



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Department de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

CHAGRA Khouloud

Le : dimanche 7 juillet 2019

Etude les propriétés physico-chimiques et biologique de clou du girofle (*Syzygium aromaticum* (L))

Jury :

Mme ALMI Sana	MCB	Université de Biskra	Président
Mme ADJEL Fatima	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme REHALI Hanane	MCB	Université de Biskra	Examineur

Remerciement

Sur la bénédiction de Dieu, j'ai terminé mon travail, et je crois en Dieu de cette façon,,,, un grand merci à Dieu Tout-Puissant et après lui mon cher professeur **ADJEL Fatima** qui m'a honoré en acceptant de diriger *ce travail*, a tous les remerciements, la reconnaissance et le respect

Je tiens également à remercier le personnel du laboratoire pour ses compétences industrielles et je n'oublie pas tous les enseignants de l'Institut **Hassani Bonap** pour leur accueil généreux et les prédicateurs du jury (**ALMI Sana** et **REHALI Hanane**), en particulier la sœur aînée (Al-Dhawi Nabila-Annaba)

Et la famille du département des figures industrielles à l'Université de Mohammed Khaidre - Biskra - et tous ceux qui m'ont aidé de près et de loin

Dédicace

Je dédie cet humble travail au plus grand des deux peuples

Mon père **Abd el Wahid**

Ma mère **Farida Zebaidi**

Merci pour la taille du ciel....Cordialement du Mollah pour
prolonger votre vie et vous bénir et vous protéger

Et à tous ceux qui me souhaitaient du succès, mes frères

(Chirine - Doaa – Taiba)

Et toute ma famille et mes amis, en particulier

(Azri Naima)

Sommaire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I : Synthèse bibliographique

.....Rappelle botanique de clou de girofle.....

I.1. 1. Introduction.....	03
I. 1. 2. Définition	04
I. 1. 3. Origine de nom.....	04
I. 1. 4. Caractéristiques botaniques	04
I. 1. 5. Culture et Production.....	05
I. 1. 5. 1. Culture	05
I. 1. 5. 2. Production	06
I. 1. 6. Classification de girofler	07
I. 1. 7. Compostions Chimique et Propriété.....	08
I. 1. 7. 1. Composition Chimique.....	08
I. 1. 7. 2. Propriété	09
I. 8. Utilisation de clou de girofle	10
I. 8. 1. Domaine médicinale	10
I. 8. 2. Domaine culinaires	10
I. 8. 3. Domaine cosmétique	

..... Généralités sur les huiles essentielles.....

I. 2. 1. Historique.....	11
I. 2. 2. Définition	11
I. 2. 3. Répartition et localisation.....	12
I. 2. 3.1. Répartition	12
I. 2. 3.2. Localisation	12
I. 2. 4. Composition Chimique des huiles essentielles	13
I. 2. 4. 1. Les terpénoïdes.....	13

Sommaire

I. 2. 4. 2. Composés aromatiques.....	14
I. 2. 4. 3. Les composés d'origines diverses.....	15
I. 2. 4. 4. Notion de chémotype.....	15
I. 2. 5. Rôle des huiles essentielles.....	16
I. 2. 5. 1. Rôle physiologique.....	16
I. 2. 5. 2. Rôle Thérapeutique	16
I. 2. 6. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	17
I. 2. 6. 1. hydro-distillation	17
I. 2. 6. 2. Entraînement à la vapeur d'eau et Hydro-diffusion.....	18
I. 2. 6. 3. Extraction au CO2 supercritique	19
I. 2. 6. 4. Extraction par les corps gras	19
I. 2. 6. 5. Extraction par solvants volatil.....	20
I. 2. 6. 6. Extraction par micro-ondes	20
I. 2. 6. 7. Autres méthodes d'obtention des HS.....	21
I. 2. 7. Caractéristique physico-chimique.....	22
I. 2. 7. 1. Les caractéristiques physiques.....	22
I. 2. 7. 2. Les caractéristiques chimiques	23
I. 2. 8. Classification des huiles essentielles.....	23
I. 2. 9. Activité biologique des HEs.....	23
I. 2. 9. 1. Activité antibactérienne	23
I. 2. 10. Analyse de la composition chimique	26
I. 2. 11. Domaine d'application des HS	26
I. 2. 11. 1. L'utilisation des huiles essentielles dans l'industrie agroalimentaire	26
I. 2. 11. 2. L'utilisation des huiles essentielles en parfumerie et cosmétique.....	26
I. 2. 11. 3. L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie	27
I. 2. 12. Toxicité des huiles essentielles.....	27
..... Inhibiteur des corrosions	
I. 3. 1. Introduction	28
I. 3. 2. Définition	28
I. 3. 3. Classification de la corrosion	29
I. 3. 3. 1. Corrosion chimique.....	29
I. 3. 3. 2. Corrosion bactérienne	29
I. 3. 3. 3. Corrosion électrochimique	29
I. 3. 4. Les Formes de corrosion.....	30

Sommaire

I. 3. 5. Caractéristique de corrosion XC 70.....	30
I. 3. 5. 1. Caractéristique chimique en %	30
I. 3. 5. 2. Caractéristique mécanique moyennes	30
I. 3. 6. Protection Par inhibiteurs de corrosion.....	31
I. 3. 6. 1. Définition.....	31
I. 3. 6. 2. Propriétés des inhibiteurs	31
I. 3. 6. 3. Utilisation industrielles courantes	32
I. 3. 6. 4. Classification des inhibiteurs de corrosion	32

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II. 1. Matériel utilisé	33
II. 1. 1. Matériel végétale	33
II. 1. 1. 1. Matériels et produits de laboratoire.....	33
.....Extraction de l'huile essentielle du clou de girofle.....	
II. 2. Extraction des huiles essentielles.....	34
II.2.1. Protocole d'extraction des huiles essentielle par hydro-distillation	34
II. 2. 2. Protocole d'extraction des huiles essentielle par soxhlet.....	37
II. 2. 3. Les Testes chimique.....	38
II. 2. 3. 1. Huiles essentielle.....	39
II. 2. 3. 2. Test des saponosides.....	39
II. 2. 3. 3. Test des flavonoïdes.....	40
II. 2. 3. 4. Test des stérols et terpènes.....	40
II. 2. 3. 5. Test des Tanins.....	41
II. 2. 3. 6. Test des Cardénolides.....	41
II. 2. 3. 7. Teste des Anthracénosides.....	42
II. 2. 3. 8. Test des Glucosides	43
II. 2. 3. 9. Teste des Alcaloïdes	43
II. 2. 4. Caractères organoleptiques.....	44
II. 2. 5. Les propriétés physico-chimiques des huiles essentielles étudiées.....	44
II. 2. 5. 1. Les propriétés physiques.....	44
II. 2. 5. 2. Les propriétés chimiques	48
.....L'activité biologique.....	
II. 3. 1. L'activité antibactérienne.....	50
II. 3. 2. Les souches bactériennes testées.....	50
II. 3. 3. Préparation de l'inoculum.....	52

Sommaire

II. 3. 3. 2. préparation de pré-culture (Ré-isolément des souches).....	52
II. 3. 3. 3. Préparation du milieu culture.....	53
II. 3. 3. 4. Préparation des dilutions	54
II. 3. 3. 5. L'aromatogramme	55
II. 3. 4. Protocole expérimentale.....	56
II. 3. 4. 1. Préparation de la suspension bactérienne et ensemencement.....	56
II. 3. 4. 2. Application des disques	57
II. 3. 4. 3. La lecture.....	58
.....Etude de l'efficacité de corrosion utilisée dans l'acier X70.....	
II. 4. 1. Mode opératoire.....	59
II. 4. 1. 2. Préparation des échantillons.....	59
II. 4. 1. 3. Préparation des solutions.....	59
II. 4. 2. Techniques d'essais.....	60
II. 4. 2. 1. Techniques de la masse perdue.....	60
Chapitre III : Résultats et discussion	
III. 1. Résultats des tests chimiques.....	62
III. 2. Caractères organoleptiques.....	62
III. 3. Les analyses physico – chimiques.....	63
III. 3. 1. Calcule du Rendement.....	63
III. 3. 2. Calcule la densité à (18 – 20 C°).....	63
III. 3. 3. La mesure de PH.....	64
III. 3. 4. Mesure l'indice de réfraction (20-25C°).....	64
III. 3. 5. Mesure l'indice de pouvoir rotatoire et miscibilité à l'éthanol.....	65
III. 3. 6. Teneur en cendres.....	65
III. 3. 7. Calcule l'indice d'Acide (IA) et saponification (IS) et d'ester (IE).....	65
III. 4. Résultats du test du pouvoir l'activité antibactérienne.....	66
III. 4. 1. Résultats de l'aromatogramme	66
III. 5. La méthode de la masse perdue	71
III. 5. 1. Influence de temps d'immersion sur l'efficacité inhibitrice.....	71
Conclusion Générale	
Références bibliographiques	

Liste des figures

.....Chapitre I.....	
Figure I. 01: clou de girofle.....	03
Figure I. 02: Structure du Giroflier.....	05
Figure I. 03: Fleur de giroflier.....	05
Figure I. 04: Composé majeur de l'huile essentielle des clous de girofle.....	08
Figure I. 06: Quelques composés de l'huile essentielle des clous de girofle.....	09
Figure I. 07: Les structures de quelques monoterpènes existents dans les HEs.....	14
Figure I. 08: Différentes structures des sesquiterpènes.....	14
Figure I. 09 : Différentes structures des dérivés du phénylpropane.....	15
Figure I .10: Montage d'extraction par Hydro-distillation.....	17
Figure I .11: montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau et Hydro- diffusion.....	18
Figure I. 12 : montage d'extraction par le CO2 supercritique.....	19
Figure I.13 : Les différents types d'extraction par solvants volatils.....	20
Figure I. 14 : Montage d'extraction assisté par micro- ondes.....	21
Figure I. 15 : schémas du phénomène de corrosion.....	28
Figure I. 16 : Schéma des formes de corrosion.....	30
Figure I. 17 : Métal au contact d'un milieu agressif (a)-sans inhibiteur de corrosion (b)-avec inhibiteur de corrosion	31
Figure I. 18 : Classement des inhibiteurs de corrosion.....	32
.....Chapitre II.....	
Figure II. 19: Montage d'hydro-distillation.....	34
Figure II. 20 : Décantation de la phase organique et la phase aqueuse de clou du girofle	35
Figure II. 21 : Evaporateur rotatif.....	35
Figure II. 22 : L'huile de clou du girofle obtenu par hydro-distillation.....	35
Figure II. 23 : Schéma représentation les étapes d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation	36
Figure II. 24 : Montage de soxhlet	37
Figure II. 25 : L'huile de giroflier obtenue par soxhlet	37

Liste des figures

Figure II. 26 : Schéma représentant les étapes d'extraction des huiles essentielles par soxhlet.....	38
Figure II. 27 : Mise en évidence des saponosides.....	39
Figure II. 28 : Mise en évidence des flavonoïdes.....	40
Figure II. 29 : Mise en évidence des stérols et terpènes.....	40
Figure II. 30 : Mise en évidence des Tanins	41
Figure II. 31 : Mise en évidence des Cardénolides.....	41
Figure II. 32 : Mise en évidence des Anthracénosides.....	42
Figure II. 33 : Mise en évidence des glucosides	43
Figure II. 34 : préparation des disques et stérilisés à l'autoclave.....	52
Figure II. 35 :(a) ensemencement de l'espèce bactérienne dans (BN), (b) et (c) repiquage dans des boîtes de pétri contenant (GN).....	53
Figure II. 36 : Gélos Muller- Hinton	54
Figure II. 37 : Technique de dilution l'huile essentielle étudiée dans le DMSO.....	55
Figure II. 38 : Dilution l'huile du clou de girofle.....	55
Figure II. 39 : Schéma simplifié du principe de la méthode de l'aromatogramme....	56
Figure II. 40 : Ensemencement par écouvillon	57
Figure II. 41 : Imprégnation les disques avant son application.....	58
Figure II. 42 : La mesure les diamètres.....	58
Figure II. 43 : Une polisseuse mécanique.....	59
Figure II. 44 : (a) la technique de la masse perdue et (b)séchage l'échantillon.....	61
.....Chapitre III.....	
Figure III. 45 : Les zones d'inhibition de l'huile essentielle testée (Staphylococcus).....	66
Figure III. 46 : Les zones d'inhibition de l'huile essentielle testée (pseudomonas)....	67
Figure III. 47 : Les zones d'inhibition de l'huile essentielle testée (klebsiella).....	67
Figure III. 48 : Les zones d'inhibition de l'huile essentielle testée(E.coli).....	67
Figure III. 49 : Histogramme présent les zones d'inhibition pour toutes Les souches bactéries (hydrodistillation).....	70
Figure III. 50 : Histogramme présent les zones d'inhibition pour toutes Les souches bactéries (soxhlet).....	73
Figure III. 51 : Courbe de la vitesse de corrosion en fonction des différentes des temps	74

Liste des tableaux

Tableau I. 01 : Production mondiale de clou de girofle chiffres 2003-2004.....	06
Tableau I. 02 : Classification de clou de girofle.....	07
Tableau I. 03 : Composition chimique de l'huile essentielle des clous de girofle.....	08
Tableau I. 04 : Classement et activité biologique de molécules aromatiques selon leur fonction chimique.....	24
Tableau I. 05 : Composition chimique en % et Caractéristiques mécaniques.....	30
Tableau II. 06 : Matériels et produits utilisés	33
Tableau III. 07 : Résultats des tests chimiques de clou du girofle.....	62
Tableau III. 08 : Caractéristiques organoleptiques.....	62
Tableau III. 09 : Résultat du rendement.....	63
Tableau III. 10 : Résultat de la densité.....	63
Tableau III. 11 : Résultat du PH.....	64
Tableau III. 12 : L'indice de réfraction	64
Tableau III. 13 : Résultat de $[\alpha]_D^t$ et miscibilité.....	65
Tableau III. 14 : Résultat de Teneur en cendres.....	65
Tableau III. 15 : Résultats des indices.....	65
Tableau III. 16 : Résultats de l'aromatogramme. (Diamètres des zones d'inhibition en mm de chaque dilution).....	68
Tableau III. 17 : Vitesse de corrosion, et efficacités inhibitrices (E %) en absence et en présence de l'inhibiteur.....	71

Liste des abréviations

HE : Huile Essentielle

FAOSTAT(FAO) : Food and Agriculture Organization Corporate Database

AFNOR : Association Française de Normalisation

LSBO : Laboratoire de Synthèse et Biocatalyse Organique

ATCC : Américain Type Culture Collection

NACE : National Association of Corrosion Engainées

RHE : Rendement d'huiles essentielles

IR : Infrarouge

UV : U-visible

CG/SM : Chromatographe de gazeuse de spectre de la masse

S. aureus : Staphylococcus aureus (Staph)

P. aerginose : Pseudomonas aerginose (PSE)

E. coli : Escherichia Coli

K. pneumoniae : Klepsiella pneumoniae (KLE)

Introduction

Générale

Introduction générale

Depuis longtemps l'homme reconnaît et utilise les plantes pour se nourrir et pour traiter diverses maladies.

Depuis toujours, l'homme a eu recours aux plantes pour se maquiller, se parfumer, mais aussi pour se soigner sans connaître réellement les propriétés de ces plantes, ni avoir la moindre connaissance scientifique, même sommaire, expliquant leurs vertus. Ce n'est qu'au moyen âge que les huiles essentielles ont été réellement découvertes grâce aux premières distillations et plus tard, grâce aux progrès de la science et tout particulièrement à l'apparition de la chimie. Cette médecine traditionnelle ancestrale est le précurseur de la phytothérapie et de l'aromathérapie d'aujourd'hui.

La science confirme les différentes vertus des plantes aromatiques et de leurs huiles essentielles et leurs extraits bruts dont les domaines d'application sont très variés et qui sont très utilisés dans l'industrie alimentaire comme additifs et dans les cosmétiques, les parfumeries, les industries de savon et de détergents en volume impressionnant. Elles rentrent également dans la composition de plusieurs médicaments, sous forme de crèmes, gélules et suppositoires. Leur utilisation s'appelle "l'aromathérapie", qui consiste à utiliser les huiles essentielles pour le traitement de diverses manifestations pathologiques.

Les huiles essentielles sont des produits de composition complexe, renfermant des produits volatils contenus dans les végétaux obtenus à partir d'une matière première végétale : fleur, feuille, bois, racine, écorce, fruit, ou autre ; soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par extraction mécanique. Le principal procédé d'extraction est la distillation à la vapeur d'eau.

Les huiles essentielles sont un assemblage de molécules complexes qui ont toutes des propriétés particulières.

Introduction Générale

Notre objectif dans ce travail est de faire l'extraction d'huile essentielle de clou de girofle et en suite faire les analyses physicochimiques et L'activité biologique et aussi l'étude de l'effet l'efficacité de corrosion de l'acier en milieu d'acide chlorhydrique 1M.

Le travail présenté est composé de trois chapitres :

La première chapitre c'est une Synthèse bibliographique se compose de trois parties dans la première partie : Rappelle botanique de clou de girofle, Généralités sur les huiles essentielles et Inhibiteur des corrosions.

Dans La deuxième chapitre présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail à savoir :

Extraction de l'huile essentielle du clou de girofle, L'activité biologique et Etude de l'efficacité de corrosion utilisée dans l'acier X70

Le quatrième chapitre abordera les différents résultats et leurs discussions.

Enfin, une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus

Chapitre I : Synthèse bibliographique

παραδοσιακή



I. 1. Rappel botanique de clou de girofle

I. 1. 1. Introduction

Les plantes sont des organismes à la base de la chaîne alimentaire. Elles forment l'un des règnes des eucaryotes. Elles sont, classiquement, avec les algues (y compris les cyanobactéries) et les champignons, l'objet d'étude de la botanique. [01]

Le nombre d'espèces de plantes est difficile à déterminer, mais en 2010, il existerait entre 300 000 et 330 000 espèces décrites, dont la grande majorité, entre 260 000 et 290 000, seraient spermatophytes. [02]

L'épopée indienne du Ramayana, d'écrit le girofler comme un arbre apparu 200 ans avant Jusie Chrust utilisaient comme une épice. Les Chinois utilisaient déjà les clous de girofle sous la dynastie Han 206 ans avant Jusie Chrust. En les mâchant pour avoir meilleure haleine, Vainsi que pour ses vertus médicinales et culinaires. Les Grecs et des Romains utilisaient les clous deVgiroffles au Ier siècle. Une récente découverte archéologique suggère que le commerce du girofle avec l'occident pourrait en fait avoir commencé bien plus tôt. En effet, on a trouvé un clou de girofle parmi des restes calcinés sur le sol d'une cuisine incendiée du site mésopotamien de Terqa dans l'actuelle Syrie, daté de 1700 avant Jusie Chrust. [03]



Figure I. 01: clou de girofle

I. 1. 2. Définition

Le girofle ou giroflier est un arbre originaire des Iles Moluques dans l'archipel indonésien. Les clous sont en fait des boutons de fleurs. De couleur verte puis rouge une fois mûrs, les clous se parent de leur jolie couleur brune lors de la phase de séchage, qui se déroule à l'air libre pendant un mois. [04]

I. 1. 3. Origine de nom

- **Nom commun :** Giroflier.

- **Nom du fruit:** Clou de girofle.

- **Nom scientifique:** *Syzygium aromaticum* (L).

- **Origine:** Indonésie. Madagascar

- **Synonymes:** *Caryophyllus aromaticus* L. *Caryophyllus hortensis* Noronha. *Caryophyllus silvestris* . *Eugenia caryophyllata* Thunb. *Eugenia caryophyllus* (Spreng) . *Jambosa caryophyllus* (Thunb) . *Myrtus caryophyllus* Spreng.

- **Ordre:** Myrtales.

- **Famille:** Myrtaceae - Myrtacées

- **Sous-famille:** Myrtoideae.

- **Genre:** *Syzygium* Gaertn. 6 espèce(s) dans le genre *Syzygium*

- **Espèce:** *Syzygium aromaticum*. [05]

I. 1. 4. Caractéristiques botaniques

Le giroflier est un grand arbre au tronc gris clair de 12 à 15 mètres de hauteur pouvant atteindre jusqu'à 20 mètres de haut .Il présente un port érigé et pyramidal. [06]

Son feuillage est aromatique, coriace, persistant vert sombre et vernissé au revers plus clair. Ses feuilles sont opposées, entières, elliptiques, d'environ 10-12 cm à nervure médian marquée et parsemées de glandes sur le revers.

Les fleurs sont disposées en cymes terminales (**figure I. 02**) de 25 fleurs environ, formant 3 fourches (**figure I. 03**) .Elle se présente sous la forme d'un long pédoncule, petite fleur à l'extrémité des rameaux, à 4 pétales (blanc-rosé) pompon Duveteux d'étamines blanches

saillantes, les fleurs à 4 pétales blanc rosé sont caractérisées par leurs sépales rouges persistants.



Figure I. 02 : Structure du Giroflier



Figure I. 03: Fleur de giroflier

Ce sont les boutons floraux cueillis avant épanouissement que l'on appelle les clous de girofle et l'huile essentielle qui est utilisés pour leurs vertus thérapeutiques ; Les fruits du giroflier sont des baies pourpres comestibles.[07]

La récolte des clous de girofle se fait au moment où ils contiennent le plus d'essence (Lorsqu'ils sont roses et les pétales pas encore ouverts). Ces clous sont récoltés, après 6 à 8 ans de culture de l'arbre, 2 fois par an. Ce sont des boutons auxquels on ôte le pédicelle manuellement et que l'on met sécher au soleil jusqu'à ce qu'ils deviennent brun rouge. Boutons floraux appelés « clous ». Les racines, les rameaux, les feuilles les fleurs et les fruits contiennent tous une HE dont la composition diffère. Par exemple l'HE des feuilles contient seulement 2 à 3 % d'eugénol. L'huile essentielle de girofle provient de la distillation des boutons de giroflier traités à la vapeur. [08]

I. 1. 5.Culture et Production

I. 1. 5. 1. Culture

Le giroflier est surtout cultivé pour ses "clous" qui servent d'aromates dans l'alimentation d'un grand nombre du pays. On cultive également le giroflier pour ses feuilles dont on extrait une essence très riche en eugénol. Accessoirement, on utilise les fruits de giroflier ou antofles pour la confiserie.

L'eugénol sert à fabriquer la vanilline artificielle. Les essences de clous, de griffes, défeuilles, de branches et d'antofles servent également en pharmacie pour la préparation de divers médicaments, en parfumerie, en savonnerie, pour la préparation de pâtes dentifrices pour la préparation de certaines peintures et vernis, en chirurgie (propriétés bactéricides et anesthésiant), en droguerie.[09]

I. 1. 5. 2. Production

D'après les résultats donnés par FAO la production mondiale en clou de girofle en tonnes est regroupée dans le tableau 1 suivant. [10]

Tableau I. 01 : Production mondiale de clou de girofle chiffres 2003-2004

Production en tonnes. Chiffres 2003-2004. données de FAOSTAT (FAO)

Indonésie	87909	68,2%
Madagascar	20000	15,5%
Tanzanie	12500	9,7%
Sri Lanka	4100	3,2%
Comores	3013	2,3%
Autres pays	1370	1,1%
Total	128898	100%

I. 1. 6. Classification de giroflier

Tableau I. 02: Classification de clou de girofle. [10]

Classification classique	
Régne	Plantae
Sous-régine	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae
Genre	Syzygium
Nom binominal	
Syzygium aromaticum (L.)	
Classification phylogénétique	
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Rosidées
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae

I. 1. 7. Compositions Chimique et Propriétés

I. 1. 7. 1. Composition Chimique

Le clou de girofle renferme une quantité importante d'huile essentielle 15 à 20%, 16% d'huile, des tanins, un peu d'amidon et des matières fibreuses cellulosique. Le pédoncule floral (griffes) renferme 5 à 6% d'huile, dans les feuilles la quantité d'huile est de 3 à 4%. L'huile de girofle est très riche en eugénol de 70 à 85%. On trouve aussi d'autres composés terpéniques (dont environ 10 % caryophyllène), aliphatiques, aromatiques et hétérocycliques. [11]

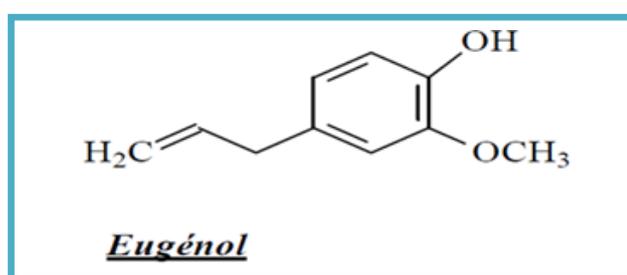


Figure I. 04: Composé majeur de l'huile essentielle des clous de girofle.

D'après la pharmacopée européenne 3^e édition, l'huile essentielle des clous de girofle contient de 75 à 88 % d'eugénol, de 5 à 14 % de β -caryophyllène, et de 4 à 15 % d'acétate d'eugényle [12].

Tableau I. 03 : Composition chimique de l'huile essentielle des clous de girofle.[13]

Constituants	Pourcentages
Eugénol	91,2
β -caryophyllène	4,1
α -humulène	0,6
Eugényl acétate	2,9
β -caryophyllène époxyde	0,5
Total	99,3%

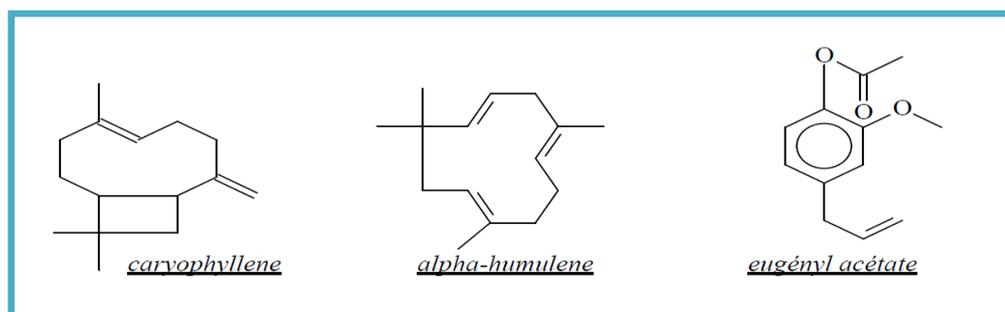


Figure I. 06: Quelques composés de l'huile essentielle des clous de girofle.

I. 1. 7. 2. Propriété

Le clou de girofle possède des propriétés qui sont dues essentiellement à l'eugénol qu'il est rapidement métabolisé et excrété, et considéré comme non cancérigène. Il peut être présent dans les aliments jusqu'à une concentration de 1500 ppm. [11]

Antalgique (eugénol) : l'huile essentielle de Clou de Girofle contient de l'eugénol. Cette molécule est plus puissante que la lidocaïne, un anesthésique local agissant sur la transmission des informations nerveuses. Autrement dit, l'eugénol bloque la transmission de la douleur. L'huile essentielle est notamment efficace contre les douleurs dentaires. [14]

Anti-infectieuse majeure (eugénol) : l'huile essentielle de Clou de Girofle est très efficace en cas d'infections intestinales, urinaires ou respiratoires. L'eugénol a une action bactéricide rapide. Il est notamment actif sur la flore buccale. Il détruit les germes suivants : Staphylococcus aureus, Pyogenes aureus, Klebsiella pneumoniae, Lactobacillus acidophilus odontolyticus, Escherichia coli, Monilia albicans. [14]

Antifongique à large spectre (eugénol) : l'huile essentielle de Clou de Girofle détruit les champignons à l'origine de certaines mycoses. L'huile essentielle de Clou de Girofle est active contre : Cryptococcus neoformans, Dermatophytes sp., Microsporum canis, Microsporum gypseum, Trichophyton mantagrophytes, Trichophyton rubrum. [14]

Anti-inflammatoire et anti-oxydante (eugénol) : l'huile essentielle de Clou de Girofle inhibe les molécules impliquées dans le processus inflammatoire déclenché par l'organisme en réaction à une agression subie. Cela permet d'éviter l'apparition de rougeurs et la sensation de chaleur qui en découle.

Antispasmodique ; calmante et sédative. [14]

I. 1. 8. Utilisation de clou de girofle**I. 1. 8. 1. Domaines médicinale**

Les boutons floraux du giroflier possèdent des propriétés antiseptiques et anesthésiques qui sont reconnues depuis très longtemps et proposées dans les douleurs dentaires. Il entre dans la composition du khôl, primitivement onguent ophtalmique. Le clou de girofle est un anti-inflammatoire et antibactérien, il est utile pour lutter contre beaucoup d'infections urinaires, digestives et cutanées.[15]

I. 1. 8. 2. Domaines culinaires

En cuisine, il est présent dans le pain d'épices, les biscuits en mélange avec la cannelle, le pot-au-feu, les marinades, la choucroute et il est indispensable à la plupart des currys, comme il est utilisé en infusion avec le thé.[15]

I. 1. 8. 3. Domaines de cosmétique

Il sert de parfum d'ambiance sous forme de « pomme d'ambre » que l'on fabrique en piquant toute la surface d'une orange de clous de girofle odeur de clou de girofle, comme l'eugénol, qui est un phénol. [15]

I. 2. Généralités sur les huiles essentielles

I. 2. 1. Historique

Les huiles essentielles est aussi vieille que l'histoire de la civilisation. Les huiles essentielles ont été dans la pratique, dans presque toutes les civilisations anciennes connues à la race humaine . [16]

L'histoire des huiles essentielles remonte à 4000 avant JC, que les huiles essentielle sont assez moderne. Les Egyptiens, Grecs, Romains, les Perses, les Chinois et les Indiens étaient connus pour avoir pratiqué l'aromathérapie avec des huiles essentielles dans leurs médicaments pendant des siècles.

Les hommes avaient cherché le moyen de séparer les éléments huileux des plantes aromatiques. Ils réussirent en soumettant la matière à l'action de la chaleur. Les substances aromatiques étaient transformées en vapeur ; il suffisait de les recueillir et de les refroidir pour les obtenir sous forme liquide. Ce procédé qui se faisait à feu nu, prit le nom de distillation. Il était certainement connu des Chinois et des Indiens depuis 20 siècles avant J.C. Les Egyptiens et les Arabes ont prévalu des caractéristiques médicinales et aromatiques des plantes : la conservation des momies, l'aromatisation des bains, la désinfection des plaies avec les onguents, les parfums et la fabrication des boissons aromatiques (Möller, 2008). [17]

Par la suite, les huiles essentielles ont bénéficié des avancées scientifiques, au niveau des techniques d'obtention et de l'analyse de leur composition chimique. Parallèlement, leur utilisation a aussi tiré profit de l'avènement de l'aromathérapie.[18]

I. 2. 2. Définition

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels complexes de métabolites secondaires volatils, isolés par hydrodistillation ou par expression mécanique.

Elles sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits mais également à partir de gommes qui s'écoulent du tronc des arbres. Les huiles essentielles sont obtenues par hydrodistillation, expression à froid, comme les agrumes. De nouvelles techniques permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes. [19]

les huiles essentielles ne rancissent pas, sont solubles dans l'huile et dans l'alcool, mais pas dans l'eau. Elles sont caractérisées par leur couleur, leur odeur, leur densité et leur chémotype : familles biochimiques. Chaque huile essentielle possède donc ses caractéristiques, son parfum, ses propriétés. Les Huiles Essentielles se définissent par :

- leur nom latin qui précise l'espèce botanique et évite les confusions.
- la partie ou organe dont est tirée l'huile essentielle : racines, feuilles, fleurs, graines.
- son mode d'obtention : distillation à la vapeur d'eau ou expression.
- le chémotype ou principe actif caractéristique qui donne les effets physiologiques majeurs.[20]

I. 2. 3. Répartition et localisation

On rencontre les huiles essentielles dans divers familles botaniques elles se localisent dans toutes les parties vivantes de la plante et forment dans le cytoplasme de cellules spécialisée. [21]

I. 2. 3. 1. Répartition

Les huiles essentielles sont largement répandues dans le règne végétal et surtout chez les végétaux supérieurs, il y aurait 17500 espèces aromatiques. Les familles botaniques capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont réparties dans un nombre limite de familles,

Exp : Myrtaceae (Girofle), Lauraceae (laurier), Rutaceae (citron), Lamiaceae (Menthe), Apiaceae (Coriandre), Zingiberaceae(Gingembre)...etc .[22]

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes de la plante, par exemples : dans les sommités fleuries (menthe, lavande) les feuilles (eucalyptus, laurier) les rhizomes (gingembre) les fruits (agrumes, badiane, anis), les racines (vétiver), les graines (muscades), bien que cela soit moins habituel dans des écorces (cannelier). [23]

I. 2. 3. 2. Localisation

Elles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules ou seras semblent sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles. [24]

Ces essences sont localisées dans différents organes de la plante. Elles sont à les écorces. Les tiges, le bois, etc. Et sont également concentrées dans certains cellules ou groupes spéciaux de cellules (glandes). Les huiles essentielles sont des produits naturels des plantes qui s'accumulent en structures spécialisées telles que des cellules d'huile, des trichomes glandulaires, et des conduits d'huile ou de résine. [25]

I. 2. 4. Composition Chimique des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : Les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenylpropane.

I. 2. 4. 1. Les terpénoïdes

Le terme terpène rappelle la toute première extraction de ce type de composé dans l'essence de térébenthine. Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils, c'est à dire, ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés. Ils répondent dans la plupart de cas à la formule générale $(C_5H_8)_n$. Suivant les valeurs de n, on a les hémiterpènes (n=1), les monoterpènes (n=2), les sesquiterpènes (n=3), les triterpènes (n=6), les tétraterpènes (n=8) et les polyterpènes. Les constituants des huiles essentielles sont très variés. On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des cétones, des phénols, des oxydes et autres. [26]

Ils sont formés à partir d'IPP qui réagit avec une molécule starter : DMAPP, GPP, GGPP, etc. En revanche, l'isoprène est facilement obtenu par dégradation des terpènes. On peut considérer l'isoprène comme l'un des éléments de construction préférés de la Nature. [27]

I. 2. 4. 1. 1. Monoterpènes

On y rencontre des monoterpènes acycliques (myrcène, ocimène), monocycliques ou bicycliques (pinènes, 3-carène, camphène, sabinène). Grace à la réactivité des cations intermédiaires de ces terpènes, elles peuvent se rattache à un certain nombre de molécules.

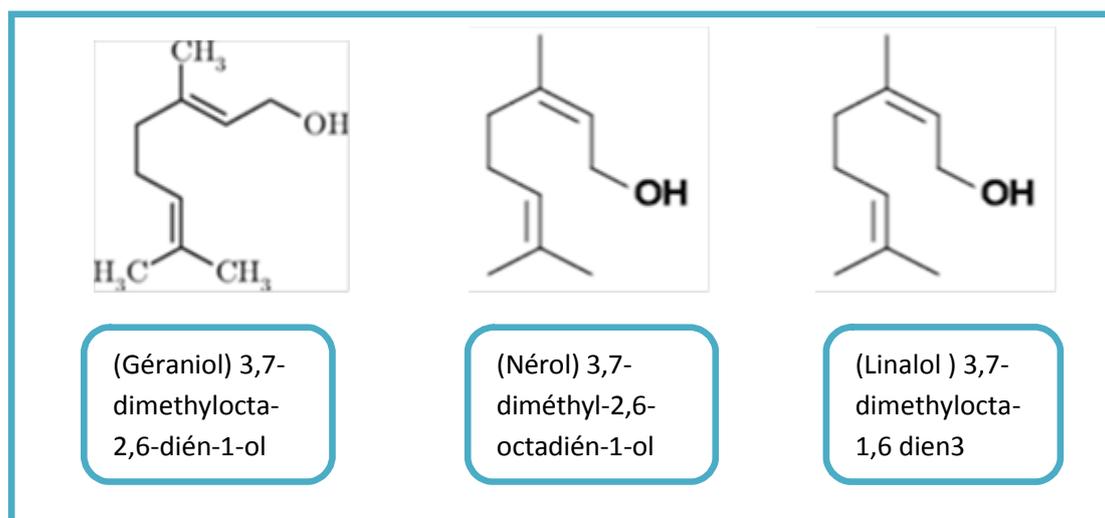


Figure I. 07: Les structures de quelques monoterpènes existents dans les HEs

I. 2. 4. 1. 2. Sesquiterpènes

L'allongement de la chaîne des sesquiterpènes amplifie le nombre des cyclisations possible, plus d'une centaine de squelettes différents ont été décrits. On trouvera également des sesquiterpènes avec des fonctions chimiques caractéristiques: alcool (farnésol, carotol), carbures (β -caryophyllène), cétones, ester. [28]

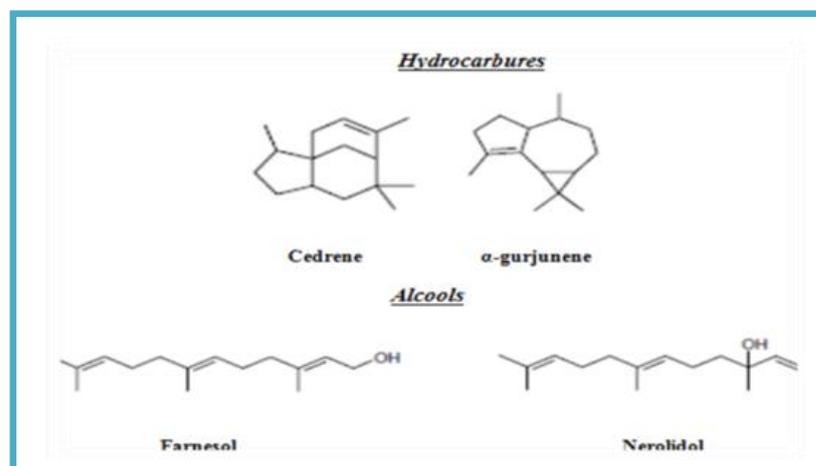


Figure I. 08: Différentes structures des sesquiterpènes

I. 2. 4. 2. Composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C₆-C₃), ou composés phénoliques s'agissant le plus fréquemment d'allyl ou propénylphénols, et ou aldéhydes. La biosynthèse par voie phénylpropanoïdes débute par des aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine, Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle Phényle. Egalement, la synthèse de ces constituants nécessite une série d'acides dont

l'acide Shikimique et l'acide cinnamique. Les phénylpropanoïdes sont moins répondeu dans l'huile essentielle que les terpènes, néanmoins elles sont caractéristiques dans certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenou il,persil, cannelles eugéno, myristicine, asarones, cinnamaldéhyde). [28]

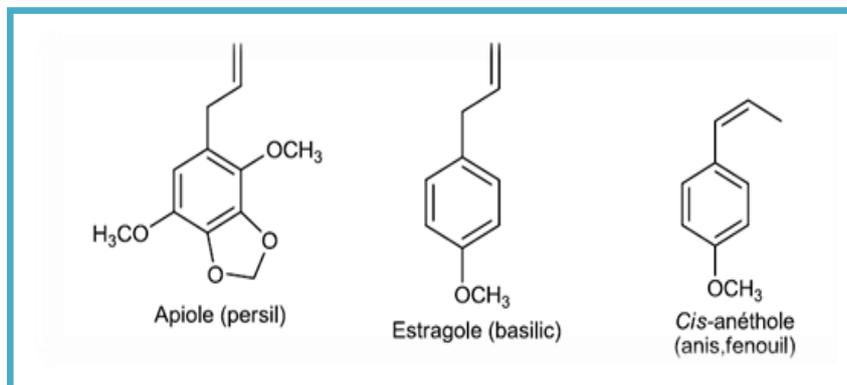


Figure I. 09 : Différentes structures des dérivés du phénylpropane

I. 2. 4. 3. Les composés d'origines diverses

Les composés d'origine variée de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydro- distillation, sont des hydrocarbures aliphatique à chaîne linéaire ou ramifiée porteurs de différentes fonction .A titre inductif, on peut citer :

- ❖ L'heptane et la paraffine dans l'essence de camomille.
- ❖ Des acides en C3 et C10.
- ❖ Des aldéhydes comme l'octanal et le décanal des Citrus
- ❖ Des esters acycliques présents surtout dans les fruits : acétate de butyle (pomme), acétate d'isoamyle (banane)
- ❖ Des alcools comme le 1-octén-3-ol de l'essence de lavande... [29]

I. 2. 4. 4. Notion de chémotype

La connaissance des chémotypes d'une huile essentielle et leur comportement est fondamentale car elle permet d'envisager l'activité pharmacologique, de prévoir aussi la pharmacocinétique et la biodisponibilité. Pour une même espèce botanique, la composition chimique de l'huile essentielle n'est pas immuable. Les huiles essentielles sont élaborées par les plantes aromatiques au sein des cellules sécrétrices. Leur élaboration est totalement tributaire du rayonnement solaire en l'absence duquel le rendement en produits aromatiques et leur nature sont affectés. En sa présence, et tout particulièrement en

fonction de la présence de tel ou tel rayonnement, les types de composants pourront varier considérablement au sein d'une même espèce. [30]

I. 2. 5. Rôle des huiles essentielles

I. 2. 5. 1. Rôle physiologique

Il y a beaucoup de spéculation au sujet du " rôle " d'huiles essentielles des plantes. Certainement plusieurs effets apparent " utiles " ont été décrits: réduction de la compétition des autres espèces de plante (allélopathie) par inhibition chimique de la germination des graines, et protection contre la flore microbienne infectieuse par les propriétés fongicides et bactéricides, et contre les herbivores par goût et effets défavorables sur le système nerveux .[31]

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. d' autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, conservent l'humidité des plantes dans les climats désertiques. [32]

I. 2. 5. 2. Rôle thérapeutique

Les huiles essentielles, reconnues pour leurs propriétés thérapeutiques, agissant sur la personne dans sa globalité. Ils possèdent des propriétés thérapeutiques variées :

- ❖ Remédient aux problèmes respiratoires.
- ❖ Diminuent la tension nerveuse.
- ❖ Améliorent la circulation sanguine.
- ❖ Aident le corps à traiter les impuretés.
- ❖ Soulagent la nervosité et les douleurs rhumatismales. [33]

Il semble que les huiles essentielles extraites de certaines aromatiques ont un rôle important dans notre vie soit physiologique ou bien thérapeutique, sans oublier le rôle biologique de ces huiles (inhibiteurs des germinations et protecteurs les plantes des prédateurs insectes, champignons).[34]

I. 2. 6. Techniques d'extraction des huiles essentielles

Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction. Les principales méthodes d'extraction sont : [35]

I. 2. 6. 1. hydro-distillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce faite-là plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un réfrigérant et l'huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'huile essentielle étant plus légère que l'eau (sauf quelques rares exceptions), elle surnage au-dessus de l'hydrolat.

La durée d'une hydro-distillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extraction. [36]

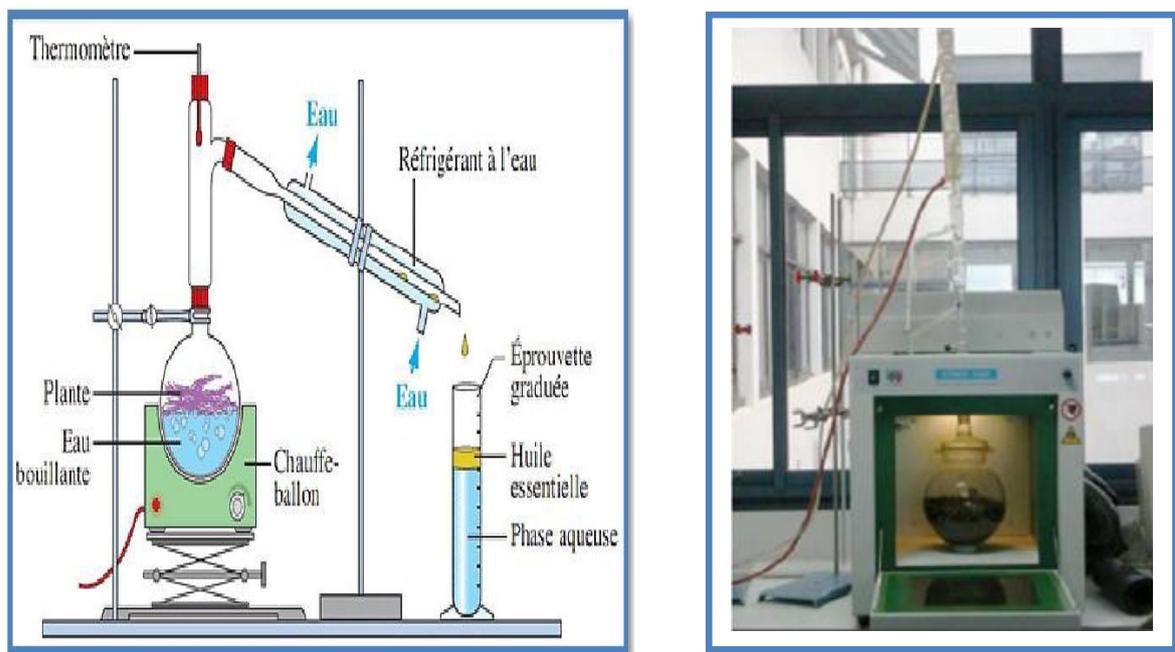


Figure I .10: Montage d'extraction par Hydro-distillation

I. 2. 6. 2. Entraînement à la vapeur d'eau et Hydro-diffusion

La différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles pour former un mélange « eau + huile essentielle ».

Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique " l'huile essentielle". L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. [37]

❖ Hydro-diffusion

Elle consiste à pulvériser de la vapeur d'eau à travers la masse végétale, du haut vers le bas. Ainsi le flux de vapeur traversant la biomasse végétale est descendant contrairement aux techniques classiques de distillation dont le flux de vapeur est ascendant. L'avantage de cette technique est traduit par l'amélioration qualitative et quantitative de l'huile récoltée, l'économie de temps, de vapeur et d'énergie. [38]

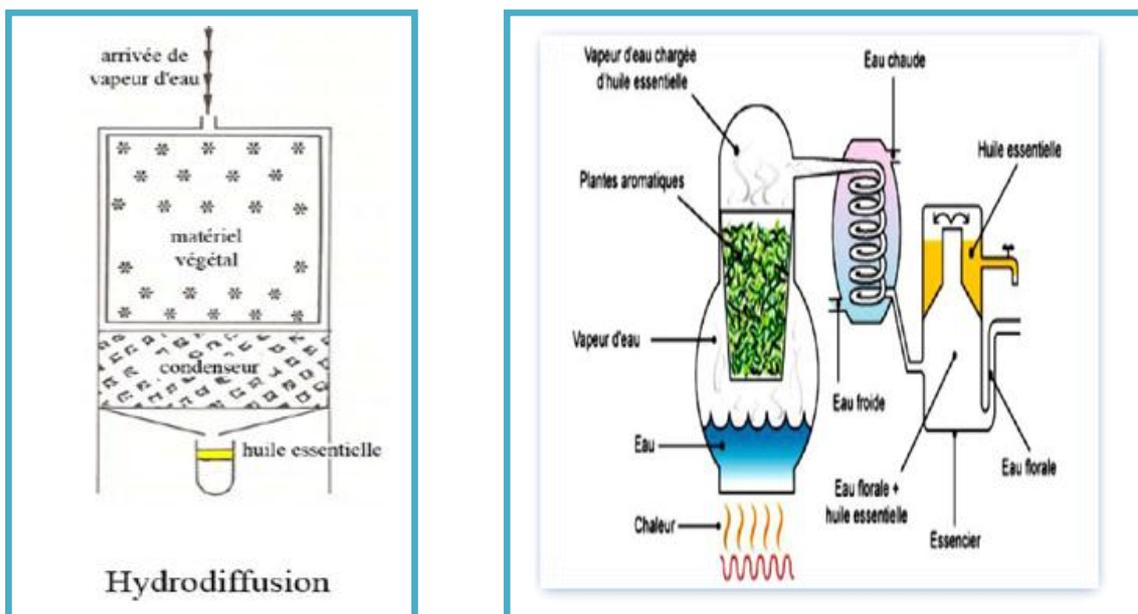


Figure I.11: montage d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau et Hydro-diffusion

I. 2. 6. 3. Extraction au CO₂ supercritique

Ce procédé, très moderne, consiste à faire éclater les poches à essences des végétaux et ainsi entraîner les substances aromatiques en faisant passer un courant de CO₂ à haute pression dans la masse végétale (en générale les fleurs). On utilise le CO₂ car il possède de nombreux atouts : il s'agit d'un produit naturel, inerte chimiquement, inflammable, facile à éliminer totalement, aisément disponible, peu réactif chimiquement et enfin peu coûteux. Le CO₂ a également la capacité de fournir des extraits de compositions très proches de celles obtenues par les méthodes décrites dans la pharmacopée européenne. Tous ces avantages permettent à ce procédé de se développer malgré un investissement financier important. [39]

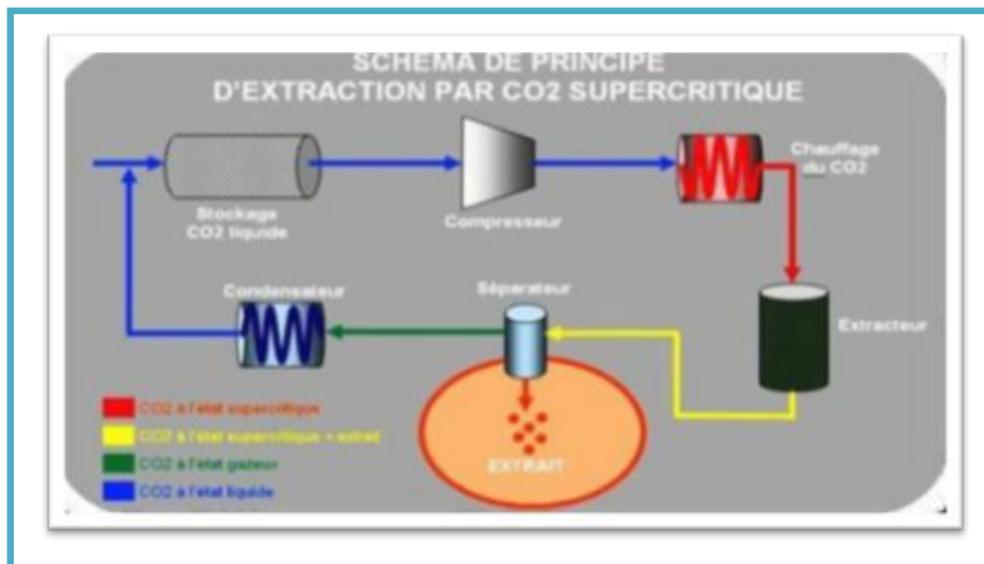


Figure I. 12 : montage d'extraction par le CO₂ supercritique

I. 2. 6. 4. Extraction par les corps gras

La méthode d'extraction par les corps gras est utilisée en fleurage dans le traitement des parties fragiles de plantes telles que les fleurs, qui sont très sensibles à l'action de la température. Elle met à profit la liposolubilité des composants odorants des végétaux dans les corps gras. Le principe consiste à mettre les fleurs en contact d'un corps gras pour le saturer en essence végétale. Le produit obtenu est une pommade florale qui est ensuite épuisée par un solvant qu'on élimine sous pression réduite. Dans cette technique, on peut distinguer l'enfleurage où la saturation se fait par diffusion à la température ambiante des arômes vers le corps gras et la digestion qui se pratique à chaud, par immersion des organes végétaux dans le corps gras. [40]

I. 2. 6. 5. Extraction par solvants Volatil

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou en discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation des solvants. Un autre désavantage de cette extraction par les solvants est leur manque de sélectivité; de ce fait, de nombreuses substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure. [40]

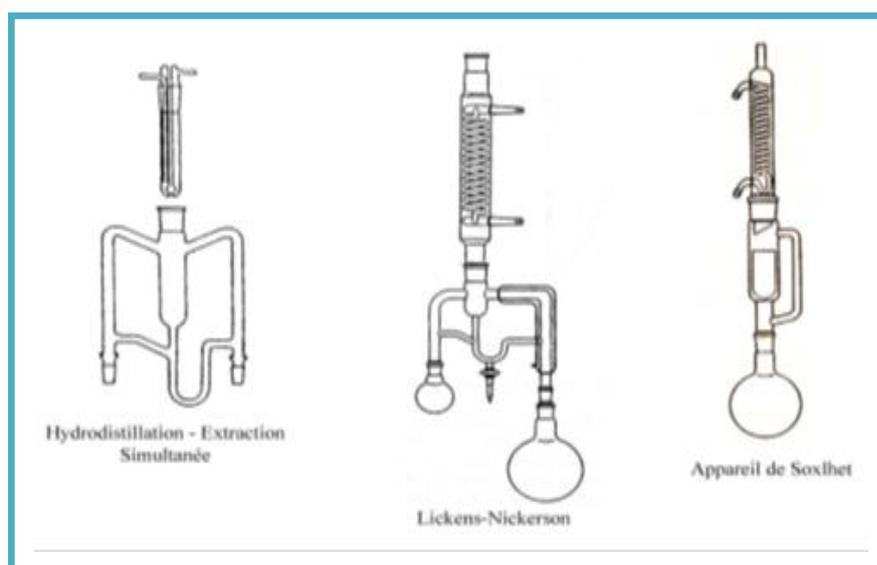


Figure I. 13 : Les différents types d'extraction par solvants volatils.

I. 2. 6. 6. Extraction par micro-ondes

Le procédé d'extraction par micro-ondes appelée Solvent Free Microwaves Extraction ou SFME consiste à extraire l'huile essentielle à l'aide d'un rayonnement micro-ondes d'énergie constante et d'une séquence de mise sous vide.

L'extraction sans solvant assistée par micro-ondes a été conçue pour des applications en La boratoire pour l'extraction d'huiles essentielles de plantes aromatiques. Cette technologie est une combinaison de chauffage micro-ondes et d'une distillation à la pression atmosphérique Basée sur un principe relativement simple, cette méthode consiste

à placer le matériel végétal dans un réacteur micro-ondes, sans ajout de solvant organique ou d'eau. Le chauffage de l'eau contenue dans la plante, permet la rupture des glandes renfermant l'huile essentielle. Cette étape libère l'huile essentielle qui est ensuite entraînée par la vapeur d'eau produite par le végétal. Un système de refroidissement à l'extérieur du four micro-ondes permet la condensation du distillat, composé d'eau et d'huile essentielle, par la suite facilement séparable par simple décantation. D'un point de vue qualitatif et quantitatif, le procédé SFME semble être plus compétitif et économique que les méthodes classiques telles que l'hydro-distillation ou l'entraînement à la vapeur. [41]

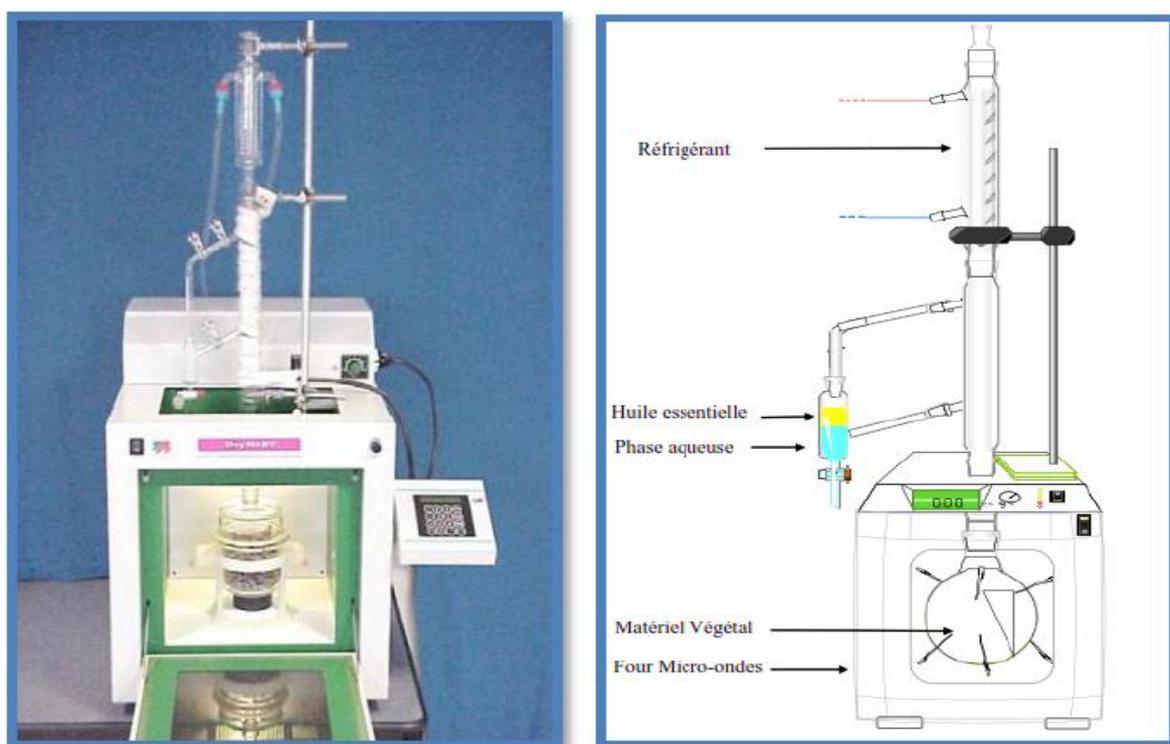


Figure I. 14 : Montage d'extraction assisté par micro-ondes

I. 2. 6. 7. Autres méthodes d'obtention des HS

D'autres méthodes ne sont autorisées par la pharmacopée européenne pour obtenir une HE de qualité pharmaceutique

❖ Enflourage

L'enflourage est une technique ancienne mettant en contact l'organe producteur (généralement la fleur) avec une graisse qui se sature en HE après quelques jours. On obtient alors des pommades qui sont utilisées telles quelles ou extraites par de l'éthanol. Les extraits alcooliques aux fleurs ainsi obtenus sont appelés « absolues ». [42]

❖ Expression à froid

C'est le procédé le plus ancien et le plus simple pour obtenir une HE. Cependant, il reste limité car il ne s'applique qu'aux agrumes dont le péricarpe des fruits possède des poches sécrétrices d'essences. Cette technique, née en Sicile et en Calabre, est uniquement mécanique et consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais afin de détruire les poches sécrétrices d'essences et donc de libérer l'essence qu'elles contiennent. L'expression à froid permet de limiter l'oxydation en conservant les antioxydants naturels présents dans la fraction non volatile de l'essence. Le produit final obtenu est appelé essence car il n'a subi aucune modification chimique lors de son procédé d'extraction. [43]

❖ Distillation sèche

Lors d'une distillation sèche, la plante n'est pas en contact direct avec l'eau. La masse végétale est disposée sur une plaque perforée et de la vapeur d'eau y est injectée au travers. Il est possible de travailler en surpression modérée (de 1 à 3 bars) afin de gagner en temps et en énergie mais la qualité de l'HE peut en suffire. Cette méthode est utilisée pour les écorces, bois et racines. [44]

I. 2. 7. Caractéristique physico-chimique

I. 2. 7. 1. Les caractéristiques physiques

Les huiles essentielles ont aussi des propriétés physiques communes. Elles ne sont pas solubles dans l'eau mais en revanche elles le sont dans les solvants organiques et huiles végétales. Par contre elles ont des caractéristiques différentes

- ✓ Détermination des rendements en huiles essentielles
- ✓ La densité.
- ✓ L'indice de réfraction.
- ✓ Le pouvoir rotatoire.
- ✓ L'indice d'acide et l'indice d'ester.

A ces paramètres, on peut aussi ajouter les caractéristiques organoleptiques telles que l'aspect, la couleur et l'odeur. Nous pouvons souligner que les huiles essentielles sont généralement liquides à la température ambiante d'odeurs aromatiques rarement colorées quand elles sont fraîches. Leur densité est plus souvent inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et, le plus souvent, sont doués d'un pouvoir rotatoire. Elles

sont volatiles et entraînaibles par la vapeur d'eau, elles lui communiquent leur odeur. Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, les huiles fixes et la plupart de solvants organiques.[45]

I. 2. 7. 2. Les caractéristiques chimiques

La cellule végétale est le siège de la biosynthèse des composés fondamentaux de la matière vivante que sont les protéines, les lipides, les sucres... Elle est capable de coordonner les multiples réactions enzymatiques conduisant à la production d'huiles essentielles. Certaines cellules prennent en charge ces biosynthèses et également le stockage des métabolites formés. Il s'agit là de tout un ensemble de réactions biochimiques participant à la vie des plantes : respiration, photosynthèse, etc. Il en résulte que les huiles essentielles constituent des mélanges complexes de composés organiques possédant des structures et des fonctions chimiques très diverses, aboutissement de ces biosynthèses, en particulier celle des isoprénoides (monoterpènes, sesquiterpènes, diterpènes, triterpènes, caroténoïdes). [45]

I. 2. 8. Classification des huiles essentielles

Selon le pouvoir spécifique sur les germes microbiens, et grâce à l'indice aromatique obtenu par des aromatogramme, les huiles essentielles sont classées en groupe :

- ✓ Les huiles majeures.
- ✓ Les huiles médiums.
- ✓ Les huiles terrains. [46]

I. 2. 9. Activité biologique des huiles essentielles

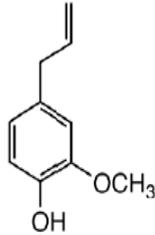
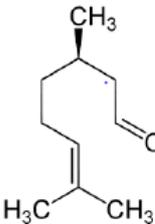
I. 2. 9. 1. Activité antibactérienne

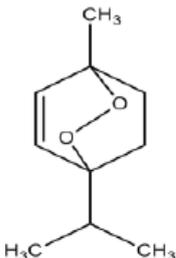
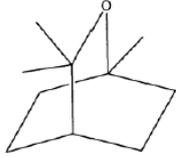
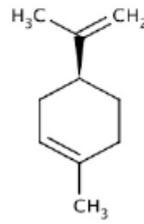
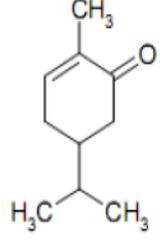
Du fait de la variabilité des quantités et des profils des composants des HEs, il est probable que leur activité antimicrobiennes ne soit pas attribuable à un mécanisme unique, mais à plusieurs sites d'action au niveau cellulaire. [47]

De façon générale, il a été observé une diversité d'actions toxiques des HEs sur les bactéries comme la perturbation de la membrane cytoplasmique, la perturbation de la force motrice de proton, fuite d'électron et la coagulation du contenu protéique des cellules. [48]

Le mode d'action des HEs dépend en premier lieu du type et des caractéristiques des composants actifs, en particulier leur propriété hydrophobe qui leur permet de pénétrer dans la double couche phospholipidique de la membrane de la cellule bactérienne. Cela peut induire un changement de conformation de la membrane. [46]

Tableau I .04: Classement et activité biologique de molécules aromatiques selon leur fonction chimique [49]

Composés aromatiques	Formules développées	Caractères Physico-Chimique	Teneur dans quelques plantes	Propriétés
Phénols C₆H₆O	 <p>Eugénol (C₁₀H₁₂O₂)</p>	Densité : 1.07g /ml	Thym(T.vulgaris)33 % Origan (Orgamum Vulgare) 76%. Girofle(S.aromaticu m) 82%. Bay St Thomas (P.racemosa) 60% Poivre (P.dioica)45% .	Stimulantes, Toniques Antiseptiques Bactérici des Fongicides, Anti- virale, Antiparasitaires Irritantes
Aldéhydes Terpéniques	 <p>Citronellal (C₁₀H₁₈O)</p>	Densité : 0,88g/ml	Palmarosa (C.martinii 95%. Citronelle (C.winterainus 2- 18% (C.nardus) 20-40% Citronelle C.winterainus11- 15% (C.nardus) 10-20%	Antifongiques, Sporicidas, Toxicité liée à la présence du groupe aldéhyde Insecticide

Ether-oxides, péroxyde	 <p>Ascaridole (C₁₀H₁₆O₂)</p>	Densité : 1.01g/ml	Epazote(Ch. Ambrosiodes) 61%	Antibactériens, Antifongiques, Insecticides L'ascaridole est fortement réactif et toxique (par la liaison -O-O-)
	 <p>Cinéole (C₁₀H₁₈O)</p>	Densité : 0,92g/ml	Eucalyptus (Eucalyptus globulus) 95%.	
Hydrocarbure aliphatiques, sesquiterpènes	 <p>Limonene (C₁₀H₁₆)</p>	Densité : 0,96g/ml	Carvi (Carum carvi) 45%	Fongistatique, Bactériostatique, Insecticides, Nematicide, Herbicide
Cétones	 <p>Carvone (C₁₀H₁₄O₂)</p>	Densité : 0,96g/ml	Carvi (Carum carvi) 50%	Calmantes, Antivirales, Antifongiques Neurotoxiques Antiépileptique

I. 2. 10. Analyse de la composition chimique

Cette analyse concerne l'identification qualitative et quantitative des différents constituants d'une huile essentielle. On peut utiliser les méthodes suivantes : CG, CG/SM, HPLC, RMN, IR, UV, etc. [50]

I. 2. 11. Domaine d'application des huiles essentielles

Par leurs nombreuses et diverses propriétés, les plants aromatiques et leurs essences trouvent leur emploi dans de multiples domaines tels que : l'alimentation, la pharmacie, la parfumerie; l'aromathérapie....[51]

I. 2. 11. 1. L'utilisation des huiles essentielles dans l'industrie agroalimentaire

Les vertus antiseptiques et en même en temps les propriétés aromatisant des essences. S'utilisent quotidiennement dans les préparations culinaires avec le thym, ail, laurier... Les essences aromatiques donnent aux condiments (poivre, .gingembre,) et aux aromates (menthe, anis,..) leur saveurs. Les arômes sont à base d'huiles essentielles (citron, anisvanille, ...) ainsi les essences d anis et de badiane sont les principales sources d éthanol naturel, composé utilisé en liquoristerie (fabrication des boissons anisées), et en confiserie (bonbons, chocolats,...). De même la vanille sert à aromatiser les biscuits, les chocolats, les glaces. Par ailleurs, le pouvoir anti-oxydant de certaines essences permet la conservation des aliments en évitant les moisissures. C'est ainsi que le thym et le romarin sert à conserve la semence. Les menthes sont d'excellents condiments crus hachées dans les salades ou dans divers plats ou bien sous formes de sauce à la menthe pour aromatiser les crèmes et les flans.

Actuellement, l'industrie agroalimentaire utilise des essences dans les préparations surgelées non seulement pour rehausser le goût mais aussi pour- empêcher les contaminations alimentaire qui se développent (effet antimicrobien).[51]

I. 2. 11. 2. L' utilisation des huiles essentielles en parfumerie et cosmétique

Les propriétés odoriférantes des huiles essentielles confèrent à ces dernières une consommation importante en parfumerie et en cosmétique. Elles présentent environ 60% des matières premières de l'industrie des parfums synthétiques, du par fumage, des savons et des cosmétiques. [51]

I. 2. 11. 3. L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie

L'aromathérapie. Elles ont grande intérêt en pharmacie, elles s'utilisent sous la forme de préparations galéniques, et dans la préparation d'infusion (verveine, thym, menthe, mélisse, fleurs d'orange...etc.). Tout fois, il faut souligner que la majorité des constituants de ces derniers sont lipophiles, et de ce fait, rapidement absorbés que ce soit par voie pulmonaire, par voie cutanée ou par voie digestive. Elles sont également utilisées pour l'obtention des huiles essentielles dans un intérêt médicamenteux (en particulier dans le domaine des antiseptiques externes). Plus de 40% du médicament sont à base de composants actifs de plants. De nombreuses huiles essentielles se trouvent dans la formule d'un très grand nombre de spécialités pharmaceutiques : sirop, goutte, gélules pommade....ect.[51]

I. 2. 12. Toxicité des huiles essentielles

Les Huiles essentielles contiennent des milliers de composants : elles sont très efficaces, mais aussi très dangereuses. Certains composants aromatiques peuvent être dangereux et toxique. Egalement les huiles essentielles de Lamiaceae; peuvent se révéler dangereuses lorsqu'elles ingérées à forte dose. Les intoxications décrites sont généralement consécutives à un usage inconsidéré (exp.5 ml de l'huile essentielle). La symptomatologie de ce type d'intoxication est marquée par des épisodes de convulsions de type épileptique, parfois accompagnée de cyanose et entrecoupé de phases hypotoniques et hyporéflexique. Elle peut aussi comporter une perte de conscience. L'un des cas les plus récemment publiés révèle que 12 gouttes peuvent suffire pour induire une sensation de malaise rapidement suivie d'un épisode de convulsion tonic cloniques généralisées. La lipophile de ces huiles essentielles explique que leur toxicité peut se manifester aussi bien par voie orale que par voie rectale ou par voie transcutanée (exemple, avec des préparations pour bains). Le menthol lui-même n'est pas sans danger la dose létale pour l'homme est estimée à 2g et la simple administration de solutions pour instillation nasale ou d'autres produits à base de menthol à jeun peut déclencher un spasme létale de la glotte. [52]

I. 3. Inhibiteur des corrosions

I. 3. 1. Introduction

La corrosion est une dégradation chimique d'un matériau et l'altération de ses propriétés physiques (notamment mécaniques) sous l'influence du milieu environnant. En effet, les matériaux métalliques, et plus particulièrement les aciers qui constituent les matériaux de base dans la construction de nombreuses structures, sont fortement exposés à la corrosion lorsqu'ils sont au contact d'atmosphères humides, immergés en eau douce ou saline, implantés dans les sols ou en présence de solutions plus ou moins agressives.[53]

En matière de protection contre la corrosion, il est possible d'agir sur le matériau lui-même, sur la surface du matériau ou sur l'environnement avec lequel le matériau est en contact (inhibiteurs de corrosion). Les inhibiteurs de corrosion constituent un moyen de lutte original contre la corrosion des métaux. L'originalité vient du fait que le traitement anticorrosion ne se fait pas sur le métal lui-même mais par l'intermédiaire du milieu corrosif. [54]

I. 3. 2. Définition

La corrosion est la dégradation du matériau par réaction chimique ou électrochimique avec l'environnement. Il subit en effet une perte de matière progressive aux points de contact avec le milieu environnant. Cette définition admet que la corrosion est un phénomène nuisible : elle détruit le matériau et réduit ses propriétés, ce qui le rend inutilisable pour une application prévue. L'étude de la corrosion et la protection des matériaux englobe donc aussi les phénomènes de dégradation dus aux sollicitations mécaniques et chimiques combinées. [55]

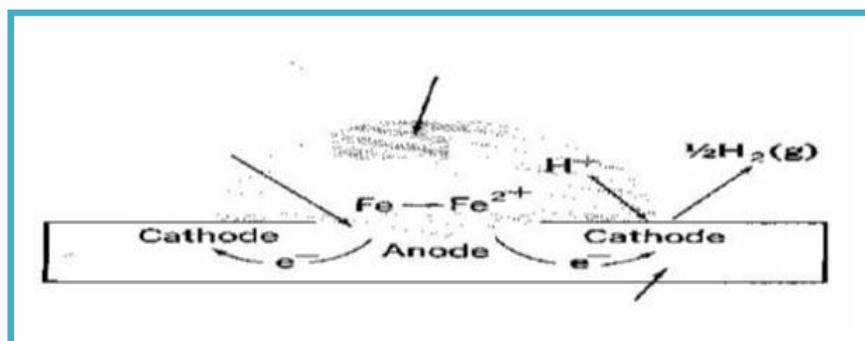
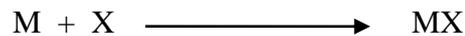


Figure I. 15 : schémas du phénomène de corrosion

I. 3 .Classification de la corrosion

I. 3. 1. Corrosion chimique

C'est une réaction hétérogène entre une phase solide (le métal), et une phase liquide ou gazeuse.



Lorsque le réactif est gazeux, la corrosion est dite sèche. Si le réactif est liquide, il est en général, accompagné d'une corrosion électrochimique. L'attaque d'un métal par un autre métal liquide (Hg), par un sel fondu ou par une solution non-aqueuse (Al dans CCl₄) peut être considérée comme une corrosion chimique.

Donc on peut dire que la corrosion chimique est l'attaque du métal par son environnement. Elle est généralement rencontrée dans les industries produisant ou utilisant les acides.[56]

I. 3. 2. Corrosion bactérienne

La corrosion bactérienne est due à la présence de colonies importantes de bactéries dites anaérobiques qui se développent dans les eaux contenant des sulfates. Elles consomment donc ces sulfates et les rejettent sous la forme réduite de sulfure.

La pollution locale du milieu corrosif en H₂S et son effet connu sur la corrosion, suffisent à expliquer les dommages provoqués par les bactéries.[57]

La lutte contre cette forme de corrosion est à l'heure actuelle essentiellement d'ordre biologique, elle est réalisée par injection de produits bactéricides dans les milieux corrosifs. [56]

I. 3. 3. Corrosion électrochimique

La corrosion électrochimique, appelée encore corrosion humide, est le mode de corrosion le plus important et le plus fréquent. Elle réside essentiellement dans l'oxydation du métal sous forme d'ions ou d'oxydes.

La corrosion électrochimique fait appel à la fois à une réaction chimique et un transfert de charges électriques (circulation d'un courant). Cette corrosion nécessite la présence d'un agent réducteur (H₂O, O₂, H₂, etc.), sans celui-ci la corrosion du métal ne peut se produire. La corrosion électrochimique d'un matériau correspond à une réaction d'oxydo-réduction, dont :

- la réaction d'oxydation d'un métal est appelée réaction «anodique» .
- la réaction de réduction d'un agent oxydant est appelée réaction «cathodique».

Dans la corrosion électrochimique, la réaction cathodique et la réaction anodique sont Indissociables. [58]

I. 3. 4. Les Formes de corrosion

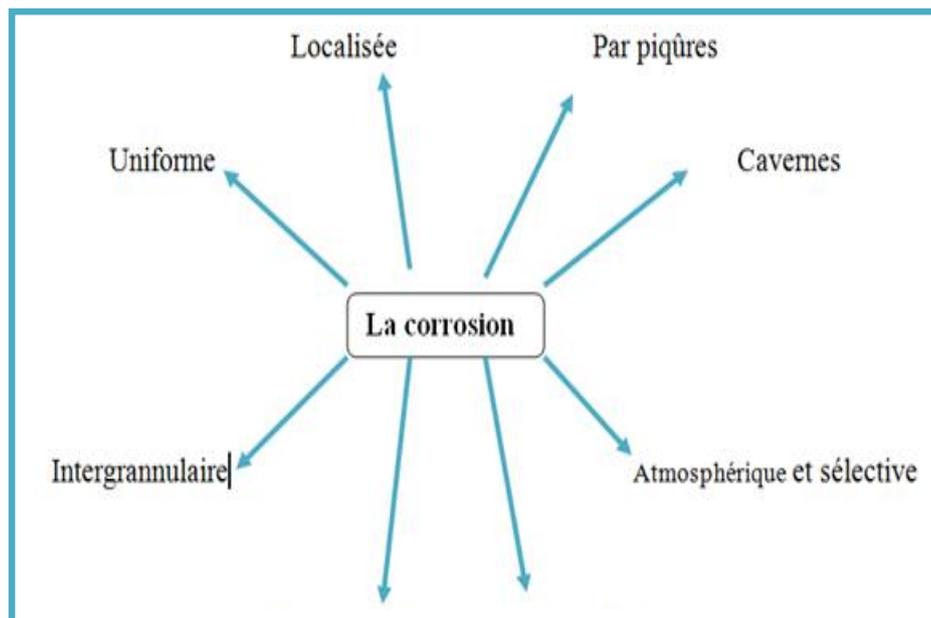


Figure I. 16. Schéma des formes de corrosion. [59]

I. 3. 5. Caractéristique de corrosion d'acier XC70

I. 3. 5. 1. Composition chimique en %

Tableau I.05 : Composition chimique en % et Caractéristiques mécaniques

C	S	Mn	P	Si
0,65 - 0,90	≤ 0,035	0,70Maxi	≤0,035	0,35Maxi

I. 3. 5. 2. Caractéristiques mécaniques moyennes (état de livraison laminé à froid ou à chaud) [60]

Rm N/mm ²	Re N/mm ²	A %	Dureté HB
850 / 1080	-	-	350 maxi

I. 3. 6. Protection Par inhibiteurs de corrosion

I. 3. 6. 1. Définition

La définition d'un inhibiteur de corrosion n'est pas unique, néanmoins celle retenue par la National Association of Corrosion Engineers (NACE) est la suivante : un inhibiteur est « une substance qui retarde la corrosion lorsqu'elle est ajoutée à un environnement en faible concentration ». [61]

L'inhibition retarde des réactions d'électrodes comme le transfert de charges ou le transport de masse et spécialement le processus de corrosion. Il dans l'utilisation des substances chimiques dite inhibiteurs de corrosion, qui, en les ajoutant en petites quantités à l'environnement corrosif, réduisent la vitesse de corrosion du métal par action sur le milieu ou sur la surface du métal. [62]

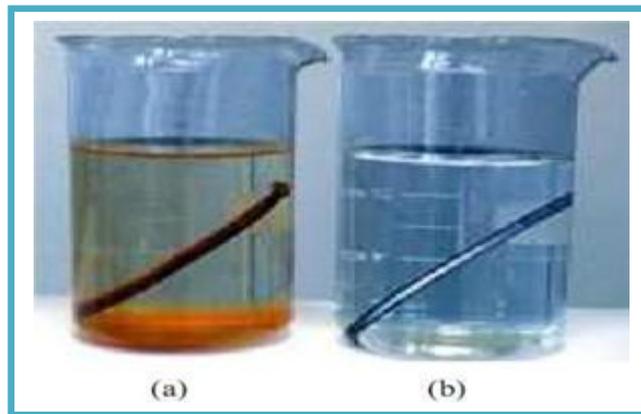


Figure I. 17.Métal au contact d'un milieu agressif

(a)-sans inhibiteur de corrosion (b)-avec inhibiteur de corrosion

I. 3. 6. 2. Propriétés des inhibiteurs

Un inhibiteur de corrosion doit abaisser la vitesse de corrosion du métal tout en conservant les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier. Il doit être non seulement stable en présence des autres constituants du milieu, mais également ne pas influencer sur la stabilité des espèces contenues dans ce milieu. Un inhibiteur est définitivement reconnu comme tel s'il est stable à la température d'utilisation et efficace à faible concentration. Il peut être utilisé en vue d'une protection permanente (surveillance primordiale du dispositif) ou plus couramment en vue d'une protection temporaire : durant une période où la pièce est particulièrement sensible à la corrosion (stockage, décapage, nettoyage,...) ou encore lorsque la pièce est soumise à des usinages très sévères comme le perçage, taraudage, forage, filetage,... [61]

I. 3. 6. 3. Utilisation industrielles courantes

Bien que leur utilisation puisse être théoriquement envisagée dans la plupart des cas de corrosion (avec comme principales limitations, un volume trop important du milieu corrosif ou l'impossibilité éventuelle d'y incorporer des additifs), inhibiteurs ont plusieurs domaines traditionnels d'application :

- Le traitement des eaux (eaux sanitaires, eaux de procédés industriels, eaux de chaudières, etc.) ;
- L'industrie du pétrole : forage, extraction, raffinage, stockage et transport ; à tous les stades de cette industrie, l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion est primordiale pour la sauvegarde des installations. La protection temporaire des métaux, que ce soit pendant le décapage acide, le nettoyage des installations ou le stockage à l'atmosphère (inhibiteurs volatils, incorporation aux huiles et graisses de protection temporaire).
- L'industrie des peintures sur métaux ou les inhibiteurs sont des additifs assurant la protection anticorrosion des métaux. [63]

I. 3. 6. 4. Classification des inhibiteurs de corrosion

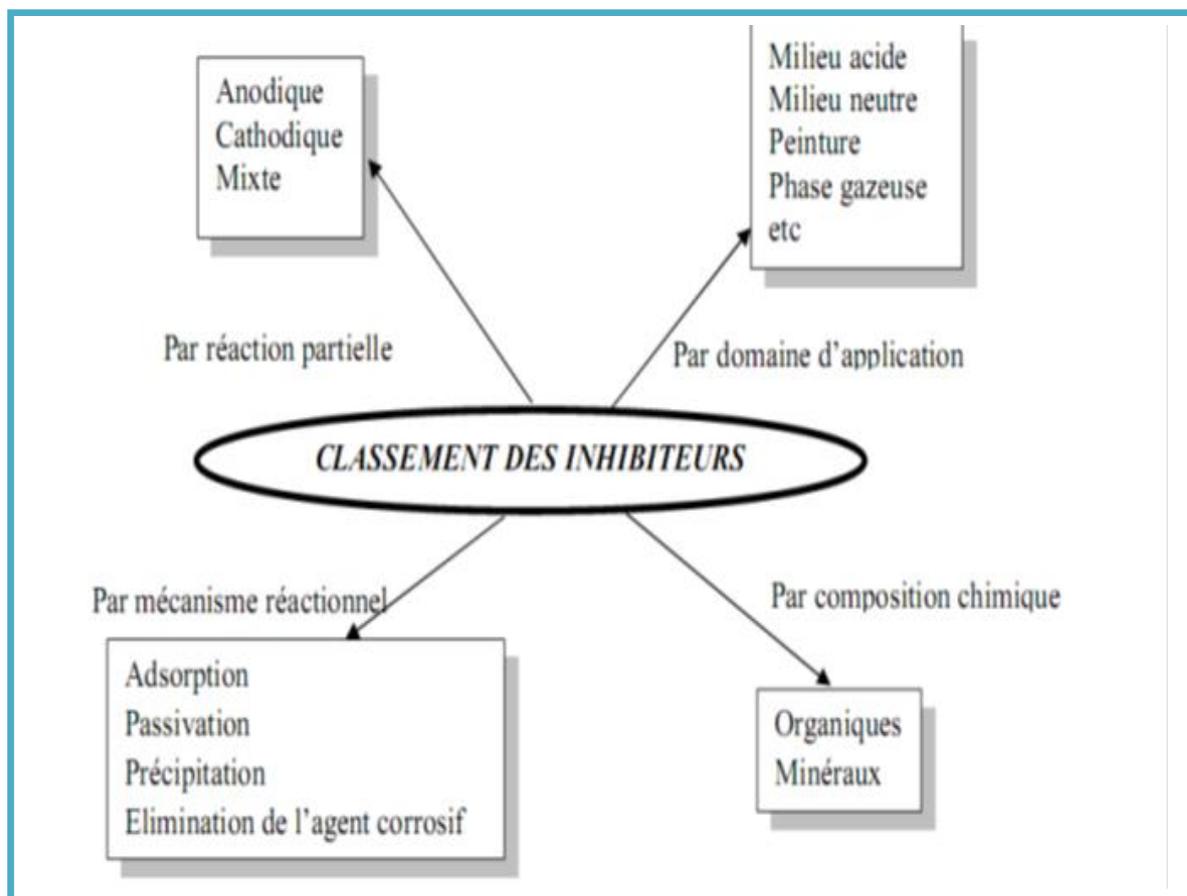


Figure I. 18 : Classement des inhibiteurs de corrosion [64].