'environ 30 tonnes par an. Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis, la chine, le Maroc, la Bulgarie, l'Inde, la France, l'Egypte et l'Espagne. L'Algérie se hisse à la 10^{ème} place avec 8000 dollars de capitaux générés par l'exportation d'huile essentielle, à la fin des années 70. (Tchoumboung et *al.*, 2009).

Djeddi (2012) affirme que les huiles essentielles exportées par l'Algérie provenaient soit des cultures familiales ou des plantes spontanées, tels que la menthe, le jasmin, le rosier, le géranium, la lavande, le romarin, l'origan, le thym, la sauge... Actuellement, la production d'huiles essentielles est limitée à quelques producteurs privés artisanaux qui ne subvient pas au marché national.

Ce sont des mélanges de nombreux composés tels que les molécules peu complexes comme les terpènes, les phénols, méthyl-éthers, les oxydes, les esters et les cétones (Isman, 2002).

10.2 Facteurs déterminant la qualité des huiles essentielles

Jouaulte (2012) a rapporté que les critères définissant la qualité des huiles dépendant de plusieurs facteurs pouvant être résumés comme suit :

La sélection de la plante qui est tributaire du genre et de l'espèce botanique.

Le chimiotype représentant les différentes molécules chimiques que la plantes de la même espèce peuvent produire si elles sont placées dans des conditions de cultures différentes. Le chémotype dépend de l'ensoleillement, de la température, de l'humidité, de la nature du sol, de la pression atmosphérique, de la photopériode.

La partie de la plante considérée pour l'extraction est déterminante pour la qualité de l'huile. En effet, les différentes parties d'une plante ne possèdent pas un équipement enzymatique uniforme, ce qui entraîne une différence de composition dans les constituants produits. Il est donc impératif de préciser la partie considérée lors de l'extraction de l'HE. Le tableau 1 illustre les chémotypes de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. collectée de différentes régions.

Le choix de la période de récolte : est relatif au moment où les principes actifs les plus intéressants produits par la plante sont à leur concentration maximale.

La conservation des huiles essentielles : doit se faire dans des flacons en verre opaques hermétiques et placés dans un endroit frais, à l'abri de la lumière et de la chaleur pour éviter leur oxydation et la polymérisation de leurs composants.

Tableau1 : Principaux chémotypes de l'huile essentielle du *Myrtus communis* L. selon l'origine géographique

Chémotype	Origine	Parties utilisées	Références
Alpha pinène / Limonene	Italie	Feuilles	Flamini et <i>al.</i> , (2004)
Acétate de myrtenyl/ Alpha pinène	Grèce, Maroc, Croatie.	Rameaux feuilles	Gardeli et <i>al.</i> , (2008) Farah et <i>al.</i> , (2006) Jerkovic et <i>al.</i> , (2013)
Alpha pinène/ Limonène	Iran, Grèce, Italie.	Feuilles	Yadegarinia et <i>al.</i> , (2006). Koukos et <i>al.</i> , (1998). Rapparini et <i>al.</i> , (1984).
1,8 cinéole / Alpha pinène	Tunisie	Feuilles	Messaoud et <i>al.</i> , (2005)
Limonène / Alpha pinène	Turquie, Tunisie, Suède	Feuilles	Agkul et <i>al.</i> , (1989) Messaoud et <i>al.</i> , (2005) Shikhiev et <i>al.</i> , (1978)

10.3 Localisation et rôles des huiles essentielles chez les végétaux

Les huiles essentielles sont largement répandues chez les végétaux supérieurs. Elles peuvent être stockées dans tous les organes, les sommités fleuries, les feuilles, les rhizomes. Les fruits, les écorces et les graines (Houel, 2011).

Les huiles essentielles (HE) sont produites par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Csesk et *al.*, 1999).

La teneur des plantes en huiles essentielles est généralement faible, de l'ordre de 1% (Guignard, 1995).

Les huiles essentielles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement et à assurer leur défense. En effet, étant fixées au sol elles n'ont que les composés chimiques issus du métabolisme secondaire, stockés à l'endroit où ils seront le plus utiles comme arme de défense contre les parasites et les prédateurs. Les plantes possédant ces composés toxiques, qualifiés de phagodétendants ou d'inappétants, sont moins consommées (Houel, 2011).

De façon générale, les terpénoïdes jouent un rôle fondamental dans les interactions entre les organismes vivants, permettant par exemple à une plante d'attirer les pollinisateurs, ou les prédateurs ou les parasitoïdes des herbivores venant l'attaquer (Gerhenzon et *al.*, 2007 ; Unsicker et *al.*, 2009). C'est en particulier ce dernier rôle qui donne toute son importance à une stratégie bioinspirée de recherche de composés antifongiques, antibactériens ou bioinsecticides parmi les métabolites secondaires, et en particulier les huiles essentielles de (Figueiredo et *al.*, 2008).

10.4 Méthodes d'extraction

Il existe plusieurs méthodes pour l'extraction mais les plus courantes sont présentées ci-dessous.

L'extraction par l'hydrodistillation est la méthode la plus couramment employée son principe est une distillation hétérogène. Le procédé consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, l'ensemble est ensuite porté à ébullition, à pression atmosphérique. Sous l'effet de la chaleur, les molécules odorantes contenues dans les glandes sécrétrices des végétaux sont libérées sous forme d'un mélange azéotropique. Bien que la plus part des constituants aient des températures d'ébullition supérieures à 100°C, ils sont entraînés mécaniquement avec la vapeur d'eau. Le refroidissement par condensation conduit à la séparation du mélange eau-huile essentielle par décantation. Le système Clevenger, préconisé par la pharmacopée européenne (1997) permet le recyclage de la phase aqueuse du distillat dans le bouilleur par cohobage Clevenger, (1928). Ainsi, l'eau et les molécules volatiles sont séparées, par leurs différences de densité, dans l'essencier en une phase aqueuse (hydrolat) et une phase organique surnageante (huile essentielle). La durée d'hydrodistillation, de trois à six heures en fonction de la matière végétale à traiter, peut avoir une influence sur le rendement en huile essentielle et sur sa composition chimique.

L'extraction par entraînement à la vapeur est un flux de vapeur d'eau injecté au contact d'un liquide organique. Ce dernier est chauffé par la vapeur d'eau puis distillé avec elle.

Son but est d'emporter avec la vapeur d'eau les constituants volatils des produits bruts. La vapeur détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur, chargée de l'essence de la matière première distillée, se condense dans le serpentín de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier (vase de décantation pour les huiles essentielles). Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle. La partie contenant

les composés hydrosolubles est appelée eau de distillation (ou hydrolat). On recueille alors un mélange de composition défini de ces deux produits (Torreggiani et *al.*, 2005).

Extraction par micro-ondes au début des années 1990 est apparue une toute nouvelle technique appelée hydrodistillation par micro-ondes sous vide. Dans ce procédé, la matrice végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle (Torreggiani et *al.*, 2005).

Extraction à froid La pression à froid est le moyen le plus simple mais aussi le plus limité. Cette technique d'extraction est utilisée pour obtenir des essences d'agrumes contenues dans les zestes. Autrefois, les fruits étaient frottés manuellement sur des parois garnies de picots d'une écuelle de bois. L'huile exprimée était recueillie à l'aide d'une éponge. Elle était ensuite soigneusement filtrée. Quatre à cinq heures sont nécessaires pour traiter une centaine de kilo d'écorces, sans compter les pertes de rendement (Torreggiani et *al.*, 2005).

10.5 Caractérisation des huiles essentielles

De nombreux facteurs peuvent modifier les essences provenant du végétal. Les huiles essentielles sont des composés très altérables car ils renferment des composés oxydables sous l'action de l'air et de la lumière. Ils s'altèrent en se résinifiant. Ce qui entraîne une modification de leur parfum, leur saveur et leurs constantes physiques et chimiques en les rendant impropres à l'utilisation. La normalisation des huiles essentielles concerne Isman (2002) définissant les caractéristiques suivantes :

Les propriétés organoleptiques telles que l'odeur, la couleur, l'aspect et la saveur et les caractéristiques chimiques comme l'indice d'acide et d'ester. En fin, le profil chromatographique et la quantification relative des différents constituants,

11 Les polyphénols

11.1 Généralités et définition

Depuis une quinzaine d'années, chercheurs et industriels de l'agro-alimentaire s'intéressent de plus en plus à une catégorie d'antioxydants et des polyphénols. La reconnaissance des propriétés antioxydantes de ces composés, leur abondance dans l'alimentation et leur rôle probable dans la prévention des maladies associées à un stress oxydant sont les principales raisons de cet engouement (Boizot et *al.*, 2006).

A l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolées et identifiées (Hynes et *al.*, 2004). Ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une

ou plusieurs fonctions hydroxyles qui peuvent être libres ou engagées (Mochizuki et *al.*, 2001), avec ou non d'autres fonctions : alcoolique (OH), carboxylique (COOH),....

En effet, les composés phénoliques, sont des molécules du métabolisme secondaire spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir (Kakhlon et *al.*, 2002).

La désignation « polyphénols » est fréquemment utilisée dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux, elle devrait être réservée aux seules molécules présentant plusieurs fonctions phénols. Ce qui exclurait donc les de monophénols, pourtant abondants et importants chez les végétaux. Donc la désignation générale « composés phénoliques » concerne à la fois les mono les di et les polyphénols dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (Kakhlon et *al.*, 2002; Welch et *al.*, 2002).

Ces composés sont présents dans les vacuoles des tissus. Ils participent aux réactions de défense face à différents stress biotiques ou abiotiques (pathogènes, rayonnements UV...) et contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleurs, astringence, arôme, amertume). Leur répartition tant qualitative que quantitative dans la plante varie selon les espèces, les organes, les tissus ou encore les différents stades de développement (Peters et *al.*, 2011).

Ils sont très hétérogènes tant par leur composition que par leur structure. Pendant longtemps, ils ont été considérés comme secondaires et métaboliquement inactifs, ils ne suscitaient donc que peu d'intérêt. A l'heure actuelle, cette opinion a changé, du fait de nombreuses recherches ont prouvé que ces composés ne sont pas inertes mais contribuent efficacement dans la biosynthèse de divers métabolites de l'organisme. Chez les végétaux, ils sont soumis à d'importantes variations quantitatives et qualitatives, ce qui témoigne d'une dynamique biochimique incontestable. Ils interviennent dans des processus vitaux les plus divers. D'où l'importance croissante des études consacrées à ces composés (Hollman et *al.*, 1999).

11.2 Classification des structures phénoliques

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en une dizaine de classes (Knekt et *al.*, 2002) (Tableau 2). Ils se différencient d'abord par la complexité du squelette de base (allant d'un simple C₆ à des formes très polymérisées), le degré de liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques) (Scalbert et *al.*, 2005). Ces espèces sont des monomères, des polymères ou des complexes (lafuente et *al.*, 2006).

Tableau 2 : Principales classes des composés phénoliques (Harborne, 1990; Macheix et *al.*, 2006 ;Crozier et *al.*, 2006)

Squelette carboné	classe	Exemple	Origine (exemples)
C ₆	Phénols simples	Catéchol	Nombreuses espèces
C ₆ -C ₁	Acides Hydroxybenzoiques	p-Hydroxybenzoïque	Pomme de terre, pomme
C ₆ -C ₃	Acides Hydroxybenzoiques Coumarines	Acide caféïque, Acide férulique Scopolétine	Pomme de terre, pomme Citrus
C ₆ -C ₄	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoides <ul style="list-style-type: none"> • Flavonols • Anthocyanes • Flavanols • Flavanones Isoflavonoides	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélagonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Daizéine	Fruits, légumes, fleurs, fruits rouges, Pomme, raisin Citrus Soja, pois
(C ₆ -C ₂) ₂	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C ₆ -C ₃) _n	Lignines		Bois, noyau des fruits
(C ₁₅)	Tannins		Raisin rouge, kaki

11.3 Méthodes d'extraction

La méthode d'extraction des principes actifs à partir d'une plante médicinale peut avoir un effet sur la quantité des produits chimiques présents. Les modes de préparation les plus courants sont : l'infusion, la décoction et la macération (Umensalma et *al.*, 2010) Ces trois modes de préparation ont été testés par une équipe de recherche (Lamartiniere et *al.*, 2002) afin d'identifier les composés phénoliques. Ils ont affirmé que la méthode d'extraction décoction est de point de vue qualitatif aussi efficace que les autres méthodes d'extraction étudiées. Afin d'évaluer la meilleure technique d'extraction de polyphénols totaux, de flavonoïdes et de tanins condensés d'artichaut, Dembinska-Kiec et *al.*, (2008) ont utilisé deux méthodes d'extraction décoction et par macération en utilisant quatre solvants (eau, méthanol, éthanol et acétone).

11.4 Rôles et fonctions biologiques

Les recherches sur les composés phénoliques en générale sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques (Scalbert et *al.*, 2005). Leur activités sont attribuées à leur effet antioxydant (Johnston et *al.*, 2003). Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement les domaines de la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (Bonina et *al.*, 2002). Le tableau 3 résume les activités biologiques des polyphénols rapportés par la littérature.

Tableau 3 : Activités biologiques de quelques composés phénoliques selon (Van dam et *al.*, 2002 ; Salas-Salvado et *al.*, 2008)

Composés phénoliques	Activités biologiques
Acides phénoliques	Antifongiques, antioxydantes, antibactériennes.
Tanins	Effets stabilisant sur le collagène, antioxydants, antidiarrhéiques antiseptiques, effet vasoconstricteur.
Flavonoïdes	Antitumorale, anticarcinogène, anti-inflammatoire, antioxydante, antiallergique, antiulcéreuse, antivirale, antimicrobienne, hypotenseur, diurétique.
Coumarines	Anticoagulante, antioxydante, protectrice vasculaire et antioedémateuse.
Anthocynes	Protectrices capillaro-veineux, antioxydant

Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydants, antitumoraux, antifongiques et anti-inflammatoires.
Tannins galliques et catéchiques	Antioxydantes.
Lignanes	Anti-inflammatoires, analgésiques.

12 Pouvoir antioxydant

De nos jours, Il existe un intérêt croissant vis-à-vis de la biologie des radicaux libres. Ce n'est pas seulement dû à leur rôle dans des phénomènes aigus tels que le traumatisme ou l'ischémie, mais aussi à leur implication dans de nombreuses pathologies chroniques associées au vieillissement tels que le cancer, les maladies cardiovasculaires et inflammatoires et la dégénérescence du système immunitaire (Karlsen et *al.*, 2007).

12.1 Définition des radicaux libres

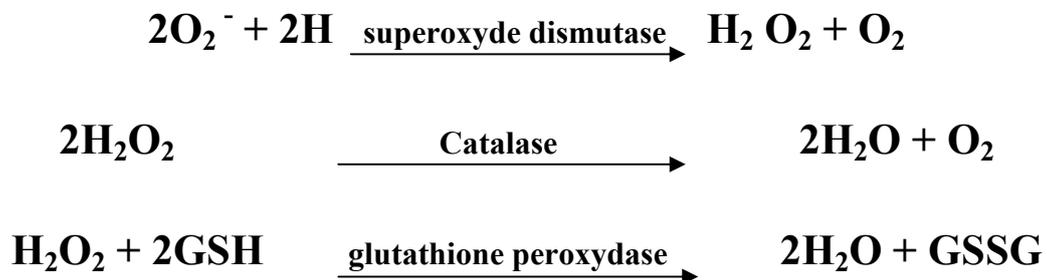
Les radicaux libres sont des atomes ou des molécules portant un électron non apparié. Cette propriété rend ces éléments très réactifs du fait de la tendance de cet électron à se ré-apparier, déstabilisant ainsi d'autres molécules. Les molécules ainsi transformées deviennent à leur tour d'autres radicaux libres et initient ainsi une réaction en chaîne. C'est typiquement ce qui se passe lors de la peroxydation lipidique (Natz et *al.*, 2006). Parmi toutes les espèces radicalaires susceptibles de se former dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de composés radicalaires qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux libres primaires, qui dérivent directement de l'oxygène. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires (radical peroxyde $\text{ROO}\cdot$, radical alkoxyde $\text{RO}\cdot$), se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule (Novelli, 1997). L'ensemble des radicaux libres primaires est souvent appelé "espèces réactives de l'oxygène" (ROS). Cette appellation n'est pas restrictive. Elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit : radical superoxyde $\text{O}_2\cdot^-$, radical hydroxyl $\text{OH}\cdot$, monoxyde d'azote $\text{NO}\cdot$, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tels que, l'oxygène singulet $^1\text{O}_2$, peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , peroxydinitrite ONOO^- (Favier, 2003).

12.2 Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme. Ils permettent de maintenir au niveau de la cellule des concentrations non cytotoxiques de ROS. Notre organisme réagit donc de façon constante à cette production permanente de radicaux libres et on distingue au niveau des cellules deux lignes de défense inégalement puissantes pour détoxifier la cellule (Favier, 2003 ; Brand-Williams et *al.*, 1995).

12.3 Les antioxydants primaires

La cellule est pourvue d'enzymes antioxydantes qui sont des systèmes de défense très efficaces. Cette ligne de défense est constituée de superoxyde dismutase (SOD), de catalase et de peroxydase (glutathion et ascorbate) (Bengmark, 2004 ; Pincemail et *al.*, 2004). Ces enzymes antioxydantes permettent l'élimination des radicaux libres primaires, selon les réactions suivantes :



De ce fait elles préviennent la formation de radicaux libres organiques à partir des lipides membranaires notamment et contribuent donc à la protection des membranes de la peroxydation lipidique (Hotamisligil, 2006).

12.4 Les antioxydants secondaires

Contrairement aux enzymes antioxydantes, une molécule d'antioxydant piège un seul radical libre. Pour pouvoir fonctionner à nouveau, cette molécule d'antioxydant doit donc être régénérée par d'autres systèmes (Figure 4) (Hotamisligil, 2006). Plusieurs substances pouvant

agir en tant qu'antioxydants *in vivo* ont été proposés. On peut citer : la vitamine E, l'acide ascorbique, le β -carotène, les flavonoïdes, les composés phénoliques,...etc. (Gonzalez-Gallego et *al.*, 2010 ; Halliwell et *al.*, 1999)

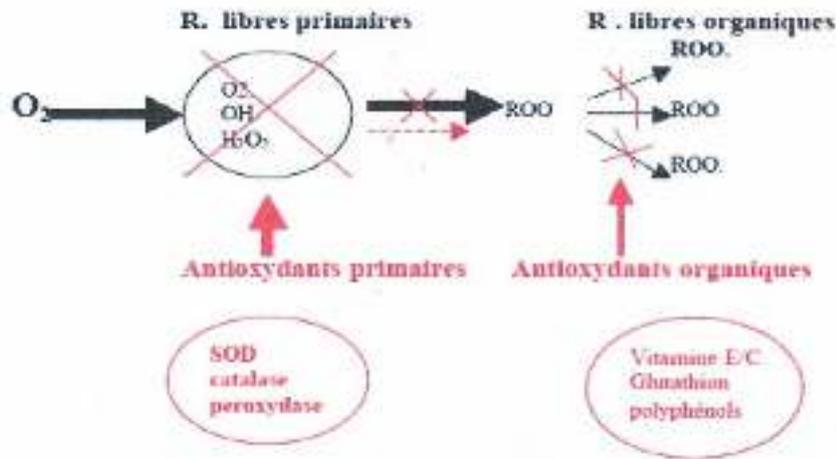


Figure 4 : Systèmes de défense contre les radicaux libres (Gonzalez-Gallego et *al.*, 2010).

12.5 Les radicaux libres dans les systèmes biologiques

Parmi toutes les espèces susceptibles de se produire dans les cellules, il convient de distinguer un ensemble restreint de ces composés qui jouent un rôle particulier en physiologie et que nous appellerons radicaux primaires. Les autres radicaux libres, dits radicaux secondaires, se forment par réaction de ces radicaux primaires sur les composés biochimiques de la cellule. Les radicaux primaires dérivent de l'oxygène par des réductions à un électron tel l'anion superoxyde O_2^- et le radical hydroxyle OH , ou de l'azote tel le monoxyde d'azote NO . D'autres espèces dérivées de l'oxygène tel que l'oxygène singulet 1O_2 , le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ou le nitroperoxyde ($ONOOH$) peuvent être des précurseurs de radicaux libres. L'ensemble des radicaux libres et leurs précurseurs sont souvent appelés espèces réactives de l'oxygène (Favier, 2003). Les radicaux libres sont principalement produits par des sources endogènes, telles que les chaînes de transport d'électron, les peroxysomes et le système de cytochrome P-450. Ces radicaux sont responsables de l'altération de l'ADN, du vieillissement cellulaire qui est à la base de certaines maladies comme l'athérosclérose, le cancer, maladie d'Alzheimer ou la maladie de Parkinson (Santangelo et *al.*, 2007 ; Blois, 1958).

12.6 Piégeage du radical 2,2-Diphényl-1picrylhydrazyl (DPPH)

Le composé chimique 2,2-Diphényl-1picrylhydrazyl fut l'un des premiers radicaux libre utilisé pour étudier la relation structure activité antioxydante des composés phénoliques. (Spencer, 2010 ; Ghedira, 2005 ; Lesgard, 2000).

La réduction du radical DPPH par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie UV visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par la présence des extraits phénoliques. Le DPPH est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie. Cette décoloration est représentative de la capacité des composés phénoliques à piéger ces radicaux libres indépendamment de toutes activités enzymatiques. Ce test permet de mettre en évidence le pouvoir antiradicalaire direct de différentes substances phénoliques des extraits de plante (Gutteridge, 1993 ; Molyneux, 2004).

13 Généralités sur les arômes

L'arôme est un composé volatil qui permet une perception du goût et de l'odeur. On parle aussi de fumet, de parfum, de bouquet (etc.), la notion d'arôme s'applique plus particulièrement aux produits alimentaires (Adda et *al.*, 1983).

Les fruits, légumes, épices, aromates, viandes, poissons, produits laitiers, ont des arômes, que les industriels de l'agroalimentaire souhaitent reproduire, standardiser et renforcer. Pour répondre à cette demande, des arômes ont été développés par des aromaticiens(ne)s.

13.1 Différentes catégories d'arômes

« Un arôme naturel » est donc un composé obtenu soit par des procédés physiques (distillation ou extraction au solvant), soit par des procédés biologiques, à partir d'une matière d'origine végétale ou animale. Par exemple, l'eugénol est une substance aromatique présente en grande quantité dans le clou de girofle (Adda et *al.*, 1983).

« Un arôme identique naturel » est obtenu par synthèse chimique. Celui-ci est identique à une substance présente naturellement dans une matière végétale ou animale. Par exemple, la vanilline industrielle est fabriquée à moindre coût que la vanilline extraite des gousses de vanille (Adda et *al.*, 1983).

« Un arôme artificiel » est obtenu par synthèse chimique et cette molécule n'existe pas dans la nature. Ces molécules sont intéressantes pour renforcer les arômes d'un produit. Par exemple,

l'arôme artificiel de l'éthylvanilline est 2 à 4 fois plus puissant que la vanilline (Adda et *al.*, 1983).

La réaction d'estérification est une réaction entre un alcool et un acide carboxylique donnant un ester et de l'eau. Les esters représentent une grande part des molécules odorantes (Adda et *al.*, 1983).

13.2 Extraction d'arômes

Elle consiste à retirer une ou des espèces chimiques d'un milieu solide ou liquide on distingue :

L'extraction par solvant, consiste à dissoudre le composé recherché dans un solvant non miscible avec l'eau et à séparer, par décantation, la phase organique contenant le composé à extraire et la phase aqueuse. L'extraction par solvant est donc un processus de partage basé sur la distribution sélective d'une substance dans deux phases immiscibles (l'eau et un solvant) (Adda et *al.*, 1983).

L'hydrodistillation permet d'emporter les composés volatils avec la vapeur d'eau. On fait bouillir un mélange d'eau et de substance naturelle contenant le composé (huile essentielle) à extraire. La vapeur entraîne les huiles essentielles contenues dans le produit brut. La température d'ébullition du mélange eau-huile essentielle est plus basse que la température d'ébullition de chacun des composants, ce qui préservera l'huile essentielle contre la dégradation en la chauffant à haute température. Ces vapeurs sont ensuite condensées à l'aide d'un réfrigérant (Adda et *al.*, 1983).

14 Les colorants

Les colorants sont utilisés depuis plusieurs siècles. Les Égyptiens et les Romains étaient les premiers à utiliser les colorants naturels, dérivant des végétaux, des animaux et des minéraux, dans le but d'augmenter l'envie de manger des produits. Plus les siècles passèrent, plus on découvrait de nouveaux colorants naturels. Dès le Moyen Age, les colorants ont tenu un rôle plus important et ont permis de rendre des produits visuellement plus beaux qu'ils ne l'étaient naturellement, pour pouvoir mieux commercialiser. Ce pendant plusieurs colorants toxiques étaient utilisés, comme les oxydes de chrome ou de plomb, conduisant à des empoisonnements chroniques. Jusque là, les connaissances concernant les colorants s'arrêtaient aux produits naturels (Eskin et *al.*, 1979).

C'est en 1856 que Perkins découvrit le premier colorant synthétique ils s'agit de la mauvéine. Ce colorant artificiel a été trouvé par hasard dans un mélange goudronneux, résultat d'une expérience ratée. La mauvéine fut utilisée en premier lieu pour colorer une robe en soie de la reine Victoria (Royaume-Uni). Grâce à cette découverte fortuite, l'industrie des colorants était lancée et les colorants prirent une grande importance dans le domaine industriel, notamment, alimentaire. L'arrivée sur le commerce de colorants de toutes sortes, nécessite dès le début du 20ème siècle l'entrée en vigueur d'une réglementation, principalement dans le but d'interdire l'utilisation de colorants toxiques.

14.1 Différents types de colorants

Les colorants sont classés dans trois catégories différentes :

- Les colorants naturels,
- Les colorants naturels modifiés ou de synthèse (identiques aux naturels),
- Les colorants artificiels,

Les colorants naturels sont des colorants provenant de la nature elle-même (végétaux, animaux,...). Ils sont extraits de denrées telles que la betterave, le paprika, les carottes, etc... Ce sont des colorants généralement liposolubles, ils se stockent dans les graisses, ils s'éliminent donc moins facilement que les colorants artificiels autorisés qui eux sont tous hydrosolubles. Les colorants naturels sont souvent chers, peu stables et moins efficaces que les autres colorants, mais ils ont l'avantage de poser peu de problèmes pour la santé. Ils sont aussi identifiés grâce à leur numéro ; E1-- Le caramel (150a) est un bon exemple de colorants naturels car il est obtenu en chauffant simplement du sucre en présence de substances acides (Eskin et *al.*, 1979).

Les colorants naturels modifiés, obtenus à partir de colorants naturels, et les colorants de synthèse, identiques aux naturels, sont relativement plus dangereux pour la santé. Ils sont souvent fabriqués en utilisant des solvants chimiques. Si ces derniers ne sont pas efficacement éliminés, ils pourraient être à l'origine de problèmes de toxicité (Eskin et *al.*, 1979).

Les colorants artificiels sont des additifs qui n'existent pas dans la nature et qui sont entièrement fabriqués chimiquement. Ils sont généralement moins chers, offrent une plus grande variété de couleurs, sont disponibles en grandes quantités et sont plus stables que les colorants naturels (Eskin et *al.*, 1979).

14.2 Rôle des colorants

La couleur d'un aliment possède généralement un effet sur la perception de celui-ci, elle peut augmenter, par exemple, l'appétence du consommateur. Les colorants sont des additifs qui permettent d'améliorer et/ou de modifier l'aspect d'un aliment. Ils n'ont aucune valeur nutritive mais permettent, en améliorant l'aspect, de donner envie de consommer cet aliment. Car, ce sont la forme et la couleur qui permettent au premier abord de reconnaître un aliment; la couleur ayant une très grande influence sur notre perception subjective de l'aliment. En effet, des crêpes bleues, par exemple, ne sont pas appétissantes bien qu'elles aient exactement le même goût que des crêpes de couleur normale. Les colorants sont donc des additifs essentiels pour la consommation et sont ainsi utilisés à différents niveaux par l'industrie alimentaire, et pour redonner l'apparence originale à un aliment, assurer l'uniformité de la couleur et pour intensifier la couleur naturelle de l'aliment qui a une influence sur le consommateur (Eskin et *al.*, 1979).

Notre étude à durée sept mois du premier octobre 2016 au juin 2017 et qui consiste à valoriser le *Myrtus Communis* L. dans le domaine alimentaire à l'aide des feuilles et fruit, notre lieu de stage consiste dans l'Institut National d'Agronomie (El Harrach Alger E.N.S.A) au niveau du laboratoire de botanique et de chimie et dans l'université de Boumerdes au niveau du département des sciences agroalimentaire et notre Laboratoire de recherche de biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales au Département de biotechnologies de la faculté S.N.V. de l'Université de Blida 1.

1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour notre expérimentation est composé de feuilles et fruits de *Myrtus communis* L. récolté le 11 octobre 2016 dans la commune de Tifra daïra de Sidi-Aich wilaya de Bejaia. Cette région représente le biotope naturel de la plante, il se caractérise par l'abondance, dans cette zone montagneuse située à une altitude de 432 mètres. Les feuilles et fruits (Figure 5) de cette plante ont été prélevés à partir des pieds adultes en stade de fructification (Figure 6). Enfin notre échantillon a été identifié au niveau du laboratoire de botanique de L'Institut National d'Agronomie (El Harrach Alger E.N.S.A). Par : Pr. OUNANE

Ghania et
Dr.
LAOUAR
Meriem.



Figure 5 : Les feuilles et fruits du *Myrtus communis* L. de la région de Bejaia (ALLALI, 2017).



Figure 6 : *Myrtus communis* L. dans son biotope naturel (ALLALI, 2017).

L'étape qui a suivi la récolte est le séchage pour cela une sélection des meilleurs échantillons a été réalisée, les feuilles et fruits prélevés sont placés sur des pièces de tissu en coton pour être séchés à l'ombre pendant 20 jours. Ces derniers ont été conservés dans des sachets en papier à la température ambiante. Une partie des fruits récoltés ont été conservés par la méthode de congélation à une température de 0 à -3°C.

2 Etude ethnobotanique

Notre enquête ethnobotanique a concerné six régions du Nord-Est d'Algérie : Annaba, El Kala, El Tarf, Jijel, Skikda et Bejaia ; afin d'approfondir nos connaissances sur les formes d'utilisations du myrte. Pour cela, 600 personnes ont été interrogées dans chaque station. Le questionnaire est constitué de six variables et vingt modalités. Nous présentons la forme dans le tableau 4, en précisant les modalités pour chaque variable.

Tableau 4 : Variables indiquées dans le questionnaire utilisé pour notre étude ethnobotanique

Enquêtes régionales	Variables	Modalités
Régions : Annaba El Kala El Taraf Jijel Skikda Bejaia	Domaine d'utilisation	Thérapeutique
		Cosmétique
		Culinaire
	Partie utilisée	Feuilles
		Fleurs
		Tiges
		Racines
	Mode de préparation	Infusion
		Décoction
		Macération
		Huile essentielle
	Pathologies traitées	Pathologies gastriques
		Pathologies respiratoires
		Hypotension artérielle (HTA)
		Diabète
Douleurs articulaires		
Effets indésirables	Oui	
	Non	
Toxicité	Oui	
	Non	

3 Etude de la plante

Cette étude comporte plusieurs étapes :

3.1 Caractérisation morphologique du matériel végétal Frais

La Caractérisation morphologique du matériel végétal Frais a été élaborée avec l'aide de Madame GHANAI, en se basant sur les caractères macroscopiques de la plante récoltée à Tifra la willaya de Bejaia. Un choix aléatoire d'une vingtaine des feuilles et des fruits ont été sélectionnés et déposés sur papier millimétré pour pouvoir déterminer leurs dimensions (diamètre, la largeur et longueur).

3.2 Etude anatomique

L'étude histologique vise la reconnaissance des tissus foliaires, et l'observation ainsi que la localisation des glandes sécrétrices des huiles essentielles présentes dans cet organe.

Elle est basée sur la réalisation des coupes à main levée à l'aide d'une lame de rasoir neuve. Le mouvement doit être rapide et le plan de coupe perpendiculaire au grand axe de la feuille. Elles doivent être aussi fines que possible et immédiatement mises dans l'eau pour éviter leur déshydratation. La technique utilisée est celle de la double coloration décrite par (Langeron, 1949).

Elle consiste à mettre les coupes transversales dans de l'eau de javel à 12°C durant 15 min, puis les introduire dans l'acide acétique à 5% pendant 3 min. Ces dernières seront transférées dans la solution de vert de méthyle durant 3min et ultérieurement dans la solution de rouge congo pendant 10 min. Le rinçage avec de l'eau distillée des échantillons aura lieu entre chaque étape de la coloration.

Les coupes ainsi préparées seront placées entre lame et lamelle en présence d'une goutte d'eau distillée pour être observées au microscope optique aux grossissements (X125) puis (X500).

3.3 Caractéristique physico-chimique de la plante

L'objectif de notre étude est de déterminer les caractéristiques de notre plante afin de mieux connaître ses vertus et ses Propriétés. Elle repose sur l'évaluation des paramètres suivants :

3.3.1 Potentiel hydrogène

L'étude du potentiel d'hydrogène correspond à la connaissance du pH de la plante. Pour cela, 4g de poudre végétale doit être mise en contact avec 100 ml d'eau chaude dans une fiole de 200 ml durant 20 min. Ce volume sera complété jusqu'au trait de jauge de la fiole avec de l'eau distillée après refroidissement. Ainsi, le pH de la solution sera déterminé à l'aide d'un pH-mètre. (Dowson et *al.* 1963).

3.3.2 Teneur relative en eau

La détermination de la teneur en eau est basée sur la perte de l'eau. Pour cela, la masse fraîche est déterminée avant de placer les feuilles dans l'étuve réglée à 75°C. Après 24 heures

leur poids se stabilise, puis nous terminons avec la pesée. L'estimation de la teneur en eau est exprimée en pourcentage selon la formule décrite par la Pharmacopée Européenne (2002) :

$$T_{\%} = (MF - MS) \times 100 / MF$$

Où :

$T_{\%}$: Teneur en eau de la plante (%).

MF : Masse fraîche de la plante.

MS : Masse sèche de la plante.

3.3.3 Taux d'humidité de la poudre végétale

Le taux d'humidité de la poudre végétale est un paramètre important caractérisant la bonne qualité du séchage de la plante. Il consiste à mettre 1 g de poudre végétale dans un creuset en porcelaine préalablement séché et pesé. L'ensemble sera placé dans l'étuve réglée à 105°C durant 02 heures. Enfin, le pourcentage d'eau contenue dans la poudre sera calculé selon la formule décrite par la Pharmacopée Européenne (2005) :

$$X\% = (M - M_1) / M \times 100$$

Où :

$X\%$: Taux d'humidité de la poudre végétale.

M : Masse de l'échantillon prise en gramme.

M_1 : Masse de l'échantillon après séchage en gramme.

3.3.4 Etude de la composition biochimique de la plante

Les méthodes d'analyses chimiques de la cellulose brute et les matières grasses sont tirées des publications de l'INRA (1988) et selon les normes AFNOR (1997). Ainsi, nos feuilles ont été broyées finement à 1 mm et conservées hermétiquement pour faire l'objet de la détermination des composés suivants :

3.3.5 Cellulose brute

La détermination de la cellulose brute passe par deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin :

L'hydrolyse en milieu acide consiste à introduire 3 g d'échantillon dans les creusets (porosité 1 ou 2), par la suite on ajoute 100ml d'une solution aqueuse préchauffée contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre dans chaque colonne (6,8 ml d'H₂SO₄ concentré à compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée). On chauffe le tout jusqu'à ébullition et maintenir celle-ci pendant 30 min. Puis à l'aide de la pompe péristaltique on filtre le réactif restant, enfin le tout passe par trois lavages avec de l'eau chaude introduite au niveau des colonnes (filtrer à chaque fois).

L'hydrolyse en milieu alcalin s'appuie sur l'ajout de 100 ml de la solution préchauffée contenant 12,5 g de soude pour 1 litre, faire bouillir le tout durant 30 min exactement. On passe par la suite à quatre lavages : trois avec de l'eau distillée chaude (filtrer à chaque fois grâce à la pompe péristaltique) et le quatrième avec de l'eau distillée froide. Puis introduire le creuset à l'étuve réglée à 105°C durant 24 heures. Après, refroidissement au dessiccateur on passe à la pesée puis l'incinération dans le four à moufle à 400°C durant 05 heures. Enfin, refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente la matière cellulosique, elle a été calculée selon les normes AFNOR (1997) comme suit :

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = (A - B) \times 100 / C \times \text{MS}$$

Où :

A : Poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : Poids de creuset + résidu après incinération.

C : Poids de l'échantillon de départ.

3.3.6 Matières grasses

L'extraction des matières grasses du *Myrtus communis* L. consiste à peser un ballon de soxhlet sec de 500 ml à col rodé. Puis une cartouche de soxhlet 5 g d'échantillon à analyser sera contenue dans l'extracteur soxhlet, après un volume de 250 ml d'éther de pétrole sera versé, l'extraction est réalisée durant 06 heures. Ainsi, l'évaporation du solvant est faite à l'aide du rotavapor. Le ballon contenant le résidu est placé dans l'étuve réglée à 102°C pendant 03heures, en position inclinée vers le bas, pour être pesé avec le résidu.

Le taux de matières grasses présentes dans notre plante est calculé selon la formule décrite par les normes AFNOR (1997):

$$\text{Teneur en M.G. (\% de MS)} = (A - B) / (C \times MS) \times 100$$

Où :

A : Poids du ballon + résidu après étuve.

B : Poids du ballon vide.

C : Poids de la prise d'essai.

3.3.7 Matières azotées totales

La matière azotée totale est dosée par la méthode de Kjeldahl (ISO 1997) elle passe par deux étapes :

La première étape « minéralisation »: où un échantillon de 5 g est introduit dans un matras de 250 ml, puis 2 g sera ajoutée de catalyseur composé de (250 g de K_2SO_4 , 250g de $CuSO_4$ et 5g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré. Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

La deuxième étape « distillation » : Consiste à transvaser 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), puis ajouter l'indicateur composé de (20g d'acide borique

et 200 ml d'éthanol absolu et 10 ml d'indicateur contenant : 2,5 ml de rouge de méthyle à 0,2 g dans 100 ml d'alcool à 95° et 7,5 ml de vert de bromocrésol à 0,1g dans 100ml dans l'alcool à 95°).

Verser dans le matras de 50 ml de lessive de soude (330g de soude dans 1 litre d'eau distillée), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100ml, titrer en retour par de l'acide sulfurique N /20 (50ml H₂SO₄ 1N + 950 ml d'eau distillée) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

$$M.A.T. = 100/Y \times 200/A \times 6,25$$

Où :

Y : Poids de l'échantillon de départ.

0A : Volume de la prise d'essai.

4 Extraction d'huile essentielle

Elle a été faite par la méthode d'hydrodistillation à l'aide d'un dispositif de type cleverger (Figure 7) selon les normes AFNOR (2000). Elle consiste à introduire 60g de feuilles sèches et coupées en petits morceaux dans un ballon rond de 1000ml, dans lequel sera ajouté 650ml d'eau distillée. Le ballon est placé dans l'appareil, le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon au fur et à mesure on observe la formation d'une vapeur qui va entraîner les constituants volatiles. Cette dernière s'élève et passe dans le réfrigérant qui est constamment refroidi à une température comprise entre 15 °C et 18°C. Au contact des parois du réfrigérant, les vapeurs chaudes se condensent et s'écoulent au goutte à goutte dans un récipient où elles forment le distillat. Ce dernier est un mélange de deux phases non miscibles (huile essentielle + hydrolat) qui seront séparées, l'huile obtenue est conservée dans des flacons en verre opaque à une température de 4°C.

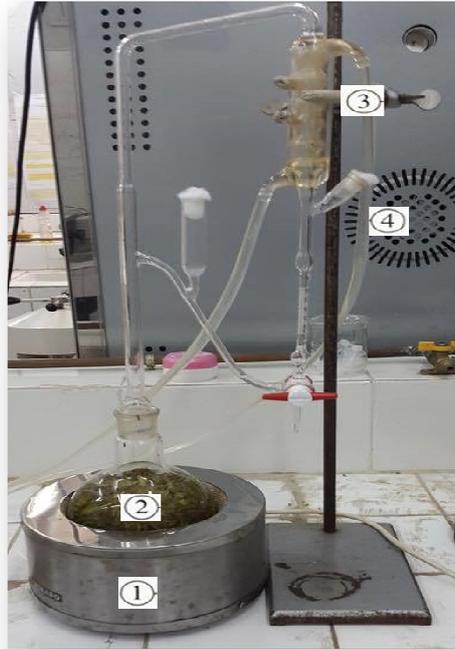


Figure 7 : Dispositif d'hydrodistillation de type Clevenger (Original, 2017).

1 : Chauffe ballon, 2 : Mélange (les feuilles + l'eau distillé), 3 : Réfrigérant,
4 : L'arrivée et sortie d'eau.

2.4.2 Cinétique de rendement

Le rendement est la quantité maximale d'huile essentielle que fournit une masse végétale pendant une période donnée, le rendement exprimé en pourcentage est calculé selon la formule établie par les normes AFNOR (1986) :

$$R_{HE} = (m_{HE} / m_{MVS}) \times 100$$

Où :

R_{HE} : Rendement de l'huile essentielle en pourcentage.

m_{HE} : Masse de l'huile essentielle en gramme.

m_{MVS} : Masse de la matière végétale sèche en gramme.

La cinétique est le suivi de l'évolution de la quantité d'huile essentielle extraite par hydrodistillation en fonction du temps. Nous avons procédé à cette étude selon le protocole d'extraction des huiles essentielles précédemment cité. Le distillat obtenu est récupéré dans des Erlen à différents pointages de temps chaque cinq minutes, durant deux cent quarante minutes.

Après décantation, le contenu de chaque Erlen est versé dans un tube à essai préalablement pesé pour déterminer le poids des tubes vides (PTv), les tubes sont de nouveau pesés pour déterminer le poids des tubes pleins (PTp).

A partir de ces données, le poids de l'huile essentielle est déduit. En effet, la courbe de cinétique traduit le rendement en huiles essentielles du myrte en fonction du temps.

Les propriétés organoleptiques sont insuffisantes pour évaluer la qualité d'une huile essentielle, il était nécessaire de faire appel à leurs caractérisations physicochimiques :

4.2 Caractérisation physicochimique des huiles essentielles

La caractérisation physicochimique de notre huile essentielle repose sur la détermination des paramètres suivants :

4.3 Indice d'acide

La détermination de l'indice d'acide de l'huile essentielle étudiée consiste à introduire 2 g d'huile essentielle dans un ballon contenant 5ml d'éthanol et 5 gouttes d'indicateur coloré (phénolphtaléine). Ce liquide est titré avec la solution d'hydroxyde de potassium (0,1N) contenu dans une burette. Nous poursuivons l'addition jusqu'à obtention du virage persistant de la solution (rose) pendant 30 secondes. Le volume de la solution d'hydroxyde de potassium utilisé est déterminé selon la formule suivant décrite par AFNOR (2000).

$$I.A. = V \times C \times (56,11 / m)$$

Où :

V : Volume de la solution d'hydroxyde de potassium (KOH) utilisée pour le titrage en (ml).

C : Concentration de la solution d'hydroxyde de potassium en (mole/L).

m : Masse de la prise d'essai, (proche de 2g), en (g).

56,11 : Masse molaire de l'hydroxyde de potassium en (g/moles).

4.4 Indice d'ester

La détermination de l'indice d'ester consiste à introduire un échantillon de 2 g d'huile essentielle dans un ballon, auquel sera ajouté 25ml d'une solution d'hydroxyde de potassium (0,5 N), ainsi que quelques billes en verre.

Nous adaptons le réfrigérant à refluer au ballon sur le bain d'eau bouillante et maintenons le ballon sur le bain d'eau pendant 10 min.

Après refroidissement du ballon nous ajoutons 20 ml d'eau puis 5 gouttes de solution de phénolphtaléine. Nous titrons l'excès d'hydroxyde de potassium avec la solution d'acide chlorhydrique selon AFNOR (2000).

4.5 Indice de réfraction

La détermination de l'indice de réfraction consiste à placer 2 à 3 gouttes d'eau distillée dans le réfractomètre afin de le tarer. Par la suite, 2 gouttes d'huile essentielle sont placées dans le réfractomètre réglé jusqu'à sa stabilisation, la lecture se fait sur le cercle gradué, la valeur trouvée va servir à calculer l'indice de réfraction, Jean I., (1975).

La formule de calcul de notre indice est selon les normes AFNOR (2000) comme suit :

$$n_T = n_{20} + 0,00045 (T - 20^{\circ}\text{C})$$

Où :

n_T : Indice à 20°C.

n_{20} : Indice à la température ambiante ou de mesure.

T : Température ambiante ou de mesure.

Notre produit étalon qui sert à ajuster le réfractomètre et l'eau distillée (1,333).

5 Préparation des extraits brutes

Le but de cette étude est de connaître la méthode et le solvant adéquat pour une meilleure extraction des polyphénols. Cette dernière a été réalisée à partir des feuilles selon

deux méthodes macération et décoction, en utilisant comme solvant l'éthanol et l'acétone et le méthanol, ainsi que l'eau

L'extraction par « macération », réalisée selon le protocole décrit par Romani et *al.*, (2006), en y apportant quelques modifications. Pour cela, 30 g de la poudre de myrte sont macérés à température ambiante pendant 02h avec 100 ml de solutions aqueuses dont les solvants sont : éthanol, acétone, méthanol à 70 % v/v et une solution d'eau distillée. Après filtration, les solutions sont centrifugées pendant 20 min à 4000 tr/min à la température ambiante, filtrés et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation.

L'extraction par « décoction », est effectuée selon le protocole décrit par Chavane et *al.*, (2001), en y apportant quelques modifications : 5 g de la poudre de feuilles de myrte sont ajoutés à 100 ml des solvants d'extraction (éthanol, acétone et méthanol à 70 % v/v dans une solution l'eau distillée). les mélanges sont portées à ébullition dans un bain Marie durant 30 min puis filtré. Les marcs sont extraits de la même manière que précédemment et les filtrats sont réunis, centrifugés à 4000 tr/min durant 20 min et conservés à 4 °C jusqu'à utilisation.

Le rendement d'extraction est calculé selon la formule illustrée dans la référence de Boizot et *al.*, (2006) :

$$R (\%) = 100 \text{ Mext/Méch.}$$

Où :

R : Rendement en %.

Mext : Masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg.

Méch : Masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

6 Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) illustrée dans la référence de Boizot et *al.*, (2006). Pour cela, 200 µl d'extraits de myrte sont mélangés avec 500 µl du réactif (FC) et 800 µl de Na₂ CO₃ à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à l'obscurité et à la température ambiante pendant dix minutes. L'absorbance est mesurée à 765 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer) et qui sont représentés

dans le tableau 04(voir annexe). Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique

(Annexe 5).

7 Etude de l'activité antioxydante des extraits de la plante

L'étude de l'activité antioxydante a été réalisée selon le test de piégeage du radical libre DPPH, qui est mesuré suivant la procédure décrite par Bougandoura *et al.*, (2012). Un volume de 50µl de chaque solution méthanolique des extraits préparés à différentes concentrations (de 0,0125 à 5mg/ml) sont ajoutés à 1,5 ml de la solution méthanolique du DPPH (0,025mg/l). Simultanément, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 50µl de méthanol avec 1,5 ml de la solution méthanolique de DPPH. La lecture de l'absorbance est faite contre un blanc préparé pour chaque concentration par un spectrophotomètre à 515nm après 20 min d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante. Le contrôle positif est représenté par une solution d'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que notre échantillon et pour chaque concentration préparée. L'expérience est répétée 4 fois, les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%). le pourcentage de décoloration à 515 nm est calculé en utilisant la formule suivante :

$$I \% \text{ décoloration} = (\text{DO DPPH Témoin} - \text{DO Essai} / \text{DO DPPH Témoin}) \times 100$$

La courbe semi-logarithmique obtenue permet d'établir la CI50 de notre échantillon qui correspond à la concentration inhibitrice permettant de réduire 50% de décoloration du radical DPPH.

8 Mise en évidence des arômes à partir du myrte

Notre étude repose sur la recherche des arômes auteurs du myrte, pour cela leur mise en évidence repose sur leur extraction. La distillation sous vide a été retenue comme méthode d'extraction. Le dispositif d'extraction est une adaptation de celui décrit par Dumont *et al.* (1972). 500 grammes de feuilles de myrte sont placés dans un ballon avec 1000 ml d'eau distillée. Celui-ci plonge dans un bain-marie ayant pour rôle de faciliter l'extraction, durant 1 heure (méthode optimisée) (Figure 8). Seul le distillat aqueux du piège placé après le ballon cannelé est soigneusement recueilli et pesé. Il est ensuite immédiatement mis au réfrigérateur à 0 °C .

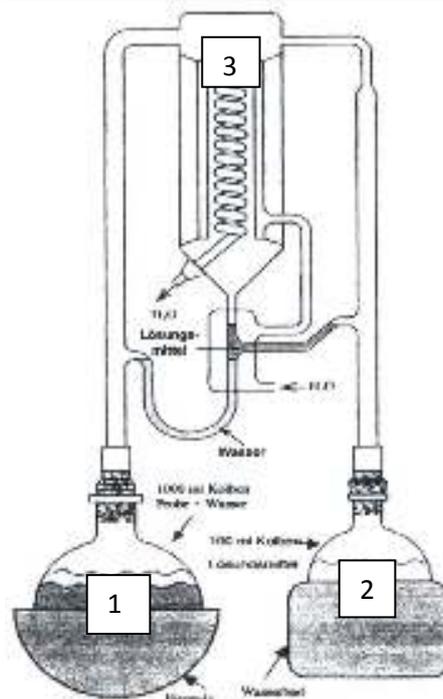


Figure 8: Dispositif mise au point par Likens et Nickerson pour la distillation.
Dumont et al. (1972).

1 : ballon avec échantillon aqueux et bain chauffant, 2 : ballon avec les molécules odorantes et un bain marie, 3 : condensateur.

9 Mise en évidence des colorants à partir du myrte

L'extraction des colorants à partir du fruit de myrte a été basée sur le procédé suivant décrit par Cardon D., (2014) avec des modifications :

On commence par écraser dans un mortier à l'aide d'un pilon, 500g de fruits de myrte la purée de fruit est versée dans un bécher avec 1litre d'eau distillée. Ainsi le mélange est filtré puis conservé à une température de 4°C jusqu'à une nouvelle utilisation. Ce même colorant est lyophilisé afin d'être utilisé sous forme d'une poudre et pour faciliter sa conservation.

10 Exploitation des résultats des données

Nos résultats d'étude ont été traités à l'aide d'excelle, puis transmis dans le cas de l'étude ethnobotanique sous forme de diagramme en bandes empilées. Dans le cas de l'étude de la cinétique de l'huile essentielle extraite par hydrodistillation nos résultats sont interprétés sous forme de graphe ainsi que l'activité antioxydante. Pour l'extraction des polyphénols les résultats sont traduits sous forme d'histogramme.

1 Exploitation des résultats collectés à partir de l'étude ethnobotanique

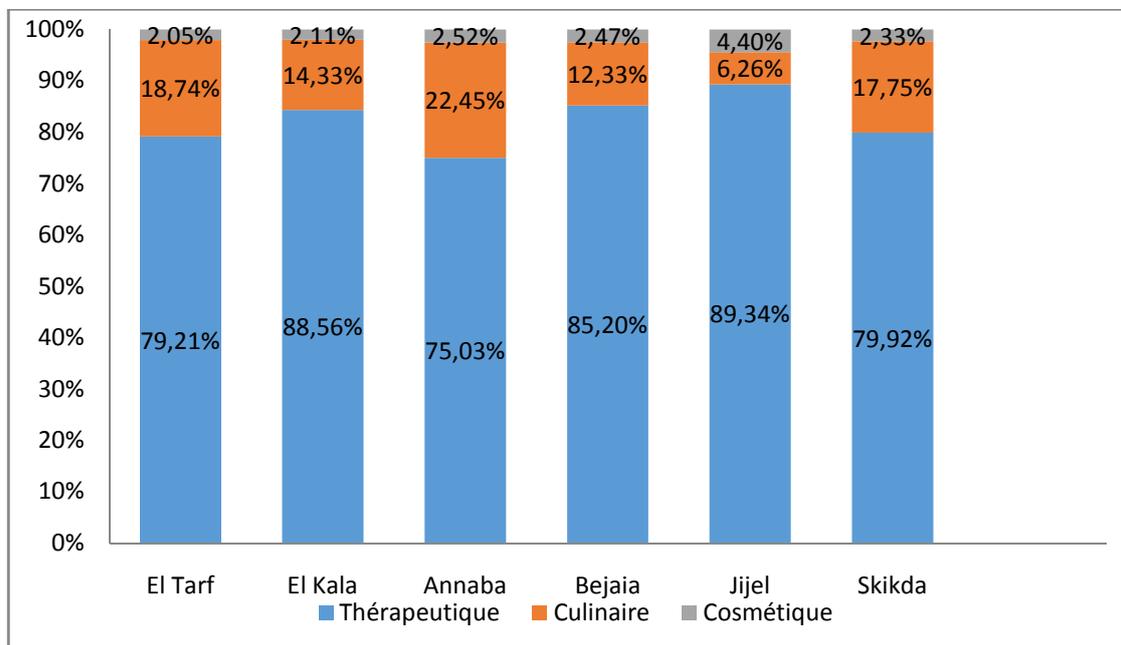


Figure 9 : Domaine d'utilisation du myrte dans chaque station.

Les résultats montrent que le myrte est une espèce fréquemment utilisée dans les six stations d'étude avec un pourcentage de (98%) dans l'ensemble.

Cette plante est utilisée par la population du secteur Nord-Est dans le domaine thérapeutique avec un pourcentage de (63,93 %). Elle est également utilisée dans le domaine culinaire avec (15,35 %), alors que (3%) l'utilise le myrte dans le domaine cosmétique. D'après le diagramme en bandes empilés à (100%) (Figure 9) illustre la répartition de l'utilisation du myrte pour chaque station. Il en ressort son utilisation majoritaire dans le domaine thérapeutique dans toutes les stations étudiées.

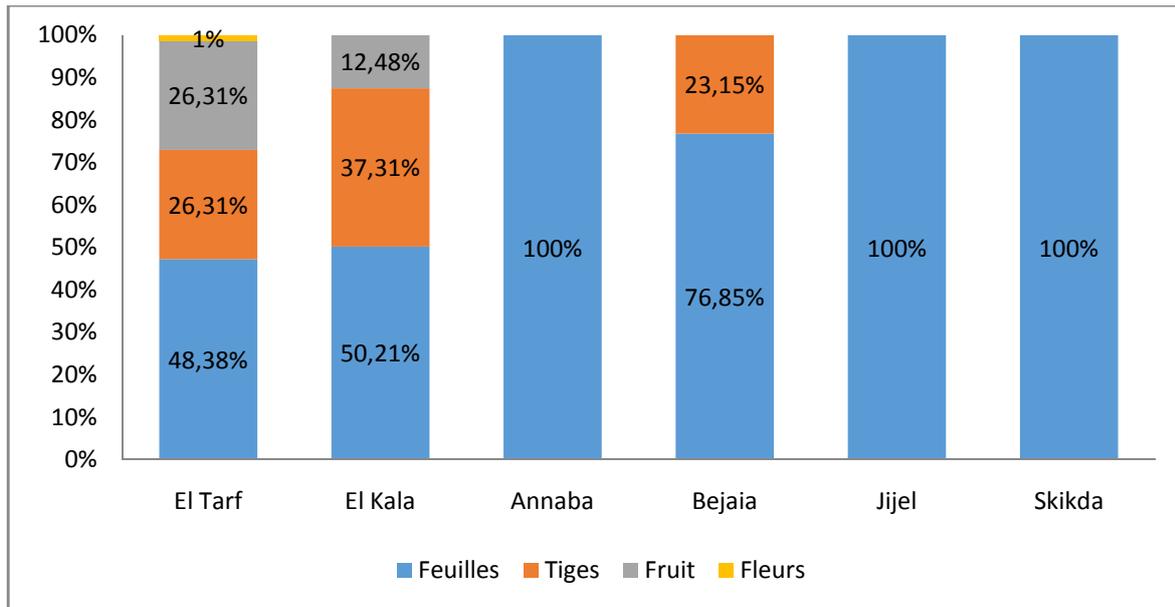


Figure 10 : Partie utilisée dans chaque station.

Par ailleurs, la partie majoritairement utilisée est les feuilles avec un pourcentage de (76,88%). Cependant, les tiges sont utilisée avec un pourcentage de (17,05%) et les fruits (7,88%) mais, rarement les fleurs 1,34%. La (figure 10) montre beaucoup plus l'utilisation des feuilles particulièrement dans les régions de Annaba, Jijel et Skikda, où elle est la seule à être utilisée.

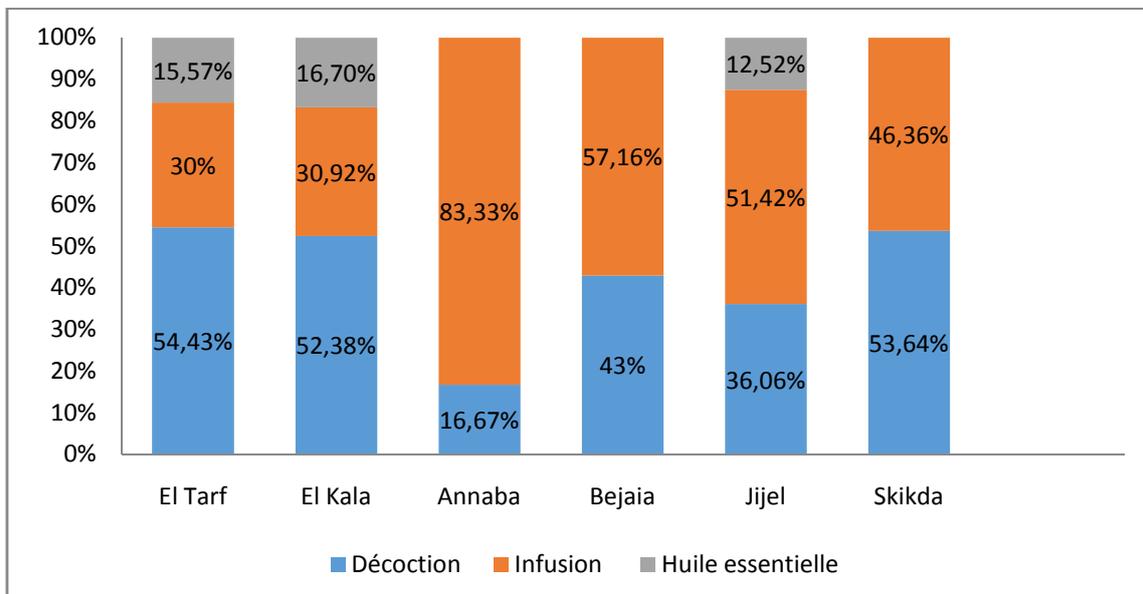


Figure 11 : Mode de préparation du myrte dans chaque station.

Les résultats nous renseignent également sur le mode de préparation le plus cité. On distingue l'infusion (53%) ; suivi par la décoction (43,40%). Et en faibles proportions (7,50%)

l'utilisation de la poudre des feuilles. Nous pouvons remarquer une variation du mode de préparation en fonction de la répartition de la station étudiée (Figure 11). En effet, la décoction semble le mode le plus dominant dans les régions d'El Tarf et d'El Kala avec des pourcentages de (54,43%) et (52,38%) respectivement. En parallèle, l'infusion est citée dans la majorité des régions avec des pourcentages plus élevées : Annaba (83,35%), Bejaia (57,16%) et Jijel (51,42%). Cependant, Skikda n'a pas montré de variation dans la forme de préparation. Des pourcentages très proches ont été estimés pour la décoction (53,64%) et (46,36%) l'infusion.

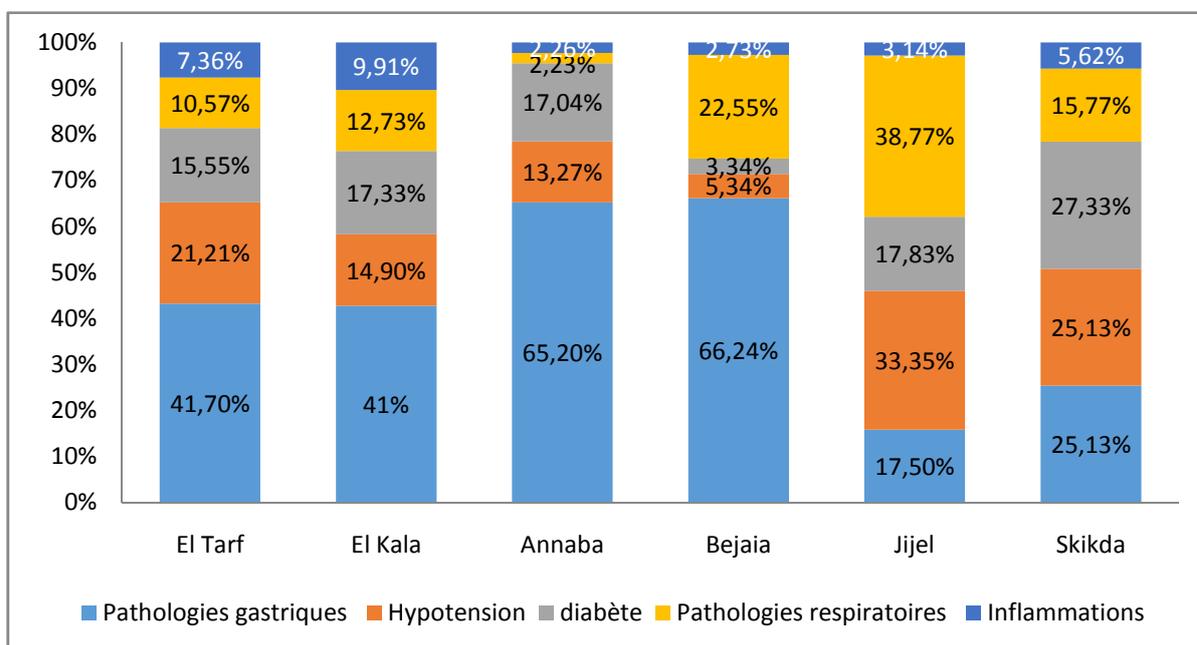


Figure 12 : Pathologies traitées dans chaque station.

Concernant, les pathologies traitées la plus forte Utilisation concerne le traitement traditionnel des pathologies gastriques (40 %), l'hypertension artérielle (20,03%), ainsi que les pathologies respiratoires (18,43%). Le traitement du diabète a été estimé à (16,56%). Par ailleurs, (6,22%) seulement indiquent l'usage de cette plante comme drogue anti-inflammatoire le cas de rhumatismes, et des douleurs articulaires. Ainsi, le diagramme en bandes empilés (Figure 12), nous renseigne sur la répartition des pathologies traitées dans chaque station. Le myrte s'avère principalement utilisé dans le traitement des pathologies gastriques dans les régions : El Tarf (41,70%), El Kala (41%), Annaba (65,20%), Skikda (25,13%) et Bejaia (66,24%).

Le myrte semble présenter d'autres propriétés comme hypotensives (33,35%) et les pathologies respiratoires (38,77%), à Jijel et à Skikda (27,33%).

En effet, les données collectées de l'enquête ethnobotanique ont montré que (100%) de la population interrogée, confirme l'absence de toxicité du myrte dans toutes les stations étudiées.

A titre comparatif, en Algérie des études ethnobotaniques ont rapporté également les utilisations traditionnelles de *Myrtus communis* L. Selon, Allali et *al.* (2008), la poudre des graines administrée par voie orale a de fortes propriétés hypoglycémiantes.

De plus, l'effet antihypertenseur des parties aériennes utilisées en décoction a été rapporté dans la région de M'Sila par Boudjelal et *al.* (2013). La décoction de fleurs de myrte démontre les propriétés antidiarrhéiques par Medjkane et *al.* (1985) en Algérie.

D'autres sources ont montré l'effet de la plante étudiée dans le traitement de l'asthme en France à Paris (Boulos, 1983), des maladies respiratoires, infections urinaires, sinusites, otites, diarrhées, et les hémorroïdes rapportées par Beloued A. (1998) en Algérie.

Il faut souligner que plusieurs études ont confirmé son effet hypoglycémiant aussi bien de l'extrait aqueux (Elfellah et *al.*, 1984), que son huile volatile (Sepici et *al.*, 2004) en Algérie. Les travaux de Bouzouita et *al.*, (2003) en Tunisie ont montré l'activité antimicrobienne de son huile essentielle.

Dans l'ensemble les travaux bibliographiques confirment nos données, on peut conclure que le domaine pharmacologique connaît une utilisation massive de cette plante, il serait intéressant de la valoriser dans le domaine agroalimentaire.

2 Description morphologique du matériel végétal frais

Les feuilles sont vertes brillantes persistantes et très aromatiques, opposées décussées. Chaque feuille est caractérisée par un limbe entier à contour lisse, avec une forme ovale lancéolée, de 15 à 45 mm de long sur 10 à 30 mm de large, et présentant une nervation pennée. Les feuilles se raccordent avec l'axe principal de la plante par un pétiole rougeâtre très court de 1 mm, la stipule est absente (Figure 13).

A l'éclatement des bourgeons, les jeunes feuilles sont très tendres, poilues avec une teinte pourpre, qui persiste durant le premier mois de croissance. Ensuite le limbe devient de

plus en plus cutinisé, coloré en vert foncé et dépourvu de poils. Il faut noter que, durant toute la vie de la feuille, la teinte du limbe reste homogène.

Les feuilles du myrte poussant dans les endroits très ensoleillés présentent une taille plus petite que celles poussant dans les régions ombrées.



**Figure 13 : les feuilles *Myrtus communis* L. de la région de Bejaia
(ALLALI, 2017).**

Le fruit de myrte est une baie ovoïde de 11 à 13 mm de diamètre et 6 à 8 mm de hauteur, de couleur noir-bleuâtre il, est tenu par un pédoncule, de saveur âpre, renferme des graines de couleur ivoire et de forme irrégulière (Figure 14).

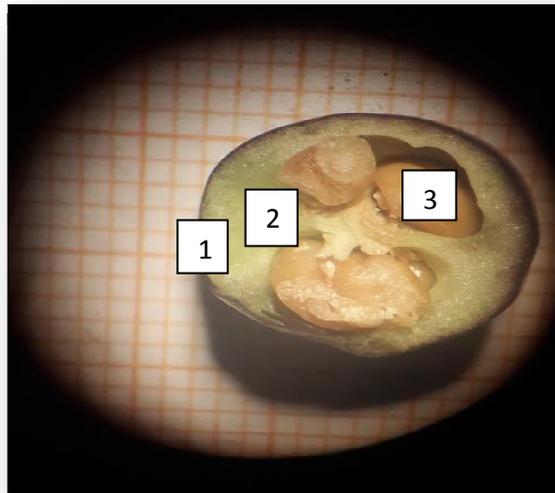


Figure 14 : Coupe transversale du fruit de *Myrtus communis* L.

1 : Péricarpe; 2 : Mésocarpe; 3 : graine.

3 Description histologique



**Figure 15 : Coupe transversale dans la feuille de myrte vue au microscope
photonique (G X125) (Original, 2017).**

1 : Face supérieure ; 2 : Face inférieure ; 3 : Nervure central (Tissus conducteurs).



Figure 16 : Coupe transversale présentant les tissus existants dans la feuille du myrte vue au microscope photonique (GX500) (Originale, 2017)

1 : Parenchyme lacuneux ; 2 : Parenchyme palissadique ; 3 : Glandes sécrétrices ; 4 : Cellules épidermique.

La structure histologique des feuilles de myrte présente un épiderme foliaire a constitué par une seule assise de cellules épidermiques, suivi d'un parenchyme chlorophyllien palissadique représenté par 1 à 2 assises de cellules allongées.

Plus profondément, se situe le parenchyme chlorophyllien lacuneux, qui est parcouru par les nervures secondaires. Du coté de la face supérieure de la feuille, on note la présence d'un amas de cellules du collenchyme annulaire, situé au dessus de la nervure principale. Les fibres de sclérenchyme organisées en amas délimitent les tissus conducteurs. Le limbe foliaire présente une symétrie bilatérale clairement perceptible en section transversale.

La fonction sécrétrice des feuilles est assurée par la présence des glandes sécrétrices sous forme de cavités sub-épidermiques sphériques ou oblongues, délimitées par deux rangées de cellules sécrétrices dégénérant à maturité. La deuxième rangée est formée par des cellules parenchymateuses à parois épaisses Ciccarelli et *al.*, (2008).

En effet, les structures observées coïncident avec celles rapportées par l'auteur Ciccarelli et *al.*, (2008) quelques cellules du parenchyme cortical sont à l'origine des cavités sécrétrices présentent dans les feuilles et même dans les tiges de myrte, ces cavités sont

initialement schizogènes mais deviennent plus tard lysogènes à maturité, suite à la destruction des cellules sécrétrices, ce qui provoque un élargissement du lumen glandulaire le sommet de la poche (ou cavité) est délimité par 2 à 4 cellules appelées cap cells ou cellules chapeau. Ces poches glandulaires sont localisées à l'intérieur du mésophile, à proximité étroite avec la surface. Elles sont abondantes au niveau de la tige et des feuilles, où elles sont enfoncées dans le parenchyme, donnant l'aspect d'un tissu spongieux. Ces poches persistent uniquement au niveau des feuilles et ont tendance à disparaître progressivement dans les organes qui vont se lignifier.

En effet, Lucknow et *al.*, (1997) ont interprété le rôle de ces cavités sécrétrices comme suit :

Elles représentent un aliment pour les pollinisateurs, et secrètent une substance collante qui facilite l'attachement des grains de pollen au corps du pollinisateur. Enfin, elles protègent la plante contre les insectes prédateurs et les herbivores.

4 Caractérisation physico-chimique de la plante

4.1 Potentiel hydrogène

La valeur du pH mesurée indique l'acidité présente dans les feuilles de myrte 4,15.

D'après Benalouane (2013), la valeur de pH mesurée dans le myrte de la région de Menaceur la wilaya de Tipaza était de 4,13. Les deux valeurs du pH sont voisines dans les deux régions malgré le fait qu'elles appartiennent à deux biotopes différents.

Dans ce cas, Hiller (1990) a indiqué que le pH peut varier suivant l'état physiologique de la plante, mais aussi suivant les variations climatiques, les conditions de stockage et les pratiques culturales appliquées.

4.2 Teneur relative en eau

Une teneur relative en eau avoisinant (46,10 %) a été enregistrée pour les feuilles de myrte

Les travaux de Benalouane R (2013) ont montré une teneur en eau du myrte dans la région d'Ain Romana de la wilaya de Blida (42,7%) inférieure à celle enregistrée par notre plante.

Ce pendant, Paris et *al.* (1967), ont affirmé que l'eau représente un taux de 35 à 50% dans les tissus lignifiés. Ces résultats concordent donc avec ceux obtenus dans notre étude.

4.3 Taux d'humidité dans la poudre végétale

Le taux d'humidité de la poudre végétale du myrte avoisine la valeur (10.98%). Ce dernier répond à la norme décrite par la pharmacopée européenne (2000). Confirmant ainsi que notre échantillon a été soumis à de bonnes conditions de conservation. La poudre obtenue est donc de bonne qualité.

5 Composition biochimique de la plante

5.1 Cellulose brute

La teneur en cellulose brute enregistrée par notre échantillon est de 26 %MS supérieur à celle obtenue par Boudechiche et *al.*, (2014) 20.9% MS pour le myrte de la wilaya d'El Tarf. Cette différence pourrait s'expliquer par le degré de maturité de la plante, le climat et la période de récolte.

5.2 Matière grasse

Selon Morand-fehr (1979) la teneur en MG des aliments concentrés se situe entre 15 et 65g/Kg de MS, mais il existe d'autres aliments plus riches comme les graines oléagineuses.

Ainsi, notre échantillon a enregistré une valeur de 65 g/Kg de MS, cette dernière se rapproche plus ou moins à la valeur apportée par Stremer, (2009) soit, 85g/Kg de MS pour le myrte, la différence des valeurs peut être expliquée par les variations climatiques des deux stations de récolte.

5.3 Matières azotées totales

Matière azotée totale correspond à la teneur en protéine brutes, notre échantillon a enregistré une valeur de 25g/kg de MS alors que, Stremer, (2009) a enregistré une valeur de 85g/kg de MS pour le myrte, les valeurs se rapproche l'une de l'autre.

6 Huile essentielle de feuilles de myrte

6.1 Cinétique et rendement

Les feuilles de *Myrtus communis* L. ont révélé un rendement en huile essentielle de (0.57 %). En effet, un rendement plus faible a été obtenu par Aydin *et al.* (2007) sur le myrte de la région de Turquie (0.30%). Cependant, les travaux de Gardeli *et al.* (2008) ont rapporté que *Myrtus communis* L., originaire de la Grèce, présente un rendement en huile essentielle relativement élevé de 1.45 %; ils ont également constaté que les variations saisonnières n'influent pas sur le rendement, contrairement à l'altitude que semble en avoir un rôle déterminant.

Les résultats du suivi du rendement en huile essentielle dans le temps, par la méthode d'hydrodistillation conventionnelle, nous a permis de tracer une courbe de la cinétique, traduisant l'évaluation du rendements en huile essentielle en fonction du temps (Annexe 3)

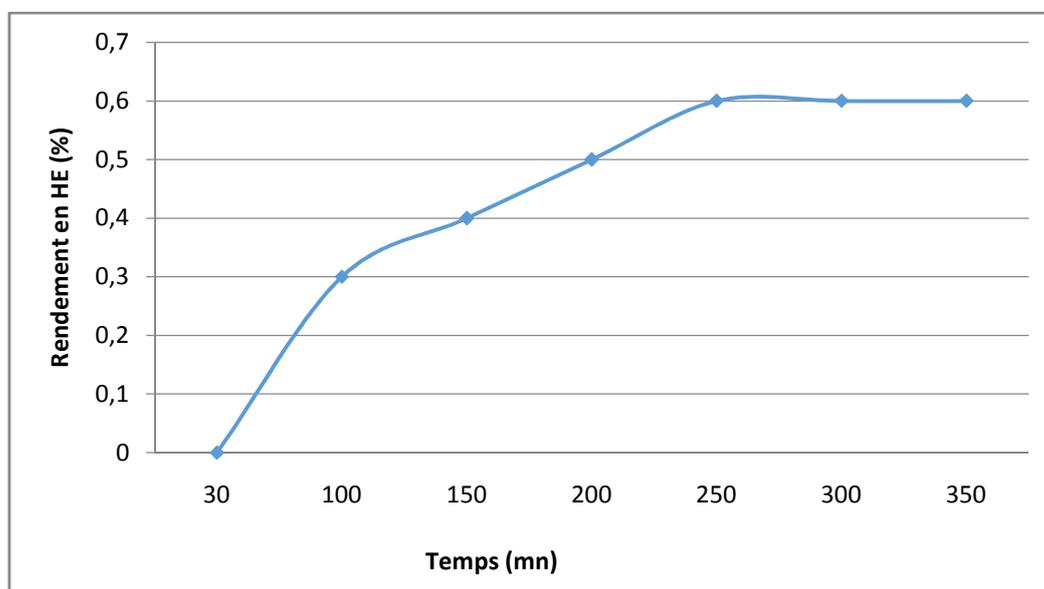


Figure 17 : Rendement en huile essentielle lors de l'hydrodistillation des feuilles de *Myrtus communis* L.

La courbe de rendement en huile essentielle traduit une croissance progressive, pendant le chauffage de la matière végétale. Elle est marquée par l'augmentation de la

température dans l'hydrodistillateur, étape durant laquelle aucune extraction d'huile essentielle ne se produit. Cette température est initialement voisine de la température ambiante puis, elle augmente au fur et à mesure pour atteindre 100°C, correspondant à la température d'ébullition de l'eau. La première étape correspond à l'extraction des premières quantités d'huile essentielle, situées à la surface des feuilles. En effet, une augmentation régulière du rendement en huile essentielle est enregistrée entre 30 et 100 min.

La deuxième étape est enregistrée entre 100 à 250 min et la troisième située entre 250 et 350min. Ce qui correspond à la fin de l'extraction d'huile essentielle. Cette durée d'extraction est concorde à celle rapportée par Ramanoelina, (1992) qui a annoncé une durée d'extraction de 3 à 5 heures pour le myrte.

Durant la première phase d'extraction, un faible accroissement du rendement est noté puis celui-ci se stabilise pendant la deuxième partie et enfin un accroissement plus important est enregistré, ce dernier atteint 0.57 %.

Les trois phases peuvent être expliquées par les structures anatomiques spécifiques localisées et étudiées ; il s'agit des sites sécréteurs d'HE situés en profondeur dans le mésophylle (site endogènes). On peut citer le cas des espèces de la famille des Myrtaceae comme : *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus radiata* et *Myrtus communis*. Ajoutons à cela, le temps de latence plus allongé enregistré, car la localisation profonde des glandes sécrétrices d'huile essentielle nécessite un laps de temps plus important. Ramanoelina, (1992).

Ainsi, l'extraction par hydrodistillation montre un rendement évolue au cours d'une certaine période puis il y a apparition d'un point d'inflexion puis un plateau qui indique la fin de l'extraction. Ce plateau renseigne sur la localisation de l'huile essentielle dans l'organe considéré. Ainsi les plantes dont l'huile essentielle est située dans des glandes exogènes auront un temps d'extraction relativement court, comme dans le cas des espèces de Lamiaceae, tandis que les plantes dont les glandes à huile sont endogènes, le temps d'extraction sera plus long, comme le cas de *M. communis*. Ramanoelina, (1992).

6.2 Caractérisation physico-chimique des huiles essentielle

Tableau 5 : Evaluation des paramètres physicochimiques de l'HE étudiée.

HE \ Paramètre	Indice d'acide	Indice d'ester	Indice de réfraction
<i>M. communis</i>	3,365	426,36	1,47

L'acidité d'une huile essentielle est un critère d'estimation de sa qualité. Un indice d'acide faible indique la stabilité de l'huile essentielle contrairement à son oxydation qui favorise sa dégradation qui se traduit par une augmentation de l'indice d'acidité Cliff et *al.*, (2013). Ainsi, notre huile a un indice d'acidité moyen (3,365) comparé aux indices élevés enregistrés pour les huiles essentielles de *Achlys triphylla* et de *Pistacia lentiscus* L. dont les valeurs respectives d'indices d'acide et de 10 et 7,12 d'après Fellah et *al.* (2006).

L'indice d'ester élevé indique une importante quantité d'acide libre dans l'huile essentielle. Hilan et *al.*, (2006). Ainsi, l'indice d'ester de notre huile a une valeur de (426,36) alors que *Achlys triphylla* et de (84,15) et Eucalyptus (1,458) Zheng, (2001).

L'indice de réfraction est utilisé comme critère de pureté des huiles essentielles. Donc, une distillation trop rapide, à température trop élevée abaisse l'indice de réfraction, Ce dernier est de (1,47) et 120 l'huile essentielle du myrte de la corse et de (1,49) Delaveau, (1982).

7 Les polyphénols totaux du *Myrtus communis* L.

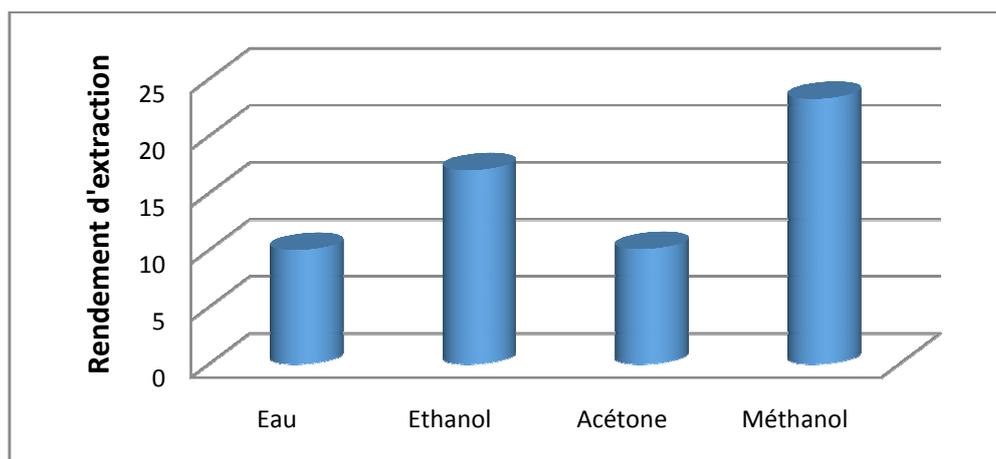


Figure 18 : Rendement d'extraction des polyphénols totaux du *Myrtus communis* L.

Par décoction.

L'extraction par décoction fait ressortir à travers l'observation des rendements que le méthanol est le meilleur solvant d'extraction (23,26%) contrairement à l'acétone et l'eau qui ont donné un rendement plus faible de (10,08 et 10 %) et le solvant d'éthanol avec une valeur de (17%)

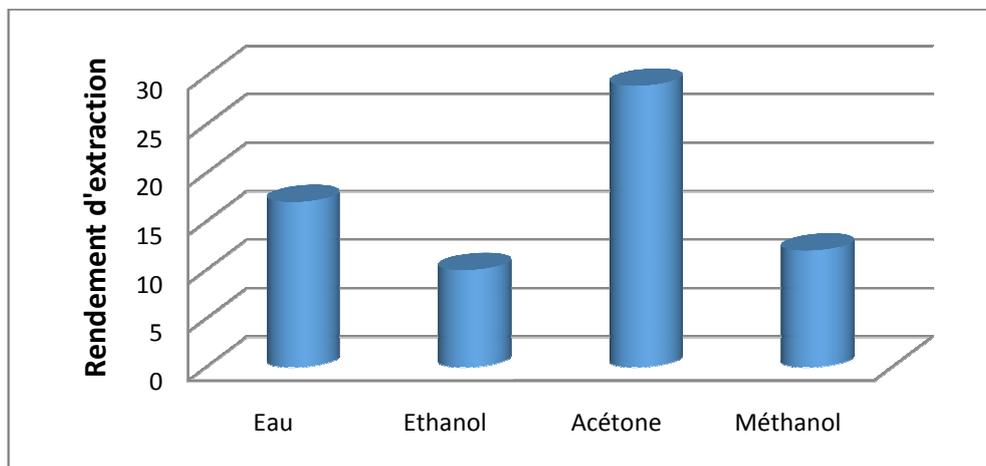


Figure 19 : Rendement d'extraction des polyphénols totaux du *Myrtus communis* L.

Par macération

Contrairement aux rendements d'extraction par la méthode de décoction, les résultats des rendements enregistrés par macération ont prouvé que l'acétone est le meilleur solvant d'extraction par macération (29 %) suivi par l'eau et le méthanol dont les rendements respectivement sont (17 et 12 %) le rendement le plus faible et le solvant éthanol avec une valeur de (10%).

Les meilleurs rendements d'extraction, ont été enregistrés par la méthode de macération soit une moyenne de (17%) et (15,07%) pour la décoction. Ces derniers diffèrent significativement en fonction des solvants utilisés. Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par Hadj Salem (2009) sur *Nitraria retusa* et par Mohammedi et al. (2011) sur *Tamarix aphylla*. En revanche, les rendements d'extrait en polyphénols sont inférieurs à ceux par Ozsoy et al. (2008) sur *Smilax excelsa*.

8 La teneur en polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux, rapportée à 100 g de matière sèche de feuille de myrte est de (84 mg). Cette valeur est inférieure à celles de *Aronia melanocarpa* (Rosaceae) (200-1000 mg/100 g de matière sèche), et *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae) (750 mg/100 g de

matière sèche). Mais supérieure à celle de *Fragaria ananassa* (Rosaceae) (13-36 mg/100 g de matière sèche) et *Rubus idaeus* (Rosaceae) (10-60 mg/100 g de matière sèche) Bassène, (2012).

9 Activité antioxydante de *Myrtus communis* L.

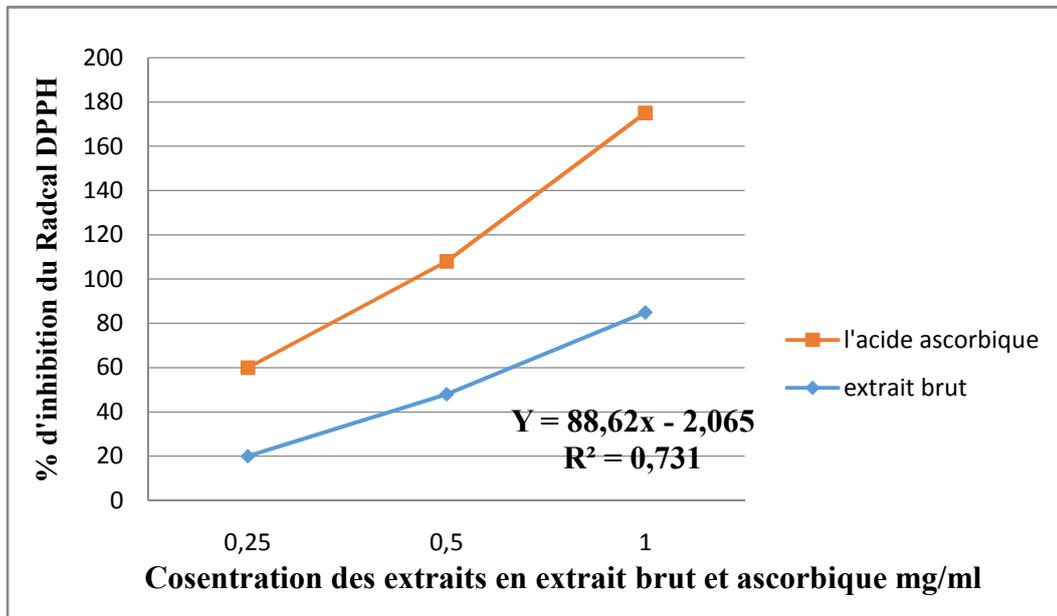


Figure 20 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations utilisées pour l'extrait brut des feuilles de *Myrtus communis* L.

Extraits étudiés	% d'inhibition	EC50
Extrait brut	74,08	0,59
Acide ascorbique	86,62	0,39

Tableau 6 : Effet antioxydant des extraits étudiés

Selon les résultats enregistrés (Figure 20), notre extrait est doté d'un bon pouvoir antioxydant (EC50 = 0,59mg/ml), mais reste d'une efficacité moindre par rapport à celle exprimée par l'acide ascorbique utilisé comme contrôle positif (EC50 = 0,70mg/ml). Mais reste supérieur à celle trouvée par Kanoun (2010) (0,47mg/ml) et celle de l'acide ascorbique de (0.11 mg/ ml) qui a été trouvée par Benhammou et *al.* (2009).

10 Production des arômes à partir du myrte

Le résultat de notre étude a mis en évidence un extrait d'arôme de myrte présentant une forte odeur agréable semblable à celle des feuilles dont la saveur est amère forte et astringente, de couleur transparente et de consistance liquide. L'arôme a bien conservé ses qualités organoleptiques à 4 °C durant 4 mois de conservation au réfrigérateur. Il est important de signaler qu'aucun travail n'a été porté sur la recherche des arômes à partir du myrte, contrairement à la vanille par exemple qui a été largement étudiée et utilisée dans l'agroalimentaire et en cosmétique par Kirk-Othmer, (1997).

11 Production d'un colorant naturel à partir du myrte

Un colorant a été mis en évidence, à partir des fruits frais de myrte ce dernier est de couleur violacé foncé facilement reproductible est très persistant, qu'on pourra exploiter dans l'industrie agro-alimentaire ou cosmétique. Il est important de signaler qu'aucun travail n'a été porté sur la recherche des arômes à partir du myrte. Par ailleurs, des travaux ont été réalisés au niveau industriel sur les colorants extraits à partir du thé pour tanner le cuir cette technique est utilisée au niveau de l'Inde depuis 2007 Sylvain, (2010).

CONCLUSION

Notre étude rentre dans le cadre de la recherche des solutions alternatives aux produits pharmaceutiques synthétiques, qui permettent la prévention et la réduction des maladies et les carences en éléments naturels provoqués par les produits industriels et la protection de l'environnement. Tout en apportant un revenu socio-économique.

La collecte du *Myrtus communis* L qui fait partie de la famille des myrtacées. A été réalisée selon les données bibliographiques et notre propre investigation auprès de la population locale de (Bejaia) en Algérie.

Notre volet de recherche traite l'étude ethnobotanique pour déterminer l'importance de l'utilisation traditionnelle de l'espèce phare de notre étude « *Myrtus communis* L » dans le Nord- Est Algérien. Les résultats ont montré que le myrte est utilisé comme traitement dans les pathologies gastriques, et comme drogue anti-inflammatoire indiquée dans le cas de rhumatismes. Une partie, des feuilles séchées ont été soumises à une hydrodistillation, pour le suivi de l'évolution du rendement en huiles essentielles en fonction du temps. Au niveau du laboratoire de la recherche de biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales au département de biotechnologie de la faculté SNV de l'université de Blida 1 et l'Institut d'Agronomie d'El Harrach à Alger. La technique d'hydrodistillation a permis de déterminer que la durée de traitement pour l'obtention du meilleur rendement est comprise entre 100 et 250 mn, et d'une valeur de 0.57 %.

L'étude de la structure histologique du myrte a été réalisée par des coupes anatomiques, au niveau des feuilles. Les observations, au microscope photonique, nous ont apporté certaines informations pouvant expliquer l'allure de la courbe de cinétique et ce par l'observation et la localisation des glandes sécrétrices. Cette étude histologique des feuilles de myrte est illustrée par des figures explicatives dans la partie résultat de notre projet d'études.

L'Extraction des polyphénols montre que le meilleur rendement d'extraction a été obtenu par macération d'une moyenne de (29 %).

L'étude de l'activité antioxydante a démontré que notre extrait possède un pourcentage élevé d'inhibition de (IC50 =0,59mg/ml). Ce qui confirme une forte capacité anti-radicalaire de la plante étudiée.

CONCLUSION

Pour terminer notre recherche nous avons mis en évidence la présence d'arôme naturel à partir des feuilles avec la méthode d'hydrodistillation et colorant par solvant naturel à partir de notre plante phare un qui ont peut ce conserver durant 4 mois.

Enfin on peut conclure d'après nos études que le myrte peut être utilisé dans le domaine agro-alimentaire en toute sécurité après avoir compléter quelques essais.

Dans ce sens, plusieurs portes s'ouvrent à la recherche, comme :

- ✓ La valorisation de notre patrimoine végétale tout en apportant de l'aide à notre société pour diminuer les maladies dont elle souffre.
- ✓ Valoriser d'autres plantes de notre biotope.
- ✓ Une analyse chimique doit être faite pour compléter nos études.
- ✓ Valorisation de cette plante dans d'autres secteurs socio-économiques.
- ✓ Mise en culture de cette plante à l'échelle industrielle.
- ✓ Etude de la toxicité de la poudre et des extraits aqueux et huile essentielle.
- ✓ Amélioration de l'arôme et du colorant en vue de leur utilisation dans les domaines Agroalimentaire et cosmétique.
- ✓ Etude d'autres activités biologiques de la plante et de ces extraits.
- ✓ Etude des compositions chimique et biologique de la plante.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adda J. and Richard H.**, (1983). International symposium on food flavors. Technique et Documentation (Lavoisier). Paris, 125p.
- AFNOR**, (1986). Essentials of botanical extraction : principles and applications. Association Française de normalisation, Vol 2, 474p.
- AFNOR**, (1997). Aliments des animaux. Association Française de Normalisation, St Denis la Plaine : 18-122.
- AFNOR**, (2000). Association Française de normalisation. Huiles essentielles. Monographie relative aux huiles essentielles. Ed. PARA Graphic, International Organization of Standardization, Tome 2. Vol 1, 323p.
- Al hindawi A., Nabi M.H. and Ismail, M.A.**, (1989). Anti-inflammatory activity of some Iraqi plants using intact rats. *Ethnopharmacol.*, 26 : 163-168.
- Allali H., Benmehdi H., Dib M.A., Tabti B., Ghalem S., and Benabadji N.**, (2008). Phtotherapy of diabetes in west Algeria. *Asian journal of chemistry*, 2 (4),: 2701-2710p.
- Alves B.**,(2002). Aromathérapie. Edition Dunod, 240p.
- Asgarpahah T., and Arefeh A.**,(2015). Phytochemistry and pharmacological properties of *Myrtus communis* L. *Indian journal of Traditional knowledge*, 1 : 82-87.
- Aspinall G.**, (1980). Chemistry of cell wall polysaccharides. In J. Preiss (Ed.), The Biochemistry of Plants Vol. 3, New York: Academic Press, 473-500p.
- Aydin, Ozcann, M.M.** (2007). Determination of nutritional and physical properties of myrtle fruits growing wild in Turkey. *Journal of food enrgineering*. Vol 79. 453-458p.
- Azadbakht Q., Ziai H. and Adbollahi F.**, (2003). Effect of essential oils of *Myrtus communis* L. Completer le nom du journal, 8 : 35-40p.
- Azaizeh Z., Saad B., Khalil K. and Said O.**, (2006). The state of art of traditional arab herbal medicine in the eastern region of the mediterranean . 3 : 229-235.
- Bassène T.**, (2012). Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces. *Journal of Applied Biosciences*, 59: 4307–4320.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bekkara S., Bousmala L., Taleb-Bendiab S.A., Boti J.B., et Casanova J., (2007).** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie et Santé*, 7 (1) : 6-11.
- Bellakhdar J., (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs. Ibis Press., Paris, 400p.
- Belot A., (1987).** Dictionnaire des arbres et arbustes du jardin. Eddition Bordas. Paris, 383p.
- Beloued A., (1998)** Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires. Alger., 89p.
- Beloued A., (1998).** Plantes médicinales d'Algérie. Office des publications universitaires. Alger, 100p.
- Beloued A., (2001).** Les plantes médicinales d'Algérie. Edition OPU, Alger, 277p.
- Ben Ghnaya, Chograni H., Messoud C. and Boussaid M., (2013).** Comparative chemical composition and antibacterial activities of *Myrtus communis* L. essential oils isolated from Tunisian and Algerian population. *Plant pathology and microbiology*, 4 : 1-5.
- Benalouane R., (2013).** Contribution à l'étude physico-chimique des extraits de myrte récolté en deux régions de telle Algérien : Menaceur (Tipaza) et Ain romana (Blida) et son activité antioxydante. Thèse de master en biotechnologie des plantes aromatiques et médicinales et des produits naturels, université de saad dahlab Blida. 76p.
- Bengmark S., (2004).** Acute and "chronic" phase reaction-a mother of disease. *Clinical Nutrition*, 23: 1256-1266.
- Benhammou D., Ghambaza N., Benabdelkader S., Atik-Bekkara F. and Kadifkova Panovska T. (2009).** Phytochemicals and antioxidant properties of extracts from the root and stems of *Anabasis articulata*. *International Food Research Journal*. Vol 20(5): 2057-2063p.
- Blois R., 1958.** Déterminations antioxydantes par l'utilisation d'un radical stable. *Nature, journal Pharmacologie et Pharmacie*, 5 (4) : 181, 99- 100.
- Boizot N., and Charpentier .J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en
- Boizot O., et Charpentier J.P., (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cah. Tech. INRA*. N°. special : 79-82.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonina F., Leotta C., Scalia G., Puglia C.,** (2002). Evaluation of oxidative stress in diabetic patients after supplementation with a standardised red orange extract. *Diabetes Nutrition and Metabolism*, 15: 14-19.
- Boudechiche L., Cherif M., Boudechiche L. and Sammar F.,** (2014). Teneurs en composés primaires et secondaires des feuilles d'arbustes fourragers de la région humide d'Algérie, 15p.
- Boudjelal A., Henchiri C., Sari M., Sarri D., Hendel N., Benkhaled A. and Ruberto G.,** (2013). Herbalists and wild medicinal plants in M'sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey. *Journal of Ethnopharmacology*, 148 : 395-402.
- Bougandoura R., et BENDIMERAD N.,** (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanoliques de *Satureja calamintha* ssp.. *Revue Nature & Technologie*, 5, 45 : 24-30p
- Boukef M.,** (1986). Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, 203p.
- Boullard W.,** 2001. Usage traditionnels des plantes spontanées d'El Goléa. Actes du colloque de l'Association Française pour la conservation des espèces végétales, Mulhouse, 300p.
- Boulos L.,** (1983). Medicinal plants of North Africa. Lavoisier, Paris, 400p
- Bouzabata A.,** (2013). Traditional Treatment of high blood pressure and diabetes in Souk Ahras District. *Journal of Pharmacognosy and phytotherapy*, 5 : 12-20.
- Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M., et Chaabouni M.M.,** (2003). Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle. *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 10 : 119-125.
- Brand-Williams S., Cuvelier M.E., and Berset C.,** (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 28 : 25-30 .
- Cakir A.** (2004). Essential oil and fatty acid composition of the fruits of *Myrtus communis* L. from Turkey. *Biochem system ecology*., 32 : 809-816.
- Cardon D.,** (2014). Le monde des teintures naturelles. Ed. PARA Graphic, Tome 2. Vol 1, 783p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Chidouh A.**, (2014). Caractérisations chimiques et physico-chimiques des extraits hydrosolubles du Myrte. Thèse de doctorat de Biochimie et de Microbiologie appliquée, Université de Batna, Algérie, 120p.
- Ciccarelli C. et Garbari F., Pagnin A.M.**, (2008). The flower of *Myrtus communis* L. : Secretory structure, unicellular papillae and their ecological role. *Flora*. : 58-93.
- Ciccarelli et Andreucci A.C., Pagni A.M., Garbari F.**, (2005). Structure and development of the elaiosome in *Myrtus communis* L. *Flora* 200p, 326-331p.
- Ciccarelli R., Garbari F. and Pagni A.M.**, (2008). The flower of *Myrtus communis* L. : secretory structures, unicellular papillae, and their ecological role. *Flora*, 203 : 85-93.
- Cliff P., et Harerimana P.C.**, (2013). Extraction de l'huile essentielle complète des fleurs de *Canaga odorata* de la plaine de l'Imbo : vers la vulgarisation d'une nouvelle filière de plantes industrielles au Burundi. *Revue de l'université de burundi, série sciences exactes*, 28 : 1-17p.
- composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des techniques de l'Inra. pp
- Crozier A., Clifford M.N. and Ashihara H.** (2006). Plant Secondary Metabolites : Occurrence, structure and role in the human diet. Edt Blackwell Publishing Ltd. 140p.
- Csek D., and Kaufman P.B.**, (1999). How and why these compounds are synthesized by plantes. Columbia Univ. Press. New York, 1262p.
- De Laurentis N., Rosato A., Gallo L., Leone L., Milillo M.A.**, (2005) Chemical composition and antimicrobial activity of *Myrtus communis*. *Rivista Italiana Eppos* 39, 3-8.
- Dembinska-Kiec A., Mykkänen O., Kiec-Wilk B., Mykkänen H.** (2008). Antioxidant phytochemicals against type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition*. 99: ES109-ES117.
- Deruaz L., et Reynaud J.**, (1993). Evaluation of the molluscicidal properties of *Myrtus communis* L. *Phytotherapy research*, 17 :. 428-430.
- Dias C.,and Abeger A.**, (1987). A new contribution to the study of polyphenolic compounds in seeds of *Myrtus communis* L. *J. Medicine and phytotherapy.*, 21 : 317-322.
- Djeddi C.**, (2012). Les huiles essentielles des mystérieux métabolites .secondaires. Presses Académiques Francophones, 265p.
- Douglas A.**, (1961). Gas chromatography, Ed. Newnes, Londres, 220 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Douglas W., Preiss, J.R.J. and Elbein A.D.,** (1985). Biosynthesis of Polysaccharides. In *The Polysaccharides*. New York: Academic Press, 107-196p.
- Dowson A., and ATEN A.,** (1963). Composition et maturation, récolte et conditionnement des dattes. Ed. Newnes ,397.
- Dumont L., et Adda J.,** (1972). Isolement des constituants de l'arôme des fromages: comparaison de méthodes. *Lait*, 52 : 311-323.
- Elfellah L., Akhtar M.H. and Khan M.T.,** (1984). Anti-hypoglycemic effect of an extract of *Myrtus communis* L. in streptozotocin-induced diabetes in mice. *Journal of ethnopharmacology*, 11 : 275-281.
- Eskin N.A., and meller Z.** (1979). Plant pigments, flavors and textures: the chemistry of selected compounds, 245p.
- Favier L.,** (2003). Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, Le stress oxydant. Ajouter edition et pays ???, 8p.
- Fellah S., Romdane M. et Abderraba M.,** (2006). Extraction et étude des huiles végétales de *Salvia officinalis* L. Cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal de la société Algérienne de chimie*, 16 : 193-202.
- Figueiredo Q., Stefanini M.B., Ming L.C., Maio M.O. and Facanali R.,** (2008). Essential oil composition of *Myrtus communis* L. britton leaves cultivated in Brazil. 131-134.
- Gardeli F., Vassiliki P., Athanasios M., Kibouris T., et Komaltis M.,** (2008). Essential oil composition of *Pistacia lentiscus* L. et *Myrtus communis* L. : Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. *Food chemistry*,107: 1120-1130.
- Gattapaglia D., Vaillancourt R.E., Sherpherd M., Thumma B.R., Foley W., Kulheim C., Potts B.M. and Myburg A.A,** 2012. Progress in Myrtaceae genetics and genomics : Eucalytus as the pivotal genus. *Tree Genetics Genomes*, 8 : 463-508.
- Gerhenzon G., et Dudarrev N.,** (2007). The function of terpen natural products in the natural world. *Natural chemistery and Biolog*, 3 : 407- 414.
- Ghedira K.,** (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique, Pharmacognosie. *Pythothérapie*, 4 : 162-169.
- Goetz P.,** (2012). Phytothérapie anti-infectieuse. France, Paris: Springer-Verlag, 300p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Gonzalez G., Darias V. and Munguia O., (1981). Contribution to the chemotherapeutic study of the seed of *Myrtus communis* L. *Fitoterapia.*, 52 : 171-174.

Gonzalez-Gallego J., Garcia-Mediavilla M.V., Sanchez-Campos S. and Tunon M.J., (2010). Fruit polyphenols, immunity and inflammation. *British Journal of Nutrition*, 10: 5-8p.

Gonzalez-varo A et Arroyo J., (2009). Effects of fragmentation on pollinator assemblage, pollen limitation and seed production of mediterranean myrtle (*Myrtus communis* L.). *Biologia Plantarum*, 49 (1) : 105-110.

Grêté P., (1965). Précis de botanique, Systématique des angiospermes Tome II ; 2ème édition révisée, Faculté de Pharmacie de Paris – Masson, 429p.

Gryc M., (1985). Contribution à l'étude botanique et chimique de *Myrtus communis* L. Thèse pour diplôme d'état de docteur en pharmacie, Faculté de pharmacie, université de Claude Bernard Lyon I, 153p.

Guasmi B., Kayouli C., Buldgen A., Boukary A., Ammar H. and Lopez S., (2006). Effect of feed block supply on the ruminal ecosystem of goats grazing shrub land in Tunisia. *Animal feed science and technology*, 127 : 1-12.

Guignard J., (2000). Biochimie végétale. Paris: Dunod., 274 p.

Guignard Z., (1995). Abrégé de botanique. Ed. Masson, France, 285p.

Gutteridge F., (1993). Métabolisme des végétaux. Physiologie et biochimie. Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne, 526 p.

Hadj Salem M., (2009). Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acyle de ses molécules par voie enzymatique. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine. France. 270p.

Halliwell M., Aktera R., Hossaina M.M., Alamb M. S., (1999). *In vitro* free radical scavenging activity of methanol extract of the leaves of *Mimusops elengi* linn.,6 (2): 197–202

Harborne J.B. (1990). Constraints on the evolution of biochemical Pathways. *Biol. J. of the linnean Societ.*, 39 : 135-151.

Hilan Z., Jawish D. et Aitour S., (2006). Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiceae. *Lebanaise Science Journal*, 7 : 13-22.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hiller Z.**, (1990). Abrégé de physiologie végétale. Tome II. Edition Masson, 280p.
- Hollman P. and Katan M.B.**, (1999). Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*, 37: 937-942.
- Hotamisligil G.**, (2006). Inflammation and metabolic disorders. *Nature*, 444: 860-867.
- Houel N.**,(2011). Etude des substances bioactives issues de la flore amazonienne. Analyse de préparations phytothérapeutiques à base de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) et *Psidium acutangulum* D.C. (Myrtaceae) utilisées en Guyane Française pour une indication antipaludique. Identification et analyse métabolique d'huiles essentielles à activité antifongique. Thèse de doctorat en chimie des substances. Université des Antilles et de la Guyane, 220p.
- Hynes M. and O'Coinceanainn M.** , (2004). The kinetics and mechanisms of reactions of iron (III) with caffeic acid, chlorogenic acid, sinapic acid, ferulic acid and naringin. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 98(8): 1457-1464.
- INRA**, (1988). Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. 1. Les protéagineux. Editions, Paris , France : 47-57.
- Iserni, P.**, (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Edition Larousse. Paris, 110p.
- Isman L.**, (2002). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19 : 603-608.
- ISO**, (1997). International Organization Of Standardization. : Aliments des animaux -- Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes -- Méthode Kjeldahl, 1997. 420p.
- ISO**, (1997). Aliments des animaux, Détermination de la teneur en azote et calcul de la teneur en protéines brutes et Méthode Kjeldahl. Editions Paris, Tome 4. Vol 2. 420p.
- Johnston K., Clifford M.N., Morgan L.M.** , (2003). Coffee acutely modifies gastrointestinal hormone secretion and glucose tolerance in humans: glycemic effects of chlorogenic acid and caffeine. *American Journal and Clinical Nutrition*, 78: 728-733.
- Jouaulte K.**, (2012). La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Université de lorraine. Faculté de pharmacie, France, 137p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Kakhlon O. and Cabantchik Z.I., (2002). The labile iron pool: characterization, measurement, and participation in cellular processes1. *Free Radical Biology & Medicine*, 33(8): 1037–1046.

Kalachanis A., Psaras G.K., (2005). Structure and development of the secretory cavities of *Myrtus communis* L.leaves. *Biologia Plantarum*, 49 (1) : 105-110.

Kanoun O., (2010). Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. de la région de Tlemcen (Honaine) Thèse de Magistère, institut de biologie, Université de Tlemcen, 150p.

Karlsen A., Retterstol L., Laake P., (2007). Anthocyanins inhibit nuclear factor- κ B activation in monocytes and reduce plasma concentrations of proinflammatory mediators in healthy adults. *Journal of Nutrition*, 137: 1951-1954.

Klemm D., Philipp B., Heinze T., Heinze U. and Wagenknecht W., (2004). General Considerations on Structure and Reactivity of Cellulose: Section 2.1–2.1.4. In *Comprehensive Cellulose Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., 9-29 p.

Knekt P., Kumpulainen J., Jarvinen R., Rissanen H., Heliovaara M., Reunanen A., (2002). Flavonoid intake and risk of chronic diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 560-568.

L'OMS (1998), Réglementation des médicaments à base de plantes La situation dans le monde, P 65.

Lafuente A., Guillamon E. and Villares A., (2009). Flavonoids as antiinflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*, 58: 537-552.

Lamartiniere C., Cotroneo M.S., Fritz W.A, Wang J., Mentor-Marcel R. and Elgavish A., (2002). Genistein chemoprevention: timing and mechanisms of action in murine mammary and prostate. *Journal of Nutrition*, 132 (3): 55-55.

Langeron G., (1949). Précis de mycologie, mycologie humaine et animale, Techniques de mycologie générale, vol 2. l'édition l'Europe, Paris 700 : 669-671p.

Lesgards O., (2000). Le stress oxydatif et ses implications myalgies international supplément scientifique, Vol 2 (3), Marseille, France. 700p : 631-641p

Lucienne S., (2013). Les plantes médicinales d'Algérie. Troisième édition science sup, 239p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lucknow C. and Grimes J.,** (1997). A survey of anther glands in the mindmosoid legume tribes parkieae and mimoseae. *American journal of botany*, 84 : 285-297.
- Mabberley D.,** (1997). The Plant-Book : A Portable Dictionary of the Vascular Plants. Ed 2 Cambridge University Press, New York, Melbourne, 250p.
- Macheix J.J Fleuriet A. and P. Sarni-Manchado** (2006). Composés phénoliques dans la plante-structure, biosynthèse, répartition et rôles. Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier, Paris. 200p.
- Mahmoudi S., and Atik F.,** (2011). Impact of solvent extraction type on total polyphenols content and biological activity from *Tamarix aphylla* (L.) karst. *Inter. J. Pharma. Bio. Sci.*, 2 : 609-615.
- Maxia A., Frau M.A., Falconieri D., Karchuli M.S., Kasture S.,** (2011). Essential oil of *Myrtus communis* inhibits inflammation in rats by reducing serum IL-6 and TNF-alpha. *Natural Product Communications* 6,1545-1548.
- Medjkane S., Hammiche V. and Denine R.,** (1985). Propriétés antimicrobiennes de décoctions à base de *Myrtus communis* L. 2^{ème} Journée Nationale de Biologie. 10-11 décembre, Alger.
- Messaoud C., Béjaoui A. and Boussaid M.,** (2011). color, chemical and genetic diversity and structure of *Myrtus communis* L. var. *italica* Mill. Morph populations. *Biochemical systematics and Ecology* , 39 : 570-580.
- Migliore J.,** (2011). Empreintes des changements environnementaux sur la phylogéographie du genre *Myrtus* en méditerranée et au sahara. Thèse de doctorat, Université paul cézanne d'Aix-Marseille III., 90p.
- Migliore J.,** (2011). Empreintes des changements environnementaux sur la phylogéographie du genre *Myrtus* en méditerranée et au sahara. Thèse de doctorat, Université paul cézanne d'Aix-Marseille III. 140p
- Mochizuki M., Yamazaki S.I., Kano K., Ikeda T. ,** (2001). Kinetic analysis and mechanistic aspects of autoxidation of catechins. *Biochim.Biophys. Acta -General Subjects*, 1569: 35-44.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Molyneux L., (2004). Determination of DPPH Radical Oxidation Caused by Methanolic Extracts of Some Microalgal Species by Linear Regression Analysis of Spectrophotometric Measurements. *Sensors*, 7 : 2080-2095.

Morand-fehr M., (1979). Poids et métabolisme des réserves lipidiques, revue Nature de Développement. I.N.R.A., Institut National Agronomique Paris-Grignon, 12p.

Nantz M., Rowe C.A., Nieves C.J., (2006). "Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate. *Journal of Nutrition*, 136: 2606-2610.

Nevell, T. and Zeronian S.H. , (1985). Cellulose chemistry and its applications. Chichester: Elis Horwood, 552p.

Ohnishi L., and Bannai H., (1993). Quercetin potentiates TNF-induced antiviral activity. *Antiviral research*, 22 : 327-331.

Ozsoy R., Can A., Yanardag R. and Akev N., (2008). Antioxidant activity of Smilax excels L. leaf extracts. *J. Food chem.*, 110. : 571-583.

Paris R., Moyes H., (1967). Matière médicale. Tome II. Edition Masson, 438p.

Peters U., Poole C. and Arab L., (2001). Does tea affect cardiovascular disease? A metaanalysis. *American Journal of Epidemiology*, 154: 495-503.

Pharmacopée Européenne, (1997). 3 ème édition, Conseil de l'Europe. Sainte Ruffine : éd. Maisonneuve S.A, 1918 pages.

Pharmacopée européenne, (2002). Conseil de l'Europe. Sainte Ruffine : 3 ème édition Maisonneuve S.A, 918 p.

Pharmacopée européenne, (2005). Conseil de l'Europe Tome 1, édition Maisonneuve , Strasbourg France, 3343p.

Pincemail L., Bonjean K., Cayeux K. and Defraigne J.O., (2004). Physiological action of antioxidant defences. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 16: 233-239.

Poletti E. , (1982) .Fleurs et plantes médicinales. Edition Delachaux & Niestlé., 222p.

Quézem P. et Santa S., (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du Centre national de la recherche scientifique. Paris, 101p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ramanoelina O., (1992). Chemical composition of niaouli essential oil from madagascar. *Journal of essential oil research*, 4 (6) : 657-658.

Ramdani C., (1994). Contribution à l'étude de la flore médicinale de la région d'Alger. Thèse de doctorat en agronomie. INA. Alger. 180 p.

Raynal-Ioualalen L., (1996). Procédé de fractionnement des sons de blé. Extraction et étude des propriétés fonctionnelles des arabinoxylanes. Thèse de doctorat, Université de Toulouse., France, 324p.

Romani P., Pinelli C., Cantini Q., Cimato A. and Heimler D., (2006). Characterization of Violetto di Toscana, a typical Italian variety of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *J. Food Chem.* , 95 : 221-225.

Salas-Salvado J., Fernandez-Ballart J., Ros E., (2008). Effect of a Mediterranean diet supplemented with nuts on metabolic syndrome status: one-year results of the PREDIMED randomized trial. *Archives of Internal Medicine*, 168 (22): 2449-2458.

Santangelo C., Vari R. and Scazzocchio B., (2007). Polyphenols, intracellular signaling and inflammation. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanita*, 43(4): 394-405.

Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C., Jimenez L., (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 287-306.

Scalbert A., Manach C., Morand C., Remesy C., Jimenez L., (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45: 287-306.

Sepici U., Gurbuz I., Cevik C. and Yesilada E., (2004). Hypoglycemic effects of myrtle oil in normal and alloxan-diabetic rabbits. *Journal of ethnopharmacology* 93 : 311-318.

Shahidi C. and Naczki M., (2001). Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. *J. Food Chem.*, 75 : 509-512.

Somon E. (1987). Arbres arbustes et arbrisseaux en Algérie. Edition OPU, Paris, 143p.

Spedding E., Ratty A. and Middleton E.J. (1989). Inhibition of reverse transcriptase by flavonoids. *Antiviral.*, 12 : 99-110p.

Spencer J., (2010). Beyond antioxidants: the cellular and molecular interactions of flavonoids and how these underpin their actions on the brain. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 69: 244–260.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Stremer J., (2009). Le myrte et ses réalités. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie à Paris, 150p.

Tajkarimi O., Ibrahim S.A. and Cliver D.O., (2010). Antimicrobiol herb and spice compounds in food. *Food control*, 21 : 1199-1218.

Tchoumboungang O., (2009). Contribution à la détermination des teneurs des caractéristiques chimiques et des activités antifongiques des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques et condimentaires et médicinales du Cameroun. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en biochimie. Faculté des sciences. Université de Yaoundé ,Cameroun, 270p.

Théophraste S., (1988). Guide des meilleures plantes de jardins. Edition Egen Ulmer, Paris. 320p.

Torre Mendoza and Weakly L., (2006). Anti-malarial flavonol arabinofuranosides from naturel product. 169 : 826-828.

Torreggiani A., Mompon B., Lemaire B., Mengal P. et Surbel D., (2005). Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. IN « Polyphénols 96 ». Ed. INRA, France : 31-35.

Touaibia M. and Chaouch F., (2013). Pouvoir antioxydant des extraits de *Myrtus communis* L. obtenus *in situ* et *in vitro*. *Nature & Technologie*,4 : 1-8.

Tuberos C., Rosa, A. and Dessì, M., (2010). Chemical composition and antioxidant activities of *Myrtus communis* L. berries extracts. *Food Chemistry*, 123 : 42-51.

Umesalma S. and Sudhandiran G., (2010). Differential inhibitory effects of the polyphenol ellagic acid on inflammatory mediators NF- κ B, iNOS, COX-2, TNF- α , and IL-6 in 1,2-dimethylhydrazine-induced rat colon carcinogenesis. *Basic Clinical Pharmacology and Toxicology*. 107: 650-655.

UnsickerR., and Kunert G. (2009). Protective perfumers : the role of vegetative volatiles in plant defense against herbivores. *Current opinion in plant biology*, 12 : 479-485.

Van Dam R., (2002). Coffee consumption and risk of type 2 diabetes mellitus. *Lancet.*, 360: 1477-1478.

Vausselin S., (2004). Les huiles essentielles et la thérapie par les huiles essentielles. *Guide ressources*,19 : 69-73.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Veckenstedt Z., and Pusztai, R., (1981). Mechanism of antiviral action of quercetin against cardiovirus infection in mice. *Antiviral research*, 1 : 249-261.

Vicidomini (2007) A review of plant used in flok veterinary medicine in Italy. *J. Ethnopharm*, 3 : 1-40.

Volák, J. et Stodola J., (1984). Plantes médicinales. Edition Grund. Paris, 319p.

Welch K., Davis T.Z. and Aust S.D., (2002). Iron Autoxidation and Free Radical Generation: Effects of Buffers, Ligands, and Chelators. *Archives of Biochemistry and Biophysique*, 397(02): 360–369

ANNEXES

Annexe 1 : Plan de la station de récolte



Les coordonnées géographiques de notre station de récolte :

- L'altitude 36°.39'.59" nord 36.66.
- Longitude 4°.41'.50" est 4.69.

Annexe 2 : Vue par satellite de la station de récolte



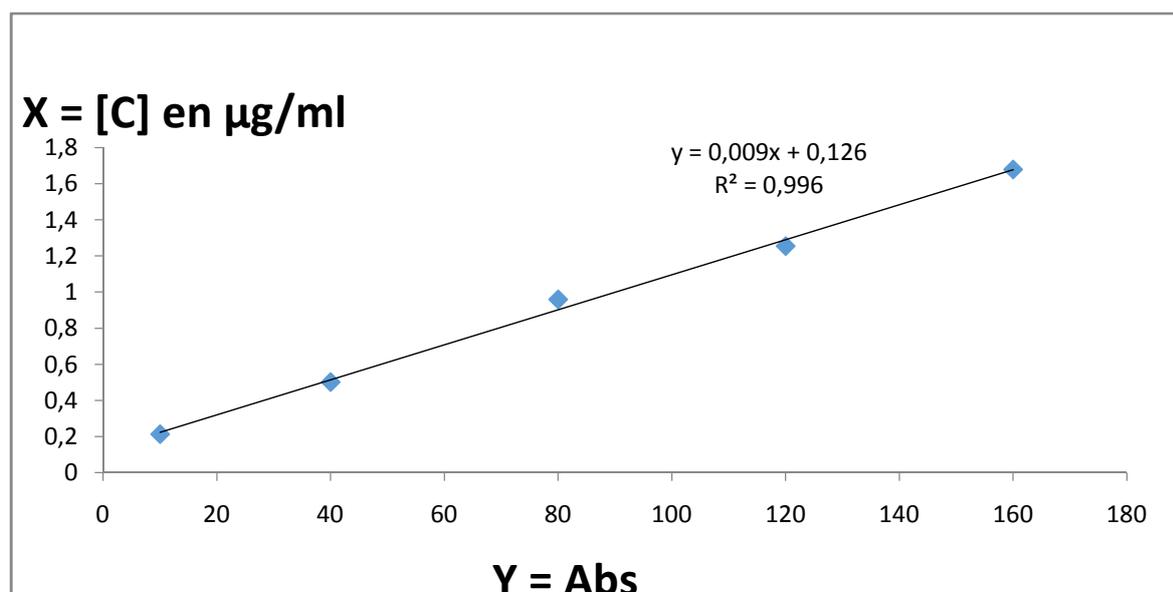
Annexe 3 : Influence de la durée d'extraction sur le rendement en huile essentielle de *Myrtus communis* L.

Temps (mn)	Masse d'huile essentielle (g)	Masse cumulée (g)	Rendement (%)
0	0	0	0
5	0	0	0
15	0	0	0
30	0	0	0
45	0,1716	0,1716	0,2150
60	0,1408	0,3124	0,3193
90	0,0664	0,3788	0,4745
120	0,0285	0,4073	0,5102
150	0,0132	0,4205	0,5268
180	0,008	0,4285	0,5268
240	0,001	0,4547	0,5398

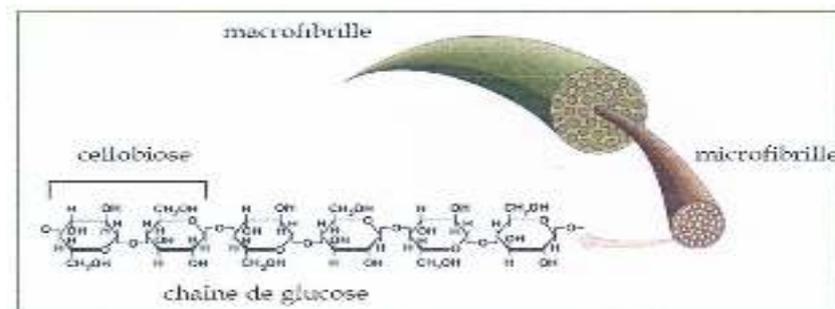
Annexe 4 : l'absorbance de l'acide gallique

[C] µg / ml	Absorbances
10	0,2123
40	0,502
80	0,9593
120	1,2553
160	1,6803

Annexe 5 : Courbe d'étalon de l'acide gallique.



Annexe 6: Formule chimique de la cellulose et la modélisation de l'assemblage des fibres cellulosiques (Aspinall, 1980).



Annexe7 : Absorbances et concentrations des dilutions de l'extrait de *Myrtus communis* L.

	1	2	2
L'absorbances	0.30	1	0.7