

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DJILLALI LIABES SIDI-BEL-ABBES
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



FILIERE : BIOTECHNOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE MICROBIENNE

Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Thème

L'effet d'huile de graine de figue de barbarie (naturelle et commerciale) sur la peau et son effet sur Helicobacter Pylori

Présenté Par :

SAHIOUADI Bouchra

Soutenu le : 20/09/2020

Devant les jurys composés de :

Mme KANOUNE Khadidja

Maitre assistant (UDL, SBA)

Président

Mme ZEMRI

Maitre assistant (UDL, SBA)

Examineur

Mme CHAMA Zouaouia

Maitre assistant (UDL, SBA)

Encadreur

TITSAOUI Djamilla

Professor (UDL, SBA)

Co-Encadreur

Année Universitaire : 2019/2020

SOMMAIRE

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux et figures	

INTRODUCTION

Introduction	2
--------------	---

CHAPITRE I LES PLANTES MÉDICINALES

I.1. Phytothérapie	5
I.1.2. Avantage de phytothérapie	5
I.1.3. Principe de la phytothérapie	5
I.1.4. Intérêt de la phytothérapie	6
I.2. Plantes médicinales	6
I.2.2. Dans quels cas utiliser les plantes médicinales ?	7
I.2.3. Modes de préparation et d'utilisation des plantes médicinales	7
I.2.4. Importance de l'utilisation des plantes médicinales	8
I.2.5. Formes d'emploi des plantes médicinales	8
I.2.6. Rôle des plantes médicinales	10

CHAPITRE II FIGUIER DE BARBARIE

II.1. Généralité	12
II.2. Classification et origine du figuier de barbarie	13
II.2.1. Origine et répartitions géographiques	13
II.2.2. Origine génétique	15
II. 3. Phénologie de la plante	15
II.4. Composition de la plante	16
II.5. Composition biochimique	18
II.6. Les principales utilisations du figuier de barbarie	23
II.6.1. Intérêt nutritionnel	23
II.6.2. Production de fourrage pour le bétail (alimentation fourragère)	23
II.6.3. Utilisation du Nopal dans l'apiculture	24
II.6.4. Production de carmin (Utilisation pour la teinture)	24
II.6.5. Utilisation médicinale	24
II.6.5.1. Utilisations traditionnelles (et activité Diurétique)	24
II.6.5.2. Effets pharmacologiques	25
II.6.6. Utilisation dans le domaine industriel	28
II.6.7. Protection	29
II.6.8. Plantes anti-pollution	29
II.9. Barrage aux ondes	29

CHAPITRE III LES HUILES ESSENTIELLES

III.1. Définition des huiles essentielles	31
III.2. Huile essentielle ou essence ?	31
III.3. Répartition et localisation des huiles essentielles	31
III.3.1. Répartition	31
III. 3.2. Localisation	31
III.4. Composition chimique	32
III.5. Différentes techniques d'extraction des huiles essentielles	32
III.5.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	33
III.5.2. Extraction par hydrodistillation	34

SOMMAIRE

III.5.3. L'Expression à froid	34
III.5.4. Extraction par solvants organiques	35
III.5.5. Distillation sèche	36
III.5.6. L'extraction assistée par chauffage micro-ondes	36
III.5.7. Extraction au CO2 supercritique	37
III.6. Les principales propriétés des huiles essentielles	37
III.6.1. Propriétés médicinales (Thérapeutiques)	37
III.6.2. Parfumerie	39
III.6.3. Cosmétologie	39
III.6.4. Agroalimentaire	40
III.7. Principaux domaines d'application des HE	40
III.7.1. Aromathérapie	40
III.7.2. Agro-alimentaire	40
III.7.3. Cosmétologie et parfumerie	40
III.8. Toxicité des HEs	41
III.8. L'huile miraculeuse (l'huile de graine de figue de barbarie)	41
III.8.1. Obtention de l'huile de pépins de Figue de Barbarie	41
III.8.2. Synthèse de la composition de l'huile de graine de figue de barbarie	42
III.8.3. Propriétés de cette huile magique et ses utilisations en cosmétique	43

CHAPITRE IV

HELICOBACTER PYLORI

IV.1. Historique	46
IV.2. Classification	46
IV. 3. Caractères bactériologiques d'Helicobacter Pylori	47
IV. 3.1. Caractères morphologiques	47
IV.3.2. Caractères bio chimiques	47
IV.4. Anatomique sur l'estomac humain	48
IV.5. Maladies associées à Helicobacter pylori	48
IV.6. Facteurs de risque de l'infection à Helicobacter Pylori	49
IV.6.1 Facteurs socio-démographiques	49
IV.6.2. Les habitudes de vie	50
IV.6.3 Facteurs environnementaux	51
IV.7. Diagnostic histologique : Anato-mo-pathologie	51
IV.8. Diagnostic bactériologique	52
IV.8.1. Méthodes invasives (directes)	52
IV.8.2. Méthodes non invasives (indirectes)	53
IV.9. Traitement / sensibilité aux antibiotiques	55

CHAPITRE V

APERÇU SUR LA PEAU

V.1. Définition de la peau	57
V.2. Différents types de peaux	57
V.2.1. Peau sèche	57
V.2.2. Peau grasse	57
V.2.3. Peau mixte	57
V.2.4. Peau déshydratée	57
V.2.5. Peau sensible	58
V.2.6. Peau de l'enfant	58
V.2.7. Peau mature	58

SOMMAIRE

CHAPITRES VI MATERIELS ET METHODES

VI.1. Site de collecte	60
VI.2. Matériel végétal et préparation de la matière première	60
VI.2.1. Récolte de matériel végétal	60
VI.2.2. Préparation de la matière première	60
VI.3. Extraction de l'huile	61
VI.3.1. Extraction par pression à froid	61
VI.3.2. Extraction d'huile par soxhlet et détermination de la teneur en matière grasse	62
VI.3.2.1. Extraction de l'huile par soxhlet	62
VI.3.2.2. Détermination de la teneur en matière grasse (ISO 659, 1988)	63
VI.4. Recherche d' <i>Helicobacter pylori</i> , à partir de la culture de biopsies gastriques	64
VI.4.1. Matériel Biologique	64
VI.4. 2. Matériel non biologique	64
VI.4. 2.1. Matériel pour le broyage des biopsies	64
VI.4.2.2. Matériel pour la réalisation du test rapide à l'urée	65
VI.4.2.3. Matériel pour l'isolement, l'identification et l'incubation	65
VI.4.2.4. Matériel pour l'étude de la sensibilité	65
VI.4.2.5. Matériel pour la conservation	66
VI.4.2.6. Appareillages nécessaires	66
VI.4.3. Méthodes de recherche et d'identification de l' <i>Helicobacter pylori</i>	66
VI.4.3.1. Broyage des biopsies	67
VI.4.3.2. Réalisation du test rapide à l'urée	67
VI.4.3.3. Observation microscopique à l'état frais	67
VI.4.3.4. Coloration de Gram	68
VI.4.3.5. Culture	68
VI.4.3.5.1. Ensemencement	68
VI.4.3.5-2- Incubation	68
VI.4.3.6. Identification des cultures	68
VI.4. Méthodes d'étude de la sensibilité aux antibiotiques	69
VI.4.1. Antibiogramme par la méthode de diffusion sur gélose	69
VI.5. Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d' <i>Opuntia ficus-indica</i> sur la croissance de <i>Helicobacter pylori</i>	70
VI.5.1. Technique d'aromatogramme sur milieu solide	70
VI.6. Méthodes d'évaluation des concentrations minimales bactéricide et bactériostatique de l'huile essentielle CMI et CMB	73
VI.6.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI	73
VI.6.2. Détermination de la concentration minimale bactéricide CMB en milieu solide	74
VI.7. Test de l'huile sur la peau (le visage et les mains) de vingtaine des sujets	74

CHAPITRES VII DISCUSSION

VII. DISCUSSION	76
-----------------	----

CHAPITRES VIII CONCLUSION

VIII. CONCLUSION	79
------------------	----

RÉFÉRENCES

ANNEXES

RÉSUMÉ

REMERCIEMENT

Avant tout.

Louange à DIEU le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de m'avoir permis de finaliser ce travail dans de meilleurs conditions.

Je tiens à remercier ma promotrice Mme CHAMA Zouaouia, maitresse assistante chargée de cours à la faculté des sciences de la nature et de la vie (S.N.V.) de l'université Djillali Liabès de Sidi Bel-Abbès, pour l'honneur qu'elle m'a fait en proposant et en dirigeant ce travail, pour ses aides, ses conseils tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Je remercie tous les ouvriers de la cité universitaire ZERROUKI Mimouna 2000 lits à Sidi Bel-Abbès.

Je remercie aussi tous les membres de la direction des services universitaires milieu et au-dessus d'eux M. BELHOVARI Youcef.

Je ne sais oublier le personnel de la bibliothèque pour leurs aides durant les années passées et aussi tous les membres de département de l'environnement surtout M. BOUZIDI mohammed pour leurs aides durant mes premières années de licence.

En fin, je remercie tous ceux de près ou de loin qu'ont contribué à la réalisation de ce travail.

SAHI OUALDI Bouchra

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

L'âme pure de mon père (que Dieu ait pitié de lui).

La prunelle de mes yeux ma très chère mère qui m'ont beaucoup soutenu et encouragé jus, qu'au bout et que dieu leur accorde une longue vie.

Mon modèle dans la vie, ma sœur et ma deuxième maman Fatima, Ma soeur Narimane, sa belle-famille et son fils sifeddine, Mes frères Mustapha et Said.

Mon soutien et compagnon, cher mari Ibrahim, Ma belle-famille et à toutes mes tantes et oncles.

À mon amie et sœur, Nouria.

Je dédie aussi à mes amies qui ont été à mes côtés.

*Tous les professeurs de l'université Djillali Liabès à SidiBel Abbès,
Tous les étudiants de la promotion Biotechnologie microbienne.*

En fin je dédie à tous ceux qui me connaissent de près ou de loin et à tous ceux qui me souhaitent du succès.

SAHI OUALDI Bouchra

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Liste des Tableaux

Tableau .1 : Composition chimique de la figue de barbarie (O. Ficus-indica) (g/100 g de matière sèche).	18
Tableau .2 : Teneur en eau de différentes variétés de la figue de barbarie (O. ficus-indica) (g/100 g de MF).	19
Tableau .3 : Composition de la figue de barbarie (Opuntia ficus-indica) en glucides (% de matière sèche).	19
Tableau .4 : Composition de la figue de barbarie (O. Ficus-indica) en acides aminés, En mg/100 g de matière sèche.	20
Tableau .5 : Composition de la figue de barbarie (O. ficus-indica) et autres huiles en acides gras, en mg/100 g de matière sèche.	21
Tableau .6 : Composition minérale de la figue de barbarie (O. Ficus-indica), en mg /100 g de matière sèche.	21
Tableau .7 : Composition en fibres alimentaires de la figue de barbarie (O. Ficus-indica), en mg /100 g de matière sèche.	22
Tableau .8 : Teneur en vitamines des différentes parties de la plante d'Opuntia ficus indica. La teneur en vitamines est exprimée en mg/100 g de tissu)	22
Tableau .9 : Synthèse de la composition de l'huile de figue de barbarie	43
Tableau .10 : Classification de l'Hélicobacter pylori (Garrity et al., 2005).	47

Liste des Figures

Figure .1: Plantes médicinales / Tour du monde des plantes médicinales.	6
Figure .2 : L'infusion des plantes médicinales.	7
Figure .3 : Tasse en verre avec la décoction de camomille de plante médicinale.	7
Figure .4 : La macération des plantes médicinales.	8
Figure .5 : Le cataplasme des plantes médicinales.	8
Figure .6 : Figuier de Barbarie	12
Figure .7 : Présentation des différentes parties de la plante de cactus. A : Raquette d'Opuntia Spp, B : Aréoles d'Opuntia ficus indica (inermis), C : Aréoles d'Opuntia munies d'épines D : Glochides d'Opuntia aciculata, E : Aiguille d'Opuntia leucotricha, F : Fleurs d'Opuntia ficus indica, G : Fruits d'Opuntia spp.	13
Figure .8 : Distribution géographique du figuier de barbarie (Orwa et al., 2009).	14
Figure .9 : Schéma illustrant les différentes parties du figuier de Barbarie. La plante est composée de : La raquette La feuille La fleur Le fruit.	16
Figure .10 : Raquette (Cladodes)	16
Figure .11 : Fleures	17
Figure .12 : Fruits	17
Figure .13 : Pulpes	17
Figure .14 : Graines	18
Figure .15 : Composition biochimique.	18
Figure .16 : Différentes techniques d'extraction des huiles essentielles	33
Figure .17 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau.	33
Figure .18 : Montage de l'extraction par hydrodistillation.	34
Figure .19 : Machine de pression à froid.	35
Figure .20 : Extraction par solvant organique	35
Figure .21 : Distillation sèche	36
Figure .22 : Montage d'extraction assistée par chauffage micro-ondes.	37
Figure .23 : L'extraction au CO2 supercritique.	37
Figure .24 : Huile de figue de barbarie	42

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure .25 : Une bactérie pourvue de longs flagelles, vue en microscopie électronique à balayage - Helicobacter pylori montrant de nombreux flagelles à la surface de la cellule.	47
Figure .26 : Anatomie de l'estomac.	48
Figure .27 : Test de l'uréase en milieu Uree-Indol.	52
Figure .28 : Fragment de biopsie gastrique colore par la méthode de Gram.	52
Figure .29 : Aspects des colonies de Helicobacter pylori sur gélose Columbia au sang.	53
Figure .30 : Test respiratoire a l'urée marquée.	54
Figure .31 : Bandelette ELISA pour le serodiagnostic.	54
Figure .32 : Exemple d'antibiogramme pour les macrolides dont l'erythromycine E	55
Figure .33 : Diagramme de la préparation de la matière première	61
Figure .34 schéma d'un système de pressage à froid	62
Figure .35 : Diagramme d'extraction de l'huile	63
Figure .36 : Image présentative de soxhlet	63
Figure .37 : Test rapide à l'uréase	67
Figure .38 : Helicobacter pylori en primo- culture	69
Figure .39 Schéma du principe de la méthode d'aromatogramme	71
Figure .40 : Antibiogramme par diffusion en milieu gélosé	73



INTRODUCTION

Les plantes sont dites médicinales lorsque l'un de leurs organes possède des activités pharmacologiques pouvant conduire à des activités pharmacologiques pouvant conduire à des emplois thérapeutiques. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), près de 80 % des populations dépendent de la médecine traditionnelle pour des soins de santé primaire (O.M.S, 2002). Des avantages économiques considérables dans le développement de cette médecine et dans l'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des diverses maladies ont été constatés (Muthu et al, 2006). Par conséquent, la recherche des principes actifs potentiels de la plante est plus que jamais d'actualité.

Les huiles essentielles s'opposent au développement des germes tels que les bactéries pathogènes, les champignons responsables de mycoses et les levures (*Candida*) dont, les doses actives sont généralement faibles et se traduisent soit par l'inhibition de la croissance des microorganismes soit par un effet létal (Bruneton, 1993 ; Crémieux, 1990).

L'Algérie, par sa vaste étendue terrestre du nord au sud et de l'est à l'ouest, et par sa variation climatique, possède une flore abondante, riche et variée dans laquelle il a été dénombré de nombreuses espèces aromatiques susceptibles de fournir des huiles essentielles (Belouad A, 2001). L'étude de ces dernières est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté et les développements exponentiels des biotechnologies végétales. L'histoire de l'aromathérapie naquit ainsi et, avec les progrès de la science, de nouveaux principes actifs et de nouvelles propriétés pharmacologiques ont permis de faire des plantes aromatiques et médicinales d'authentiques médicaments (Bruneton J, 1999).

Le figuier de barbarie (le cactus) est une plante originaire des zones arides et semi arides du Mexique. Il a été introduit en Afrique du Nord vers le 16^{ème} siècle. C'est une plante robuste qui peut mesurer jusqu'à cinq mètres de hauteur et avec un tronc épais et ligneux (Habibi, 2004). Sa culture est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan écologique, elle est d'une grande utilité pour la lutte contre l'érosion et la stabilité des sols (Neffar, 2012).

Helicobacter pylori (*H. pylori*), est une bactérie fréquente qui infecte la paroi interne de l'estomac. Acquise principalement dans l'enfance, l'infection persiste toute la vie si elle n'est pas traitée. Cette infection entraîne une inflammation de l'estomac (gastrite) qui passe généralement inaperçue. Cependant, elle peut provoquer des troubles digestifs (gêne, douleurs). Parfois, avec le temps, elle peut évoluer vers un ulcère, plaie plus ou moins profonde de la paroi de l'estomac ou du duodénum, ou plus rarement vers un cancer de l'estomac.

La partie théorique est répartit en quatre chapitres. Le premier est une description des plantes médicinales, le second est une monographie de figuier de barbarie, le troisième est un aperçu général sur les huiles essentielles et le quatrième est consacré à la description de germe étudié qui est *Helicobacter pylori*.

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet d'huile de graine de figue de barbarie sur une bactérie responsable de plusieurs infections surtout gastriques, il s'agit en l'occurrence d'*Helicobacter pylori*.

CHAPITRE I

LES PLANTES MÉDICINALES

I.1. Phytothérapie

Le mot "phytothérapie" se compose étymologiquement de deux racines grecques : photon et thérapie qui signifient respectivement "plante" et "traitement". La Phytothérapie peut donc se définir comme étant une discipline allopathique destinée à prévenir et à traiter certains troubles fonctionnels et/ou certains états pathologiques au moyen de plantes, de parties de plantes ou de préparations à base de plantes (Wichtl M et Anton R, 2003), qu'elles soient consommées ou utilisées en voie externe. Depuis 1987, la phytothérapie est reconnue à part entière par l'Académie de médecine (Institut Européen des Substances Végétales., 2008). Il est important de ne pas confondre cette discipline avec la phytopharmacie qui, quant à elle, désigne l'ensemble des substances utilisées pour traiter les plantes, à savoir les pesticides, fongicides, herbicides, ou encore insecticides (Bien utiliser les plantes en situations de soins, 2007).

La phytothérapie, c'est l'emploi de médicaments végétaux pour soigner les différents maux dont vous pouvez être victime. A travers les siècles, les hommes ont su développer la connaissance des plantes et de leurs propriétés thérapeutiques. Aujourd'hui, l'efficacité prouvée et les bienfaits incontestables de la phytothérapie pour notre santé lui ont permis d'entrer dans nos vies de tous les jours (Gildo Pastor, 2006).

I.1.2. Avantage de phytothérapie

L'ethnobotanique est une discipline scientifique dont le but est de mieux connaître les pharmacopées traditionnelles utilisées dans certaines régions. L'inventaire partiel établi dans divers pays par l'organisation mondiale de la santé répertorie environ 20 000 plantes médicinales. Parmi les 250 000 espèces de plantes que compte actuellement notre planète, no 10% ont fait l'objet d'analyses chimiques fines pour détecter d'éventuels principes actifs. Une étude plus systématique des plantes médicinales pourrait se traduire par la découverte de nouveaux médicaments utilisables (Larousse Encyclopedie MEMO, 1999).

I.1.3. Principe de la phytothérapie

La phytothérapie repose sur l'utilisation de plantes médicinales à des fins thérapeutiques. En médecine classique, les fabricants pharmaceutiques extraient le principe actif des plantes pour en faire des médicaments.

La logique de traitement est également différente entre la médecine classique et la phytothérapie. La médecine moderne est substitutive, c'est-à-dire que les médicaments classiques régularisent les fonctions de l'organisme et le soulagent du besoin de s'auto guérir.

En phytothérapie, les plantes sont également utilisées comme des médicaments pour réguler les fonctions du corps. Selon les phytothérapeutes, une maladie ne survient pas par

hasard. Elle est la conséquence d'un déséquilibre interne à l'organisme qui doit en permanence s'adapter à son environnement. La phytothérapie s'attache à analyser les systèmes constitutifs de l'organisme : systèmes neuroendocrinien, hormonal, immunitaire, système de drainage (Devoyer, 2012).

I.1.4. Intérêt de la phytothérapie

La phytothérapie se pratique sous différentes formes et uniquement dans le cas de maladies « bénignes ». Bien sûr, bon nombre de symptômes nécessitent des antibiotiques ou autres traitements lourds. Dans d'autres cas, se soigner par les plantes représente une alternative reconnue par la médecine et dénuée de tout effet toxique pour l'organisme (Berlencourt A, 2008).

I.2. Plantes médicinales

Les plantes médicinales sont des plantes dont au moins une partie possède des propriétés Médicamenteuses (Omar A *et al.*, 1993). Elles sont impliquées dans différents secteurs sous formes de principes actifs, des huiles, des extraits, des solutions aqueuses ou organiques ou même telles qu'elles sont (Iserin. P, 1996). Elle contient, au niveau de ses organes, un ou plusieurs principes actifs utilisables à des fins thérapeutiques. En fait il s'agit d'une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont de drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (Omar A *et al.*, 1993).

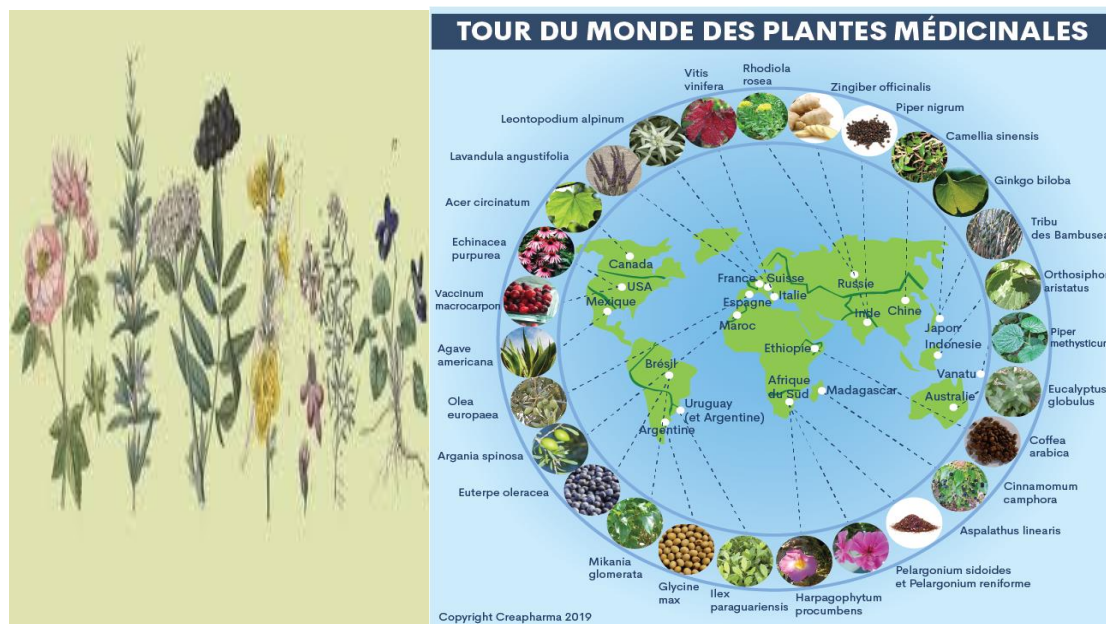


Figure .1 : Plantes médicinales / Tour du monde des plantes médicinales (Fleurentin & Weniger, 2018)

I.2.2. Dans quels cas utiliser les plantes médicinales ?

Les plantes médicinales agissent de façon préventive ou curative sur l'organisme, car elles ont la capacité de modifier le métabolisme. On peut les utiliser dans un but thérapeutique pendant un certain temps, afin de mieux profiter de leurs effets. De plus, la phytothérapie connaît un nouvel essor ces dernières années. Ceci signifie que l'engouement pour ces pratiques se développe de plus en plus, et qu'il faut veiller à les encadrer.

Il faut noter que les plantes médicinales ne sont pas sans dangers et peuvent se révéler toxiques si elles sont mal ingérées ou en cas de surdosage. Il est donc important de demander conseil à son médecin avant de prendre ce type de traitement. Avec le développement de la vente libre d'huiles essentielles à base de plantes médicinales, et celui des guides d'automédication, les risques sont de plus en plus importants. Les dosages représentent un aspect essentiel dans ce type de médecine et s'ils ne sont pas respectés, les plantes peuvent devenir dangereuses (Dufumier, 2012; nouar & yumbai, 2019).

I.2.3. Modes de préparation et d'utilisation des plantes médicinales

➤ Infusion



Figure .2 : L'infusion des plantes médicinales (Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003).

➤ Décoction



Figure .3 : Tasse en verre avec la décoction de camomille de plante médicinale (Nogaret, 2011).

➤ **Macération à l'huile froide et chaude**



Figure .4 : La macération des plantes médicinales (Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003).

➤ **Cataplasme**



Figure .5 : Le cataplasme des plantes médicinales (Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003).

I.2.4. Importance de l'utilisation des plantes médicinales

Il est acquis que les plantes médicinales sont en mesure de soigner des maladies simples comme le rhume, ou d'en prévenir de plus importantes comme l'ulcère, la migraine, l'infarctus en plus de certaines allergies ou affections. Si l'on y ajoute leurs vertus réparatrices, tonifiantes, sédatives, revitalisantes ou immunologiques, on mesure mieux l'aide précieuse qu'elles sont susceptibles de nous apporter au quotidien (Anonyme., 2005).

I.2.5. Formes d'emploi des plantes médicinales

- ✓ **Tisane** : Préparation aqueuse buvable, obtenue à partir d'une ou plusieurs drogues végétales. Les tisanes sont obtenues par macération, infusion ou décoction en utilisant de l'eau (P.F, 2013).
- ✓ **Teinture** : Placez les plantes dans un bocal en verre, et versez l'alcool (ou le mélange alcool-eau) dessus. Fermez le bocal et conservez-le dans un endroit frais pendant quelques semaines, en se coulant le pot de temps en temps. Filtrez ensuite le mélange et

versez-le dans une carafe avant de mettre le liquide obtenu dans de petites bouteilles que vous étiquetterez. Si la teinture a plus de trois ans. (**Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003**) dont le principe de la teinture consiste à capter les principes actifs de la plante en la faisant macérer, généralement dans de l'alcool. Vous pouvez utiliser de l'alcool éthylique vendu en pharmacie. Les plantes sont donc mises dans de l'alcool à 60 degrés ou dans un mélange d'alcool et d'eau, pendant plusieurs semaines (entre deux et cinq). Le produit obtenu est ce que l'on appelle la teinture-mère. Il vaut mieux mettre des plantes sèches à macérer, car certaines plantes fraîches peuvent être toxiques (**Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003**).

- ✓ **Sirops** : Le miel et le sucre non raffiné sont des conservateurs efficaces qui peuvent être mélangés à des infusions et des décoctions pour donner des sirops. Ils ont en outre des propriétés adoucissantes qui en font d'excellents remèdes pour soulager les maux de gorge. La saveur sucrée des sirops permet de masquer le mauvais goût de certaines plantes, de manière à ce que les enfants les absorbent plus volontiers (**Iserin et al., 2001**).
- ✓ **Compresse** : Pour faire une compresse, on utilise une infusion ou une décoction de plantes, dans laquelle on trempe un linge propre que l'on place ensuite sur l'endroit douloureux. Vous pouvez l'attacher à l'aide d'une serviette ou d'une bande (**Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003**).
- ✓ **Gélules et comprimés** : Les gélules et comprimés à base de poudre de plante constituent une forme d'utilisation pratique.
- ✓ **Onguents ou pommades** : Les onguents sont très faciles à préparer : ils contiennent de l'huile végétale (huile d'amande douce, par exemple), de la cire d'abeille et des huiles essentielles. Les corps gras recouvrent la peau d'une fine couche protectrice. (**Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003**).
- ✓ **Crèmes** : Le principe est le même que pour la préparation de l'onguent, puisqu'on utilise la même méthode et les mêmes ingrédients. Seule différence : on y ajoute de l'eau (**Anne-Sophie Nogaret-Ehrhart, 2003**).
- ✓ **Bains** : Les bains de plantes se préparent à partir d'huiles essentielles diluées ou d'infusions. Les bains d'yeux sont recommandés en cas d'irritation ou d'inflammation de l'œil (**Iserin et AL, 2001**). Il peut être aromatique, stimulant, fortifiant, relaxant, voire sédatif. Efficaces en cas de rhumatismes, les bains stimulent et rafraîchissent le corps (**Ali-Delille, 2013**).

- ✓ **Inhalations** : De la vapeur d'infusions à base de plantes médicinales qui contiennent des huiles étherées (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**). Les inhalations sont efficaces contre la bronchite, la sinusite, le rhume des foins et l'asthme l'action conjuguée de la vapeur d'eau et des substances antiseptiques dégagent les sinus et les voies respiratoires (**Iserin et al, 2001**).
- ✓ **Gargarisme** : L'herbe est préparée par infusion ou décoction. Le liquide obtenu est introduit dans la bouche par une petite gorgée sans l'avalier après refroidissement. Ce dernier est recraché après, pour éliminer les toxines et germes (**Delille, 2007**).

I.2.6. Rôle des plantes médicinales

Au cours des dernières décennies, la recherche pharmaceutique a décrypté la composition chimique des propriétés de nombreuses plantes médicinales. L'industrie pharmaceutique a réussi à reproduire chimiquement un grand nombre de leurs composantes et à découvrir de nouvelles combinaisons, pour le bénéfice de patients et celui de la protection des ressources naturelles (**Kunkele et Lobmeyer, 2007**).

Chaque plante est composée de milliers de substances actives, présentes en quantité variable. Ces principes actifs isolés ne sont pas d'une grande efficacité, mais lorsqu'ils sont prélevés avec d'autres substances de la plante, ils révèlent leur aspect pharmacologique (**Cleur et Carillon, 2012**). On parle alors de synergie, car contrairement aux médicaments allopathiques qui ne sont composés que d'un seul principe actif, les médicaments phytothérapeutique utilisent l'ensemble des constituants de la plante (**Donald, 2000**), (**2016**). Ces végétaux auraient des effets curatifs et préventifs chez leurs utilisateurs (**Simon, 2001**).

CHAPITRE II

FIGUIER DE BARBARIE

II. Figuier de barbarie

II.1. Généralité

Elle est nommée dans certains pays fruit du diable. D'autres, qui n'accordent pas d'importance à ses épines, la surnomment le fruit du paradis tant elle a des bienfaits miraculeux sur la santé humaine, animale et l'environnement. Il s'agit de la figue de barbarie. Ce fruit sauvage aux allures exotiques, rigoureuses et colorées, est une véritable mine d'or pour celui qui s'y investit. Plusieurs pays dans le monde y ont cru et le développent comme étant une source sûre de rente. Derrière son apparence sauvage, charnue et épineuse, l'opuntia ficus-indica -tel est son nom scientifique- est bien plus qu'un simple cactus. En plus de ses fruits comestibles qui font le plaisir des plus gourmands durant les 3 mois d'été, à savoir juin, juillet et août, le figuier de barbarie, originaire du Mexique et introduit dans le bassin méditerranéen par les Espagnols au 16^{ème} siècle, n'est pas une mine d'or mais de diamants. A part les épines, qui jusqu'à aujourd'hui les chercheurs n'y ont trouvé aucune valeur, tout est utilisable : Raquettes, mucilage, fruit et/ou ses pépins ainsi que les pétales de ses fleurs. Utilisé par les Indiens d'Amérique depuis 7000 ans, le nopal a d'énormes dérivés. La liste serait très longue à tout citer. (Agroligne, 2016)



Figure 6 : Figuier de Barbarie

Le figuier de Barbarie est une plante arborescente robuste de 3 à 5 m de haut, possède un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes.

Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs. Les feuilles sont de forme conique et ont quelques millimètres de long, éphémères, apparaissant sur les cladodes jeunes. A leur base, se trouvent les aréoles (environ 150 par cladodes) qui sont des bourgeons axillaires modifiés, typiques des Cactacées. Leurs méristèmes produisent des épines,

des glochides, des racines adventives, de nouveaux cladodes ou des fleurs. Les épines sont blanchâtres, clarifiées, solidement implantées et longues de 1 à 2 cm. Il y a deux variétés, la variété inerme et l'épineuse. Les glochides sont de fines épines de quelques millimètres de couleur brunâtre, se décrochent facilement, munies de minuscules écailles en forme d'hameçons s'implantant solidement dans la peau. Ils sont présents même chez la variété inerme. Les fleurs marginales sur le sommet des cladodes âgées d'un an, et le plus souvent sur les aréoles situées au sommet des cladodes ou sur la face la plus exposée au soleil, sont hermaphrodites, de couleur jaunâtre et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante. En principe, un cladode peut porter jusqu'à trentaine de fleurs. Ses fruits sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes, uniloculaires et polyspermiques (Reyes-Aguero et al., 2005 ; Neffar S., 2012).

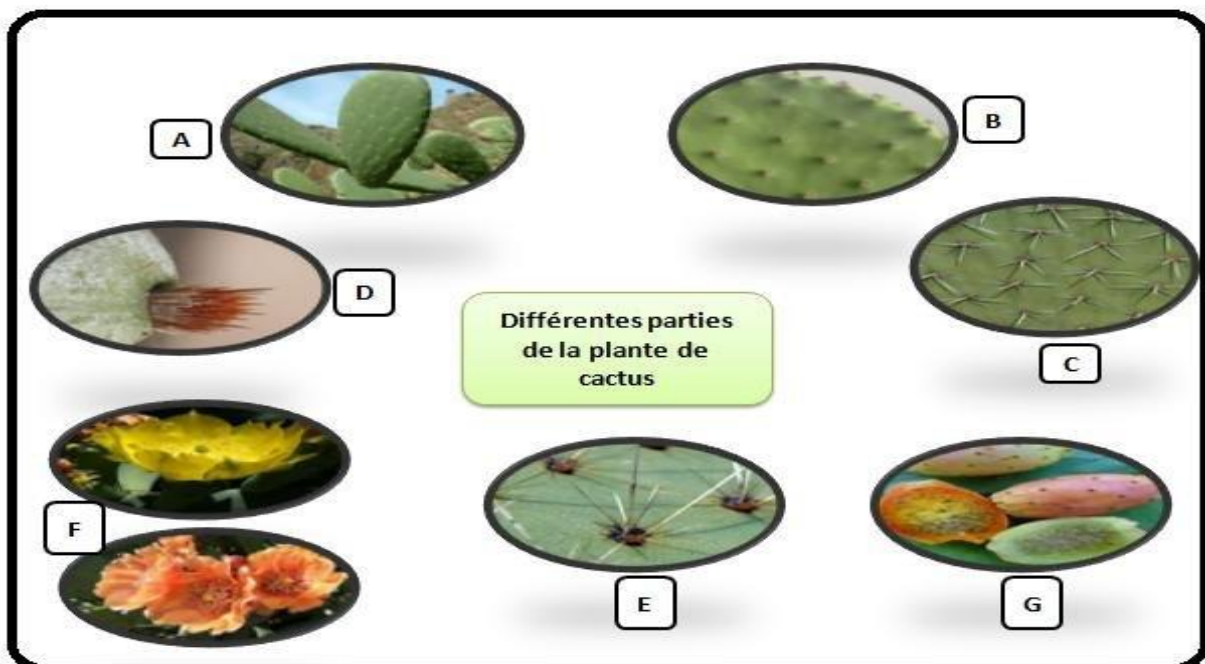


Figure .7 : Présentation des différentes parties de la plante de cactus. A : Raquette d'Opuntia Spp, B : Aréoles d'Opuntia ficus indica (inerme), C: Aréoles d'Opuntia munies d'épines D : Glochides d'Opuntia aciculata, E : Aiguille d'Opuntia leucotricha, F: Fleurs d'Opuntia ficus indica, G : Fruits d'Opuntia spp.

II.2. Classification et origine du figuier de barbarie

II.2.1. Origine et répartitions géographiques

Le genre *Opuntia* est originaire du Mexique (Orwa et al., 2009), introduit du Mexique en Espagne et plus tard au 16ème siècle au Nord et au Sud de l'Afrique (Barbera et al., 1992 ; Nerd & Mizrahi, 1994 ; Felker et al., 2005 ; Kabas et al., 2006 ; Saleem et al., 2006., Snyman,

2006). Sa diffusion fut rapide dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage (Le Houerou., 1996 ; Erre et al., 2009).

Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal, et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) (Bensalem et al., 2002 ; Arba.,2009).

A titre d'exemple, la superficie cultivée dans la région du WANA (Ouest d'Asie et le Nord-africain) est d'environ 900.000 ha. (Nefzaoui et al., 2004). Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique ; la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage (Mulas M, Mulas G. ,2004).

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-bou-Arréridj, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Aïn-Sefra (Piédallu A.,1990). Décentré à l'ouest l'Opuntia occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Aïn-Temouchent , Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux.

A l'exception des montagnes et des zones sahariennes, la culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture ou de vergers. La culture de cactus se trouve parfaitement intégrée dans le système d'exploitation traditionnel (Arba et al., 2000).

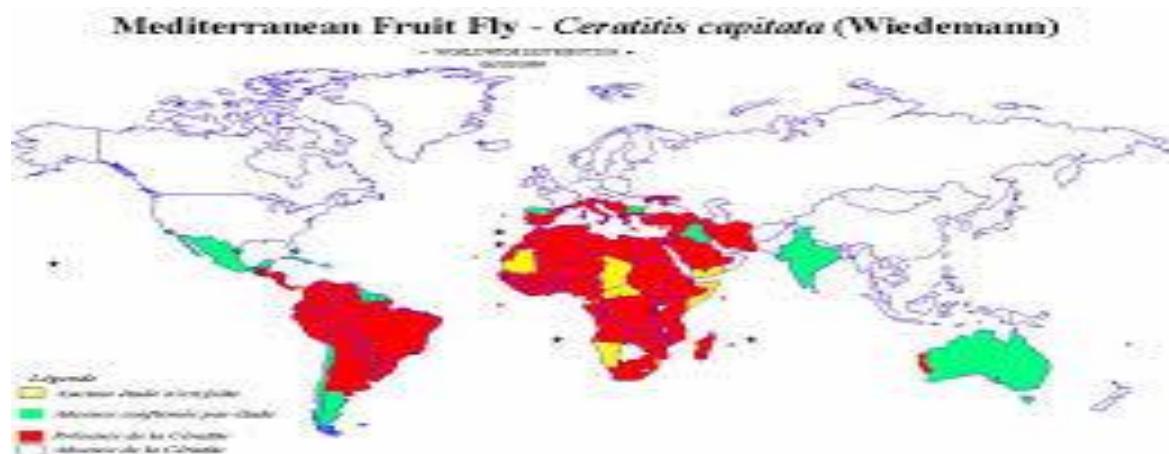


Figure 8 : Distribution géographique du figuier de barbarie (Orwa et al., 2009).

II.2.2. Origine génétique

Le genre *Opuntia* appartient à la famille des Cactaceae, ordre des Caryophyllales et la sous-classe des Caryophyllidae. La famille des Cactaceae compte environ 130 genres et 1500 espèces, dont 300 appartiennent au genre *Opuntia* (Mulas et al., 2004). Le groupe des Opuntiaes comprend le genre *Opuntia*, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous-genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces décrites, on a l'espèce *Opuntia megacantha* et la série des ficus-indicae, qui comprennent l'*Opuntia ficus-indica* et qui sont connues sous le nom de figuier de Barbarie (Mulas et al., 2004). De nombreux auteurs ont élaboré des classifications du genre *Opuntia*.

La classification considérée comme la plus valable à ce jour est sans doute celle établie par (Britton et Rose en 1963) :

- **Règne** : plantes
- **Ordre** : caryophyllales.
- **Sous-classe** : Caryophyllidae.
- **Famille** : Cactaceae.
- **Groupe** : Opuntiaes.
- **Genre** : *Opuntia*.
- **Sous-genre** : *Platyopuntia*
- **Espèces** : *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia megacantha*) **Britton et Rose en 1963**)

L'espèce peut porter un nom différent selon l'idiome local. En Espagne, outre Nopal, on l'appelle familièrement Tuna, dans les pays francophones du bassin méditerranéen, l'*Opuntia* est surnommé figuier de barbarie ; en Angleterre : Pricklypear (poire à épines) (Schweizer, 1997), en Egypte : El-Tin-el-choki et en Algérie, plus précisément en Kabylie, elle est surnommée Akermousse et dans les régions d'ouest : Tchimbo ou Handiya

II. 3. Phénologie de la plante

Les espèces d'*Opuntia* sont des plantes vivaces. Elles ont une hauteur de quelques centimètres à plus de 6m, un système racinaire charnu, superficiel et à dispersion horizontale (Sudzuki, 1995) et une tige charnue ou ligneuse couverte d'un épiderme. Cet épiderme est formé des cellules minces avec une paroi externe imprégnée d'une substance lipidique appelée cutine recouverte de cires. La tige et les rameaux sont divisés en longueur pour donner des raquettes cylindriques ou aplatis ayant une longueur moyenne de 30 à 50 cm et une largeur moyenne de 15 à 30 cm. La couleur des raquettes est verte (Scheinvar, 1995).

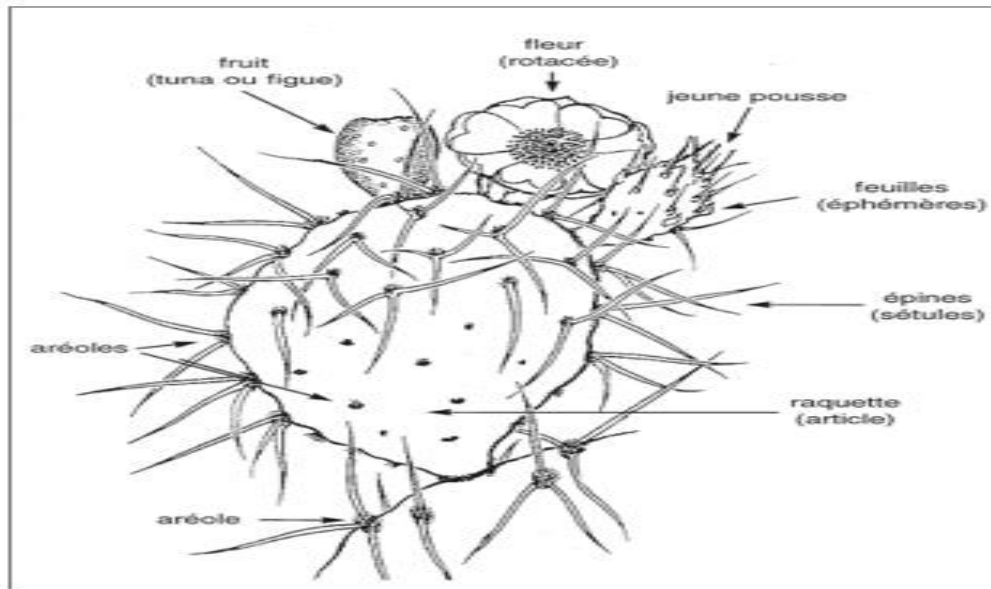


Figure .9 : Schéma illustrant les différentes parties du figuier de Barbarie (Revue nature et santé, 2011). La plante est composée de : La raquette La feuille La fleur Le fruit.

II.4. Composition de la plante

Toutes les parties de la plante sont utilisées en phytothérapie, les fleurs comme les fruits, le mucilage, les fibres et les cladodes. En cuisine, on utilise aussi bien les fruits que les jeunes cladodes (Minker & Daniel, 2013)



Figure .10 : Raquette (Cladodes)

✓ **Les cladodes (raquettes) :**

- Une organisation en articles aplatis,
- De forme elliptique ou ovoïdale
- De couleur vert-mat,
- Une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm.
- Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne.
- Recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs.
- Couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs (Neffar S., 2012).



Figure 11 : Fleures

- ✓ **Les fleurs :** Les fleurs, marginales sur le sommet des cladodes, sont hermaphrodites, larges de 4 à 10 cm de couleur jaune et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante (Schweizer M., 1997, Mulas M. et Mulas G., 2004). Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs (Reyes-aguero J. et Coll, 2006).



Figure .12 : Fruits

- ✓ **Les fruits :** Les fleurs donnent naissance aux fruits ; une grosse baie (100 à 150g), ovale ou allongée et charnue, avec une pulpe juteuse, en générale contenant de nombreuses graines (polysémique). La couleur et la forme du fruit sont variables selon les variétés : jaune, rouge, blanche (Schweizer M., 1997, Piga A., 2004, Feugang M.J. et Coll, 2006, Reyes-aguero J. et Coll, 2006). Les composés rouges sont les bétacyanines et les jaunes sont les bétaxanthines (Gibson A.C. et Nobel P., 1986).



Figure 13 : Pulpes

- ✓ **La pulpe :** de la figue de barbarie sert de base juteuse, parfumée et sucrée pour l'industrie agroalimentaire, notamment dans la réalisation de confitures, de jus et de sorbets.

- ✓ **Les graines** : de figue de barbarie sont caractérisées par leur dureté due à la présence de fibres dures et de formes plates, plus au moins réniformes ou lenticulaires. Le pourcentage et le nombre de graines par fruit varie en fonction de plusieurs facteurs dont la variété, la physiologie et l'environnement de culture. Les graines sont indigestes, mais riches en vitamines, après l'a préparé en obtient une huile très recherchée et une farine nourrissante (Habibi, 2004 ; Reyes-Aguero et al., 2005)..



Figure 14 : Graines

II.5. Composition biochimique

La valeur nutritive varie en fonction de la variété, l'âge des raquettes, l'évolution thermo-pluviométrique au cours de l'année, le type de sol et les pratiques agricoles (Neffar, 2012). La composition chimique de la pulpe, l'écorce et les graines de la figue de barbarie sont présentés dans le tableau (1).

Tableau .1 : Composition chimique de la figue de barbarie (O. Ficus-indica) (g/100 g de matière sèche) (Jiménez-Aguilar et al., 2014).

Constituants	Pulpe	Écorce	Graines
Protéines	0.5-5.3	8.30	11.8
Lipides	0.7-1	2.40	6.77
Fibres total	20.50	40.8	54.2
Cendres	0.4-8.5	12.10	5.90
Sucres	11-16	-	-

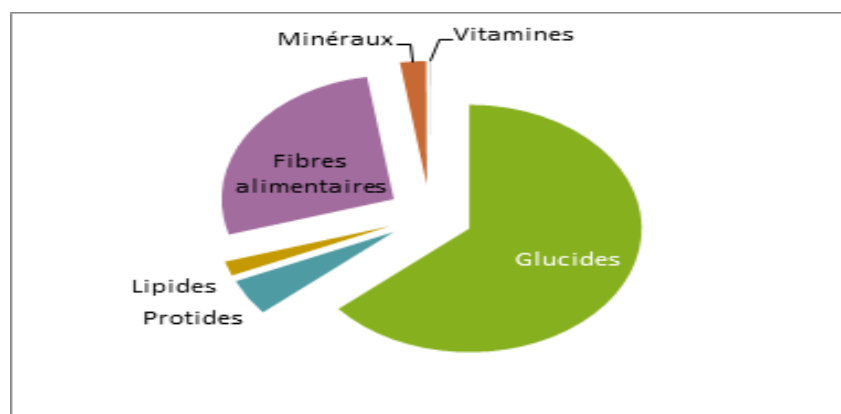


Figure .15 : Composition biochimique.

- Eau

La teneur en eau de la pulpe de la figue de barbarie varie entre (81 et 90 %) (Jiménez-Aguilar et al., 2014 ; Chiteva et Wairagu, 2013) ont donné une valeur de (87.07 ± 0.86 %), de la teneur en eau pour l'O. ficus-indica de Kenya, et l'ont comparé à celles de l'Égypte (El Samahy et al., 2006) et des États-Unis (Feugang et al., 2006), qui variaient entre (84 et 90 %) (Tableau 2). Cette valeur élevée est une indication de la nature succulente du péricarpe des fruits. La faible variation peut résulter de la différence de saison, qu'elle soit humide ou sèche.

Tableau .2 : Teneur en eau de différentes variétés de la figue de barbarie (O. ficus-indica) (g/100 g de MF).

Variété	Teneur en eau (%)	Références
Variété Marocaine	Achefri	80.04
	Amouslem	80.38
Variété Egyptienne	Al	86 – 90
Variété Mexicaine		82.27
Variété Kenyane		87.07
Sharqiyah		El-Samahy et al., 2006
		Jiménez-Aguilar et al., 20014
		Chiteva et Wairagu, 2013.

- Sucres

La teneur moyenne en sucres totaux varie entre (10,16 et 16,61 %), selon les variétés (Saenz, 1995). La teneur en sucre réducteurs varie aux différents stades de maturité et selon le cultivar. Elle augmente avec la maturité et atteint des valeurs plus élevées, de (11.72 g /100 g de MF), pour le fruit vert à (15.22 g/100 g de MF) dans les fruits complètement mûrs (El Gharras et al., 2006). Le glucose et le fructose sont les deux monosaccharides les plus importants dans la pulpe de la figue de barbarie (Kuti et al., 1994). Tableau (3) montre la composition de la pulpe et d'écorce de la figue de barbarie en quelques sucres.

- Protéines

Selon (Jiménez-Aguilar et al., 2014), Le taux des protéines est de (0.5- 5.3 %) de matière sèche selon les variétés. D'après le tableau (3), la figue de barbarie contient un taux élevé en acides aminés, en particulier la proline suivie par la taurine, la glutamine et la serine.

Tableau 3 : Composition de la figue de barbarie (Opuntia ficus-indica) en glucides (% de matière sèche). (Nebbache et al., 2009; Jiménez-Aguilar et al., 2014)

Sucres	Pulpe	Ecorce
Saccharose	0.19	2.25 – 2.3
Glucose	29-35	14-21
Fructose	24 – 29.6	2.29 – 2.9

- **Lipides**

Ils ont montré que le taux de la matière grasse dans la pulpe de la figue de barbarie est de 0.5 %. Le tableau (5) (Medina et al., 2007), présente une comparaison de la composition en acides gras de différentes parties de la figue de barbarie (écorce, pulpe graines et cladodes) par rapport à l'huile d'olive, de soja et d'Argan. Ils sont une excellente source d'acides gras, tel que l'acide linoléique (C 18 : 2n-6) et l'acide oléique (C18 : 1n-9), qui sont les principaux acides présents, suivie par l'acide palmitique (C16 : 0).

Tableau .4 : Composition de la figue de barbarie (O. Ficus-indica) en acides aminés, En mg/100 g de matière sèche (El-Moustafa et al, 2014).

Acides aminés	Fruit (Pulpe)	Graine	Raquette
Alanine	3.17	4.75	1,25
Arginine	1.11	6.63	5,01
Asparagine	1.51	Trace	3,13
Acide aspartique	Trace	10,42	4,38
Acide glutamique	2,40	21,68	5,43
Glutamine	12.59	Trace	36,12
Cystine	0,41	0,37	1,04
Histidine	1,64	3.11	4,18
Isoleucine	1,13	6,20	3,97
Leucine	0,75	9,94	2,71
Lysine	0,63	6,79	5,22
Méthionine	2,01	0,70	2,92
Phénylalanine	0,85	5,25	3,55
Sérine	6,34	8,46	6,68
Thréonine	0,48	1,53	4,18
Tyrosine	0,45	3,09	1,46
Tryptophane	0,46	Trace	1,04
Valine	1,43	6,02	7,72
Acide α - aminobutyrique	0,04	Trace	Trace
Carnosine	0,21	Trace	Trace
Citrulline	0,59	Trace	Trace
Ornithine	Trace	Trace	Trace
Proline	46	Trace	Trace
Taurine	15,79	Trace	Trace
Glycine	Trace	5,06	Trace

Tableau 5 : Composition de la figue de barbarie (*O.ficus-indica*) et autres huiles en acides gras, en mg/100 g de matière sèche (El-Moustafa et al, 2014).

Acide gras	C12:0	C14 :0	C16 :0	C16 :1	C18 :0	C18 :1	C18 :2	C18 :3
Huile des graines	-	-	20.1	1.80	2.72	18.3	53.5	2.58
Huile de pulpe	-	1.13	34.4	1.62	2.37	10.8	37	12.68
Ecorce	0.71	1.95	23.1	2.48	2.67	24.1	32.2	9.27
Cladode	1.33	1.96	13.87	0.24	3.33	11.16	34.87	33.23
Huile d'Argan	-	0.10	11.7	0.14	4.9	36.6	31.3	0.09
Huile d'olive	-	11.5	0.9	1.4	61.9	3.8	1.1	0.23
Huile de soja	-	-	6	0.4	2.2	26.1	50.1	14.5

- **Éléments minéraux**

Le taux de cendres indiqué par (El-Gharras et al., 2006; Medina et al., 2007) est respectivement de (0.28 -0.39 %). Le profil minéral montre que le potassium est l'élément majeur dans la pulpe de la figue de barbarie suivi par le calcium et le magnésium (Tableau 6).

- **Fibres Alimentaires**

Selon (Rodríguez et al., 1996), la teneur en fibres est entre (0.02–3.15 g /100 g de matière sèche). La pectine partiellement responsable de la viscosité de la pulpe est un élément positif pour la production de jus, marmelades et confitures. Sa teneur dans la pulpe de la figue de barbarie est entre (0,17-0,21%) n'est pas suffisante pour produire des gels (Saenz, 2000) (Tableau 7).

Tableau .6 : Composition minérale de la figue de barbarie (*O. Ficus-indica*), en mg /100 g de matière sèche (Jiménez-Aguilar et al., 2014).

Élément minéraux	Pulpe	Écorce	Graines
Ca	163	2090	92-258
Mg	76	322	79-208
Na	7,8	<0,8	<0,8-12
K	559	3430	122-275
P	0.1	0.1	110-124
Fe	16.5	8.3	1.2-12.1
Cu	<0,8	0.9	<0,8-0.23
Zn	1.5	1.7	1.4-4.2
Mn	07	73	<0,8-2.3
Mb	<0,3	<0,3	<0,3

Tableau .7 : Composition en fibres alimentaires de la figue de barbarie (*O. Ficus-indica*), en mg /100 g de matière sèche. (Jiménez-Aguilar et al., 2014 Sáenz C, 2013 ; PenaValdivia et al., 2012 ; Jiménez-Aguilar et al., 2014)

	Pulpe	Ecorce	Graines
Hémicellulose	2.5 - 6.4	20.8	9.9
Cellulose	14.2- 2.24	71.4	83.2
Pectine	0.21- 1.45	7.7	6.69
Lignine	0.01	0.06	0.19

- **Polyphénols**

La concentration des polyphénols d'après (Khatabi et al., 2013), varie selon la nature de l'échantillon analysé (fruit entier ou jus, la couleur de fruit). La teneur en polyphénols de la figue de barbarie de couleur rouge varie entre ($1,53 \pm 0,07$ mg / 100 mg et $1,78 \pm 0,01$ mg /100 mg de MF). Celle de la couleur jaune varie de ($0,77 \pm 0,07$ mg / 100 mg et $1,50 \pm 0,14$ mg / 100 mg de MF) (Stintzing et al., 2005). (Chougui 2013) a trouvé une teneur entre (47,23 et 66,60 mg EAG / 100 g) pour les deux cultivars algériens étudiés (orange et jaune), la concentration la plus élevée est dans le cultivar orange. La classe des flavonoïdes représentait la plus grande partie des polyphénols environ 67 %, le reste 33 % étant représenté par les acides phénoliques tels que l'acide gallique et l'acide caféique (Harbourne et Williams, 2000). Plusieurs types de flavonoïdes comme la quercétine, l'isorhamnetine, le myricétine, la catechine et luteoline, se sont révélés dans le Cactus Opuntia, leurs types et concentrations varient en fonction de la variété et du stade de maturation (Jiménez-Aguilar et al., 2014).

- **Vitamines**

Les vitamines sont des nutriments importants. La figue de barbarie renferme : la vitamine E, le bêta-carotène, la vitamine C et K (El-Moustafa et al., 2014). Le tableau (8) montre la teneur en vitamines dans la pulpe, l'écorce et les graines de la figue de barbarie.

Tableau 8 : Teneur en vitamines des différentes parties de la plante d'*Opuntia ficus indica*. La teneur en vitamines est exprimée en mg/100 g de tissu) (El-Mostafa et al., 2014).

Vitamines	Pulpe	Graine	Peau (Ecorce)	Raquette
VitamineK1	53 ,2	52 ,5	109	---
Vitamine C	34-40	.....	.....	7-22
VitamineB1	.....	.....	.....	0,14
VitamineB2	.....	.....	.....	0,6
VitamineB3	.....	.....	.....	0,46
α -Tocophérol	84,9	56	1760	.....
β -Tocophérol	12,6	12	222	.....
γ -Tocophérol	7,9	33	174	.....
σ -Tocophérol	422	5	26	.....
Vitamine E totale	527,4	106	2182	.....

- **Les Pigments**

La pulpe de fruit de cactus offre différentes couleurs basées sur la betalaine sur une gamme étendue de blanc au pourpre avec une teneur de 66 à 1140 mg/kg de pulpe de fruit. Le fruit et la fleur de cactus contiennent le jaune betaxanthine et le rouge betacyanines (**Butera et al., 2002 ;Stintzing et al., 2005 ;Mobhammer et al.,2006**).

- **Les composés volatiles**

Les composants volatils sont mineurs, mais néanmoins des constituants importants. Ils donnent la saveur aux fruits de la figue de barbarie. L'éthanol représente la proportion principale (76,33%) (**Saenz, 2000; Piga, 2004**).

II.6. Les principales utilisations du figuier de barbarie

Le figuier de Barbarie est l'exemple typique d'espèce parfaitement convenable pour la mise en valeur des zones arides et semi-arides. Sa culture est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan environnemental le Nopal, depuis les racines jusqu'à ses épines, appartient aux plantes les plus utilisées dans différents domaines notamment en médecine traditionnelle.

Cette plante a aussi un effet comme remède aux douleurs gastro-intestinales, l'angoisse, l'artériosclérose, la spasmophilie, le stress, aux brûlures et coups de soleil.

II.6.1. Intérêt nutritionnel

Les jeunes cladodes sont appelés "Nopalitos" au Mexique où ils sont considérés comme un légume traditionnel depuis des siècles. Elles sont consommées à l'état frais ou après cuisson en tant que légume vert (**Pimienta Barrios, 1993**). Elles sont riches en hydrate de carbone, en protéines en vitamine C et en bêta carotène. Les cladodes de cactus sont utilisés comme un ingrédient dans une diversité des plats tels que les sauces, les salades, les potages, les ragouts, les boissons et les desserts (**Feugang et al., 2006 ; Jana, 2012**).

Les fruits sont connus par leurs teneurs élevés en sucre, minéraux et vitamines. Les fruits sont consommés à l'état frais, séchés, congelés, confits ou transformés en jus concentré, en boisson alcoolisée, en confiture ou en huile alimentaire de la graine (**Jana, 2012**).

II.6.2. Production de fourrage pour le bétail (alimentation fourragère)

Le cactus est utilisé depuis longtemps dans l'alimentation du bétail des zones arides et sa production dans ces zones est plus rentable que celle de certaines autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho. Il constitue un stock alimentaire pour le bétail dans le cas d'une situation critique de sécheresse (**Pimienta Barrios et al., 1993**).

Les raquettes d'Opuntia sont un excellent aliment de survie pour les animaux. En effet, à l'époque des Conquistadors, des colons espagnols ont observé qu'en temps de sécheresse, les

chevaux se nourrissaient de raquettes, ils se débarrassaient des épines à coup de sabots. De même au Sahel, les chameaux assoiffés se nourrissent de raquettes. Mais lorsque les chameliers en mangaient la viande, ils mourraient à cause des piquants.

Engrais Vert : Dans le figuier de Barbarie rien n'est à jeter. Que ce soit les résidus des raquettes ou des fruits, chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant.

Par sa présence, l'Opuntia aide à la régénération des sols épuisés par la culture.

Il fixe les terrains ravinés par les pluies ou sujets aux éboulements, il stabilise les terres sablonneuses et les dunes des rivages maritimes.

La dispersion autour du pied de certaines plantes d'articles d'Opuntia broyés, éloigne les parasites et empêche la prolifération des mauvaises herbes.

II.6.3. Utilisation du Nopal dans l'apiculture

Le Nopal est une plante à floraison abondante et son cycle de floraison peut s'étendre de 3 à 6 mois selon la région et la variété. Sa floraison attire les abeilles en masses par leurs grandes fleurs de couleur jaune, leur pollen abondant et leur nectar. Elle assure l'activité des abeilles pour une certaine période et les autres espèces mellifères assurent leur activité pour les autres périodes de l'année (Arba, 2009).

II.6.4. Production de carmin (Utilisation pour la teinture)

Le carmin est un colorant naturel de couleur rouge carmin. Il est actuellement très recherché par les industries alimentaires et cosmétiques pour ses caractères biochimiques (Pimienta-barrios et al., 1993). Il est produit par l'élevage des cochenilles *Dactylopius coccus* et *Dactylopius opuntiae* qui sont des insectes hôtes du cactus (Stintzing et al., 2005). Les peintres et les calligraphes aztèques utilisèrent abondamment les extraits de la tuna et de la cochenille pour leurs dessins dont nous admirons encore les coloris d'une beauté inimitable.

II.6.5. Utilisation médicinale

II.6.5.1. Utilisations traditionnelles (et activité Diurétique)

Opuntia ficus indica est utilisé en médecine populaire au Mexique pour le traitement des brûlures, des blessures, d'œdème et d'indigestion. Il a été rapporté que leur extrait alcoolique possède des activités anti-inflammatoires, hypoglycémiantes et antivirales. En plus, au Mexique les raquettes de cactus sont utilisées traditionnellement pour le traitement de diabète et d'hyperlipidémie, et d'obésité (Saenz, 2000). Le thé aux fleurs d'Opuntia est utilisé en Sicile comme remède aux maux des reins (Meyer et McLaughlin, 1981). Sont fabriquées à partir des fleurs séchées sont utilisées comme régulateurs diurétiques et comme remède au dysfonctionnement de la prostate (Pimientabarrios et al., 1993). Le bouillit des fleurs séchées de la plante est utilisé en pharmacopée traditionnelle au Maroc comme remède aux douleurs

gastro-intestinales, aux brûlures et coups de soleil. L'huile essentielle des graines des fruits du cactus sont riches en acides gras polyinsaturés, en stérols et en vitamines, elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des crèmes dermiques antirides (**Ennouri et al., 2005**).

II.6.5.2. Effets pharmacologiques

✓ **1. Effet Anti-ulcère gastriques et désordres gastro-intestinaux**

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica* sont utilisés pour le traitement d'ulcère gastrique en Sicile (**Kaur et al., 2012**). L'association des fibres végétales du Nopal et de l'effet protecteur de son mucilage parvient à brider la production excessive d'acidité et préserve la muqueuse gastro-intestinale. Cet effet tampon tempère la naissance des colites, ces douloureuses inflammations du côlon éprouvées par les intestins fragiles. Le Nopal agit comme un amortisseur du pH de l'estomac et de l'intestin. Il atténue l'agressivité des aliments crus, trop acides ou trop épicés, de l'aspirine et d'autres substances chimiques, absorbé sous forme d'extrait ou de jus frais, sans adjonction d'eau ou de sucre, le Nopal est un élément bénéfique pour l'estomac et l'intestin (**Valnet, J. 1985**).

✓ **2. Effet anti-inflammatoire et analgésique**

Une étude a montré que les extraits de fruit et de la raquette, réduisent la lésion gastrique chez le rat (**Lee et al., 2002**). Différentes études ont été effectuées sur l'action analgésique et anti-inflammatoire de genre *Opuntia* par l'utilisation d'extrait de fruit, des cladodes lyophilisés, ou des phytostérols de fruit et d'extrait des raquettes (**Kaur et al., 2012**). Le β -Sitostérol est identifié comme le principale anti-inflammatoire active d'extrait de raquette (**Park et al., 2001**).

✓ **3. Effet neuroprotecteur(Anxiolytique)**

Par sa capacité, tout à fait remarquable de rééquilibrer le système nerveux, le Nopal est un tranquillisant naturel, apportant calme et sérénité à un organisme stressé. Des chercheurs ont suggéré que ce serait à la berbérine et à un autre alcaloïde encore indéterminé dont on a découvert des traces dans la plante que l'on devrait cette action bienfaisante (**Schweizer, M. 1997**).

✓ **4. Effet Antidiabétique**

Des études scientifiques démontrent qu'absorber avant le repas, le Nopal est un antidiabétique efficace dans des cas d'hyperlipidémie (ou de diabète sucré), par sa forte teneur en fibres régularise et freine l'assimilation des molécules de sucre tant au niveau de l'estomac que de l'intestin ce qui induit une diminution du taux de sucre dans le sang.

Une étude in vivo menée sur les souris, ayant reçu de l'alloxane, a prouvé que le traitement avec l'huile extraite de l'espèce *Opuntia ficus indica* à une concentration de (2 ml/kg) a une activité antidiabétique (**Berraaouan A. et Coll, 2015**).

✓ 5. Effet Anti Allergique

L'étude suggère que la glycoprotéine extraite du figuier de barbarie possède un rôle efficace dans la prévention ou le traitement des maladies allergiques dépendantes de l'activation des cellules mastocytaires (**Kye-Taek Lim., 2010**).

✓ 6. Effet anti-hyperlipidémie et anti-hypercholestérolémie

De par sa teneur élevée en fibres et en gommes, le Nopal est réputé pour son action bénéfique d'interception des graisses dans l'estomac et dans l'intestin, abaissant ainsi les niveaux de cholestérol et de lipides (graisses) dans le sang à leurs proportions normales. Le Nopal évite ainsi l'accumulation exagérée des graisses dans le sang des personnes sujettes à risques en améliorant la microcirculation artérielle et veineuse. Il contribue à la prévention des problèmes cardiaques en régulant la tension (**Cern, P. 2003**). [37]. D'autres recherches sur la niacine (vitamine du groupe B3), présente dans le Nopal ont démontré qu'elle a pour effet de transformer le mauvais cholestérol (LDL) en bon cholestérol (HDL) (**Schweizer, M. 1997**).

✓ 7. Hémostatique

Excellent hémostatique car le pectate calcomagnésien qu'on extrait des tiges accélère nettement le temps de coagulation du sang et abrège les temps de saignement. Son action serait même supérieure à celle des pectines ayant servi de termes de comparaison dans les expériences, sans doute à cause de la teneur notable en Calcium et Magnésium.

✓ 8. Artériosclérose (durcissement des artères)

Les acides aminés et les fibres, en particulier le principe antioxydant des vitamines A (bêta- carotène) et C que contient le Nopal ont pour effet de diminuer le risque de détérioration des parois artérielles et la formation de plaquettes graisseuses. Des chercheurs indépendants spécialisés en ethnomédecine ont remarqué que des populations de la tiers-monde habituées à consommer des figues de barbarie semblaient préservées de l'artériosclérose et de l'artérite [38].

✓ 9. Obésité

En captant et dissolvant les sucres et les graisses transitant par l'estomac et l'intestin, le Nopal contrarie voire empêche leur assimilation normale par l'organisme. Cette faculté de résorber l'excès calorique d'une alimentation trop riche permet aux personnes aux rondeurs excessives de rétablir et régulariser leur poids sans se soumettre à un régime trop strict ou consommer des médicaments dangereux.

Pris à jeun, avant les repas, le Nopal, très riche en fibres, se révèle un coupe-faim naturel. Les 17 acides aminés du nopal (sur les 22 du corps humain), dont huit sont essentiels, contribuent par leurs éléments nutritifs très diversifiés à remettre sur pied les personnes carencées, et à leur redonner l'énergie nécessaire pour mener une vie normale (**Diacono, H., Massa, V. 1948**).

✓ 10. Cellulite

Les protéines végétales dont le Nopal est abondamment pourvu aident le corps à éliminer l'excès aqueux de certains tissus cellulaires, diminuant ainsi la rétention d'eau, dont la cellulite représente l'une des conséquences les plus fâcheuses (**Garnier et al., 1961**).

✓ 11. Digestion, fonction hépatique

Les fibres du Nopal, comme la plupart des fibres végétales de qualité, régularisent le transit intestinal. Elles préviennent l'organisme de la constipation. Les vitamines A, B1, B2, B3 et C, présentes naturellement dans le Nopal, ses sels minéraux (calcium, magnésium, sodium, potassium, fer) et ses fibres (sous forme de lignine, de cellulose, d'hémicellulose, de pectine, de mucilages et de gommes, contribuent avec les 17 acides aminés présents, à désintoxiquer l'organisme en général et plus particulièrement le foie.

Selon des études cliniques, le Nopal éliminerait l'excès d'ammoniaque accumulé dans certains organes. Il combattrait avec succès les radicaux libres. Il neutraliserait en partie les toxines qui affaiblissent notre système immunitaire suite à une surconsommation d'alcool ou de tabac (**Schweizer, M. 1997**).

✓ 12. Effet anticancéreux

Des études suggèrent que l'extrait du fruit du cactus, inhibe la prolifération des cellules cancéreuses et supprime la croissance tumorale dans le cas du cancer de l'ovaire chez la souris (**Kaur et al., 2012**).

✓ 13. Effet antiviral

Une étude intéressante faite par (**Ahmad et al., 1996**), a démontré que l'administration de l'extrait de cladode de cactus (*Opuntia streptacantha*) aux souris, aux chevaux, et aux humains inhibe la répllication intracellulaire d'un nombre d'ADN et d'ARN viral comme Herpes recto virus Type 2, Equine herpes virus, Pseudorabies virus, influenza virus, le virus de la maladie respiratoire syncytial et HIV-1. Une inactivation des virus extracellulaires a été également rapportée par les mêmes auteurs.

✓ 14. Effet anti-alcool

La figue de barbarie est souvent utilisée pour soulager les symptômes associés à la consommation excessive d'alcool, y compris la bouche sèche et les nausées. Le jus de la figue

de barbarie fait également partie de plusieurs formules de prévention de la guele de bois (Wiese et al., 2004).

✓ 15. Effet anti oxydant

L'estimation de l'activité antioxydante de six cultivars d'O. ficus-indica, poussant dans la méditerranée espagnole, a été analysée sur les cladodes (jeunes et adultes) et les fruits (peau et pulpe) de cette espèce. Selon les méthodes de DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) et ABTS (2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique acid), la peau des fruits présentent un effet antioxydant plus élevé que les cladodes. Les jeunes cladodes montrent une capacité antioxydante importante par la méthode de FRAP (ferricreducing antioxydant power) (Andreu L. et Coll, 2017).

✓ 16. Nettoyage du colon

Nous l'avons déjà souligné : le Nopal contient des fibres alimentaires "solubles" facilitant le transit intestinal, mais il contient également des fibres "non-solubles" c'est-à-dire "inassimilables", qui absorbent l'eau des déchets, accélérant en douceur le transit tout en régulant ses mouvements.

✓ 17. Femmes enceintes

Chez les Aztèques, les femmes enceintes consommaient le Nopal sous toutes ses formes car il était considéré comme le meilleur des fortifiants et un excellent galactogène. Durant le temps de leur grossesse et lorsqu'elles allaitent leur enfant, il est une tradition bien établie chez les femmes de certaines tribus indiennes de boire du jus de tuna ou, lorsque la saison de fructification est passée, une décoction de fleurs séchées ou de racines de Nopal.

II.6.6. Utilisation dans le domaine industriel

La plante du cactus est employée actuellement aux Etats-Unis et au Mexique à des fins industrielles sous forme de matière collante et antirouille dans les puits pétroliers. Elle est aussi utilisée comme enduit pour débarrasser le sel des installations pétrolières implantées en mer (le sel facilite la formation de la rouille).

Une recherche a montré que le jus de la plante de cactus est un facteur qui empêche le fer de s'user, de s'oxyder et de se rouiller.

Au Chili, les raquettes du cactus, après leur fermentation naturelle, sont utilisées en tant que matière première et source importante dans la production d'un gaz vital (le biogaz). Elles sont productives, leur rendement est élevé, et elles sont source d'énergie vitale. Leurs utilisations sont nombreuses. La matière gélatineuse qu'elles isolent compte parmi les composants qui produisent le chewing-gum et la cire. En outre, elles sont employées comme élément renforçant le tissage des vêtements fabriqués en coton.

II.6.7. Protection

L'Opuntia, dans ses plus grandes variétés forme des haies vives de cactées épineuses infranchissables aux animaux sauvages, nécessitant peu d'entretien tout en offrant la richesse de leurs fruits et de leurs raquettes. Les haies d'Opuntia présentent aussi l'avantage de dresser un obstacle naturel et efficace à la propagation des incendies. Pour planter ces haies, on dispose en ligne des boutures faites d'un ou deux « articles » mises au sec pendant quelque temps. En effet, on constate que les boutures reprennent mieux lorsqu'elles ont été privées d'eau et qu'on les arrose abondamment après les avoir plantées.

II.6.8. Plantes anti-pollution

Le principe est simple : épurer l'air par les plantes. Notre environnement intérieur (domicile, lieu de travail...) concentre encore plus de polluants que l'extérieur. Recourir à des plantes judicieusement choisies pour respirer un air plus sain chez soi est une solution intéressante. Le cactus fait partie de ces plantes qui absorbent les polluants de l'air, lesquels sont ensuite convertis dans les racines en produits organiques, nutriments de base pour la plante.

II.9. Barrage aux ondes

En intérieur, un cactus de 30 cm de hauteur réduit à lui seul les effets nocifs d'un écran de télévision ou d'ordinateur, en supprimant les ondes électromagnétiques néfastes. En plus, les cactus ne réclament que très peu de soins et de temps : un arrosage par mois environ. Par ailleurs, à l'inverse des autres plantes, les cactées produisent de l'oxygène la nuit et rejette du gaz carbonique le jour (idéal à placer dans une chambre à coucher).

CHAPITRE III

LES HUILES ESSENTIELLES

III.1. Définition des huiles essentielles

Une huile essentielle est un liquide concentré en substances végétales, obtenu par extraction ou distillation de molécules volatiles de la plante d'origine. On retrouve majoritairement des terpénoïdes et des molécules aromatiques. Les huiles essentielles issues de différentes plantes possèdent donc des propriétés différentes, dépendantes de la composition d'origine. Les huiles essentielles sont des mélanges concentrés de substances végétales (Bardeau, 2009).

III.2. Huile essentielle ou essence ?

Ces deux termes ne sont pas à confondre. En effet, l'essence d'une plante est une substance odorante et volatile avec des propriétés bienfaisantes. En présence de chlorophylle et d'énergie solaire, les végétaux sont capables de synthétiser des sucres : c'est la photosynthèse. Ces sucres sont transformés en essence, grâce au métabolisme cellulaire.

Alors qu'une huile essentielle est obtenue par la distillation de l'essence. L'huile essentielle est donc l'essence de la plante distillée. Contrairement à ce que son nom indique, il n'y a aucun corps gras dans les huiles essentielles : une goutte déposée sur un papier s'évaporerait sans laisser de trace contrairement à une huile végétale. Il est donc une substance aromatique naturelle, volatile, liquide ou semi liquide, constituée de molécules aromatiques sécrétées par certaines plantes ou certains arbres (Accueil - ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé, 2012).

III.3. Répartition et localisation des huiles essentielles

III.3.1. Répartition

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal et surtout chez les végétaux supérieurs, il y a 17500 espèces aromatiques. Les familles botaniques capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont réparties dans un nombre limité des familles, *Zingiberaceae* (Gingembre)...etc (Bellakhdar, 1997).

III. 3.2. Localisation

Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante (Degryse et al., 2008).

L'huile essentielle se localise dans toutes les parties des plantes aromatiques, tous leurs organes végétaux :

- Les fleurs, exemple : orange, rose, lavande ;
- Les feuilles, exemple : eucalyptus, menthe, thym, laurier, sauge, sapin ;

- Les organes souterrains, exemple : racines (vétiver), rhizomes (gingembre, acore) ;
- Les fruits, exemple : fenouil, anis, épicarpes des citrus ;
- Les graines, exemple : noix de muscade ;
- Le bois et les écorces, exemple : cannelle, santal, bois de rose.

III.4. Composition chimique

Il est très important de connaître la composition d'une huile essentielle avant de l'utiliser. C'est indispensable pour la sécurité.

a) Terpènes ou Terpénoïdes : Les monoterpènes correspondent à la formule brute $C_{10}H_{16}$; ils peuvent être acycliques (myrcène), monocycliques (limonène) ou bicycliques (camphène) (**Brunton, J.,1999**). Ils sont donc des décongestionnants respiratoires et lymphatiques. En diffusion, ils sont très efficaces comme antiseptiques.

b) Composés aromatiques : Les dérivés du phénylpropane (C_6-C_3) sont beaucoup moins fréquents que les précédents. Très fréquemment, il s'agit d'allyle et de propénylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de certaines huiles essentielles, telle celle du girofle (eugénol). On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en C_6-C_1 , plus rares, tel le saffrole.

c) Composés d'origines diverses : Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro distillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés (**Teisseire, 1991**).

- Alcools : menthol, géraniol, linalol
- Aldéhydes : géraniol, citronellal
- Cétones : camphre, pipéritone Phénols : thymol, carvacrol
- Esters : acétate de géranyl
- Acides : acide gérannique Oxydes : 1,8-cinéole.
- Phénylpropanoïdes ; eugénol.
- Terpènes : limonène, para-cymène
- Autres : éthers, composés soufrés, composés azotés, sesquiterpène

III.5. Différentes techniques d'extraction des huiles essentielles

Les méthodes d'extraction sont adaptées aux propriétés physiques les plus importantes des huiles essentielles.

- ✓ Leur volatilité dans l'air et dans la vapeur d'eau ;
- ✓ Leur solubilité dans les solvants organiques.



Figure .16 : Différentes techniques d'extraction des huiles essentielles

III.5.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Datant de plus d'un millénaire, il s'agit de la méthode la plus ancienne et la plus utilisée pour obtenir une huile essentielle de qualité.

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées. L'injection de vapeur se fait à la base de l'alambic (**Richard et Peyron, 1992**).

Ce dispositif de cette extraction est composé d'une cuve dans laquelle on place les plantes à distiller. Les plantes sont dissociées de l'eau dans la même cuve. La cuve est chauffée et recouverte par un chapiteau qui est prolongé par un col de cygne, celui-ci est raccordé à un serpentin de refroidissement. Pour cela, celui-ci est plongé dans une cuve d'eau froide. Le serpentin débouche sur l'essencier, muni de deux robinets. Celui du bas permet de recueillir l'hydrolat ou eau florale et celui du haut l'huile essentielle (**RIOTTE, 2015**).

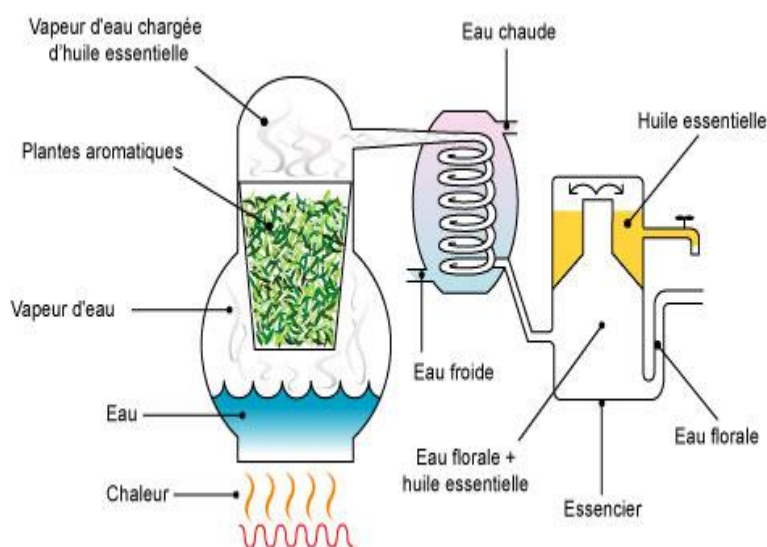


Figure .17 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau (Goëb & Pesoni, 2010).

III.5.2. Extraction par hydrodistillation

Ce mode d'extraction a été proposé par **Garnier** en **1891**, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les HE et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir de meilleurs rendements. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'HE sera alors séparée par différence de densité (après décantation) (**Bruneton, 1993**). Le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger.

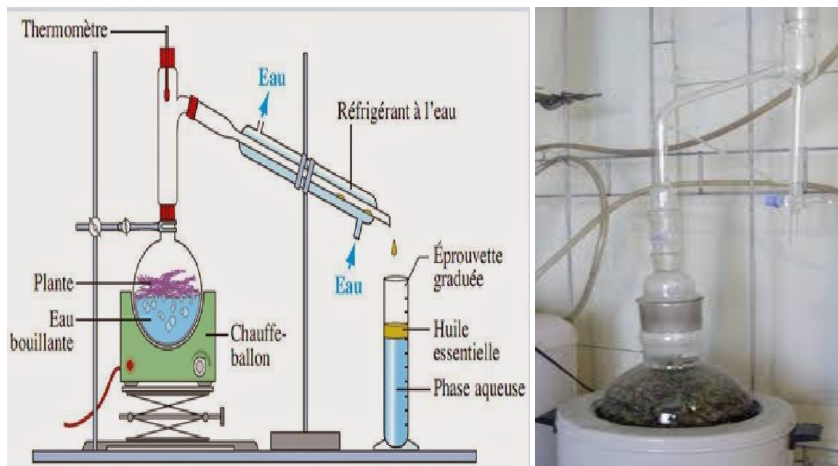


Figure .18 : Montage de l'extraction par hydrodistillation (**Bruneton, 1993**).

III.5.3. L'Expression à froid

L'expression à froid est exclusivement réservée aux matières premières de la famille des Hespéridés, où l'essence se trouve dans des petites glandes de l'épicarpe des agrumes communément appelé « zeste ». Cette technique consiste à dilacérer mécaniquement l'écorce du fruit pour en recueillir, de diverses manières, les essences contenues dans les sacs oléifères. Ces essences non distillées sont peu stables et s'oxydent facilement, ainsi, il est conseillé de les consommer plus rapidement que les HE distillées, si possible dans l'année suivant la production. Le produit obtenu se nomme plus communément « Essence », et non « Huile Essentielle », car aucune modification du produit végétal n'intervient du fait de la méthode d'extraction (**BOUKHATEM et al., 2019**).



Figure .19 : Machine de pression à froid (BOUKHATEM et al., 2019)

III.5.4. Extraction par solvants organiques

L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. (Legrand, 1993 ; Dapkevicius et al., 1998 Kim et Lee, 2002). En fonction de la technique et du solvant utilisé, on obtient (AFNOR, 2000) :

- Des hydrolysats : extraction par solvant en présence d'eau.
- Des alcoolats : extraction avec de l'éthanol dilué traitées par l'éthanol ou des mélanges éthanol/eau.
- De résinoïdes ou extraits éthanoliques concentrés.

L'emploi restrictif de l'extraction par solvants organiques volatils se justifie par son coût, les problèmes de sécurité et de toxicité, ainsi que la réglementation liée à la protection de l'environnement (Rivera, 2006).

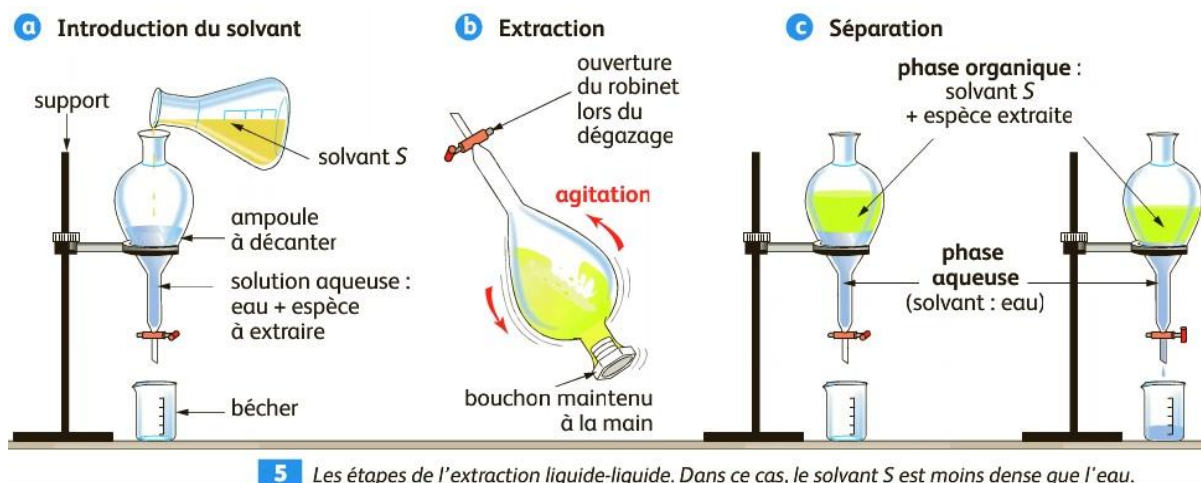


Figure .20 : Extraction par solvant organique

III.5.5. Distillation sèche

La distillation « sèche », aussi appelée distillation destructive, est utilisée pour la séparation des produits chimiques liquides contenus dans des matériaux solides. On peut ainsi obtenir, à partir du bois, par calcination, de la créosote (mélange de phénols), de l'alcool méthylique et de nombreux autres produits. Un avantage certain au niveau de la qualité, Les rendements extrêmement faibles.

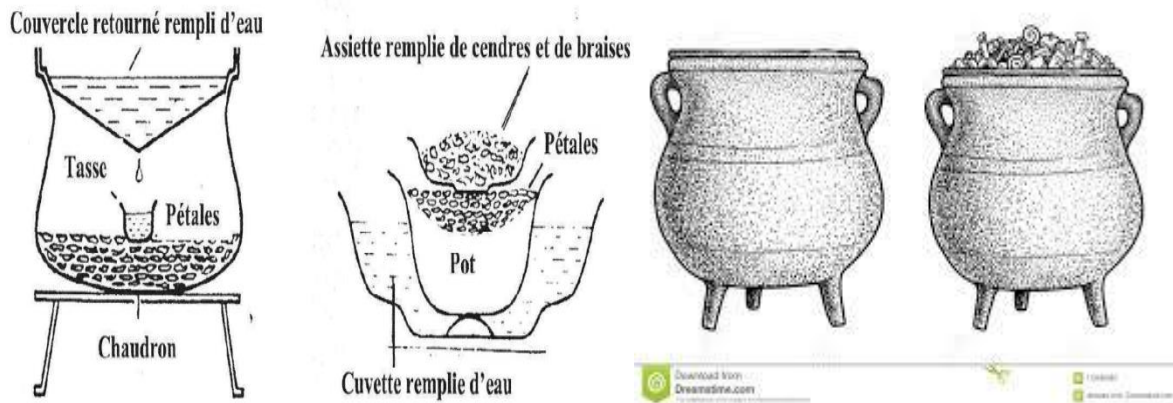


Figure .21 : Distillation sèche

III.5.6. L'extraction assistée par chauffage micro-ondes

L'extraction par micro-ondes regroupe différents procédés parmi lesquels :

- L'extraction par solvant assistée par chauffage micro-ondes.
- Hydrodistillation assistée par chauffage micro-ondes sous vide.
- Extraction sans solvant assistée par chauffage micro-ondes (extraction des plantes fraîches)

Il existe divers exemples d'applications de cette technique à l'extraction de certains organes végétaux : épices de *Cuminum cyminum* L. et *Zanthoxylum bungeanum* L. par **Wang et al., en 2006**, fruits de *Xilopia* par **Stashenko et al., en 2004**, hysope, sariette, marjolaine, sauge (*Salvia officinalis*) et thym par **Collin en 1991**, feuilles de *Lippia sidoides* par **Craveiro et al., en 1989**, menthe poivrée et persil commun par **Pare et al., en 1989**.

L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation (ramenée à quelques minutes) et d'incrémenter le rendement d'extrait. Cependant l'irradiation d'un volume important pose des problèmes techniques.

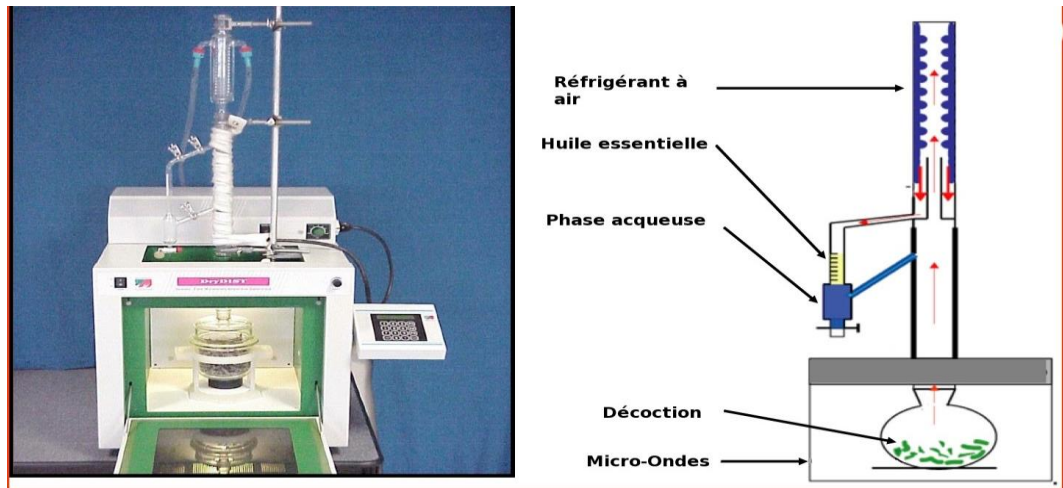


Figure .22 : Montage d'extraction assistée par chauffage micro-ondes (BENOUALI Djillali, 2016)

III.5.7. Extraction au CO₂ supercritique

Très moderne, très coûteuse, cette méthode consiste à faire passer un courant de CO₂ à haute pression qui fait éclater les poches à essence et entraîne les substances aromatiques.

Il existe d'autres méthodes d'extraction comme l'extraction par solvant ou l'enfleurage mais uniquement pour la parfumerie et non pour la thérapie.

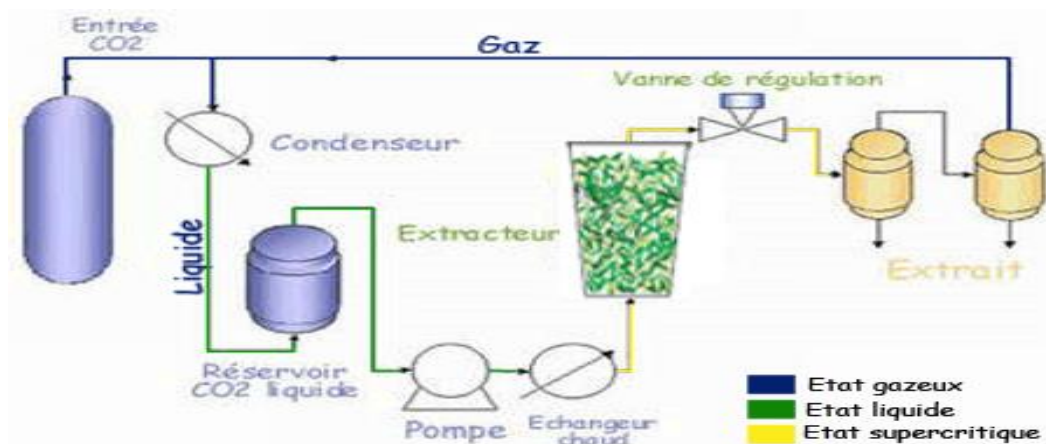


Figure .23 : L'extraction au CO₂ supercritique (Willem, J.P.,2002)

III.6. Les principales propriétés des huiles essentielles :(Purchon N., 2001 ; Willem, J.P, 2002)

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses propriétés

II.6.1. Propriétés médicinales (Thérapeutiques)

➤ Anti-infectieuses

- ✓ **Antibactériennes** : Les molécules aromatiques possédant l'activité antibactérienne la plus importante sont les phénols contenus par exemple dans l'huile essentielle de clou de girofle.

- ✓ **Antivirales** : Les virus sont assez sensibles aux huiles essentielles à phénol et à monoterpénol. Plus d'une dizaine d'huiles essentielles possèdent des propriétés antivirales. Nous pouvons citer l'huile essentielle de Ravintsara, l'huile essentielle de Bois de Hô, ou l'huile essentielle de Cannelle de Ceylan.
- ✓ **Antifongiques** : Les huiles essentielles utilisées pour leurs propriétés antifongiques sont les mêmes que celles citées précédemment cependant la durée du traitement sera plus longue. Par exemple, les huiles essentielles de Cannelle, de Clou de girofle ou de Niaouli sont des antifongiques.
- ✓ **Antiparasitaires** : Les molécules aromatiques possédant des phénols ont une action puissante contre les parasites. Le thym à linalol, la sarriette des montagnes sont d'excellentes huiles essentielles antiparasitaires.
- ✓ **Antiseptiques** : Les propriétés antiseptiques et désinfectantes sont souvent retrouvées dans les huiles essentielles possédant des fonctions aldéhydes ou des terpènes comme l'huile essentielle d'Eucalyptus radiata.
- ✓ **Insecticides** : Certaines huiles essentielles sont insectifuges ou insecticides comme celles possédant des fonctions aldéhydes comme le citronnellal contenu dans l'Eucalyptus citronné ou la citronnelle.

➤ **Anti-inflammatoires**

Les huiles essentielles possédant des aldéhydes ont des propriétés actives contre l'inflammation par voie interne comme l'huile essentielle de Gingembre. Elles ont la propriété de renforcer et de relancer les défenses immunitaires de l'individu (**Wei, A.; Shibamoto T. J , 2007 ; Katiyar.S.K et al., 1996**) . C'est dans ce sens que l'on a pu dire que les essences aromatiques étaient cytophylactiques (protectrices des cellules vivantes).

➤ **Régulatrices du système nerveux**

- ✓ **Antispasmodiques** : Les huiles essentielles possédant des esters ou des éthers possèdent une action sur les spasmes des muscles lisses ou striés comme l'huile essentielle d'Hélichryse.
- ✓ **Calmantes, anxiolytiques** : Les aldéhydes type citrals contenu par exemple dans l'huile essentielle de Mélisse ou celle de Verveine citronnée favorisent la détente et le sommeil.
- ✓ **Analgésiques, antalgiques** : Les huiles essentielles les plus connues pour leurs actions antalgiques sont les huiles essentielles d'Eucalyptus citronné, de Gingembre, de Lavande vraie.

➤ **Drainantes respiratoires**

- ✓ **Expectorantes** : Les huiles essentielles riches en oxyde (1, 8 cinéole) comme l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus ou de Romarin agissent sur les glandes bronchiques et sur les cils de la muqueuse bronchique.
- ✓ **Fluidifiantes** : Les huiles essentielles possédant des cétones (comme la verbénone contenu dans l'huile essentielle de Romarin) ont une action mucolytique en dissolvant les sécrétions accumulées au niveau de la muqueuse.

➤ **Digestives**

Les huiles essentielles de cumin (avec la molécule de cuminal), d'anis étoilé ou par exemple d'estragon ont une action digestive et apéritive. Elles permettent la stimulation de la sécrétion des sucs digestifs. L'huile essentielle de menthe poivrée atténue les nausées.

➤ **Cicatrisantes**

Les huiles essentielles cicatrisantes sont les huiles essentielles de Ciste (*Cistus ladaniferus*), de Lavande vraie (*Lavandula vera*), d'Immortelle (*Helichrysum italicum*), de Myrrhe (*Commiphora myrrha*). On utilise souvent un mélange de plusieurs huiles essentielles cicatrisantes avec une huile végétale comme l'huile d'amande douce.

➤ **Dermatologiques**

Les HE de lavande officinale et d'eucalyptus citronné apaisent avec succès les démangeaisons dues aux piqûres d'insectes, d'ortie, de méduse... l'action lipolytique du citron et du lemongrass permet de lutter contre la cellulite par dissolution des graisses.

➤ **Endocrino-régulatrices**

Certaines HE ont la capacité de réguler l'ensemble des glandes endocriniennes de l'organisme : l'HE de myrrhe atténue une hyperthyroïdie en freinant l'activité de la thyroïde (**Hessas & Simoud, 2018**).

III.6.2. Parfumerie

Les huiles essentielles à l'état dilué, sont utilisées dans les parfums et les eaux de toilettes. L'industrie de parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de Rose, de Jasmin, de violettes, de verveine (**Kaloustian J., 2012 ; Ouis N, 2015**).

III.6.3. Cosmétologie

Les huiles essentielles sont utilisées depuis longtemps en cosmétologie. En raison de leurs propriétés diverses, elles prennent soin de la peau et de ses désordres (acné, rides.), les cheveux (pellicules, cheveux cassants, ternes, sec.), la silhouette (vergetures, cellulite.).

Les principes actifs des HE franchissent très rapidement la barrière cutanée et sont absorbées par la peau pour agir en douceur (Mayer, 2012).

III.6.4. Agroalimentaire

En vertu de leurs propriétés antiseptiques et aromatisantes, les HE sont employés quotidiennement dans les préparations culinaires (ail, thym, laurier.). Elles sont également très prisées en liquoristeries (boissons anisées, kummel.) et en confiserie (bonbons, chocolat.).

Leur pouvoir antioxydant leur permet de conserver les aliments en évitant les moisissures, conservation du smen par exemple par le thym et le romarin (Ouis N., 2015).

III.7. Principaux domaines d'application des HE

En raison de leurs diverses propriétés, les huiles essentielles sont devenues une matière d'importance économique considérable avec un marché en constante croissance. En effet, elles sont commercialisées et présentent un grand intérêt dans divers secteurs industriels comme en pharmacie par leurs pouvoirs antiseptique, analgésique, antispasmodique, apéritif, antidiabétique..., en alimentation par leur activité antioxydante et leur effet aromatisant, en parfumerie et en cosmétique par leur propriété odoriférante.

III.7.1. Aromathérapie

L'aromathérapie est une forme de médecine alternative dans laquelle les HEs ont une grande importance car elles induisent de nombreux effets curatifs. Ainsi elles s'utilisent de plus en plus dans diverses spécialités médicales telles que : la podologie, l'acupuncture, la masso-kinésithérapie, l'ostéopathie, la rhumatologie ainsi que dans l'esthétique (Sallé, J. L., 1991).

III.7.2. Agro-alimentaire

En vertu de leurs propriétés antiseptiques et aromatisantes, les H.Es sont employées quotidiennement dans les préparations culinaires (ail, laurier, thym,...). Elles sont également très prisées en liquoristerie (boissons anisées, kümmel) et en confiserie (bonbons, chocolat.). Leur pouvoir antioxydant leur permet de conserver les aliments en évitant les moisissures, conservation du smen par exemple par le thym et le romarin (Waterhouse, A *et al* 2000 ; Bendjilali, B *et al.*, 1990).

III.7.3. Cosmétologie et parfumerie

Les H.Es sont recherchées dans l'industrie des parfums et des cosmétiques en raison de leurs propriétés odoriférantes. L'industrie de la parfumerie consomme d'importants tonnages d'essences (60%) en particulier celles de rose, de jasmin, de violette, de verveine. Les H.Es sont aussi consommées en cosmétologie pour parfumer les produits cosmétiques : les dentifrices, les shampoings, les crèmes solaires, les rouges à lèvres, les savons, etc (Blakeway, J., 1984)

Les produits d'hygiène, détergents et lessives par exemple, consomment eux aussi beaucoup d'HEs pour masquer les odeurs (souvent peu agréables) des produits purs.

➤ **Pharmacie**

Les essences issues des plantes sont utilisées en grande partie dans la préparation d'infusion (menthe, verveine, thym,) et sous la forme de préparations galéniques^{2b}. Plus de 40% de médicaments sont à base de composants actifs de plantes, par exemple gastralgie est un digestif anti-acide qui se compose d'HE de carvi.

De même, elles permettent par leurs propriétés aromatisantes de masquer l'odeur désagréable de médicaments absorbés par voie orale. Aussi beaucoup de médicaments vendus en pharmacie sont à base d'HEs comme par exemple les collyres, les crèmes, les élixirs, (**Richard. J. A., 1999**).

III.8. Toxicité des HEs

Les huiles essentielles sont principalement toxiques en cas d'ingestion. Certaines sont toxiques après exposition répétée. Le risque est plus grand lorsqu'elles sont utilisées pures. Chacune de ces substances possède des propriétés particulières et des risques toxiques spécifiques, ce qui rend complexe un classement des huiles les plus dangereuses. Il n'existe donc que peu de règles générales. Les huiles essentielles de sauge, d'hysope, de thuya, d'eucalyptus et de camphre sont particulièrement dangereuses en surdosage chez l'enfant car elles peuvent provoquer des convulsions. Certains groupes de patients sont plus sensibles à la toxicité des huiles essentielles : en cas d'asthme, d'épilepsie, d'allergie, chez la femme enceinte ou allaitante et le jeune enfant, il est préférable de demander l'avis d'un médecin avant d'utiliser une huile essentielle (**intracto, 2016**).

III.8. L'huile miraculeuse (l'huile de graine de figue de barbarie)

III.8.1. Obtention de l'huile de pépins de Figue de Barbarie

L'extraction de l'huile est un véritable défi. Il s'agit d'extraire l'huile des graines de la figue de barbarie, pas de l'huile de figues de barbarie. Celle-ci est peu coûteuse, connue depuis de nombreuses années, et obtenue à partir des feuilles du figuier appelée "la raquette". Cette huile est peu onéreuse, mais n'est pas aussi active que l'huile que l'on extrait des graines.

Les graines de la figue de barbarie sont toutes petites, très dures, et très peu huileuses. L'huile de Figue de Barbarie est une huile très précieuse et très rare obtenue uniquement par pression à froid des graines d'*Opuntia ficus indica* dont les rendements d'extraction sont très faibles puisqu'il n'y a que 5% d'huile dans la petite graine, d'où son coût très élevé. Ainsi pour la fabrication d'un seul litre d'huile de graines de figues de barbarie, c'est une tonne (1000

kilos) de fruits, qu'il faut éplucher et épépiner. Les graines sont ensuite lavées et séchées au soleil avant d'être pressées à froid.



Figure .24 : Huile de figue de barbarie

III.8.2. Synthèse de la composition de l'huile de graine de figue de barbarie

Grâce à sa synergie originale de composants, l'huile de graines de figues de barbarie fait des merveilles sur votre peau. Découvrez les principales propriétés de cette huile dite "sèche" !

Elles sont riches en acides gras poly-insaturés, tels que :

- ✓ **L'acide linoléique à 60% (oméga 6)** : Les oméga 6 sont des acides gras essentiels. Les oméga 6, précurseurs des céramides, ont une action relipidante et préservent le capital en eau de la peau. Ils permettent à la peau de conserver son élasticité et sa densité. Les molécules indésirables sont laissées dehors tandis que de l'intérieur, la peau peut continuer à se charger et rester hydratée de façon optimale. Nous ne fabriquons plus d'oméga 6 à l'âge adulte, cet apport est donc indispensable.
- ✓ **L'acide oléique à 15%(oméga 9)** : Ces oméga aident eux aussi au maintien de l'élasticité de la peau. Très précieux pour l'hydratation, ils nourrissent en profondeur et protègent l'épiderme. Ce sont eux qui sont responsables du caractère nourrissant de l'huile de graines de figues de barbarie dont les peaux sèches ont besoin.
- ✓ **La vitamine E (tocophérols)** : Cette vitamine est présente en quantité exceptionnelle dans l'huile de graines de figues de barbarie : environ 1000 mg/kg. La vitamine E sert à lutter contre l'oxydation responsable du vieillissement prématuré. Elle protège la peau des radicaux libres, elle retarde ainsi les signes de l'âge et participe à la cicatrisation.
- ✓ **Les phytostérols** (environ 10 g/kg) parmi lesquels : beta-sitostérol, campestérol, stigmastérol. Les phytostérols, par leur similitude avec les stérols cutanés, ils renforcent le film hydrolipidique, ils accélèrent la synthèse des phospholipides cutanés et donnent un aspect plus ferme à la peau. De plus, les phytostérols interviennent dans les processus de

défense de la peau en régularisant les mécanismes de l'inflammation. Capable de réduire l'inflammation (rougeurs, œdèmes...), ils sont utilisés pour apaiser les peaux réactives ou irritées (Ennouri et al., 2005 ; Coskuner et Tekin, 2003).

Tableau .9 Synthèse de la composition de l'huile de figue de barbarie

Poly-insaturés 62%	Linoléique 61,6%	Mono-insaturés 20%	Oliéque 19,4%	Saturés 18%	Palmitique 13,3%
	Linoléique 0,4%).		Palmitoléique 0,6%		Stéarique 3,5%
Acides gras libres : 0,4%	K270 0,30	Indice de péroxyde 1,7 (meq O2/Kg)	Tocophérols totaux (mg/kg) 700	Alpha Tocophérols 1,8%	Bêta Tocophérols 0%
	K 0,01	Gamma Tocophérols 92,2%	Delta Tocophérols 1,2%	Stérols totaux (g/kg) 8,8	Cholestérol 1,1%
CampEsterol 9,8%	StigmaStérol 1,4%	Beta Sitostérol 72,5%	D5 Avenasterol 4,5%	D7 Stigmasterol 1,2%	D7 Avenastérol 2,2%.

III.8.3. Propriétés de cette huile magique et ses utilisations en cosmétique

✓ L'huile de graine de figue de barbarie est dotée d'un pouvoir anti-âge

Elle contient les vitamines adoucissantes pour la peau E et K. Elle contient également une bonne quantité d'acides gras hydratants et nourrissants pour la peau. Ceux-ci empêchent la formation de rides et ridules, faisant ainsi de l'huile de figue de Barbarie un bon agent anti-âge. L'huile de cactus offre une sublime cure de jouvence à votre peau. Elle fait barrage au vieillissement cutané et booste le renouvellement cellulaire. Résultat, elle diminue les rides, s'attaque aux cernes disgracieux et offre une protection contre les agressions quotidiennes de la peau (Sophia Maazouz, 2016).

✓ L'huile de graine de figue de barbarie éclaircirait le teint

L'huile de la figue de barbarie est souvent utilisée pour ses propriétés éclaircissantes pour la peau. L'acide linoléique, qui est un acide gras, non seulement nourrit la peau, mais élimine également la matité. De plus, il protège la peau des rayons UV.

✓ - L'huile de graine de figue de barbarie nous aiderait à obtenir une peau plus lisse

Elle est super hydratante pour les peaux ternes et sèches. Les acides gras linoléiques, oléiques et palmitiques, que l'on trouve en grande quantité dans l'huile de pépins de figue de Barbarie, fournissent à la peau les huiles qui lui font que du bien.

✓ - **L'huile de graine de figue de barbarie réduirait les cernes**

Les cernes sous les yeux se forment pour diverses raisons : Le manque de sommeil, la déshydratation et le stress oxydatif sont les principaux facteurs qui peuvent assombrir votre région sous les yeux et lui donner une teinte bleu violacé. L'huile de pépins de figue de Barbarie contient des acides gras nourrissants pour la peau qui possèdent également des propriétés éclaircissantes. Conjointement, ces propriétés peuvent aider à éclaircir les cernes.

✓ - **L'huile de graine de figue de barbarie serait bénéfique pour les cheveux**

L'huile des graines de ce cactus contient beaucoup d'acides gras, de minéraux et de vitamines qui peuvent être bénéfiques pour la peau. De même, ceux-ci peuvent également nourrir le cuir chevelu et les cheveux en leur fournissant les huiles saines. Une mention spéciale est requise pour la teneur en vitamine E de la figue de Barbarie qui peut conditionner les cheveux en profondeur.

✓ - **L'huile de graine de figue de barbarie rendrait vos ongles en bonne santé**

Les ongles ont aussi droit à leur dose de figues. L'application de l'extrait de la figue de barbarie sur les ongles les rend moins cassants (**EpicerieVerte.ma, 2019**).

CHAPITRE IV

HELICOBACTER PYLORI

IV.1. Historique

La première observation de bactéries spiralées au niveau de la muqueuse gastrique humaine remonte à 1906 et est attribuée par Krienitz. En 1950, deux irlandais démontrent que chez les patients présentant un ulcère gastro-duodéal, l'uréase neutralise l'acidité gastrique via la production d'ammoniac (**Fitzgerald et al., 1950**).

En 1982, Barry Marshall et Robin Warren, deux médecins australiens, élaborent un protocole original d'étude endoscopique de l'estomac : des biopsies gastriques sont systématiquement réalisées et mises en culture en milieu micro-aérobie (et non standard) durant 48 heures. Après 15 jours, les chercheurs eurent la surprise de découvrir pour la première fois des colonies grises dans les boîtes de Pétri. Le temps d'incubation accidentellement plus long du fait du week-end prolongé a permis la première culture d'*Helicobacter pylori* et son identification (**Marshall et al., 1984**).

La découverte de *H. pylori* a valu le prix Nobel de médecine en **2005** à ces deux chercheurs australiens. En 1994, le « National Institutes of Health » affirmait que la plupart des ulcères gastriques récurrents étaient causés par *H. pylori* et recommandait l'adjonction d'antibiotiques. En effet, avant que ne soit reconnu le rôle de *H. pylori*, les ulcères gastriques étaient traités par des antiacides qui n'évitaient pas les rechutes. Le subsalicylate de bismuth était largement utilisé mais bien que vraisemblablement bactéricide, il fut abandonné en raison de sa toxicité neurologique.

H. pylori est classé carcinogène de type I par l'Organisation Mondiale de la Santé et aujourd'hui, il est considéré comme l'agent étiologique principal des cancers liés aux infections bactériennes (**Parkin et al., 2005**). Il est clairement établi que toute colonisation de la muqueuse gastrique par *H. pylori* entraîne un état inflammatoire de gastrite, pouvant évoluer vers des formes plus sévères d'ulcération (**Mustapha, 2006**).

IV.2. Classification

H. pylori est considéré comme le chef de file d'un nouveau groupe de bactéries, appelées super Famille VI des bacilles Gram négatif. Ce groupe individualisé en **1991** comprend quatre genres : *Helicobacter*, *Campylobacter*, *Arcobacter* et *Wolinella*.

H. pylori est différencié des autres groupes essentiellement par la structure de son ARN ribosomal (**Mégraud, 1994**).

Tableau .10 : Classification de l'*Helicobacter pylori* (Garrity et al., 2005).

Domaine	Bacteria
Division	Proteobacteria
Classe	Epsilonproteobacteria
Ordre	Campylobacterales
Famille	Helicobacteraceae
Genre	Helicobacter
Espèce	<i>Helicobacter pylori</i>

IV. 3. Caractères bactériologiques d'*Helicobacter Pylori*

IV. 3.1. Caractères morphologiques

H. pylori est un bacille à Gram négatif de forme hélicoïdale, de petite taille (0,5 à 1 µm de large sur 2,5 à 4 µm de longueur), possédant 4 à 6 flagelles unipolaires recouverts d'une gaine constituée d'un prolongement de la membrane externe et se terminant par un bulbe. La présence de ces flagelles associée à la forme spiralée de la bactérie confère à *H. pylori* une grande mobilité (Kamiri, 2007).

Après l'isolement de la bactérie par la culture in vitro, la morphologie peut varier entre une forme bacillaire, en U, en C ou en O. Elle apparait des formes coccoïdes non viables lorsque les cultures sont vieilles ou elle pousse sur un milieu pauvre ou dans d'autres conditions défavorables (MiendjeDeyi, 2011).

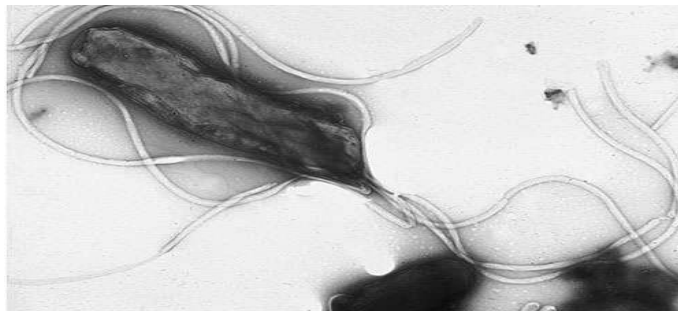


Figure .25 : Une bactérie pourvue de longs flagelles, vue en microscopie électronique à balayage - *Helicobacter pylori* montrant de nombreux flagelles à la surface de la cellule (Chardin et al., 2006).

IV.3.2. Caractères bio chimiques

Helicobacter pylori est une bactérie

- ✓ Micro-aérophile (mais capable de croître en anaérobiose en présence de CO₂) et possède
- ✓ De catalase positive,
- ✓ D'oxydase positive,
- ✓ De nitrate réductase,

- ✓ D'uréase très active.
- ✓ N'acidifie pas les sucres,
- ✓ Cultive à une température comprise entre 33 et 40°C.
- ✓ De RM et VP négatifs (**Ferrand, 2009**).

IV.4. Anatomique sur l'estomac humain

L'estomac est constitué de plusieurs régions :

- **Le cardia** : jonction entre l'œsophage et l'estomac
- **Le fundus ou grosse tubérosité** : partie en forme de dôme faisant saillie au-dessus et à côté du cardia.
- **Le corps** : portion médiane de l'estomac
- **L'antre** : portion terminale de l'estomac, terminée par le pylore qui régit l'évacuation gastrique via le muscle sphincter pylorique (**Netter & SCOTT, 2019**).

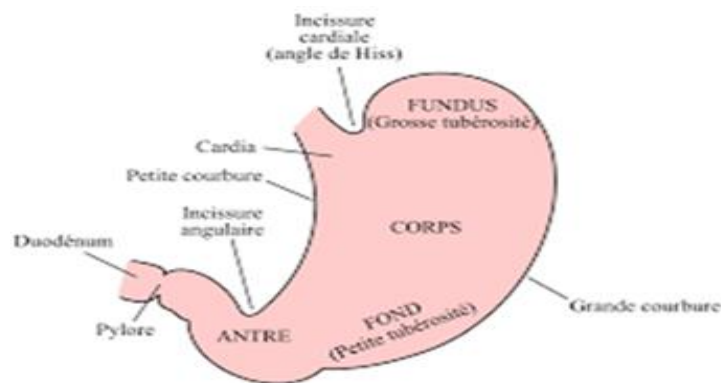


Figure .26 : Anatomie de l'estomac (**Netter & SCOTT, 2019**)

IV.5. Maladies associées à *Helicobacter pylori*

La lésion de base de l'infection à *Helicobacter pylori* est une gastrite, c'est-à-dire une inflammation de la muqueuse gastrique. L'infection à *H. pylori* peut évoluer dans environ 5% des cas, vers la maladie ulcéreuse. Elle va fragiliser la muqueuse qui devient alors sensible à l'acide. L'éradication de *H. pylori* permet de guérir cette maladie.

L'infection par *H. pylori* est acquise souvent dans l'enfance, avant l'âge de 10 ans (**Malaty, 2002**), elle provoque l'apparition d'une gastrite aiguë interstitielle ; celle-ci fait ensuite place à une gastrite chronique qui reste le plus souvent asymptomatique tout en évoluant lentement. Cette gastrite peut s'associer dans certains cas à une forme ulcéreuse gastrique ou duodénale, au lymphome de type MALT (mucosa-associated lymphoid tissue) ou au cancer. La survenue d'un cancer gastrique invasif touche 3% des sujets porteurs de *H. pylori* (**Peek RM, 2002**).

IV.6. Facteurs de risque de l'infection à *Helicobacter Pylori*

IV.6.1 Facteurs socio-démographiques

- ✓ **Age** : De nombreuses études démontrent la relation positive entre l'infection *H. pylori* et l'âge (Deltenre et Koster, 2000 ; Naficy et al, 2000). La contamination se fait dans la plupart des cas en bas âge (Nabwera et al., 2000 ; Webb et al., 1994). Dans les pays non-industrialisés, cette prévalence monte rapidement tôt après la naissance et peut atteindre 80 à 90 % à l'âge de 20 ans. La prévalence reste à ce niveau pour le reste de la vie adulte. Dans les pays industrialisés, l'infection est relativement moins fréquente (moins de 20 %) avant l'âge de 25 à 30 ans. La prévalence s'élève ensuite graduellement avec une augmentation estimée être de 1 % par année (Graham et Malaty, 1991). Au-delà de 70 ans la prévalence semble augmenter lentement pouvant atteindre 60 à 70 % dans certains cas (Forman et al., 1990). L'augmentation en fonction de l'âge de la prévalence de *H. pylori* pourrait être expliquée par un effet de cohorte (Taylor et Blaser, 1991).
- ✓ **Sexe** : Il est généralement accepté que les hommes et les femmes ont le même risque de s'infecter à tout âge (Megraud, 1993). Cependant, certains auteurs ont observé que la prévalence de l'infection à *H. pylori* était légèrement plus élevée chez le sexe masculin que chez le sexe féminin (Woodward et al., 2000). Ainsi, en Californie, l'*H. pylori* était légèrement plus prévalent chez les hommes que chez les femmes parmi 556 sujets âgés de 20 à 39 ans et cette augmentation était encore significative après ajustement pour l'ethnie, l'éducation et le revenu (Replogle et al., 1995).
- ✓ **Ethnie** : Il est difficile de dire qu'un groupe ethnique a une susceptibilité particulière à l'infection à l'*H. pylori*. Les conditions socio-économiques sont d'importantes sources de biais. Les comparaisons doivent se faire en utilisant les sujets avec le même statut socio-économique, dans le même environnement. En plus de cela, le statut socio-économique des parents des sujets devrait être pris en compte étant donné que l'infection est probablement acquise à l'âge jeune. Quelques études suggèrent que les noirs des États-Unis ont une prédisposition particulière à l'infection (Graham et al., 1991). Dans une étude réalisée aux États-Unis, après avoir contrôlé pour l'âge et le statut socio-économique, l'infection était plus prévalent chez les jeunes noirs (Fiedorek et al., 1991). On a aussi trouvé aux USA une prévalence substantiellement plus élevée chez les noirs non-hispaniques et les américains mexicains que chez les blancs non-hispaniques (Everhart et al., 2000). Mais il semblerait que cette situation soit beaucoup plus associée au faible revenu qui caractérise ces groupes par rapport à la race blanche (Megraud, 1995).

- ✓ **Taille :** L'infection par *H. pylori* chez les grands enfants a été associée à un retard de croissance dans quelques études effectuées en Angleterre (**Patel et al., 1994**) et en Allemagne (**Rothenbacher et al., 1998**). Une étude réalisée en Nouvelle Zélande a aussi rapporté que la petite stature était associée à l'infection à *H. pylori* (**Collet et al., 1999**). Probablement qu'il s'agit d'une conséquence de l'infection plutôt que d'un facteur de risque ou de susceptibilité. Ces hypothèses exigent confirmation par d'autres études épidémiologiques dans plusieurs régions et en tenant compte des autres facteurs contribuant au retard de croissance dans l'enfance comme certaines maladies congénitales et chroniques.
- ✓ **Situation socio-économique :** Le plus important facteur, à part l'âge, en ce qui concerne l'infection à *H. pylori*, est le statut socio-économique. Plus pauvre est la population, plus tôt elle sera infectée dès le jeune âge, et plus élevé sera le taux cumulé de l'infection (**Brown, 2000**).
- ✓ **Éducation :** Des travaux effectués en Argentine (**Olmos et al., 2000**) sur la prévalence de l'infection à *H. pylori* ont rapporté qu'il y avait une association significative non seulement entre *H. pylori* et le niveau socioéconomique mais aussi avec le niveau d'éducation.
- ✓ **Distribution géographique :** La distribution géographique de l'infection à *H. pylori* est associée principalement à l'état de développement économique (**Brown, 2000**). En général, le taux d'infection décroît avec l'amélioration des conditions socio-économiques, relation qui prétendument reflète les changements dans le style de vie lesquels influencent l'acquisition de la bactérie. La prévalence de l'infection est par conséquent habituellement basse dans les pays industrialisés par rapport aux pays non-industrialisés, un fait qui est particulièrement prononcé chez l'enfant et le jeune adulte. (**Forman et al., 1990**).
- ✓ **Prédisposition génétique :** Il semblerait que le bagage génétique joue un rôle important dans l'infection à *H. pylori* mais ceci n'est pas encore bien élucidé. Dans une étude des tests sérologiques chez des jumeaux monozygotes et dizygotes suédois, l'infection était plus élevée dans le groupe des jumeaux monozygotes (81 %) que dans le groupe des dizygotes (63 %) (**Malaty et al., 1994**).

IV.6.2. Les habitudes de vie

- ✓ **Tabac :** On a tenté d'établir la relation entre *H. pylori* et les habitudes de tabac. Les résultats obtenus ont été contradictoires, les uns rapportant que la consommation de tabac était négativement associée à l'infection à *H. pylori* (effet protecteur) (**Ogihara et al., 2000**) pendant que d'autres auteurs rapportaient que la prévalence semblait augmenter avec

l'augmentation de la dose de nicotine, donc avec la consommation de tabac (**Woodward et al., 2000 ; Wang et al., 2000**).

✓ **Prise des médicaments** : Bien que le rôle des anti-inflammatoires non-stéroïdiens (AINS) comme l'aspirine dans la maladie ulcéreuse gastrique à *H. pylori* positif reste controversé, la majorité des auteurs suggèrent qu'il n'y a pas de relation entre les AINS et *H. pylori* (**Gisbert et al., 2001**). En effet, l'histologie dans l'ulcère gastrique à *H. pylori* positif est totalement différente de celle de l'ulcère gastrique par utilisation des AINS (**Van Zanten V, 2000**).

IV.6.3 Facteurs environnementaux

✓ **La qualité de l'eau** : Les sources d'eau pourraient être impliquées dans l'apparition de la maladie à *H. pylori* (**Hulten et al., 1996**). L'eau se trouvait parmi les facteurs de risque (conditions de vie et conditions environnementales) associés à la colonisation à *H. pylori* dans l'étude effectuée à Leipzig (Allemagne) par (**Krumbiegel et collaborateurs, 2000**). Chez les enfants péruviens à Lima, l'eau approvisionnée par la municipalité semblait être une importante source d'infection et cela indépendamment du statut socio-économique de leur famille. On a rapporté chez ces enfants une prévalence de 37 % et de 4 % respectivement chez les enfants qui buvaient l'eau municipale et ceux qui étaient approvisionnée par l'eau communautaire (**Klein et al., 1991**).

✓ **Autres facteurs** : Il n'y a généralement pas de différence entre la prévalence dans les populations urbaines par rapport aux populations rurales après avoir contrôlé pour le statut socio-économique (**Megraud, 1993**). Il n'y a pas non plus de différence de prévalence entre les végétariens et les mangeurs de viande (**Webberley, 1992**). Certains chercheurs ont trouvé que la consommation de lait pouvait constituer un facteur de risque possible. Ceci pourrait être expliqué par le rôle tampon du lait sur l'acidité gastrique qui en alcalinisant le milieu gastrique favoriserait un environnement propice pour l'*H. pylori* (**Hopkins, 1990**).

IV.7. Diagnostic histologique : Anato-mo-pathologie :

L'examen anatomopathologique est pratiqué sur des coupes de biopsies gastriques colorées par coloration de Giemsa modifiée ou par la coloration argentique. Il permet, en plus de la détection de *H. pylori*, l'étude de l'état de la muqueuse et est indispensable au diagnostic, au typage, au grading et à la stadification des lésions associées à l'infection.

La sensibilité et la spécificité de l'examen histologique sont toujours supérieures à 90% dans les différentes publications scientifiques (96,8 % à 100 % de sensibilité ; et 97,7 % de spécificité) (**Amir-Tidadini, 2003**).

IV.8. Diagnostic bactériologique :

Les méthodes de recherche de *Helicobacter pylori* sont classées en « invasives » ou « non invasives » selon qu'elles nécessitent ou non une fibroscopie gastro-duodénale.

IV.8.1. Méthodes invasives (directes) :

Elles consistent à pratiquer plusieurs biopsies de la muqueuse antrale ou fundique au cours d'un examen endoscopique et à rechercher les bactéries dans ces prélèvements biopsiques.

La mise en évidence des germes se fait par trois méthodes différentes, souvent combinées. En règle générale, trois biopsies sont examinées au laboratoire, chacune d'entre elle servant à réaliser une des méthode suivantes (Mégraud, 1997) :

Recherche de l'activité uréasique : Cette technique consiste à rechercher l'activité uréasique des germes contenus dans un fragment de biopsie en plaçant celui-ci dans un milieu urée-indole (contenant un indicateur coloré). En présence de l'uréase bactérienne, l'urée est hydrolysée en ammoniac et CO₂ en quelques minutes à quelques heures. La réaction s'accompagne de l'alcalinisation du milieu et du virage de l'indicateur (Figure .27)(Fauchere et al., 2011)



Figure .27 : Test de l'uréase en milieu Uree-Indol.

Examen direct : Les biopsies sont soit broyées soit dilacérées stérilement au scalpel. Le produit, étalé sur une lame, est coloré par la méthode de Gram. Cette méthode permet de mettre en évidence *H.pylori* à la surface de l'épithélium de la muqueuse (Fauchere et al., 2011). (Figure .28)

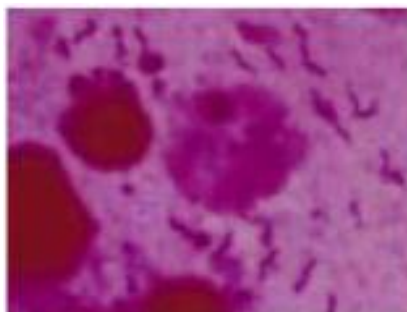


Figure .28 : Fragment de biopsie gastrique colore par la méthode de Gram.

Culture : La culture est théoriquement l'examen de référence pour le diagnostic d'une infection à *H. pylori*. Elle permet essentiellement l'étude de la sensibilité aux antibiotiques. (AmirTididani, 2003).

La biopsie est dilacérée ou broyée puisensemencée en milieu solide (enrichi en suppléments et agents sélectifs). Après une incubation de 2 à 5 jours à 37° C et dans une atmosphère appauvrie en oxygène, la croissance obtenue sur une gélose enrichie au sang se traduit par l'apparition de colonies translucides, non pigmentées d'un diamètre d'environ 1 mm (Fauchere et al., 2011).

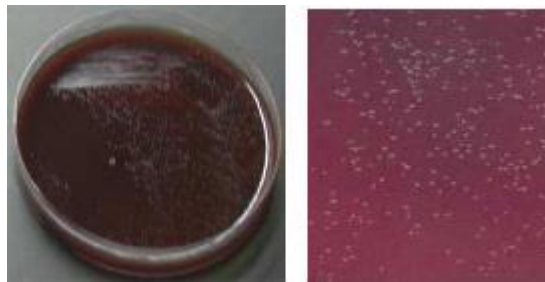


Figure .29: Aspects des colonies de *Helicobacter pylori* sur gélose Columbia au sang (helicobacter, 2018.).

L'identification de *H. pylori* passe par deux étapes :

- La première est une identification morphologique après coloration de Gram.
- La seconde est basée sur l'analyse de la présence de trois enzymes spécifiques : uréase, catalase et cytochrome oxydase (Mégraud,1997).

IV.8.2. Méthodes non invasives (indirectes) :

Les méthodes indirectes ont l'avantage de ne pas nécessiter d'endoscopie et d'être des méthodes dites « globales », c'est-à-dire qui explorent la totalité de la muqueuse gastrique. Elles sont sensibles et spécifiques et permettent un suivi de l'infection. Cependant, elles ne permettent pas l'isolement des bactéries.

Test respiratoire à l'urée marquée : Cette méthode consiste à mettre en évidence l'activité uréique de la bactérie en faisant ingérer au patient de l'urée marquée au ¹³C (isotope non radioactif), puis à détecter le CO₂ marqué dans l'air expiré. Le ¹³CO₂ doit alors être dosé par spectrographie de masse.

Si la bactérie est présente dans l'estomac, l'urée se scinde et libère le carbone 13 (ou 12) qui passe dans le sang puis les poumons et se retrouve dans l'air expiré. Ce test, fiable à plus de 98 %, présente l'avantage de rechercher la présence de la bactérie dans la totalité de l'estomac (Cavallo et al., 2006).(Figure .30)

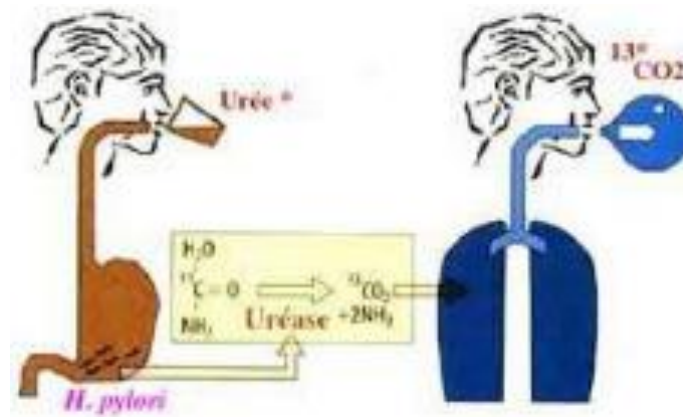


Figure .30: Test respiratoire a l'urée marquée (Fauchere et al., 2011).

- Sérodiagnostic :

La sérologie consiste à détecter les anticorps anti-*H.pylori* par des techniques de type ELISA ou Western Blot. (Figure .31)

Elle permet de définir des profils d'anticorps sériques avec :

- la présence d'anticorps anti-Cag A (116 kD)
- la présence d'anticorps anti-Vac A (89 kD)



Figure .31: Bandelette ELISA pour le serodiagnostic (Fauchere et al., 2011).

Le sérodiagnostic est utile en dépistage mais a l'inconvénient de rester positif de nombreux mois après éradication de la bactérie, les anticorps étant toujours présents dans le sérum des patients.

Recherche des antigènes fécaux : Cette méthode récemment proposée, est un test ELISA qui consiste à rechercher les antigènes de *Helicobacter pylori* sur un échantillon de selles.

Elle est indiquée dans le contrôle de l'éradication à condition de respecter un intervalle de 8 semaines après arrêt du traitement. Il est surtout très performant chez les enfants de tout âge : c'est la méthode non invasive de choix pour ce groupe de patients (AmirTidadini,2003).

La bactérie est éradiquée dans plus de 70 % des cas après un premier traitement. Les facteurs d'échec sont : résistance à la clarithromycine retrouvée dans 12 à 14 % des cas, mauvaise observance du traitement, âge inférieur à 50 ans et tabagisme.

Après un traitement de deuxième ligne, 90 % des patients sont guéris de leur infection (Fauchere et al., 2011).

IV.9. Traitement : sensibilité aux antibiotiques :

Le traitement consiste en une trithérapie de 7 jours associant un inhibiteur puissant de l'acidité gastrique : l'IPP (inhibiteur de la pompe à protons) et deux antibiotiques, le plus souvent l'Amoxicilline et la Clarithromycine (macrolide) ou encore le Métronidazole, si possible guidé par l'antibiogramme (Vilaichone et al.,2006) (Figure .32)

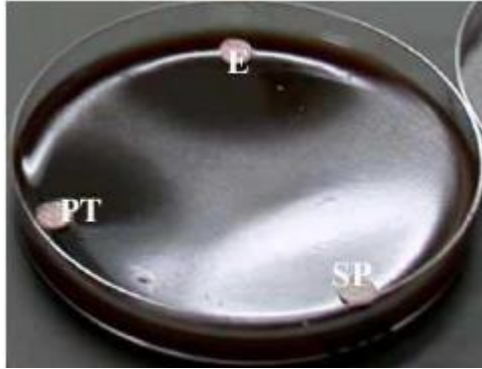


Figure .32: Exemple d'antibiogramme pour les macrolides dont l'erythromycine (E)

CHAPITRE V

APERÇU SUR LA PEAU

V.1. Définition de la peau

La peau est un organe à part entière, recouvrant l'ensemble du corps et formant le tégument, c'est-à-dire l'ensemble constitué de la peau et des phanères (ongles, poils et cheveux). Son épaisseur est de 1 mm en moyenne et pour un adulte elle couvre environ 1.60 m² et pèse 3 kg. La peau est constituée de deux principales parties, que sont:

- ✓ la partie superficielle mince, l'épiderme
- ✓ la partie interne plus épaisse, le derme

L'hypoderme est la couche la plus profonde mais n'est classiquement pas assimilée à une couche (**Catherine P, 2008**).

V.2. Différents types de peaux

V.2.1. Peau sèche

La peau sèche résulte à la fois d'une déshydratation de la couche cornée ainsi qu'une sécrétion sébacée insuffisante, ce qui entraîne un affaiblissement du film hydrolipidique cutané. Cette peau est rêche, très fine, tendue et manque de douceur. Les pores sont très serrés, presque invisibles. Elle est irritable et rougit facilement avec des sensations de tiraillements. Cela peut être la cause d'apparition de darts, d'érythroses, de rides et ridules (**Roux, 2008**).

V.2.2. Peau grasse

Les peaux grasses sont en général épaissies avec des pores dilatés, un grain épais irrégulier. Elles résultent d'un phénomène d'hyperséborrhée qui leur donne un aspect brillant, luisant. La sécrétion sébacée étant principalement liée à un facteur hormonal de type androgénique, la peau grasse se retrouve souvent à l'âge de l'adolescence. Il peut y avoir une peau grasse sans rétention, c'est-à-dire avec des sécrétions sébacées fluides et constantes, avec peu de comédons, mais une sensation grasse. Il existe aussi un type rétentionnel, les sécrétions sébacées étant plus importantes, avec apparition de comédons et microkystes. Les peaux grasses sont plus protégées contre le vieillissement cutané (**Roux, 2008**).

V.2.3. Peau mixte

C'est une peau qui est sèche et grasse à la fois. En effet la zone médiane du visage (nez, front, menton) est grasse et il y a des zones sèches telles que les joues. Cette peau présente peu de comédons, quelques microkystes et nécessite un entretien adapté (**Roux, 2008**).

V.2.4. Peau déshydratée

Elle est caractérisée par un aspect terne et rugueux aussi bien chez les peaux sèches que grasses. C'est un phénomène transitoire qui est lié à des facteurs environnementaux (vent, froid, soleil) ou psychologiques (stress, fatigue...)(**Roux, 2008**).

V.2.5. Peau sensible

C'est une peau très réactive, qui a tendance à rougir ou à s'irriter, qu'elle soit sèche, mixte ou grasse. Elle est souvent sujette aux érythroses, à la couperose et à la rosacée (**Roux, 2008**).

V.2.6. Peau de l'enfant

La peau d'un nourrisson a le même nombre de couches que celle d'un adulte, mais chaque couche est bien plus fine : en moyenne la peau d'un adulte est cinq fois plus épaisse que celle d'un nourrisson. La couche cornée est bien plus fine et la densité des cellules est moindre par rapport à une peau d'adulte. Les glandes sébacées et sudorales sont également moins actives que chez l'adulte. C'est pourquoi le film hydrolipidique et le manteau acide protecteur sont encore relativement fragiles. Les glandes sébacées sont immatures jusqu'à l'âge de 7 ans.

La peau de l'enfant a donc tendance à être sèche, dépourvue des lipides qui forment, avec la sueur, une barrière efficace (le film hydrolipidique). Les glandes sudoripares sont immatures jusqu'à l'âge de 3 ans, la régulation thermique est imparfaite (**eucerin, 2016**).

V.2.7. Peau mature

Une peau mature n'est pas seulement une peau ridée, sa caractéristique principale est un manque de tonicité, un relâchement, provoqué par la perte d'élasticité. Celle-ci est résulte à la fois de la diminution des fibroblastes et de la diminution de leur activité. Ce phénomène est particulièrement visible à partir de 45 ans environ chez les femmes. Il est notamment lié aux modifications hormonales. Comme il y a moins d'élastine, les rides d'expressions deviennent permanentes et irréversibles chez les personnes plus âgées.

D'autres manifestations sont également typiques de ce nouvel état de la peau, la sécrétion de sébum diminue et, la croissance des cellules ralentissant également, la peau devient plus fine. Le taux d'acide hyaluronique, glucide complexe qui est un véritable réservoir d'eau dans la peau où il joue entre autres un rôle de « repulpant », diminue également. Le manteau protecteur de la peau n'étant plus optimal, la peau se déshydrate et se dessèche.

La peau devient plus sensible, plus irritable. De plus, on observe le dérèglement de la production de mélanine, provoquant l'apparition des taches brunes, dites « taches de vieillesse », même si elles peuvent apparaître à tout âge. Elles sont plus fréquentes à partir de 40 ans, par l'effet combiné du vieillissement et de l'exposition aux rayons UV (**biolineaires, 2016**).

CHAPITRE VI

MATERIELS ET METHODES

VI.1. Site de collecte

Les échantillons de fruits d'*Opuntia ficus-indica*, proviennent de la région de Terga - wilaya d'Ain Témouchent (Algérie) : Latitude 35°25'06"N et Longitude 1°10'32"O, situé à l'altitude de 96 m de la mer à environ 90 km à l'ouest d'Oran. La température moyenne de cette zone est de 19 à 23°C.

Sa structure géologique, où prédominent des formations meubles ou peu cohérentes, constituées essentiellement de grès messéniens et de calcaires poreux, renferme d'une part d'importantes ressources en eau et, d'autre part, des sols qui sont bruns sablonneux. Le climat de cette région appartient au domaine climatique méditerranéen semi-aride, affichant une moyenne comprise entre 300 à 400 mm de précipitations annuelles. Elle appartient à la zone humide (Ghodbani T. et Coll, 2015).

VI.2. Matériel végétal et préparation de la matière première

VI.2.1. Récolte de matériel végétal

La cueillette des fruits, de couleur nuancée du jaune orange, s'est déroulée en fin de maturité (la fin du mois de juillet jusqu'au début de mois de septembre 2016), de la région de Terga – Ain Témouchent. Ces fruits ont été cueillis soigneusement avec des gants car ils sont très épineux.

VI.2.2. Préparation de la matière première

Afin d'obtenir les graines d'*Opuntia ficus-indica*, les fruits ont été lavés à l'eau courante pour éliminer les glochides et les impuretés. Ensuite, ils ont été épluchés afin de récupérer la pulpe. Cette pulpe est parsemée de plusieurs petites graines (pépins) qui sont empilées de façon assez régulière. La cohésion entre les graines est assurée par le mucilage et les fibres contenus dans la pulpe. Après avoir nettoyé, les graines sont séparées de la pulpe par l'utilisation de l'eau et des tamis à pores de plus en plus réduits en rinçant abondamment avec l'eau courante afin d'être sûrs d'éliminer tout le mucilage. Ces graines sont, ensuite, séchées dans un endroit bien aéré à l'abri de la lumière. Les graines ainsi obtenues sont très dures, de forme plate, plus au moins réniformes ou lenticulaires.

Les différentes étapes de la préparation de la matière première sont illustrées dans la figure suivante :

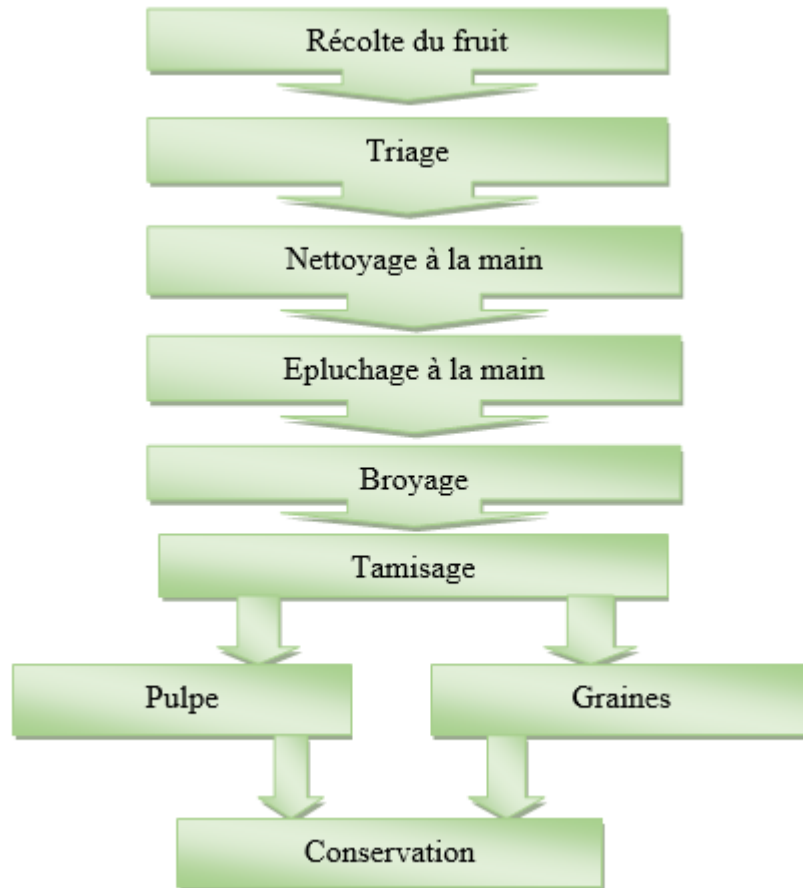


Figure .33 : Diagramme de la préparation de la matière première

VI.3. Extraction de l'huile

VI.3.1. Extraction par pression à froid

La méthode d'extraction choisie pour notre travail c'est l'extraction par pression à froid. Il s'agit d'un type de pressage mécanique qui ne requiert aucun produit chimique. Il sert à un passage des graines dans une presse à vis (**Benattiak.F, 2014**). Le pressage à froid, utilisé principalement pour produire des huiles alimentaires extra vierges ou pour des unités de petite capacité, permet d'extraire l'huile par pressage simple ou successif à une température inférieure à 60°C (**Sylvain P et Coll, 2012**). L'huile récupérée a été décantée, pesée puis conservée à - 20°C (**Mouden M et Coll, 2012**).

Le rendement de cette méthode est le plus faible, le contenu en matière grasse du résidu de pressage (le tourteau) demeurant typiquement entre 6 et 18 % selon le type de presse utilisée (presse à vis, presse à barreaux). L'huile, de bonne qualité, peut être utilisée directement après sa filtration et contient peu de phospholipides, ce qui est souhaitable d'un point de vue carburant. Le tourteau étant très huileux, sa durée de conservation est réduite.

L'installation est minimale (figure .34) de même que les investissements requis (Sylvain P et Coll, 2012).

La presse à froid est préférée en raison de ses vastes domaines d'utilisation, de sa simplicité d'utilisation, de son manque de main-d'œuvre, de son faible coût, de son respect de l'environnement, du manque de solvants organiques nocifs et de ses possibilités de production de haute qualité. De plus, le produit n'est généralement pas appliqué au traitement thermique (presse à froid). Par conséquent, des huiles de haute qualité sont obtenues. Ces huiles conviennent généralement à la consommation directe et ne nécessitent pas de raffinage (Çakaloğlu B et Coll, 2018).

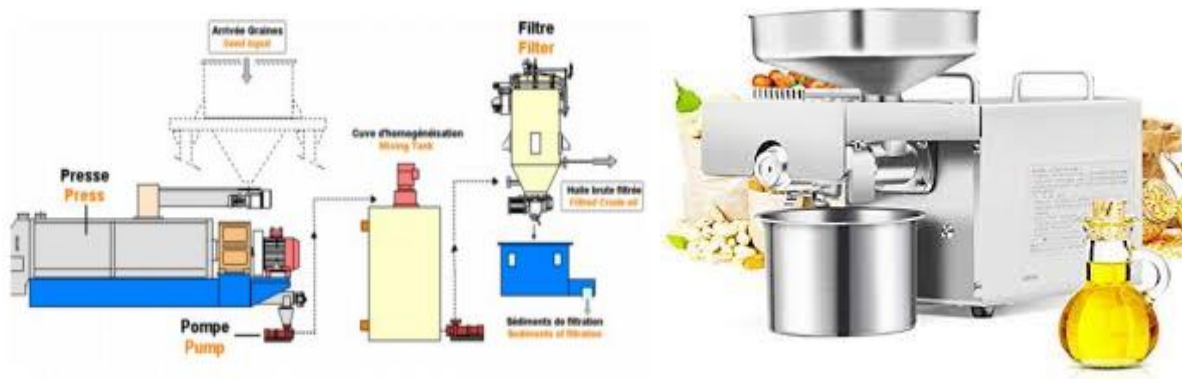


Figure .34 schéma d'un système de pressage à froid (la mécanique moderne, 2010)

VI.3.2. Extraction d'huile par soxhlet et détermination de la teneur en matière grasse

VI.3.2.1. Extraction de l'huile par soxhlet

L'extraction par solvant organique spécifique (n-hexane) pour la détermination du taux de la matière grasse est réalisée dans un appareil de type soxhlet. Cette technique assure une extraction à chaud des matières grasses contenues dans un échantillon végétal solide placé dans une cartouche de cellulose et imbibée continuellement par les vapeurs d'un solvant choisi en fonction de la polarité des principes actifs lipidiques à extraire. Elle a été effectuée selon la méthode **ISO 659-1988**.

Environ 10g de l'échantillon broyé de la granulométrie inférieur à 0,5 mm sont pesés dans le tube en cellulose fermé par du coton cardé, et introduit dans un soxhlet. L'extraction est réalisée par du n-hexane (300ml) porté à reflux pendant 8 heures (répartie en 4h+2h+2h) le solvant est ensuite éliminé sous pression réduite à 45°C.

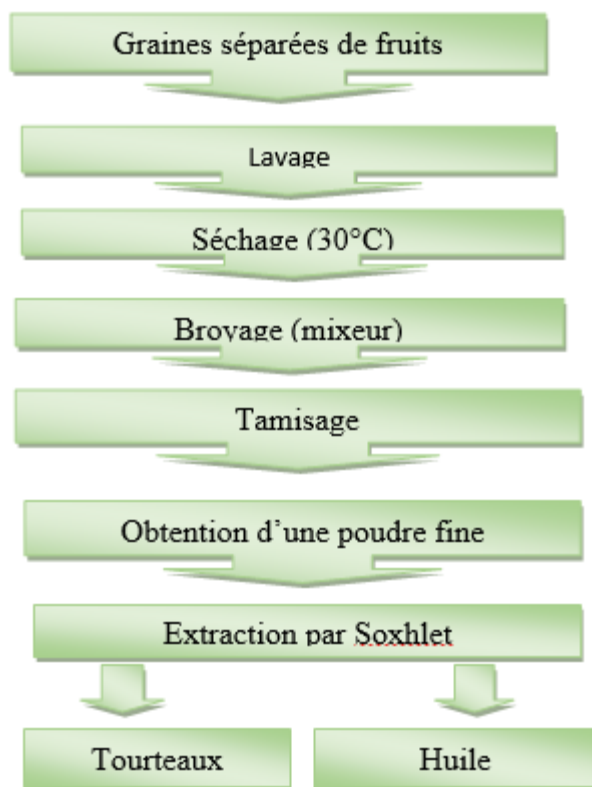


Figure .35 : Diagramme d'extraction de l'huile

VI.3.2.2. Détermination de la teneur en matière grasse (ISO 659, 1988) et le poids de mille graines Taux de matière grasse

Le taux de matière grasse est calculé par la méthode suivante :

$$MG \% = \frac{P2 - P1}{M} \times 1$$

Soit :

MG : Taux de matière grasse ;

P1 : Poids du ballon vide ;

P2 : Poids du ballon après évaporation ;

M : Masse de la prise d'essai.



Figure .36: Image représentative de soxhlet

Le rendement de l'hydro distillation (rendement des huiles essentielles) est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rendement (en \%)} = \frac{\text{Masse des l'huiles essentielles (g)}}{\text{Masse initiale de la matière végétale sèche (g)}} \times 100$$

Le poids de mille graines est un paramètre physique qui renseigne sur la dimension des graines et leurs calibres (**Godon, 1991**).

Le poids de mille graines a été effectué conformément à la norme **NA 730. 1991.ISO 520**. C'est la masse de mille graines entières exprimée en gramme, le comptage des graines a été fait à la main et elles sont pesées à l'aide d'une balance de précision.

Après extraction de l'huile une étude de la composition chimique et des propriétés physiques est nécessaire pour savoir à quel domaine cette huile pourra être utilisée.

VI.4. Recherche d'*Helicobacter pylori*, à partir de la culture de biopsies gastriques

Recherche de *Helicobacter pylori*, à partir de la culture de biopsies gastriques provenant de 4 patients suivis dans les services de médecine interne et de pédiatrie de l'hôpital **CHU Sidi Bel Abbes**, adressés pour une endoscopie digestive haute.

VI.4.1. Matériel Biologique

Les biopsies gastriques constituent le matériel biologique objet de notre étude. Celles-ci sont prélevées en salle d'endoscopie et sont acheminées au laboratoire de bactériologie dans un délai n'excédant pas 10 minutes.

En règle générale, pour chaque patient, deux prélèvements sont effectués : une biopsie antrale (au niveau de l'antra) et une biopsie fundique (au niveau du fundus).

Cependant, si l'endoscopiste est contraint de mettre fin à l'examen, en cas de reflexes nauséux ou d'hémorragies digestives constatées, une seule biopsie est prélevée.

Lorsqu'il s'agit de patients suivis en pédiatrie, le protocole n'exige qu'un seul prélèvement : la biopsie antrale.

On établit, pour chaque patient, une fiche de renseignements mentionnant outre le nom, le prénom et le sexe, la pathologie ayant motivée la recherche de *Helicobacter pylori* et les éventuels traitements actuels ou antérieurs.

VI.4. 2. Matériel non biologique

VI.4. 2.1. Matériel pour le broyage des biopsies

- Pipette Pasteur (1mL)
- Bistouri
- Porte bistouri

- Boîte de Pétri (90mm de diamètre)
- Poire en plastique
- Portoir
- Alcool (70°)
- Lames propres

VI.4.2.2. Matériel pour la réalisation du test rapide à l'urée

- Milieux Urée-Indole
- Pipette Pasteur (1mL)
- Tablette en plastique blanc
- Poire en plastique

VI.4.2.3. Matériel pour l'isolement, l'identification et l'incubation

- Lame
- Lamelle
- Boîte de Pétri (90mm de diamètre)
- Pipette Pasteur (1mL)
- Poire en plastique
- Portoir

Milieux de base :

- Flacon de gélose Columbia (180ml)
- Sang frais humain (groupe O rhésus +)
- Supplément sélectif pour *Helicobacter pylori* : Triméthoprim, Cefsulodine
Vancomycine, Amphotéricine B (Oxoid)

Réactifs

- Milieux de réaction Urée-Indole
- Générateurs d'atmosphère microaérophile
- Peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)
- Disque d'oxydase (1% diméthyl para phénylène diamine)
- Alcool (70°)
- Violet de Gentiane
- Lugol
- Fushine

VI.4.2.4. Matériel pour l'étude de la sensibilité

- Boîte de Pétri (90mm de diamètre)
- Pipette Pasteur (1mL)

- Ecouvillon stérile
- Disques d'Antibiotiques
- Pince stérile
- Poire en plastique

Milieus de base

- Milieux Mueller-Hinton (Annexe 1)
- Sang frais humain (groupe O rhésus +)

VI.4.2.5. Matériel pour la conservation

- Pipette Pasteur (1mL)
- Tube stérile
- Poire en plastique
- Portoir

Milieus de base :

- Gélose Columbia au sang cuit coulé en pente.

VI.4.2.6. Appareillages nécessaires

- Etuve
- Congélateur -50°C
- Réfrigérateur
- Bain-Marie
- Microscope photonique
- Vortex
- Densitomètre
- Bec Bunsen

VI.4.3. Méthodes de recherche et d'identification de l'*Helicobacter pylori*

Les biopsies gastriques étant récoltées en salle d'endoscopie et immédiatement transportées au laboratoire, les prélèvements ne nécessitent pas de milieux de transport particuliers. Ils sont déposés, lors de l'endoscopie, dans des tubes à essai contenant uniquement de l'eau physiologique stérile. Une fois au laboratoire de bactériologie, nous soumettons les prélèvements à un examen direct comportant un test rapide à l'urée, une observation microscopique à l'état frais et une coloration de Gram. Nous procédons alors à leur mise en culture dans des conditions favorables au développement de *Helicobacter pylori*. Ces opérations se déroulent selon le protocole suivant :

VI.4.3.1. Broyage des biopsies

- Essuyer une lame avec de l'alcool et flamber au bec Bunsen. - Mettre la lame dans une boîte de Pétri stérile.
- Prélever et jeter l'eau physiologique des tubes contenant les biopsies et la remplacer par du BHIB (Bouillon coeur-cervelle)
- Pipeter les biopsies avec le BHIB et les déposer sur une lame.
- Dilacérer les biopsies à l'aide d'un bistouri.

VI.4.3.2. Réalisation du test rapide à l'urée

- Déposer une goutte de milieu Urée-Indole sur une tablette en plastique blanc (permet d'apprécier le virage du milieu)
- Pipeter un fragment de biopsie et le déposer dans la goutte de milieu Urée-Indole.
- En présence de l'uréase bactérienne, au bout de quelques minutes, le milieu passe du jaune-orangé au rose fuchsia. (Figure .37)

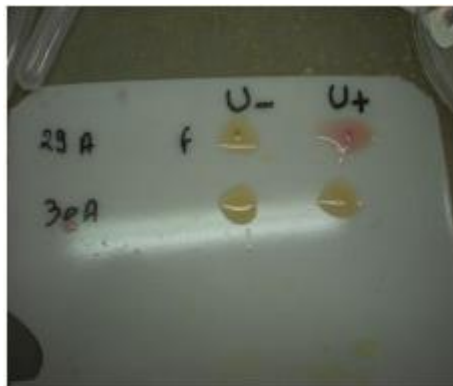


Figure .37 : Test rapide à l'uréase (photo prise au laboratoire de bactériologie, de l'EPH Bologhine Ibn Ziri).

VI.4.3.3. Observation microscopique à l'état frais

- Essuyer une lame avec de l'alcool et flamber au bac Bunsen.
- Déposer une goutte d'eau stérile à l'aide d'une seringue ou d'une pipette Pasteur sur la lame.
- Pipeter un fragment de biopsie et déposer sur la lame. Observation au microscope photonique :
- Déposer une lamelle sur la lame.
- Déposer une goutte d'huile à immersion sur la lamelle. Passant ensuite à l'observer à l'objectif x100.

L'observation d'un petit bacille incurvé avec une mobilité caractéristique très importante, indique la présence de *Helicobacter pylori*.

VI.4.3.4. Coloration de Gram

- Déposer une goutte d'eau distillée sur une lame propre, à l'aide d'une seringue ou d'une pipette Pasteur.
- Pipeter un fragment de biopsie, le déposer dans la goutte d'eau et l'étaler en effectuant des mouvements circulaires, à l'aide d'une pipette Pasteur.
- Laisser sécher la lame dans une boîte de Pétri stérile à température ambiante, la coloration et l'observation se font le lendemain.

Coloration

- Recouvrir le frottis de Violet de Gentiane. Laisser agir 1 minute. Rincer à l'eau.
- Verser le Lugol. Laisser agir 1 minute 30. Rincer.
- Verser l'alcool (70°) goutte à goutte sur la lame jusqu'à recouvrir tout le frottis. Laisser agir 30 secondes, puis rincer.
- Recouvrir la lame de Fushine. Laisser agir 1 minute. Rincer. Sécher.

Observation au microscope photonique

- Déposer une goutte d'huile à immersion sur la lame.
- Observer à l'objectif x100.

L'observation d'un bacille de forme hélicoïdale, coloré en rose (Gram -), indique la présence de *Helicobacter pylori*.

VI.4.3.5. Culture

VI.4.3.5.1. Ensemencement

- Pipeter un fragment de biopsie et le déposer sur le milieu Colombia au sang frais avec supplément (préalablement coulé et incubé pendant 24 heures, à 37°C)
- Ensemencer à l'aide d'une pipette en râteau en effectuant des mouvements circulaires sans toucher les bords de la boîte de Pétri.

VI.4.3.5-2- Incubation

L'incubation se fait dans des jarres contenant des générateurs de microaérophilie (2 sachets par jarre). Ces dernières sont placées dans une étuve à 37°C pendant 2 à 15 jours.

VI.4.3.6. Identification des cultures

Les milieux ensemencés et mis à l'étuve à 37°C en atmosphère microaérophile, sont observés tous les deux jours pour détecter une éventuelle croissance de colonies suspectes : petites (environ 1mm de diamètre) et translucides. (Figure .38)

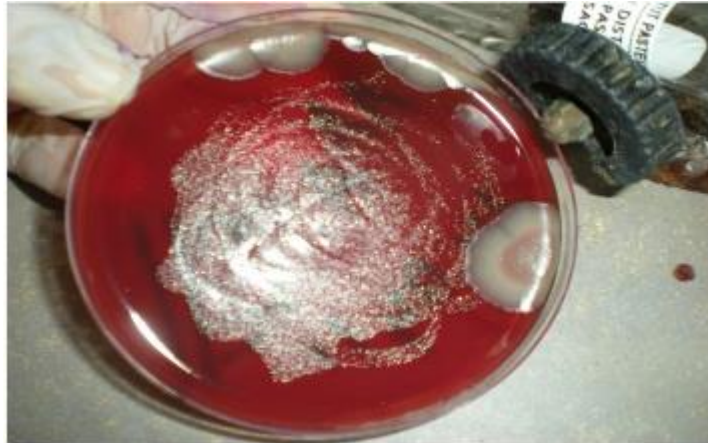


Figure .38 : *Helicobacter pylori* en primo- culture (photo prise au laboratoire de bactériologie, de l'EPH Bologhine Ibn Ziri).

L'identification repose sur les conditions de culture (notamment la microaérophilie), et sur les caractères morphologiques et biochimiques. Elle comprend les étapes suivantes :

VI.4. Méthodes d'étude de la sensibilité aux antibiotiques

Après recherche et identification de *Helicobacter pylori*, nous procédons à l'étude de la sensibilité de la bactérie aux antibiotiques habituellement prescrits dans les pathologies gastriques qui lui sont liées.

Helicobacter pylori présentant une résistance naturelle à l'acide nalidixique, nous testons cet antibiotique pour confirmer l'identification.

VI.4.1. Antibiogramme par la méthode de diffusion sur gélose

➤ Liste des antibiotiques testés sont :

- Amoxicilline
- Ciprofloxacine
- Tétracycline
- Erythromycine
- Acide nalidixique (caractère d'identification)

➤ Préparation de l'inoculum :

L'inoculum est préparé à partir de colonies viables fraîchement identifiées dans un tube à essai stérile contenant de l'eau distillée. La turbidité est ajustée à l'aide d'un vortex et d'un densitomètre à 3 Mac Ferland.

➤ Inoculation : (méthode par écouvillonnage ou méthode de **KIRBY-BAUER**)

- Plonger un écouvillon stérile dans l'inoculum et bien l'essorer sur les rebords du tube.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélosée d'un milieu Mueller- Hinton au sang frais, de haut en bas, en stries serrées.

- Répéter l'opération deux fois en tournant la boîte de Pétri à 60°, à chaque fois. Finir en passant l'écouvillon sur toute la périphérie de la boîte.

➤ Application des disques d'antibiotiques :

Les disques d'antibiotiques sont d'abord retirés du congélateur (-20°C), puis laissés à température ambiante.

A l'aide d'une pince stérile, déposer les disques, un à un, sur la géloseensemencée, à l'extrémité de la boîte de Pétri. Pour une bonne lecture, déposer trois disques maximums par boîte.

➤ Incubation :

Incuber à l'étuve à 37°C deux à trois jours, en atmosphère microaérophile.

➤ Interprétation des résultats

La lecture est faite après une période minimale d'incubation de 72 heures. Si la croissance, à la surface de la gélose, est significative et que les zones d'inhibitions sont clairement visibles, on peut mesurer les rayons d'inhibitions à l'aide d'un pied à coulisse métallique (les disques ayant été déposés aux bords de la boîte de Pétri) et les multiplier par deux pour obtenir les diamètres d'inhibition. Les valeurs obtenues sont alors interprétées en fonction d'un abaque de lecture. Si ces conditions ne sont pas remplies, on prolonge le délai d'incubation.

VI.5. Etude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle d'opuntia ficus-indica sur la croissance de *Helicobacter pylori*

VI.5.1. Technique d'aromatogramme sur milieu solide

L'évaluation de l'activité antibactérienne des extraits a été réalisée par la méthode d'aromatogramme selon (Vincent, 1991 ; Kavbouche et al., 2005 et Ormeno et al., 2007).

Principe

L'aromatogramme est basé sur une technique utilisée en bactériologie médicale, appelée antibiogramme ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou encore méthode des disques.

Cette méthode a l'avantage d'être d'une grande souplesse dans le choix des HE testées, de s'appliquer à un très grand nombre d'espèces bactériennes, et d'avoir été largement évaluée par 50 ans d'utilisation mondiale (BOUDJEMAA et al., 2010).

La méthode des aromatoigrammes consiste à déposer un disque stérile en cellulose, de 6 mm

de diamètre et imprégné de l'HE à tester, à la surface d'une gélose préalablement coulée dans une boîte de Pétri etensemencée avec le micro-organisme à tester. Après incubation, la lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre (mm ou cm) de la zone claire autour du disque (halo translucide). appelée zone d'inhibition Plus le diamètre de la zone d'inhibition est grand plus la souche est sensible a la substance testée, plus il est petit, plus la souche microbienne est résistante.

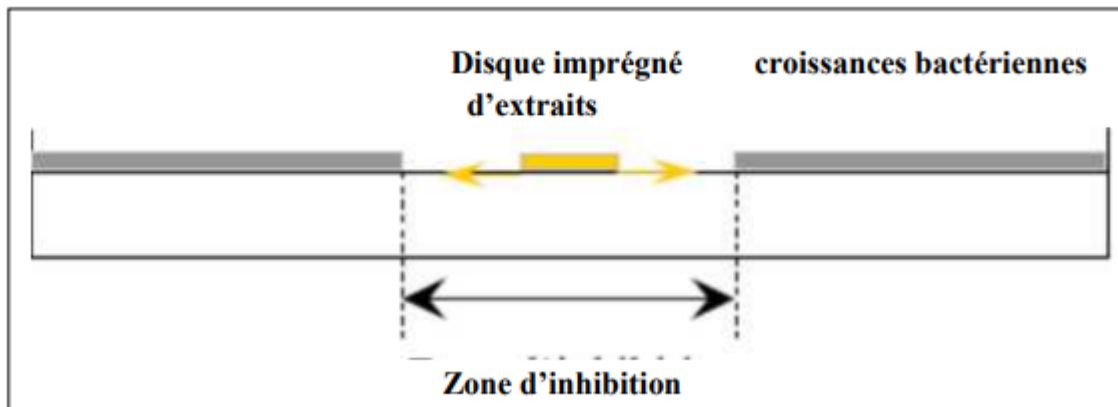


Figure .39 Schéma du principe de la méthode d'aromatogramme (Ouibrahim, 2015).

Mode opératoire

a) Préparation des milieux de culture

- Le milieu de culture utilisé pour le test de l'aromatogramme est le milieu Mueller-Hinton (MH) additionné au sang humain de groupe 0+, le procédé consiste à couler la gélose MH dans des boîtes de pétri stérile de diamètre (90mm) à une épaisseur de 4 mm et puis les laisser refroidir et solidifier à une température ambiante.

b) Préparation des différentes concentrations d'HE d'opuntia ficus-indica

- Il s'agit de préparer une solution mère de Tween 80 pure pour réaliser les différentes dilutions

d'huile essentielle Le procédé consiste à diluer 2.5ml de Tween 80 pure dans 90ml d'eau distillée, cette solution est stérilisée à 120°C pendant 15 min.

- Dans un volume de 9ml de cette solution, nous avons ajouté aseptiquement 1 ml d'HE, puis après avoir agité au vortex le contenu, afin d'obtenir une solution bien homogénéisée nous avons réalisé des dilutions successives de 10⁻¹ à 10⁻⁶.

c) Préparation des disques d'HE

- Les disques sont préparés à partir du papier wattman de 6 mm de diamètre, ensuite elles sont mises dans un tube à essai, stérilisés à l'autoclave à 120°C pendant 20 min,

puis immergés dans les extraits des HE de l'opuntia ficus-indica et séchés à une température ambiante.

d) Préparation de la suspension bactérienne

- A partir d'une culture pure des bactéries à tester sur milieu d'isolement (ayant maximum 24h), raciner à l'aide d'une anse de platine ou d'une pipette pasteur scellée, quelques colonies bien isolées et parfaitement identiques.
- Décharger l'anse ou la pipette pasteur dans un tube contenant un bouillon nutritif puis laisser incuber pendant 24h à 37°C.
- Après incubation centrifuger le tube à 4000 rpm pendant 15min et récupérer le surnageant.

e) Ensemencement

- Tremper un écouvillon stérile dans le surnageant de la suspension bactérienne.
- Essorer l'écouvillon en le pressant fermement en tournant sur la paroi interne du tube afin de le décharger au maximum.
- Frotter l'écouvillon sur la totalité de la surface gélose, sèche de haut en bas, en stries serrées.
- Répéter l'opération deux fois, en tournant la boîte de pétri de 60° chaque fois sans oublier de faire pivoter l'écouvillon sur lui-même. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose.
- Laisser sécher à température ambiante pendant 15min.

f) Dépôt des disques

- A l'aide d'une pince stérile, les disques de papier Wattman préalablement imprégnés d'huile essentielle ont été placés à la surface des boîtes de pétri ensemencées
- Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24h ou 48h.

g) Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition, mesuré à l'aide d'une règle en (mm) (y compris le diamètre de disque de 6mm) La sensibilité à l'huile essentielle a été classée en fonction des diamètres des halos d'inhibition comme suit :

Non sensible (-) ou résistante diamètre < 8 mm

Sensible (+) : diamètre compris entre 9 à 14 mm

Très sensible (++) : diamètre compris entre 15 à 19 mm

Extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20mm

VI.6. Méthodes d'évaluation des concentrations minimales bactéricide et bactériostatique de l'huile essentielle CMI et CMB

VI.6.1. Détermination de la concentration minimale inhibitrice CMI

Principe

Cette technique consiste à inoculer, par un inoculum standardisé, une gamme de concentration décroissante en huile essentielle. Après incubation, l'observation de la gamme permet d'accéder à la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI), qui correspond à la plus faible concentration en huile essentielle capable d'**inhiber** la croissance bactérienne.

Cette valeur caractérise l'effet bactériostatique d'HE.

Technique de macrodilution en milieu liquide

- 1000 L de l'huile essentielle à tester sont placés dans un tube stérile contenant 1ml d'inoculum à 0.5 Mc Ferland, supplémenté en Tween 80, ce qui permet d'obtenir une concentration en huile essentielle de 250 L/ml d'inoculum dans le premier tube
- Une dilution en cascade est effectuée à partir du premier tube de manière à obtenir une gamme de concentration comprise entre 250 ml et 3.9L ml
- Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24h.
- Un témoin de la croissance bactérienne, pour lequel l'inoculum standardise a été déposé dans le milieu BN-Tween 80 est également réalisé.
- Après incubation, la CMI de l'huile essentielle testée est déduite à partir du premier tube de la gamme dépourvue de croissance bactérienne.

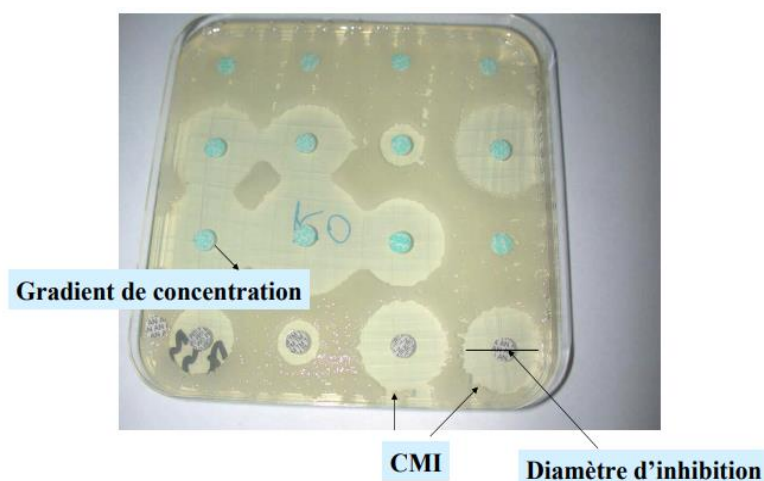


Figure .40 : Antibiogramme par diffusion en milieu gélosé

VI.6.2. Détermination de la concentration minimale bactéricide CMB en milieu solide

Principe

La **CMB** est la plus faible concentration d'huile essentielle capable d'entraîner la **mort** d'au moins 99.99% des bactéries d'un inoculum. ou la plus petite concentration d'huile essentielle ne laissant subsister 0,01% ou moins de survivants. Cette valeur indique le pouvoir bactéricide d'huiles essentielles (**Konan Kouadio et al., 2013**).

Technique

La même gamme de concentration réalisée par la technique de macrodillution en milieu liquide, est utilisée pour déterminer la **CMI** et la **CMB** de l'huile essentielle à tester.

Des prélèvements sont effectués dans le tube témoin et dans chacun des tubes dépourvus de croissance bactérienne, puis déposés en stries sur gélose Muller-Hinton. Les tubes ensemencés sont incubés à 37°C pendant 24h.

VI.7. Test de l'huile sur la peau (le visage et les mains) de vingtaine des sujets

On prend 20 personnes qui appliquent l'huile (naturelle) extraite à partir de graine de figue de barbarie, Et autre 20 personnes qui appliquent l'huile (commerciale) sur la peau « le visage et les mains » ; durant la nuit pendant. Et Après 1 mois en remarque les résultats avec le suivi et l'avis d'un dermatologue.

CHAPITRE VII

DISCUSSION

La composition de l'huile du figuier de barbarie ressemble aux autres huiles très utilisées dans la cosmétique comme : l'huile d'onagre et de tournesol où l'acide gras majoritaire est l'acide linoléique (**Ail El Cadi M, 2001**). Ces huiles sont très utilisées en cosmétologie et dans des préparations homéopathiques pour la peau sèche enflammée (**Miller C. et al., 1991**).

D'après l'étude de **RAMADAN M et al** ; L'huile du figuier de barbarie est fortement insaturée (83,48 %). Sa teneur en AGPI est de 62,78 %, avec la dominance de l'acide. Linoléique (62,55 %) aussi, la teneur moyenne en AGS dans l'huile de figuier de barbarie est de 16,64 %. Les dominants sont : l'a. Palmitique (12,68%), l'a. Stéarique (3,42%) et l'a. Arachidique (0,35%) (**Ramadan M et al., 2003**), ont prouvé que la composition en acides gras de l'huile du Fiquier de barbarie, est très influencée par les facteurs climatiques, le type de sol et les facteurs génétiques dans lesquelles ils sont cultivés. (**Ramadan M et al., 2003**)

Dans l'étude de **BOUDJELABA S et YASSA A en (2012)**, le taux d'humidité des graines des différentes variétés d'opuntia ficus-indica varie de $8,1 \pm 2.04\%$ à $8,96 \pm 0.06\%$, le taux le plus élevé est enregistré pour l'extrait de la variété jaune alors que le plus faible est celui de l'extrait de la variété verte. Comme L'analyse statistique a révélé l'absence de différence significative ($p \leq 0,05$) entre les trois échantillons dans leur étude.

Par contre les résultats sont quelque peu différents de ceux rapportés par d'autres auteurs. En effet, (**NEBBACHE et al., 2009**) ont obtenu 18.05%, alors que **HABIBI (2004)** a enregistré des valeurs plus faibles allant de 5 à 6%. Cette différence est, probablement, due au degré de séchage des graines ou à l'origine géographique et au degré de maturité.

Des études récentes ont montré que l'administration orale des flavonoïdes avec des quantités bien suffisantes protège contre des infections causées par Shigella, Salmonella typhimurium et Staphylococcus aureus (**Hadi, 2004**).

Les concentrations des extraits éthanoliques de graines des trois variétés (orange verte jaune) de figues de barbarie en CPT (composés phénoliques totaux) varient entre 74,07mg à 92,83mg EAG/100g. La valeur la plus élevée est dans l'extrait de la variété jaune suivi, à niveau égale, par celles des extraits des variétés orange et verte. Dans cette étude ; l'analyse statistique a révélé un effet variété au seuil $p \leq 0,05$. Cependant, il n'est observé qu'une différence entre les teneurs en CPT de la variété jaune et de celles des autres variétés qui semblent, être très proches.

Comparées aux graines d'autres espèces, Les teneurs rapportées par (**Cardador-Martínez et al., 2011**) dans les graines de figue de barbarie sont supérieures, par exemple, à

celles dans les graines de quelques variétés de tomates qui sont comprises entre 16,66 et 31mg EAG /100g MS (Toor et Savage, 2005) ; et elles vont de 337 à 460 mg EAG/100g MS. Cette différence peut être attribuée soit aux méthodes d'extractions et d'analyses, l'origine géographique de l'échantillon, degré de maturité ou aux conditions de stockage. En effet, les graines utilisées dans cette étude dérivent des fruits qui ont été récoltés en août 2008 et il est probable que pendant leur conservation, il y a eu dégradation des certains composés.

D'après BENKADDOURI, l'huiles essentielles des graines de l'Opuntia ficus-indica a une activité antimicrobienne, sur des différentes souches (*Enterococcus faecalis* sauvage, *Escherichia coli* ATCC 25922 ; *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 ; *Pseudomonas aeruginosues* ATCC 10145 ; *Salmonella hemdelberg* sauvage ; *Enterobacter cloaee* ATCC 13047 ; *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *Pseudomonas aeruginosues* ATCC 27853; *Klebsiella pneunomia* sauvage ; *Candida albicans* sauvage) (BENKADDOURI, 2011).

A des concentrations bien déterminées l'huile essentielle extraite à partir des fleurs de l'Opuntia ficus-indica a montré une activité antibactérienne contre quelques bactéries testées telles que : *Enterococcus faecalis* sauvage, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633, *Pseudomonas aeruginosues* ATCC 10145, *Salmonella hemdelberg* sauvage, *Enterobacter cloaee* ATCC 13047, *Klebsiella pneunomia* sauvage, et l'huile essentielle extraite à partir des grains ont montré une très bonne activité inhibitrice contre les bactéries testées et même une levure telle que : *Candida albicans*

CHAPITRE VIII

CONCLUSION

Le figuier de barbarie « l'Opuntia ficus-indica » est une plante xérophyte de la famille des Cactacées, cette plante largement connue et pourtant méconnue a fait l'objet de plusieurs études dans le monde entier qui lui ont conféré plusieurs potentialités intéressantes dans plusieurs domaines, le fruit, son jus, et ses pépins sont à l'origine d'une activité antioxydante, l'huile des graines possède une action diététique.

Cet arbuste est miraculeux rien ne se jette, tout est utile, la recherche scientifique moderne, s'intéresse par les composés biologiquement actifs isolés des extraits de plantes, qui sont considérés comme de véritables usines chimiques dont il faut tirer le maximum de profit à cause de plusieurs pathologies apparaissent grâce à l'usage intensif des produits synthétiques.

En Algérie ce nopal est pratiquement délaissé pourtant cette source de richesse a une véritable valeur ajoutée qui peut constituer un créneau d'investissement à part entière. Malgré que plusieurs pays l'aient investi, tels que le Maroc, le premier exportateur de l'huile de pépins de figue de barbarie, ou encore la Tunisie ou l'Italie, ce choix n'est pas fortuit. Toutefois, réfléchir puis investir ne sont plus suffisants pour révolutionner le secteur agricole.

L'extraction de l'huile essentielle de graine d'opuntia ficus-indica et l'évaluation de l'activité antibactérienne sur la croissance de *Helicobacter pylori* et même pour le testé sur la peau n'a pas été réalisée et ceci dû à l'épidémie de Coronavirus (Covid 19) ;

mais d'après nos recherches on a trouvé d'autres études avec des résultats très encourageants de cette huile dans l'éradication de plusieurs bactéries pathogènes tels que *Helicobacter pylori*, *Enterococcus faecalis* sauvage, *Escherichia coli* ; *Bacillus spizizenii* ; *Pseudomonas aeruginosues* ; *Salmonella hemdelberg* sauvage ; *Enterobacter cloaeae* ; *Staphylococcus aureus* ; *Pseudomonas aeruginosues A*; *Klebsiella pneunomia*e sauvage; et même la levure *Candida albicans* sauvage

Cela nous amène à dire que l'huile essentielle d'opuntia ficus-indica pourrait constituer une bonne base de traitement pour différent problèmes gastriques grâce à ses propriétés gastro-protectrices qu'il possède et aussi nous aiderons à avoir un teint parfait grâce à ces propriétés antioxydantes et même sa richesse en vitamine E



RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

A, 2013. Physico-chemical characterization and antioxidant activity of some *Opuntia ficusindica* varieties grown in North Algeria. African Journal of Biotechnology Vol. 12(3), pp. 299-307

Agroligne N° 100 - Mai/ Juin 2016

Ahmad A., Davies J., Randall S., Skinner GRB. (1996). Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. Antiviral Res., 30:75-85.

Ail El Cadi M., Huiles végétales en pharmaceutiques. Thèse de Doctorat n°43, Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat, (2001).

Andreu L., Nonce - Jáuregui A., Carbonell - Barrachina Á.A ., Legua P., Hernández F., Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017,98(4) :1566–1573.

Arba M., (2000). Les Opuntias à fruits comestibles dans certaines régions du Maroc. Actes IIème journée National. Culture de cactus. El kelaa des Sraghna. Maroc.

Arba M., (2000). Techniques de valorisation industrielle des figues de barbarie. In : Le cactus (l'Opuntia à fruit comestible) appelé communément figuier de barbarie. Acte de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus. El Kalaa des Sraghna. Maroc: 8-14.

Arba M., (2009). Le cactus, Opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. « Symposium International « Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED) », Rabat, Maroc, 14-16 mai 2009.

Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR, P55- P112.

Aymeric Parthens. (2016, mai). Agroligne N 100web | Maroc | Agriculture. Scribd. <https://fr.scribd.com/document/401284121/Agroligne-N-100web>

Barbera et al., (1992). In: Mulas, M. & Mulas, G. 2004. Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la désertification. Université des études de Sassari. Groupe de recherche sur la désertification. Short and Medium -Term Priority Environmental Action Program (SMAP), 112 p.

Bardeau, F. (2009). Les Huiles Essentielles. Fernand Lanore.

BENKADDOURI, A. (2011). Etude des huiles essentielles de l'Opuntia ficus-indica Région de Mascara. Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella.

RÉFÉRENCES

- BENOUALI Djillali. (2016). Extraction et identification des huiles essentielles. https://www.univ-usto.dz/faculte/fac-chimie/images/CHAPITRE_I_separation_et_analyses_des_biomolecules.pdf
- Bensalem H., Nefzaoui A., & Bensalem L., (2002). Supplementation of Acacia cyanophylla Lindl foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. *Animal Feed Sciences and Technology*, 96: 15-30.
- Berraaouan, A., Abderrahim Z., Hassane M., Abdelkhaleq L., Mohammed A., Mohamed B., Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (*Opuntia ficus-indica* L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 2015 ,8(7) :532–537.
- Boelsma E., Hendriks F. J., Roza L., *Am. J. Clin. Nutr.*73 (2001) 853 - 864.
- BOUKHATEM, M. N., FERHAT, A., & KAMELI, A. (2019). Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littérature. Une, 3, 4.
- Bouzoubaa Z, Essoukrati Y, Tahrouch S, Hatimi A, Gharby S, Harhar H, 2014. Phytochemical study of prickly pear from southern Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*.les technologies de laboratoires, 8, N°34.
- Brand-Williams M., Cuvelier M.E., Berset C., (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm-Wiss U-Technol.*, 28, 25-30.
- Cavallo, J. D., Chardon, H., Chidiac, C., Choutet, P., Courvalin, P., Dabernat, H., Drugeon, H., Dubreuil, L., Goldstein, F., & Jarlier, V. (2006). Comité de l'antibiogramme de la société Française de Microbiologie. Communiqué.
- Cern, P. 2003 clinical studies, in vivo.
- Characterization of Prickly Pear (*Opuntia spp.*)and of its Nutritional and Functional Properties: A Review. *Current Nutrition & Food Science*, 10, 57-69
- Chardin, H., Barsotti, O., & Bonnaure-Mallet, M. (2006). *Microbiologie en odontostomatologie*. Maloine.
- Chiteva R et Wairagu N, 2013. Chemical and nutritional content of *Opuntia ficusindica* (L.), *African Journal of Biotechnology*. Vol. 12(21), pp. 3309-3312
- Chougui N, Louaileche H, Mohedeb S, Mouloudj Y, Hammoui Y and Tamendjari
Database: a tree reference and selection guide version 4.0
- Diacono, H., Massa, V. 1948. *Annuaire pharmacie française*.

RÉFÉRENCES

- Dufumier, M. (2012). Famine au sud, malbouffe au nord : Comment le bio peut nous sauver. Nil.
- El-Gharras H., HasibA., Jaouad, A and El-Bouadili A. 2006. Chemical and physical characterization of three cultivars of Moroccan yellow prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) at three stages of maturity. Cienc. Tecnol. Aliment. 5(2) 93-99
- El-Mostafa K, El KharrassiY, Badreddine A, Andreoletti P. 2014. Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease review, Molecules, 19:14879-14901
- El-Samahy, S.K., Abd El-Hady, E.A., Habiba, R.A. and Moussa, T.E. 2007. Cactus pear sheet and pasteurized and sterilized cactus pear juices. J. PACD 9:148-164.
- El-SamahyS. K., Abd El-Hady E. A., Habiba R. A., and Moussa T. E., 2006. Chemical and Rheological Characteristics of Orange-Yellow Cactus-Pear Pulp from Egypt, Journal of the Professional Association for Cactus Development, vol8, p39-51
- EpicerieVerte.ma. (2019, mai 23). La figue de barbarie, un fruit aux vertus médicinales. <https://www.epicerieverte.ma/blog/article/la-figue-de-barbarie-un-fruit-aux-vertus-medicinales>
- Erre P., Chessa I., Nieddu G., & Jones P.G., (2009). Diversity and spatial distribution of *Opuntia* spp. In the Mediterranean Basin. Journal of Arid Environments, 73: 1058-1066.
- Fauchere, J. L., Charlie-Bret, N., Courillon-Mallet, A., de Korwin, J. D., Raymond, J., & Burucoa, C. (2011). Evaluation comparative de 29 troussees commercialisées pour le diagnostic sérologique de l'infection par *Helicobacter pylori* : Étude multicentrique du Groupe d'Etude Français des Helicobacters. Feuillet de biologie, 298-307.
- Felker P., del C. Rodriguez S., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., (2005). Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. J. Arid Environ. 60, 405-422.
- Felker P., del C. Rodriguez S., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., (2005). Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. J. Arid Environ. 60, 405-422.
- Feugang J. M., Konarski P., Zou D., Stintzing F. C. & Zou C., (2006). Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp) cladodes and fruits. Frontiers in Bioscience 11, pp:2574-2589.

RÉFÉRENCES

Feugang MJ, Konarski P, Zou D, Stintzing F C, Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience* 11:2574-2589.

Fleurentin, J., & Weniger, B. (2018). *Un tour du monde des plantes qui soignent : Afrique, Amériques, Chine, Outremer, Europe*. Editions Ouest-France.

Garnier, Gabriel ; Bézanger-Beauquesne, Lucienne ; Debraux, Germaine. 1961. *Ressources médicinales de la Flore française*, Vigot, Paris

Goëb, P., & Pesoni, D. (2010). *Huiles essentielles : Guide d'utilisation : 170 conseils pratiques, 50 huiles essentielles, 10 huiles végétales*. Éditions Ravintsara.

Habibi Y. 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques. Thèse de Doctorat. Université Joseph Fourier. Faculté Sciences et Géographie (Grenoble I) et Université Cadi Ayyad. Faculté des Sciences (Semlalia, Marrakech). □ Hamel A, 2009. Hydrogéologie des systèmes aquifères en pays montagneux a climat semi -aride. Cas de la vallée d'oued el abiod (aures). Université Mentouri Constantine Faculté Des Sciences De La Terre De La Géographie Et De L'aménagement Du Territoire

Habibi Y., Heyraud A., Mahrouz M., Vignon M., R. (2004). Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carb. Res.* 339, 1119-1127.

Habibi, Y., Mohrouz, M., Michel Vignon, R., (2002). Isolation and structure of D-xylans from pericarp seeds of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research* 337, pp : 1593-1598.

Harborne J., Williams C., 2000. Advances in flavonoid research since

HELICOBACTER. (s. d.). Consulté 16 septembre 2020, à l'adresse <http://www.microbes-edu.org/professionel/diag/helicob.html>

Hessas, T., & Simoud, S. (2018). Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus sp.* <https://dl.ummtto.dz/handle/ummtto/7854>

Holman R.T., *J. Nutr.* 128 (1998) 427 – 433

Holman R.T., *Prog. Chem. Fats Lipids.* IX. 9 (1970) 607 - 682.

<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>.

RÉFÉRENCES

intracto. (s. d.). Les huiles essentielles sont-elles dangereuses? Centre Antipoisons Belge. Consulté 16 septembre 2020, à l'adresse <https://www.centreatipoisons.be/autre/les-huiles-essentielles-sont-elles-dangereuses>

Isabel Verhaeghe. (2012). Accueil—ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. <https://ansm.sante.fr/>

Jiménez-Aguilar D.M, Mújica-Paz H and Welti-Chanes J, 2014. Phytochemical

Kabas O., Ormerzi A., & Akinci I., (2006). Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L.) grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 73: 198-202.

Kaur M., Kaur A., Sharma R. (2012). Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*: A Review. *J Appl Pharm Sci.*, 02:15-18.

Khatabi O, Hanine H, Elothmani D, Hasib A. Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*). *Arabian J Chem.* 2013; (In Press).

Kuti J.O. & C.M. Galloway: Sugar composition and invertase activity in prickly pear. *J Food Sci*59, 387– 393. 1994.

Le Houerou, H.N., (1996). The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *Journal of Arid Environments*, 33: 135-159.

Mayer, F. (2012). Utilisations therapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite.

Medina E.M., Rodriguez E.M, Romero C.2007. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. *Food Chemistry* 103, 38–45

Miller C. C., Tang W., Ziboh V. A., Fletcher M. P., J. *Invest. Dermatol*, 96 (1991) 98 - 103.

Minker, C., & Daniel, C. (2013). 200 plantes qui vous veulent du bien. Larousse.

Morgan, Ph; Spencer-Johns, R; Carruso, S. 1987. *Ethnomédecine bulletin*.

Mulas M., & Mulas G., (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres

Nebbache S, Chibani A ,Chadli R et Bouznad A ; 2009. Chemical composition of *Opuntia ficus-indica* (L.) fruit, *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (8), pp. 1623-1624

Neffar S. 2012. Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes

RÉFÉRENCES

algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébessa .thèse de doctorat en biologie végétale. Université BADJI MOKHTAR. Annaba. 236 p

Nerd A., & Mizrahi Y., (1994). Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus indica* (L.). *Scientia Horticulturae*, 59 : 115-122.

Netter, F. H., & SCOTT, J. (2019). Atlas d'anatomie humaine. Elsevier Health Sciences.

Nogaret, A.-S. (2011). La phytothérapie : Se soigner par les plantes. Editions Eyrolles.

nouar, noura, & yumbai, dera. (2019). Effet de l'activité antioxydante de plante médicinale cactus les deux espèces : *Opuntia ficus-indica* L et *Aloe vera*.

Orwa C., Mutua, A., Kindt R., Jamnadass R., & Simons A., (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0
<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>.

Orwa C., Mutua, A., Kindt R., Jamnadass R., & Simons A., (2009). Agroforestry

Park E.H., Kahng J.H., Sang H.L.K.H., Shin K.H., An anti-inflammatory principle from cactus, *Fitoterapia*, 2001, 72 (3) : 288 - 290.

Piga A., (2004). Cactus pear : a fruit of nutraceutical and functional importance. *J Profess Assoc Cactus Dev*, PP : 9-22.

Ramadan M. F. b., Mörsel J. T., *Food Chem.* 82 (2003) 339 - 345.

Rayas-Aguero J.A., J.R., Aquirre R., and Valiente-Banuet A., (2005). Reproductive biology of *opuntia* : A review. *Journal of Arid Environnement* 64, pp : 549-585.

Rayas-Aguero J.A., J.R., Aquirre R., and Valiente-Banuet A., (2005). Reproductive biology of *opuntia* : A review. *Journal of Arid Environnement* 64, pp : 549-585.

RIOTTE, B. (2015). Mon guide Huiles essentielles. Lulu.com.

Roux, D. (2008). Conseil en aromathérapie. Pro officina editions, 2, 187.

Saenz, C. 1995. Food Manufacture and by-products. In: Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta-Barrios, E. (Eds), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, pp. 137–143. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. 216 pp.

Saleem M., Ja Kim H., Kyun Han C., Jin C., & Sup Lee Y., (2006). Secondary metabolites from *Opuntia ficus indica* var. saboten. *Phytochemistry*, 67: 1390-1394.

Scheinvar L. (1995). Taxonomy of utilized *Opuntia*. In Barbera, G., P. Inglese, and E. Pimienta-Barrios (eds.). Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO International technical cooperation network on cactus pear. 132: 20-27.

RÉFÉRENCES

- Schweizer M., Docteur nopal le médecin du bon dieu, Ed. APB Aloe plantes et beauté, 1997, p .5-6-13-19.
- Schweizer, M. 1997 Docteur Nopal, Le médecin du bon dieu. Edition APB (Aloe Plantes et Beauté). Paris (France).
- Schweizer, M. 1997 Docteur Nopal, Le médecin du bon dieu. Edition APB (Aloe Plantes et Beauté). Paris (France).
- Snyman H.A., (2006). A greenhouse study of root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta* . *Journal of Arid Environments*, 65:529-542.
- Sophia Maazouz. (2016, juillet 25). La figue de barbarie et ses nombreuses vertus. <https://www.agrimaroc.ma/la-figue-de-barbarie-et-ses-nombreuses-vertus/>
- Stintzing F.C. &R. Carle: Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *MolNutr Food Res* 49, 175-194 (2005).
- Sudzuki Hills F. (1995). Anatomy and morphology. 28-35, in : G.Barbera, P. Inglese and E. Pimienta-Barios (eds) Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant production and protection. Paper, 132.
- Valnet, J. 1985. traitement des maladies par les légumes, les fruits et les céréales. Pp : 276 – 277.



ANNEXES

Annexe 1

Gélose Mueller-Hinton	Composition	Préparation	Lecture
<p>La gélose Mueller-Hinton est une <u>gélose</u> riche pour la réalisation de l'<u>antibiogramme</u> standard</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Infusion de viande de bœuf : 300,0 ml • Peptone de caséine : 17,5 g • Amidon de maïs : 1,5 g • Agar : 17,0 g • PH = 7,4 	<p>38 g par litre. Stérilisation à l'autoclave. Pour préparer ce milieu il faut peser 38g de poudre et la mélanger dans 1L d'eau. Il faut homogénéiser puis chauffer en agitant. Il faut porter à ébullition pendant environ une minute. Ensuite il faut stériliser la gélose à l'autoclave durant 15 minutes à 121,1 °C.</p>	<p>Cette gélose standardisée est la gélose permettant de tester l'action des antibiotiques sur les bactéries. Elle peut être additionnée de sang (pour les Streptococcus), d'extrait globulaire (pour Haemophilus), Elle doit être coulée en boîte de façon à obtenir une épaisseur de 4 mm. Il existe un bouillon équivalent.</p>



RÉSUMÉ

“L’effet d’huile de graine de figue de barbarie (naturelle et commerciale) sur la peau et son effet sur *Helicobacter Pylori*”

L’objectif de notre étude est d’extraire l’huile de graine de figue de barbarie par Soxhlet, d’étudier l’effet d’huile de graine de figue de barbarie (naturelle) et commerciale sur la peau (visage et les mains), ensuite d’étudier son effet sur la croissance d’*Helicobacter Pylori*.

Le figuier de barbarie, originaire du Mexique et introduit dans le bassin méditerranéen par les Espagnols au 16ème siècle. Est une plante arborescente robuste de 3 à 5 m de haut, possède un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes. Il est de la famille de Cactaceae. Parmi les huiles essentielles utilisées dans la médecine traditionnelle ; huile de graine de figue de barbarie. Qu’est une huile très précieuse et très rare obtenue uniquement par pression à froid des graines d’*Opuntia ficus-indica* dont les rendements d’extraction sont très faibles puisqu’il n’y a que 5% d’huile dans la petite graine. L’huile essentielle des graines de l’*Opuntia ficus-indica* a une activité antimicrobienne sur des souches bactériennes tel que *Helicobacter Pylori*.

H. Pylori est une bactérie Gram-négative, spiralée et microaérophile colonisant durablement l’estomac humain. Elle est responsable de multiples pathologies gastroduodénales, telles que la dyspepsie, la gastrite, l’ulcère, le lymphome gastrique du MALT et l’adénocarcinome gastrique.