

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLAB. BLIDA

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BOLOGIQUES**

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

## **MEMOIRE**

En vue de l'obtention du Diplôme de Master II en Sciences de la nature et de la vie

**Spécialité** : Biotechnologie des plantes médicinales et aromatiques et des produits naturels

### **THEME**

Etude de l'activité anti-inflammatoire et antalgique de l'huile  
essentielle de la Citronnelle « *Cymbopogon citratus* »

Présenté par:

le 28/10/2013

SIDI MOUSSA Mohamed

Devant le jury composé de :

M. BENDALI A.MAA      USDB Président.

Mme FAIDI H.              MAA              USDB              Examinatrice.

Mme AYACHI N.            MAA              USDB              Promotrice.

Mme CHEBATAN.MAA USDB Co-Promotrice.

**Promotion: 2012-2013**

## *Résumé*

Notre travail porte sur l'étude des activités anti-inflammatoire et antalgique de l'huile essentielle de la Citronnelle, *Cymbopogon citratus*. L'huile essentielle (HE) de la partie aérienne de la plante (les feuilles), obtenue par entraînement à la vapeur d'eau, donne un rendement de 0.49%. Les tests physico-chimiques de l'HE de la Citronnelle, répondent aux normes AFNOR en vigueur et indiquent qu'elle est de bonne qualité. L'analyse chromatographique par CG/SM, montre que l'HE est composée en majorité par le Géraniol (28.93%), suivi par le Néral (24.30%) et le Myrcène (23.92%). L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire, par la méthode de l'œdème de la patte de souris, indique que l'huile essentielle de Citronnelle inhibe l'inflammation provoquée par la carraghénine avec un pourcentage de 36.42% pour une dose de 0.2 g/ml. Cette inhibition s'avère plus importante que celle de l'acide acétylsalicylique (témoin positif) à la dose de 2mg/ml. La détermination de l'activité antalgique, évaluée par l'inhibition de la douleur provoquée par l'acide acétique, montre qu'à la dose de 0.3g/ml, l'HE diminue le nombre de crampes induites par l'acide acétique avec un pourcentage de protection de 54.5%.

**Mots-clés :** *Cymbopogon citratus*, huile essentielle, anti-inflammatoire, antalgique.

---

## ***SUMMARY***

Our work focuses on the study of anti-inflammatory and analgesic activity of the essential oil of lemongrass, *Cymbopogon citratus*. The essential oil (EO) of the aerial part of the plant, obtained by steam distillation of water, reveals a yield of 0.49%. The physico-chemical tests of EO Lemongrass meet AFNOR standards and indicate that it is of good quality. Chromatographic analysis by GC/MS showed that EO is mainly composed by geraniol (28.93%), followed by the Neral (24.30%) and Myrcene (23.92%). The evaluation of the anti-inflammatory activity by the method of paw edema of mice, said that Citronella essential oil inhibits inflammation induced by carrageenan with a percentage of 36.42% for a dose of 0.2 g/ml. This inhibition is more important than acetylsalicylic acid (reference) at a dose of 2 mg/ml. The determination of the analgesic activity, as assessed by inhibition of pain caused by acetic acid, shows that the dose of 0.3 g/ml of the EO decreases the number of cramps induced by acetic acid with a percentage of protection of 54.5%.

**Keywords:** *Cymbopogon citratus*, essential oil, anti-inflammatory, analgesic.

---

## ملخص

يتركز هذا العمل على دراسة النشاط المضاد للتهاب والمسكن للألام للزيت الأساسية لنباتة حشيشة الليمون. الزيت الأساسية لأوراق حشيشة الليمون المتحصلة بطريقة التقطير ببخار الماء أعطت مردود 0.49%.

المراقبة الفيزيوكيميائية للزيت الأساسية لحشيشة الليمون المعمول بها حالياً، كما أكدت هذه المراقبة النوعية على جودة ونوعية هذا الزيت. توافقهم المعايير

بالنسبة للتركيب الكيميائي لهذا الزيت المنجزة عن طريق الكروماتوغرافيا (GC / MS)، كشفنا المركب الغالب هو (Géranial 28.93%)، متبوع (Néral 24.30%)، و (Myrcène 23.92%).

الكشف المخبري لنشاط المضاد للتهاب للزيت الأساسية لنباتة حشيشة الليمون، تم بطريقة "انتفاخ مخلب الفأر"، بين أن هذا الزيت عند التركيز 0.2 غ/مل، تكبت الالتهاب الناتج عن مادة الكاراجينين بنسبة 36.42%، وأن هذا الكبت أكبر من المتحصلة عليه بواسطة مادة مرجعية (acide acétylsalicylique)، عند التركيز 2 مغ/مل.

البحث عن النشاط المسكن للألام للزيت الأساسية لنباتة حشيشة الليمون، تم بطريقة "حمض الخل"، بين أن هذا الزيت عند التركيز 0.3 غ/مل، قللت عدد التقلصات العضلية الناتجة عن حمض الخل بنسبة 54.5%.

**الكلمات المفتاحية:** مضاد للتهاب، مسكن للألام، الزيت الأساسية، الفأر، *Cymbopogon citratus*.

## Sommaire

INTRODUCTION .....	1
--------------------	---

### I.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les plantes médicinales et aromatiques.....	3
2. Les huiles essentielles .....	3
2.1.Historique .....	3
2.2.Qu'est-ce qu'une huile essentielle?.....	3
2.3.Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	4
2.4.Composition chimique d'Huile essentielle.....	4
2.5.Propriétés physico-chimique des huiles essentielles.....	4
2.6.Facteurs de variabilité de la composition des huiles essentielles.....	5
2.7.Notion de Chémotype.....	5
2.8.Rôle physiologique des huiles essentielles.....	5
2.9.Activités biologiques des huiles essentielles.....	5
2.10.Conservation de l'huile essentielle.....	7
3. La Citronnelle: <i>Cymbopogon citratus</i> .....	7
3.1. Noms vernaculaires.....	7
3.2. Description botanique.....	7
3.3. Systématique.....	8
3.4. Ecologie.....	8
3.5. Culture.....	8
3.6. Récolte.....	9
3.7. Huile essentielle de la citronnelle.....	10

### II : MATERIEL ET METHODES

1. Matériel.....	12
1.1.Matériel végétal.....	12
1.1. Matériel animal.....	12
2. Méthodes .....	13
2.1. Extraction des huiles essentielles à échelle industrielle.....	13
2.2. Contrôlr physico-chimique de l'HE .....	14
2.3. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire .....	17
2.4. Détermination de l'activité antalgique.....	19

### III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Extraction et rendement en huile essentielle.....	23
2. Propriétés physico-chimiques d'huile essentielle.....	23
3. Composition chimique de l'huile essentielle de Citronnelle.....	24
4. Activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle de Citronnelle.....	26
5.Activité antalgique de l'huile essentielle de Citronnelle.....	28
Conclusion .....	30
Références bibliographiques .....	32
Annexes	

Le monde des végétaux est plein de ressources et de vertus, d'où l'Homme puise non seulement sa nourriture, mais aussi des substances actives qui procurent souvent un bienfait à son organisme parfois affecté de troubles insidieux (**kaddem, 1990**). L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la terre ont recours aux préparations traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire (**Famsworth et al., 1985; Fleurentinet Pelt, 1990**)

La phytothérapie a une longue tradition et a déjà fait l'objet d'innombrables études. Certaines recherches et expériences ont permis d'isoler différents principes actifs végétaux, qui peuvent se trouver dans toute la plante ou se concentrer dans certaines parties, comme les bourgeons, les feuilles, les racines ou les fleurs, sous plusieurs formes: huile essentielle (HE), huile végétale, flavonoïde, tanins...etc. (**Hans W, 2009**)

De nos jours, plusieurs maladies comme, l'athérosclérose, l'asthme et le cancer peuvent être associés à une inflammation, et des douleurs chronique (**Parke et Parke, 1995; Macarthur et al., 2004**). Le traitement de telles maladies, long, coûteux et inaccessible à la plupart des populations pauvres, nécessite l'utilisation des médicaments anti-inflammatoires et antalgiques. Toutefois, l'utilisation des molécules, essentiellement d'origine synthétique, n'est pas sans effets nocifs pour l'organisme; notamment, l'usage prolongé de ces molécules qui peut entraîner des troubles au niveau du tractus gastro-intestinal, des toxicités au niveau du rein et de la peau...etc. (**Ng. SC, 1992**).

La recherche de molécules actives dotées de faibles effets secondaires s'avère nécessaire. De telles molécules sont présentes dans les plantes qui constituent, parfois, la seule source de traitement pour les populations pauvres (**OMS, 2002; Kumaraswamy et al., 2010**).

Parmi ces plantes on a le *Cymbopogon citratus*, plante médicinale et aromatique, l'utilisation de cette plante reste liée à des propriétés de son huile essentielle, qui fait l'objet de plusieurs travaux de recherche en l'occurrence des propriétés anti-inflammatoires (**Francisco et al, 2013**), antalgique (**Gbenou et al, 2013**), antiseptiques, antifongiques (**Edwards-Jones, 2004 ; Pibiri, 2005 ; Amit et Anushree, 2010; Naik et al., 2010**) antibactérienne (**Tepe et al, 2005 ; Gilles et al, 2010**), antioxydant (**Soares et al , 2013**), insecticides, tonifiantes et calmantes, **Baudoux et Zhiri (2009)**,

Bien qu'elles soient efficaces, il est nécessaire d'établir des bases scientifiques d'un traitement traditionnel avec les plantes (**Kumaraswamy et al., 2010**).

## ***Introduction***

---

C'est dans ce but que nous nous sommes intéressés à étudier l'huile essentielle de la Citronnelle, *Cymbopogon citratus* et dans le souci de valoriser cette plante, nous nous sommes assignés, dans le présent travail l'évaluation de l'activité anti-inflammatoire et antalgique d'huile essentielle de la Citronnelle, en comparaison avec des médicaments pris comme référence.

# ***I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***



## ***II. MATERIEL ET METHODES***

### ***III. RESULTATS ET DESCUSSIONS***

# ***INTRODUCTION***

***REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES***

## **DEDICACES**

Je dédie ce modeste travail en témoignage de ma reconnaissance :

A mes chers parents qui représente tout pour moi, en signe de reconnaissance  
aux sacrifices qu'ils ont consentis pour moi depuis ma naissance

A ma sœur et mes frères.

Mes grands-mères

Toute ma famille

Collègues et amis(es)

## **REMERCIEMENTS**

*Avant toute chose, je remercie **DIEU**, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience.*

*J'adresse tout d'abord mes sincères remerciements à **Mme AYACHI N.** Maître assistante à la faculté de Pharmacie, université SAAD DAHLEB de Blida. Merci d'avoir accepté de diriger ce travail au sein du laboratoire de CRD- SAIDAL d'El-Harrache. Merci pour votre encadrement sans faille tout au long de ces trois années.*

*Je remercie vivement **Mme CHEBATA N.** Maître assistante au Département d'Agronomie, université SAAD DAHLEB de Blida, pour avoir accepté de m'encadrer, pour sa disponibilité, son aide, sa patience, sa motivation et ses conseils tout au long de la réalisation.*

*Je remercie le **M. BENDALI A.** Maître assistante au Département d'Agronomie, université SAAD DAHLEB de Blida, d'avoir accepté la présidence du jury, qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.*

*J'adresse mes profonds remerciements à **Mme FAIDI H.** Maître assistante à la faculté de biologie, université SAAD DAHLEB de Blida, pour avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.*

*Je remercie **Mme AZINE K.** le chef de laboratoire de pharmacologie de CRD El-harrach, pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire.*

*J'adresse mes remerciements à **Mme TRIBECHÉ N.** Ingénieur du laboratoire de pharmacologie à CRD de El-harrache, pour son soutien et ses remarques avisées.*

*Je tiens à remercier **Mr Mahdi**, directeur d'Institut national spécialisé dans la formation en industrie agro-alimentaire (Institut Sidi Abdelkader, Blida), pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, pour ces conseils précieux.*

*Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.*



























La partie expérimentale a été réalisée au niveau de la distillerie Extral-bio à Chiffa wilaya de Blida; au laboratoire de pharmacologie au centre de recherche et développement CRD SAIDAL à EL-Harraches, ainsi qu'au niveau du laboratoire de contrôle de qualité, de l'Institut national spécialisé dans la formation en industrie agro-alimentaire (Institut Sidi Abdelkader, Blida). Ce travail s'est étalé sur une période de trois mois, de février à juin 2013.

## **1. Matériel**

### **1.1. Matériel végétal**

Le matériel végétal est constitué de la partie aérienne (feuilles fraîches) de *Cymbopogon citratus*. Les échantillons proviennent d'une culture biologique, sans engrais ni pesticides (Figure 2), appartenant au domaine privé «Extral bio» à Chiffa, wilaya de Blida. Les feuilles de la Citronnelle ont été cueillies en Janvier 2013. L'authentification de l'espèce a été faite au niveau du Jardin d'Essais d'El-Hama (Alger) en comparaison avec des spécimens déposés dans l'herbier.



**Figure 2.** Culture de la citronnelle à Chiffa. (Sidi moussa et Boumlid, 2011)

#### **1.1.1. Matériel Animal :**

Au total , 48 souris ont été utilisées pour la réalisation des deux activités : anti-inflammatoire et antalgique. Les souris sont réparties en 8 lots à raison de six souris par lot. Les caractéristiques des souris utilisées sont comme suit:

- Souris Albinos.
- Sexe : male, femelle.
- Poids : 19 à 21g.

- Alimentation : Granulés O.N.A.B.
- Boisson : Eau de robinet.
- Condition d'hébergement : - T : 20 à 24°C.
  - Humidité : 50%.
  - Eclairage : 10h.

## 2. Méthodes

### 2.1. Extraction de l'HE à échelle industrielle

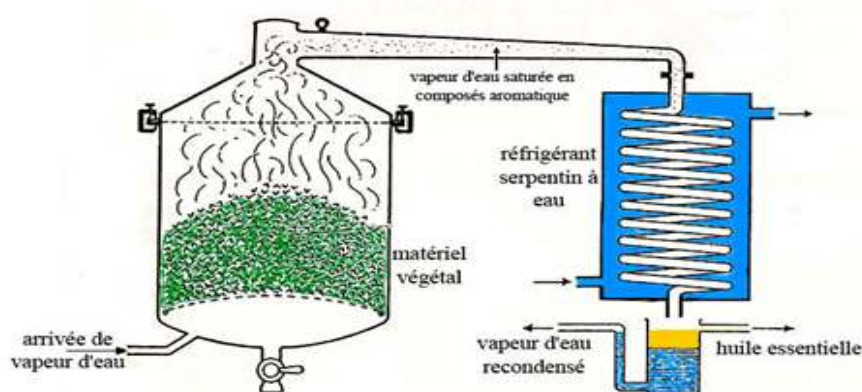
La technique utilisée pour l'extraction de l'HE de la citronnelle est celle de l'entraînement à la vapeur d'eau (Figure 3).

#### Mode opératoire

- Mettre environ 400 kg de matière végétale fraîche (feuille de la Citronnelle) dans un alambic d'une capacité de 2 m<sup>3</sup>.
- Injecter la vapeur d'eau dans un alambic par une chaudière.
- Récupérer le distillat dans un vase florentin (essencier).
- Séparer l'HE de l'hydrolat par décantation.

La conservation de l'HE se fait à une température de 4°C, à l'abri de la lumière, dans des flacons en verre teinté. En se référant aux normes **AFNOR (2000)**, le rendement en HE est calculé comme suit :

$$\% \text{ HE} = \text{Masse HE phase organique} / \text{Masse matière végétale fraîche} \times 100$$



**Figure 3.** Dispositif d'extraction des HE par entraînement à la vapeur d'eau.

## 2.2. Contrôle physico-chimique de l'HE

Le contrôle des paramètres physico-chimique de l'HE de citronnelle, a été déterminé selon des méthodes de référence (AFNOR, 2000). Deux essais ont été effectués afin de calculer la moyenne avec l'écart-type correspondant.

### 2.2.1. Détermination de l'indice d'acide (I.A): (NF ISO 1242 :1999 (T 75-103))

#### Principe

C'est le nombre en mg d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans 1g d'HE. Les acides libres sont neutralisés par une solution éthanoïque titrée de KOH.

#### Mode opératoire et calcul

- Introduire la prise d'essai (2 g d'HE) dans le ballon.
- Ajouter 5 ml d'éthanol (EtOH) (95°) et 5 gouttes au maximum d'indicateur coloré (solution rouge de phénol).
- Titrer le liquide avec une solution de KOH (0,02 mol/l) à l'aide d'une burette, jusqu'à obtention d'un virage de couleur de la solution persistant pendant 30 sec.
- Noter le volume de solution de KOH utilisé.

Le calcul de l'IA est donné par l'équation suivante :

$$IA = \frac{V \times C \times 56.11}{m}$$

V : volume (ml) de KOH utilisé pour le titrage

C : concentration (moles/l) de KOH

m : masse (g) de la prise d'essai

### 2.2.2. Détermination de l'indice d'ester (I.E) : (AFNOR NF T 75-104 : 1994)

#### Principe

C'est le nombre en mg de KOH nécessaire à la neutralisation des acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans 1 g d'HE.

#### Mode opératoire et calcul

Cette détermination est effectuée comme suite :

- Ajouter 25 ml de la solution de KOH (0.5mol/l) dans le ballon précédent (solution provenant de la détermination de l'IA)
- Adapter le réfrigérant à reflux au ballon et le placer ensuite sur le manteau chauffant.
- Maintenir le ballon sur le manteau chauffant pendant une heure et laisser le refroidie.
- Ajouter 20 ml d'eau, puis 5 gouttes de solution de rouge de phénol.
- Titrer l'excès de KOH avec une solution HCl (0.5mol/l).

En parallèle, nous effectuons un essai à blanc (eau distillée au lieu de l'HE) dans les mêmes conditions. Nous prenons soin d'ajouter 5 ml d'éthanol neutralisé avant d'ajouter les 25 ml de solution KOH. L'indice d'ester est calculé par l'équation suivante :

$$IE = 28.05 (V_0 - V_1)$$

V0 : volume (ml) de solution d'HCl (essai à blanc).

V1 : volume (ml) de solution d'HCl (détermination de l'IE).

### 2.2.3. Mesure de la miscibilité à l'éthanol : (NF T 75-101 : 1999)

La miscibilité de l'HE a été déterminée dans de l'éthanol à 70°. (AFNOR, 2000)

### 2.2.4. Mesure du potentiel d'Hydrogène (pH)

Cette mesure est effectuée à l'aide d'un pH mètre. (Le hir et cohen, 2001).

### 2.2.5. Détermination de la densité relative à 20 °C (d 20)

#### Principe

C'est le rapport de la masse d'un volume d'HE à la masse d'un volume égal d'eau à 20°C.

#### Mode opératoire et calcul

Par manque d'une quantité suffisante d'HE, nous étions dans l'obligation de procéder par une méthode non homologuée. Elle consiste à prélever à l'aide d'une micropipette un volume de 1 ml d'HE et de le peser, avec une balance analytique de précision, en prenant en considération le coefficient de correction de température :

$$d^{20} = (m \text{ HE} / m \text{ H}_2\text{O}) + (0.00073 \times (T^{\circ} \text{echant} - 20))$$

m : masse en gramme.

T<sup>0</sup> : température en °C.

### 2.2.6. Détermination de l'indice de réfraction (IR) : (ISO 280 : 1999 (75-112))

#### Principe

C'est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux, de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'HE.

#### Mode opératoire et calcul :

Régler le réfractomètre en mesurant l'IR de l'eau distillée qui doit être de 1,333 à une température de 20°C. Après ouverture du prisme secondaire, nous déposons 2 gouttes d'HE sur la partie centrale du prisme principal. Enfin, nous fermons délicatement le prisme secondaire.

La lecture de la mesure s'effectue à une température stable. Le calcul de l'IR, à la température de référence T', est donné par l'équation suivante :

$$IR = nt^0 + 0.0004 (20 - T^0)$$

$nt^0$  : valeur de lecture obtenue à la température  $t^0$ .

$T^0$  : température en °C de l'échantillon.

### 2.2.7. Analyses chromatographiques de l'HE : (NF ISO 11024-1 : 1999) (Afnor, 2000)

L'analyse chromatographique est réalisée par Chromatographie gazeuse couplée à la Spectrométrie de masse (CG-SM)

#### Principe

L'échantillon à analyser est introduit dans le chromatographe puis séparé et analysé.

Les différents constituants gazeux arrivent dans la chambre d'ionisation de spectromètre de masse où ils sont fragmentés. Les ions issus de la fragmentation sont dirigés vers le dispositif de séparation, ils sont alors triés suivant leur rapport masse/charge, puis leur répartition est donnée sous la forme d'un spectre de masse (De maack et sablier, 1997 *in* Boukhatem, 2010)

## Mode opératoire

Les analyses chromatographiques de l'HE ont été effectuées sur un CPG type Hewlett Packard (6890) couplé avec un SM (HP 5973)

Une quantité de 1 µl d'HE diluée dans le dichlorométhane est prélevée et injectée dans l'appareillage pour déclencher les procédures d'analyse.

La fragmentation est effectuée par impact électronique à 70 eV. La colonne utilisée est une colonne capillaire HP-5MS (30 m x 0,25 mm). La température de la colonne est programmée de 50 à 250 °C à raison de 4 °C.min<sup>-1</sup>. Le gaz vecteur est l'hélium dont le débit est fixé à 1,5 ml.min<sup>-1</sup>. L'appareil est relié à un système informatique gérant une bibliothèque de spectre de masse NIST 98 et piloté par un logiciel « HP ChemStation ». Ceci permettra l'identification des constituants aromatiques des HE.

### 2.3. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire et antalgique

En se basant sur les travaux de **Paranagama (2003)** et **Celso et al.(2011)**, nous avons déterminé les doses pour l'évaluation des deux activités, anti-inflammatoire et antalgique. Ces doses sont inférieures à la dose létale de l'huile essentielle.

#### 2.3.1. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire

Nous avons utilisé la méthode de l'œdème de la patte de souris (**Colot, 1972**) adoptée par le CRD-SAIDAL de El-Harrach.

#### Principe

L'injection de carraghénine sous l'aponévrose plantaire de la patte postérieure de la souris entraîne l'apparition d'un œdème de la région métatarsienne. L'intensité de cet œdème, qui atteint son maximum de développement en 4 heures, est évaluée grâce à l'augmentation du volume de la patte (par rapport au volume initial). L'administration préventive par voie orale d'un produit anti-inflammatoire réduit de façon significative le développement de l'œdème.

#### Protocole expérimental

Mettre les souris à jeun pendant 18 heures avec accès libre à l'eau. Au moment de l'expérimentation, peser les souris et les répartir en quatre lots homogènes de six souris par lot.

**Au temps To** : (gavage)

Administrer aux quatre lots par voie orale (Figure 4), les suspensions suivantes: (**Annexe 2**)

- **Lot témoin négatif:** 0,5 ml d'eau distillée pour chaque souri.
- **Lot témoin positif:** 0.5ml de la solution d'acide acétylsalicylique à la dose de 2 mg/ml
- **Lot essai 1:** 0.5ml HE de la Citronnelle à la dose de 0.1g/ml
- **Lot essai 2:** 0.5ml HE de la Citronnelle à la dose de 0.2g/ml



**Figure 4.**Administration par voie orale d'HE de la Citronnelle. **(Original)**

**Au T0 +30min :**

Injecter 0.025ml de la solution de carraghénine sous l'aponévrose plantaire de la patte arrière gauche(Figure 5),à toutes les souris.



**Figure 5.** Injection de la carraghénine sous l'aponévrose plantaire de la patte arrière gauche de la souris. **(Original)**



**Au temps T0+4h :** Sacrifier les souris par rupture de la nuque, et couper les pattes postérieures droites et gauches à hauteur de l'articulation et les peser sur une balance analytique(Figure 6)



**Figure 6.** Pattes postérieures droites et gauches de la souris à hauteur de l'articulation.  
(Original)

### Expression des résultats

- Calculer les moyennes arithmétiques des poids de la patte gauche et de la patte droite pour chaque lot.
- Calculer le pourcentage d'augmentation des poids de la patte (% d'œdème) par la formule suivante :

$$\% \text{ d'œdème} = \frac{\text{moyenne des poids de patte droite} - \text{moyenne des poids de la patte gauche}}{\text{moyenne des poids de patte droite}} \times 100$$

- Calculer le pourcentage de réduction de l'œdème chez les souris traitées par rapport au témoin :

$$\% \text{ de réduction de l'œdème} = \frac{\% \text{ del'œdèmetémoin négatif} - \% \text{ del'œdèmeessai}}{\% \text{ del'œdèmetémoin négatif}} \times 100$$

### 2.4. Détermination de l'activité antalgique :

L'activité antalgique a été recherchée chez la souris par la méthode de l'acide acétique(Vogel et Vogel, 1997)

#### Principe

L'injection de l'acide acétique par voie intrapéritonéale chez la souris provoque une réaction douloureuse. Cette douleur se manifeste par des mouvements de torsion de l'abdomen,

avec étirement des pattespostérieures (crampes), qui peuvent être réduite par un produit antalgique.Cette étude permet de comparer la réduction du nombre de crampes après administration du produit antalgique (HE de Citronnelle), et du produit pris comme référence (Paracetamol).

**Protocole :**

Mettre les souris à jeun la veille du test (18h à jeun), Au moment de l'expérimentation, peser les souris et les repartir en quatre lots de six souris.

**A temps T0 :** (gavage)

Administer aux quatre lots par voie orale les suspensions suivantes:(Annexe 2)

- **Lot témoin négatif:** 0,5 ml d'eau distillée pour chaque souri par voie orale.
- **Lot témoin positif:** 0.5ml de la solution de Paracétamol à la dose de 2 mg/ml
- **Lot essai 1:**0.5mld'HE de la Citronnelle à la dose de 0.2g/ml
- **Lot essai 2:** 0.5ml d'HE de la Citronnelle à la dose de 0.3g/ml

**Au T0+ 30 mm :**

Injecter à tous les souris, 0.2 ml dela solution d'acide acétique à 1%, par voie intra péritonéale(Figure 7). Les souris sont séparés dans des cages individuelles



**Figure 7.**Injection de l'acide acétique à 1% par voie intra péritonéale.(Original)

*Au T0 +35 min :*

Compter le nombre de crampes pour chaque souris, par observation directe, pendant 10mn

**Expression des résultats :**

- Calculer les moyennes arithmétiques des crampes pour chaque lot.
- Calculer le pourcentage de réduction de crampes (pourcentage de protection) chez les souris traitées par rapport aux témoins.

$$\% \text{de protection} = \frac{\text{moyennes des crampes du lot témoin négatif} - \text{moyennes des crampes du lot essai}}{\text{moyenne des crampes du lot témoin négatif}} \times 100$$

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b>	Aspects morphologiques de citronnelle ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	<b>Page 09</b>
<b>Figure 2</b>	Champs de culture de la citronnelle à Chiffa.	<b>Page 12</b>
<b>Figure 3</b>	Extraction des HE par entraînement à la vapeur d'eau	<b>Page 13</b>
<b>Figure 4</b>	Administration par voie orale d'huile essentielle de la Citronnelle (gavage)	<b>Page 18</b>
<b>Figure 5</b>	Injection de la carraghénine sous l'aponévrose plantaire de la patte arrière gauche de la souris	<b>Page 18</b>
<b>Figure 6</b>	Les pattes postérieures droites et gauches de la souris à hauteur de l'articulation	<b>Page 19</b>
<b>Figure 7</b>	Injection de l'acide acétique à 1% par voie intra péritonéale de la souris	<b>Page 20</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Paramètres physico-chimiques de l'HE de la citronnelle	<b>Page 24</b>
<b>Tableau 2</b>	Composition chimique de l'HE de citronnelle ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	<b>Page 25</b>
<b>Tableau 3</b>	Moyennes du poids entre la patte gauche et droite des souris	<b>Page 26</b>
<b>Tableau 4</b>	Pourcentage de l'œdème et pourcentage de réduction de l'œdème	<b>Page 27</b>
<b>Tableau 5</b>	Nombre de crampes/ souris observées pendant 10 min, et pourcentage de réduction des crampes.	<b>Page 28</b>



















































## 1. Extraction et rendement en HE

Le rendement en HE de la partie aérienne fraîche de la Citronnelle (*Cymbopogon citratus*), obtenu par entraînement à la vapeur d'eau à l'échelle industrielle, est de 0.49%. Ce taux est en conformité avec celui des normes AFNOR en vigueur. Ces normes mentionnent un pourcentage qui doit osciller entre 0.4% à 0.5% voire 0.77%. (AFNOR, 2000).

Des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs, dont le rendement varie entre 0.4% et 0.48% (Shasany et al., 2000 ; Cassel et Vargas, 2006; Aïssata, 2009; Sidi moussa et Boumlid, 2010).

Cependant, d'autres auteurs trouvent des rendements plus élevés, et qui varient entre 0.62% et 1.3% (Kanko et al., 2003 ; Armando et Rahma, 2009 ; Koffi et al., 2009 ; Tchoumboungang et al., 2009).

Ces différences de rendement seraient dus, d'après la bibliographie, à de nombreux facteurs : l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), l'espèce végétale elle-même, l'organe végétal, le stade de développement, la conservation du matériel végétal et la méthode d'extraction (Granger et al., 1973 ; Rosua et Granados, 1987 ; Fournier et al., 1989; khajeh et al., 2004 et 2005 ; Viljoen et al., 2006 ; Sefidkon et al., 2007)

Les pratiques culturales peuvent être à l'origine de ces changements. Parmi ces pratiques, nous pouvons citer l'irrigation, qui a un effet positif sur la croissance végétative (El-Zakhem, 2003). Selon le même auteur, l'insuffisance ou l'excès d'eau a un effet négatif sur le rendement en huiles essentielles. Ce rendement dépend aussi, d'après Flück (1942), Salle et Pelletier (1991), du moment de la récolte, les feuilles doivent être récoltées avant la floraison. Par contre, la plante entière est généralement récoltée pendant la floraison (Flück, 1942).

## 2. Propriétés physico-chimiques des HE

Les contrôles des paramètres physico-chimiques de l'HE de citronnelles sont rapportés dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Paramètres physico-chimiques de l'HE de la citronnelle

	Citronnelle	
	HE	AFNOR
Indice d'Acide	4.01±0.12	2-10
Indice d'Ester	42.4±1.82	15-40
Densité à 20°C	0.881±0.03	0.872-0.897
Indice de Réfraction	1.4851±0.00	1.4700-1.4890
Miscibilité à l'EOH 70°	0.97±0.04	1.5 vol Max
pH	4.0±1.02	-

L'indice d'acide de l'HE de Citronnelle est de 4.01±0.12 et qui est conforme aux normes AFNOR (maximum 10). Il donne une idée sur le taux d'acides libres (**Kanko et al., 2004**), Plus sa valeur est faible, meilleure sera la qualité de l'HE. Ceci constitue une garantie d'une conservation acceptable (**Salle, 1991**). Nous pouvons dire que l'HE de la citronnelle a été bien conservé durant son stockage.

L'indice d'ester donne une idée sur le taux de saponification des esters. Cet indice est légèrement supérieur aux normes AFNOR avec une valeur de 42.4±1.82.

Concernant les paramètres physiques, L'HE de Citronnelle, présente une densité de 0.881±0.03. Cette valeur est conforme aux résultats donnés par les normes AFNOR et qui sont compris entre 0.872 et 0.897.

L'indice de réfraction de l'HE est de 1.4851±0.00, cette valeur se situe dans l'intervalle des normes AFNOR. L'indice de réfraction varie essentiellement avec la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés (**Koba et al. 2004**). Une forte teneur en monoterpènes donnera un indice élevé ce qui est le cas de l'HE de notre étude.

### 3. Composition chimique de l'HE de citronnelle

Les résultats de la composition chimique de l'HE de la Citronnelle, faite par CG-SM, sont rapportés dans le Tableau 2. Les différents composés ont été listés selon leur temps de rétention.

**Tableau 2** : Composition chimique de l'HE de citronnelle (*Cymbopogon citratus*)

Temps de rétention (mn)	Composés	Concentration %
<b>8.31</b>	<b>Myrcène</b>	<b>23.92</b>
9.74	Limonène	0.07
10.19	$\beta$ -Ocimène	1.47
10.67	3-Carène	0.99
16.22	Citronellal	0.41
20.97	Citronellol	0.35
<b>22.60</b>	<b>Linalool</b>	<b>6.56</b>
<b>23.69</b>	<b>Géranial</b>	<b>28.93</b>
<b>25.65</b>	<b>Néral</b>	<b>24.30</b>
<b>30.33</b>	<b>Géraniol</b>	<b>2.42</b>
54.58	Eicosane	0.19
55.18	Nonadecane	0.55
55.42	Triacotane	1.33
55.65	Tétracosane	0.25
<b>Total identifié</b>		<b>91.74</b>

Au total, 14 composés ont été identifiés ce qui représente un taux de 91.74%. Le composé majoritaire est le Géranial avec 28.93%, suivi du Néral (24.30%), ensemble souvent dénommé Citral, et le Myrcène avec 23.92%. Les composés minoritaires sont représentés par le Linalool (6.56%) et le Géraniol (2.42%). Les autres composés sont présents à des taux inférieurs à 2%.

Aussi, cette HE est composée en majorité par des composés monoterpéniques (87.67 %), avec une prépondérance de composés oxygénés (55.72 %) dominés par le Géranial (28.93 %), le Néral (24,3 %). Dans le groupe des monoterpènes hydrocarbonés, le Myrcène représente 23,92 % du mélange.

Etant donné que le Géranial est le composé majoritaire, cette HE pourrait être classée dans le « chémotype Géranial ».

Des résultats similaires ont été rapportés dans plusieurs travaux (Lee et al., 2007 ; Tchoumboungang et al., 2009 ; Matasyoh et al., 2011) avec des concentrations en Citral qui varient entre 54% et 61%, d'autres auteurs (Koba et al., 2004 ; Kanko et al., 2004 ; Koffi et al., 2009 ; Amit et al., 2010) ont rapportés un profil chromatographique caractérisé par un taux de Citral très élevé, oscillant entre 73% à 77%.

D'après Barreira et al. (2004), quelle que soit l'origine géographique de *C. citratus*, son HE est caractérisé par la présence du citral. Ce composé a été signalé en quantité importante (90 %) dans l'HE de l'espèce cultivée en Amérique latine (Brésil).

Concernant le Myrcène, nos résultats ne sont en accord avec ceux donnés par Amit et al. (2010), qui notent des valeurs quasi nul (0.8 %), alors que Kanko et al. (2004), mentionnent sa présence en grande proportion (67 %).

Selon Bruneton (1999) ; Ram (2003) ; Mosta (2006) ; Araya (2006) ; Gomes (2007) ; Saxena (2008), la composition chimique d'une HE est tributaire de plusieurs facteurs. Plusieurs études révèlent que les facteurs pédoclimatiques exercent une grande influence sur la variabilité dans le profil des extraits aromatiques des plantes, et qui ont affirmées que cette variabilité dépend des périodes de la récolte (estivale ou hivernale) des plantes à parfum. Le climat (la température, la durée d'ensoleillement, la pluviométrie), l'altitude et de la nature de sol, les pratiques culturales peuvent, elles aussi, affecter la qualité chimique de l'HE.

#### 4. Activité anti-inflammatoire

Nous avons estimé l'œdème en fonction du poids de la patte gauche (patte testé) par rapport à la patte droite (patte témoin) de la souris. (Annexe 3)

Les variations des poids moyens des pattes de souris traitées pour les 6 souris sont rapportées dans le Tableau 3.

**Tableau 3** : Moyennes de la différence des poids entre la patte gauche et droite des souris

	Témoin négatif	Témoin positif	Essai 1(1%)	Essai 2(2%)
Moyenne (g)	<b>0.0281</b>	<b>0.020</b>	<b>0.0215</b>	<b>0.0152</b>

Le tableau 3, montre que la carragénine entraîne une augmentation de 0.0281g du poids de la patte des souris, pour lot témoin. L'administration orale de l'acide acétylsalicylique à la dose de 2mg/ml prévient l'augmentation du poids de la patte de souris, elle est de 0.020g. Une augmentation moindre a été observée après l'administration d'HE de Citronnelle à la dose de 0.1g/ml et 0.2g/ml, d'ordre de 0.0215 et 0.0152 respectivement.

Pour mieux comprendre l'effet de notre huile sur cette inflammation, nous avons calculé le pourcentage de l'œdème et le pourcentage de réduction de l'œdème, les résultats sont consignés dans le Tableau 4.

**Tableau 4 :** Pourcentage de l'œdème et le pourcentage de réduction de l'œdème

	Témoin négatif	Témoin positif	Essai 1(1%)	Essai 2(2%)
% œdème	23.28	16.62	16.55	14.80
% réduction de l'œdème		28.60	28.90	36.42

Après quatre heures de l'injection de la carragénine, Le pourcentage de l'œdème (l'état inflammatoire), est de 23.28% chez le lot témoin. Cependant, l'HE de la Citronnelle administrée à 0.1g/ml et 0.2g/ml, a réduit le volume de l'œdème par rapport aux témoins, avec 16.55% et 14.80% respectivement.

L'évaluation du pourcentage de réduction de l'œdème montre que l'HE de la Citronnelle à réduit de 28.90% l'œdème à la dose de 0.1g/ml, son effet semble légèrement plus important que celui du lot de référence (28.60%). A la dose de 0.2g/ml, l'HE de la Citronnelle possède une activité anti-inflammatoire très remarquable (36.42%) nettement plus importante que l'effet obtenu par l'acide acétylsalicylique (référence).

Des résultats similaires ont été rapportés dans plusieurs travaux (**Figueirinha et al., 2010 ; Garcia et al., 2010; Francisco et al., 2011; Shah et al., 2011 ; Gbenou et al., 2013**), avec des pourcentages de réduction de l'œdème variant entre 53% et 82% pour la dose de 0.2g/ml.

L'analyse chromatographique de l'HE de citronnelle a montré sa richesse en composés monoterpéniques, qui représentent 87.67 % de la composition chimique de l'HE.

En effet, plusieurs études démontrent que les composés monoterpéniques sont à l'origine de l'effet anti-inflammatoire important des plantes aromatiques (**KASTNER et al., 1993 ; SOSA et al., 2001 ; DANG et al., 2005 ; KANG et al., 2008**)

## 5. Activité antalgique

Les résultats de l'activité antalgique de l'HE de la Citronnelle, par la méthode de la douleur chimique provoquée par l'acide acétique (Test de crampes), sont présentés dans le Tableau 5.

**Tableau 5.** Nombre de crampes/ souris observé pendant 10 min et pourcentage de réduction des crampes.

	Témoin négatif	Témoin positif	Essai 1 (2%)	Essai 2 (3%)
Souris 1	42	1	27	16
Souris 2	21	1	22	20
Souris 3	10	0	47	13
Souris 4	39	2	2	0
Souris 5	25	1	27	0
Souris 6	19	1	17	22
<b>moyennes descrampes</b>	26	1	23.66	11.83
<b>%de protection</b>	-	<b>96.15%</b>	<b>9%</b>	<b>54.5%</b>

A partir du tableau 5, nous constatons que le nombre moyen de crampes est élevé pour le lot essai à la dose de 0.2g/ml, avec un pourcentage de protection de 9%. Par contre, la dose 0.3g/ml d'HE s'avère plus efficace avec un pourcentage de protection de 54.5%. Le Paracétamol (produit de référence) supprime de 96.15% les crampes induites par l'acide acétique en comparaison avec le lot témoin où la moyenne des crampes induite est de 26 crampes/10 min.

Des résultats similaires ont été rapportés dans plusieurs travaux (Rao et al., 1990 ; Lorenzetti et al., 1991; Viana et al., 2000; Kumaran et al., 2003), qui indiquent la présence d'une activité antalgique importante de l'HE de citronnelle, avec un pourcentage de protection variant entre 48% et 80% pour un intervalle de doses entre 0.1g/ml et 0.5g/ml.

Rao et al. (1990), et Lorenzetti et al. (1991), indiquent que le Myrcène, inhibe significativement les douleurs provoquées par l'acide acétique, et le considèrent comme le composant antalgique de l'HE de la Citronnelle.



À la lumière de résultats trouvés par **Rao et al. (1990)** ; **Lorenzetti et al. (1991)**, et à la lecture des résultats chromatographique de notre huile essentielle, nous pouvons justifier l'activité antalgique de cette huile par la présence du Mycène dans sa composition chimique, avec un pourcentage de 23.92%, et par la présence des aldéhydes (Géranial 28.93%, Néral 24.30%,) qui possèdent une activité anti-inflammatoire et antalgique (**Dang et al., 2005**; **Kang et al., 2008**).

## Conclusion

Notre étude s'est axée sur la valorisation d'une plante médicinale et aromatique, la Citronnelle (*Cymbopogon citratus*), en vue de son utilisation en aromathérapie comme anti-inflammatoire et antalgique.

Le rendement en HE, obtenu par la méthode d'entraînement à la vapeur d'eau à l'échelle industrielle, à partir de la partie aérienne de la plante, est de 0.49%, ce qui est en conformité avec les normes AFNOR en vigueur.

Le contrôle des paramètres physico-chimiques de notre HE a révélé que tous les indices physico-chimiques sont conformes aux normes AFNOR. Nous pouvons dire que l'huile a été bien conservée durant son stockage et qu'elle est de bonne qualité.

L'analyse chromatographique, par CG-SM a montré que l'HE est caractérisée par la présence d'un aldéhyde majoritaire, le Citral (53%) qui est un mélange de Géraniol et de Néral, suivi par le Myrcène (23.92%). Cette HE peut être classée en «chénotype Géraniol»

L'étude de l'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle, a démontré qu'à une dose de 0.1g/ml, l'HE réduit jusqu'à 28.90 % de l'œdème induit par la carraghénine et à la dose de 0.2g/ml, elle réduit 36.42 %.

Pour l'activité antalgique, la dose de 0.3g/ml de l'HE de Citronnelle a diminué les crampes provoquées par l'acide acétique avec un pourcentage de protection de 54.5%.

Ces résultats pourraient ouvrir la voie à l'exploitation des propriétés anti-inflammatoire et antalgique de l'huile essentielle de la citronnelle, comme alternative aux traitements chimiques (médicaments). Toutefois, il serait intéressant de poursuivre ce travail par:

- L'étude de la toxicité de l'huile essentielle
- Tester ces activités sur un échantillon plus représentatif
- La séparation des différents composés de l'huile essentielle par des techniques plus performantes et tester leur effet thérapeutiques
- S'intéresser à d'autres effets thérapeutiques de l'HE de la citronnelle afin de mieux valoriser la plante

# Annexe 1

## Matériels non biologique

### 1. Equipements.

Balance de précision

Plaque chauffante

Réfractomètre

Cages

Des seringues graduées à aiguilles

La canule gastrique

Les gants

Bistouri

### 2. Verreries et consommables.

Ballon à fond plat à col rodé

Béchers: 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml

Burette 20 ml

Tubes à essai stériles

### 3. Solutions et réactifs utilisés

Acide acétique à 0.01%

Acide chlorhydrique (HCl) : 0,5 mol/l

Eau de javel 12°

Eau distillée

Ethanol 95° et 70°

Éther diéthylique

Hydroxyde de potassium (KOH) : 0,02 mol/l et 0,5 mol/l

Rouge de phénol : 0,4 g/l

Tween 80

## **Annexe 2**

### **1. Préparation des solutions de référence (l'acide acétylsalicylique et Paracétamol) :**

Dans un erlemmeyer de 250 ml on dissout dans l'eau distillée un comprimé de :

- Acepral 500mg, pour la solution de acétylsalicylique (pour l'activité anti-inflammatoire)
- Paralgan 500mg, pour la solution de Paracétamol (pour l'activité antalgique)

On agitant le mélange jusqu'à que le comprimé et dissoudre complètement.

### **2. Préparation des dilutions de l'HE :**

Dans une fiole de 10 ml de l'eau distillée on ajoute :

- 0.1 g de l'HE de Citronnelle pour la dose de 1% (0.1g/ml)
- 0.2g de l'HE de Citronnelle pour la dose de 2%
- 0.3g de l'HE de Citronnelle pour la dose de 3% (0.3g/ml)

On ajoute quelque goutte de Tween 80 pour faciliter la dispersion de l'HE dans l'eau distillée

### Annexe 3

**Moyennes des poids entre la patte gauche et droite des souris :**

	Témoin (g)	Référence (g)	Essai 1(1%) (g)	Essai 2(2%) (g)
Souris 1	0.0369	0.0155	0.0751	0.0015
Souris 2	0.0212	0.0171	0.00	0.001
Souris 3	0.0294	0.021	0.0035	0.001
Souris 4	0.04	0.0205	0.0017	0.0235
Souris 5	0.0274	0.0179	0.0176	0.0365
Souris 6	0.0137	0.0309	0.0161	0.0278





## **1. Les plantes médicinales et aromatiques**

Une plante médicinale est une plante qui est utilisée pour prévenir, soigner ou soulager divers maux. Les plantes médicinales sont des drogues végétales dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses (**Farnsworth *et al.*, 1986**). Environ 35000 espèces de plantes sont employées par le monde à des fins médicinales, ce qui constitue le plus large éventail de biodiversité utilisé par les êtres humains. (**Elqajet *et al.*, 2007**)

## **2. Les huiles essentielles**

### **2.1. Historique**

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C. (**Baser et Buchbauer, 2010**). Les huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses matières premières végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernaient différents domaines: parfumerie, médecine, rites religieux, alimentation...etc. (**Besombes, 2008**).

L'étape de la civilisation byzantine, a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec l'ère arabe, l'HE devient un des principaux produits de commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an mille, Avicenne, médecin et scientifique persan, a défini précisément le procédé d'entraînement à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques.

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. René-Maurice GATTEFOSSE a créé, en 1928, le terme de l'aromathérapie et il a mené de nombreux travaux concernant les huiles essentielles, notamment leurs propriétés (**Besombes, 2008**).

### **2.2. Qu'est-ce qu'une HE?**

Une HE peut être un ensemble de molécules pour un chimiste, un arôme pour un parfumeur ou encore la quintessence ou l'esprit d'un végétal pour un alchimiste. En réalité une HE est l'ensemble de tout cela, car il s'agit d'un produit parfumé et volatil composé de molécules sécrétées par certains arbres et certaines plantes qui lui confèrent un parfum spécifique. Le terme «volatile» s'explique par le fait que les huiles essentielles s'évaporent très rapidement (**Alessandra, 2008**).



Selon le même auteur, Une HE est donc une sécrétion naturelle qui s'effectue dans une partie du végétal: la feuille, l'écorce ou la fleur.

### **2.3. Localisation des HE dans la plante**

Selon **Faye (1997)**; **Agnamey et al. (2002)**; **Besombes (2008)**; **Bruneton(2009)**, les huiles essentielles sont retrouvées exclusivement chez les Spermaphytes, exemples: Conifères, Lamiacées, Myrtacées, Apiacées, Lauracées, Rutacées et Astéracées. Elles peuvent être localisées dans le cytoplasme de certaines cellules végétales sécrétrices isolées (cas des Lauracées et Magnoliacées), mais se trouvent le plus souvent dans des organes sécréteurs spécialement différenciés et variables suivant les familles botaniques, par exemple: les poils sécréteurs des Lamiacées, les poches sécrétrices des Rutacées et les canaux sécréteurs des Conifères. la structure sécrétrice peut être externe, comme dans certaines espèces de Lamiacées, ou bien interne, comme chez différents Eucalyptus (Myrtacées).

### **2.4. Composition chimique**

Une connaissance basique des principes actifs fondamentaux permet d'utiliser au mieux les huiles essentielles, mêmes si l'action de chacune d'elles ne peut pas se résumer aux caractéristiques d'un seul de ses composants. Les données chimiques ne seront donc qu'un élément permettant à l'expert en aromathérapie d'affiner son choix (**Alessandra Moro Buronza.2008**).

Selon **Alessandra (2008)**, les composants principaux des huiles essentielles peuvent être regroupées en grandes familles suivantes: les esters, les phénols, les aldéhydes, les cétones, les alcools, les terpènes, les acides, les sesquiterpènes.

Actuellement, plus de 3000 constituants ont été isolés à partir d'huiles essentielles(**Anton et Lobstein, 2005**).

### **2.5. Propriétés physico-chimique**

Malgré leurs différences de constitution, les huiles essentielles possèdent un certain nombre de propriétés physiques communes. Elles sont généralement sous forme liquides à température ambiante et leur grande volatilité les oppose aux "huiles fixes" (lipides). Leurs teintes est généralement comprise dans unegamme allant de l'incolore au jaune pâle. Il existe toutefois quelques exceptions, commel'HE de camomille romaine qui possède une coloration bleue clair due à la présence du chamazulène(**Faye. 1997**)

Le même auteur, note que La densité des HE est le plus souvent inférieure à l'unité. Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé. Les HE sont peu solubles dans l'eau et sont

solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques. Elles sont très facilement altérables et sensibles à l'oxydation. Le caractère odorant des huiles essentielles est lié à la volatilité des molécules qui les composent ce qui permet de les obtenir par entraînement à la vapeur d'eau.

## **2.6. Facteurs de variabilité de la composition**

la composition et le rendement des huiles essentielles peuvent varier selon l'âge, le cycle végétatif de l'organe **Fantino (1990)**, le mode d'extraction **Besombes (2008)**, les facteurs climatiques et la nature du sol **Maffei et Sacco (1997)**, **Huang et al. (1995)**, ainsi que la méthode de séchage et du stockage de l'organe **Carette (2000)**.

## **2.7. Notion de Chémotype**

Le chémotype, ou chimiotype, caractérise en quelque sorte la "race chimique", encore appelée "spécificité biochimique", de l'HE. En effet, il peut exister des chémotypes différents pour une espèce botanique. Ainsi, le chémotype se distingue par le ou les constituants chimiques principaux et pourra induire des indications thérapeutiques différentes (**Roux, 2008**).

## **2.8. Rôle physiologique**

Beaucoup de plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu (**Rai et al., 2003 in Mohammadi, 2006**). Il y a beaucoup de spéculations au sujet du «rôle» des huiles essentielles des plantes. Plusieurs effets apparents «utiles» ont été décrits: 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 (**Porter, 2001**).

Certains auteurs suggèrent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, pour favoriser la pollinisation (**Belaiche, 1979**)

## **2.9. Activités biologiques**

Les huiles essentielles sont dotées de propriétés antiseptiques et antimicrobiennes. Beaucoup d'entre elles, ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales, anti-oxydantes, et antiparasitaires. Plus récemment, les recherches reconnaissent des propriétés anticancéreuses (**Valnet, 2005**).

L'activité biologique d'une HE est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son «Totum»; c'est-à-dire,

l'intégralité de ses constituants et non seulement à ses composés majoritaires (**Lahlou, 2004; Salle, 1991**).

- **Activité anti-inflammatoire**

L'inflammation est une réaction de défense de l'organisme à diverses agressions qui peuvent être d'origine physique, chimique, biologique ou infectieuse. Le traitement actuel de l'inflammation fait appel aux anti-inflammatoires stéroïdiens (glucocorticoïdes) et non stéroïdiens comme l'aspirine. Ces molécules, bien qu'étant efficaces, présentent le plus souvent des effets indésirables qui peuvent gêner leur utilisation (**Gaziano et al.,2006**).

Selon **Khalil et al. (2006)**,les huiles essentielles possédant une activité anti-inflammatoire qui pourraient constituer une alternative dans la thérapeutique anti-inflammatoire, du fait de leur meilleure accessibilité et de leur moindre toxicité par rapport aux anti-inflammatoires classiques. Cette activité est liée selon **Alessandra (2008)**, à la présence des aldéhydes, contenus dans un grand nombre d'huiles essentielles, qui possède la propriété de combattre les inflammations.

Les huiles essentielles sont également utilisées en milieu clinique pour soigner des potentiels inflammatoires tels que: les rhumatismes, l'arthrite ou les allergies (**Edris 2007**)

- **Activité antioxydante**

Les antioxydants sont des composés chimiques capables de minimiser efficacement les rancissements et de retarder la peroxydation lipidique(**Pokonry et al.,2001**)

Des publications récentes ont rapporté que certaines huiles essentielles sont plus efficaces que quelques antioxydants synthétiques (**Hussain et al., 2008, 2010**), Les effets antioxydants des huiles essentielles sont dus principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique (**Hussain, 2009**).

- **Activité antibactérienne et antifongique**

**Alessandra (2008)**, mentionne queles huiles essentielles peuvent rendre stérile une culture de microbes, signe d'une activité antiseptique. Le pouvoir antifongique des HE des plantes médicinales et aromatiques a été mis en évidence par de nombreux auteurs contre les moisissures allergisantes (**Ouraini et al., 2005; Koba et al., 2004; Oussou et al., 2004**) et contre les dermatophytes et les champignons pathogènes et opportunistes tels que:*Candida albicans*,*Cryptococcus neoformans*, et *Aspergillus fumigatus* (**Teixeira-Duarte et al, 2005**).

## 2.10. Conservation de l'HE

L'HE se conserve parfaitement bien quelques années à l'abri de la chaleur et de la lumière. Des essences ont été retrouvées dans des doubles jarres, en terre cuite dans les pyramides d'Égypte. Des flacons de verre teinté sont nécessaires à la bonne conservation des huiles essentielles. Portons une attention particulière aux huiles essentielles d'agrumes qui s'oxydent plus rapidement que les huiles essentielles de plantes aromatique. (Grosjean 2007)

## 3. La Citronnelle: *Cymbopogon citratus*

Selon Gilman (1999); Pousset(2004), le *Cymbopogon citratus* est appelé «Lemongrass», qui signifie "herbe citronnée". Le terme citronnelle s'adresse souvent à d'autres plantes aromatiques dégageant une odeur citronnée, comme le *Cymbopogon nardus*.

Le *Cymbopogon citratus* est une herbe vivace, de la famille des Poaceae, originaire de l'Inde. Il se rencontre dans de nombreux pays tropicaux: Caraïbe, Amérique centrale, Afrique, Australie et l'Indochine. C'est une espèce cultivée essentiellement dans les zones tropicales humides et sèches, pour son HE (Teuscher et al., 2005; Van Damme, 2001).

### 3.1. Noms vernaculaires

Diverses appellations sont données à *Cymbopogon citratus*:

Nom français: Citronnelle, Lemongrass, la verveine des Indes.

Nom anglais: Lemongrass

Nom arabe: لوزة الهند, نبتة النحل.

### 3.2. Description botanique

D'après Van Damme (2001); Pousset (2004); Teuscher et al. (2005), la citronnelle est une herbacée vivace (Figure 1), qui possède des rhizomes et des tiges aériennes pouvant atteindre 1,5 m de haut, lisses et glabres. Elle forme d'épaisses touffes rhizomateuses pérennes.

Les feuilles persistantes, pouvant atteindre 30 cm à 1 m de long, sont étroites (1 à 2 cm de large), retombantes à bords coupants, lisses sur les deux faces et de couleur vert clair grisâtre; la nervure centrale saillante et plus claire. Le pétiole engainant, présente une ligule parcheminée de 1 mm de long.

*Cymbopogon citratus* est une espèce qui fleurit rarement ou presque pas, même en saison pluvieuse (Pousset, 2004; Van Damme, 2001). Lorsqu'elle fleurit, elle a une inflorescence longue de 15 à 25 cm (Berhaut, 1967)

La partie souterraine est représentée par une base renflée comme un oignon mais qui ne correspond pas à un bulbe, c'est un système racinaire fasciculé peu profond(**Teuscher et al.,2005**)

### **3.3. Systématique**

Selon **Granda et al (1986)**. La position taxonomique du *Cymbopogon citratus* est comme suit:

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

Genre : *Cymbopogon*

Espèce : *Cymbopogon citratus* (DC.)

### **3.4. Ecologie**

**Valentia et Myers (1991); Van Damme (2001)**, mentionnent que la Citronnelle pousse sur une large gamme de sols. Les meilleurs rendements sont obtenus à partir des sols sablonneux bien drainés, avec une valeur de pH allant de 4,3 à 8,4, et un accès à l'eau tout au long de l'année, en moyenne de 60.96 à 76.20 cm<sup>3</sup> d'eau/an, et une température moyenne de 21°C à 27°C.

### **3.5. Culture**

D'après **Beech(1990); Valentia et Myers (1991), Van Damme (2001)**, le repiquage est la technique la plus utilisée pour la culture de la citronnelle. Il est recommandé de réaliser des buttes assez élevées pour minimiser les problèmes de pourriture de sommets des racines qui peuvent être provoqués par l'eau d'irrigation. Le repiquage se fait avec des éclats des touffes enracinés, généralement à un écartement de 0,45 m x 0,45 m. Lorsqu'une culture est établie, elle peut rester productive pendant 10 à 15 années. Ainsi, pour maintenir une bonne production, une fertilisation régulière et suffisante est nécessaire.

La citronnelle peut être cultivée avec ou sans irrigation. Mais pour faire plusieurs récoltes dans l'année, il faut irriguer surtout en saison sèche. L'irrigation permet non seulement d'obtenir plusieurs récoltes dans l'année mais permet également d'obtenir de grandes productions de feuilles.

### **3.6. Récolte**

La première récolte des feuilles se fait de huit (08) mois à douze (12) mois après la plantation (**Van Damme, 2001; Beech, 1977**). D'après les mêmes auteurs, trois à quatre récoltes pour une période de douze mois sont réalisées sous conditions irriguées.

Toutefois, les recommandations sur la pratique de récolte, particulièrement sur le nombre et la hauteur de coupe diffèrent. Le nombre de récoltes et la manière de couper peuvent changer selon l'objectif de la culture, c'est-à-dire la consommation des feuilles ou l'extraction de l'HE (**Beech, 1977**). Ce dernier, indique que pour optimiser la production d'huile, les feuilles doivent être coupées à un intervalle de 60 jours et à une hauteur de 20 cm. Les feuilles les plus aromatiques sont celles de la base de la plante sur, environ 10 cm de hauteur (**Jekka, 2006**).



**Figure 1:** Aspects morphologiques de citronnelle (*Cymbopogon citratus* (DC.)) (Sidi moussa et Boumlid, 2011)

### 3.7. HE de la citronnelle

D'après **Lionel (1996)**, **Van Damme (2001)**, **Bardeau (2009)**, l'HE de la citronnelle est obtenue par distillation à la vapeur d'eau à partir des feuilles et tiges fraîches ou sèches. La matière fraîche de *Cymbopogon citratus* contient de 0.26% à 0.52% d'HE et parfois 0.7% et la matière sèche en contient 0.4%. Selon **Corbel et Guernic (2006)**, cette huile est appelée Lemongrass ou Pantoci.

### **3.7.1. Caractéristiques**

L'HE de la citronnelle présente sous forme d'un liquide jaune, transparent, d'une odeur citrique caractéristique. Elle renferme plusieurs composés, comme: le géraniol (ou  $\alpha$ -citral) et le néral (ou  $\beta$ -citral) qui en constituent les composants majeurs; elle contient également du linalol, du géraniol, du nérol, du furfural, du citronellal, de la méthylhepténone et du myrcène (**Lionel, 1999**).

### **3.7.2. Principales propriétés**

Selon **Grosjean (2007)**; **Baudoux et Zhiri (2009)**, les propriétés de l'HE de citronnelle sont entre-autres: Anti-inflammatoire percutanée, Antibactérienne, fongicide, déodorante et antiseptique, répulsive de moustiques.

1. **AFNOR., 2000.** Recueil de normes: les huiles essentielles.. Monographies relatives aux huiles essentielles. Tome 2. Paris. 661-663.
2. **Agnamey P., brasseur P., cisse M. 2002.** Amodiaquine-artesunate versus amodiaquine for uncomplicated Plasmodium falciparum malaria in African children; a randomised, multicentre trial. *The Lancet*, **359** : 1365- 1371.
3. **Aïssata C, 2009.** Lutte contre sitophilusoryzae l. (coleoptera: curculionidae) et triboliumcastaneumherbst (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat. Université du québec. Montréal.173p.
4. **Alessandra M.B.2008.** Grand guide des huiles essentielles. Ed. Hachette Pratique. 254p.
5. **Amit K.T., Anushree M., 2010.** Liquid and vapour-phase antifungal activities of selected essential oils against candida albicans: microscopic observations and chemical characterization of *Cymbopogoncitratu*s. Tyagi and Malik. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **10**: 65
6. **Ammon H.P.T., Safayhi H., Mack T., Sabieraj J., 1993.** Mechanism of antiinflammatory actions of curcumine and bowellic acids. *Ethnopharmacology*. **38**: 113-119.
7. **Anton R, lobstein A. 2005.** Plantes aromatiques: Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec & Doc, Paris, 522p.
8. **Araya H.T., Soundy P., Steyn J.M., 2006.** Response of Herbage Yield, Essential Oil Yield and Composition of South African Rose-Scented Geranium (Pelargonium sp.) to Conventional and Organic Nitrogen. *J. Essent. Oil Res.*, **18**: 111-115 (Special Edition).
9. **Armando C.C., Rahma H.Y .2009.** Evaluation of the yield and the antimicrobial activity ofthe essential oils from: Eucalyptus globulus, Cymbopogoncitratus and Rosmarinusofficinalis in mbarara district (uganda). *Rev. Colombiana Science Anim.*, .1 (2): 240- 249.
10. **Attal N., Bouhassira D., 2000.** Nouvelles approches pharmacologiques de la douleur. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, **58** : 121-134.
11. **Barreira C.E.S., Selene M., Lima A.M., Pinho Santana E.W., 2004.** Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against Aedesaegypti L. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **99** (5): 541-544.



12. **Baser K.H.C. and Buchbauer G., 2010.** Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications. Ed. Taylor and Francis Group. United States of America. 994p.
13. **Baudoux D., Zhiri A., 2009.** Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies. Ed. InspirDevelopment. 80p.
14. **Berhaut J., 1967.** Flore du Sénégal. 2<sup>ème</sup> Ed. Clair Afrique. 485p.
15. **Belaïche P., 1979.** Traité de phytothérapie et l'aromathérapie. Tome I : L'aromatogramme. Ed. Maloine S.A. Paris. 204 p.
16. **Bérubé-Gagnon J. 2006** Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Piceamariana*. comme exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelables. Quebec.
17. **Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. Thèse Doctorat. Université de La Rochelle. 289p.
18. **Boukhatem M. N., 2010.** Extraction, caractérisation des huiles essentielles du *geranium rosat* et formulation d'une pommade a effet cicatrisant. Mémoire de Magister. Université Saad Dahleb de Blida. Algerie. 105p.
19. **Bruneton J. 2009.** Pharmacognosie, phytochimie, plantesmédicinales.4<sup>ème</sup> édition. Ed. Lavoisier Tec S Doc., Paris, 1.270pp.
20. **Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed. Tec & Doc. Paris. 560p
21. **Burt S., 2004.** Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, **94**: 223-253.
22. **Carette A.S., 2000.** La lavande et son huile essentielle. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. 100p.
23. **Cassel E, Rubem M.F., Vargas. 2006.** Experiments and Modeling of the *Cymbopogonwinterianus* Essential Oil Extraction by Steam Distillation. *J. Mex. Chem. Soc.*, **50** (2): 129.
24. **Celso A. R. A., Lucas C., Bidinotto T., Regina K., Daisy T., Salvadori M.F., Barbisan M., 2011.** Cholesterol reduction and lack of genotoxic or toxic effects in mice after repeated 21-day oral intake of lemongrass ( *Cymbopogoncitratius*) essential oil. *Food and Chemical Toxicology*, **49**: 2268–2272
25. **Chahardehi A.M., Ibrahim D., Sulaiman S.F., 2010.** Antioxidant, antimicrobial activity and toxicity test of pileamicrophylla. *International Journal of Microbiology*.

26. **COLOT M., 1972.** Notions techniques de pharmacologie générale, Ed. Masson. 137p.
27. **Dang N.H., Zhang X., Zheng M., Son K.H., Chang H.W., Kim H.P., Bae K., Kang S.S., 2005.**Inhibitory Constituents against Cyclooxygenases from *Aralia*. *Arch. Pharm. Res.*, **28**: 28-33.
28. **De maack F, sablier M.1997.** « Couplages chromatographiques avec la spectrométrie de masse ». Techniques de l'Ingénieur, traité Analyse et Caractérisation. 614p
29. **Edris A.E, 2007.** Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents. *A review-Phytother. Res.*, **21**: 308-323.
30. **Edwards-Jones V., Buck R., Shawcross S.G., Dawson M.M., Dunn K., 2004.** The effect of essential oils on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* using a dressing model. *Burns*, **30**: 772–777.
31. **El-Zakhem M. 2003.** Effets antifongiques des huiles essentielles extraites de *Origanum syriacum* L. et de *Salvia libanotica* Boiss et Gaill contre les *Candida* : *albicans*, *holmii*, et *famata*. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en Agroalimentaire et Assurance-Qualité. Institut National Agronomique Paris-Grignon.
32. **Elqaj M., Ahami A., Belghyti D. 2007.**La phytothérapie comme alternative à la résistance des parasites intestinaux aux antiparasitaires. Journée scientifique "ressources naturelles et antibiotiques". Maroc.
33. **Evans W.C., 1998.**Trease and Evan's Pharmacognosy, 14th Ed. SANDERS. 612 p.
34. **Fantino N.S, 1990.** Etude du polymorphisme au d'une population de lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.)- Détermination de critères précoces de sélection. Thèse de doctorat. Université de La Rochelle.p :41-45.
35. **FarnsworthNR, Akerele O, Bingel AS, Soejarto DD, Guo Z. 1958.** Medicinal plants in therapy. *Bull World Health Organ.* **63**(6):965–981.
36. **Faye O., lo M., gaye O. 1997.** Connaissances et circuits thérapeutiques relatifs au paludisme en zone rurale Sénégalaise. *Médecine tropicale.* : 161-164
37. **Figueirinha A., Cruz MT., Francisco V., Lopes MC., Batista MT., 2010.** Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* leaf infusion in lipopolysaccharide-stimulated dendritic cells: contribution of the polyphenols. *J Med Food. Jun*; **13** (3):681-90.
38. **Fleurentin, J.; Pelt, J. M., 1990.** Les plantes médicinales. *La Recherche*, **21**: 811-818.

39. **Flück H. 1942.** Nos plantes médicinales. Traduit par Weitzel R., librairie Payot, Lausanne, 8-14.
40. **Fournier G., Habib J., Reguigui A., Safta F., Guetari S., Chemli R. 1989.** Etude de divers échantillons d'huile essentielle de *Rosmarinus* de Tunisie. *Plantes médicinales et phytothérapies*, **23** (3): 180-185.
41. **Francisco V., Figueirinha A., Neves BM., García-Rodríguez C., Lopes MC., Cruz MT., Batista MT. 2011.** *Cymbopogon citratus* as source of new and safe anti-inflammatory drugs: bio-guided assay using lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *J Ethnopharmacol.*, **133** (2): 818-27.
42. **Francisco V, Costa G, Figueirinha A, Marques C, Pereira P, Miguel Neves B, Celeste Lopes M, García-Rodríguez C, Teresa Cruz M, Teresa Batista M. 2013.** Anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* leaves infusion via proteasome and nuclear factor- $\kappa$ B pathway inhibition: contribution of chlorogenic acid. *J Ethnopharmacol.*, **148** (1): 126-34.
43. **Garcia A., Veloso M., Figueirinha A., Costa G., Caramona M., Castel-Branco M., Figueiredo I., Batista M. 2010.** Evaluation of anti-inflammatory activity of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf on an *in vivo* acute inflammation model. *Planta Med.*, **76**: 655.
44. **Gaziano J.M., Gibson C.M. 2006.** Potential for drug-drug interactions in patients taking analgesics for mild-to-moderate pain and low-dose aspirin for cardioprotection. *Am J Cardiol*, **97**, 23-9.
45. **Gbenou JD, Ahounou JF, Akakpo HB, Laleye A, Yayi E, Gbaguidi F, Baba-Moussa L, Darboux R, Dansou P, Moudachirou M, Kotchoni S. O. 2013.** Phytochemical composition of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils and their anti-inflammatory and analgesic properties on Wistar rats. *Mol. Biol. Rep.*, **40** (2): 1127-34.
46. **Gilles M., Zhao J., Samson Agboola M.A., 2010.** Chemical composition and antimicrobial properties of essential oils of three Australian *Eucalyptus* species. *Food Chemistry*, **119**: 731–737.
47. **Gomes P.B., Vera G. Mata Al'irio E. Rodrigues A. E.. 2007.** Production of rose geranium oil using supercritical fluid extraction. *J. of Supercritical Fluids*, **41**: 50–60.
48. **Granda M, Sources V, Gutierrez C. 1986.** Études fenôlogicos dans des plantes médicinales VI. *Rev. Cub. Farm.*, **20** (3): 243-251

49. Granger M.M.R., Passet J., Arbousset G. 1973. L'essence de *Rosmarinus officinalis*, influence du mode de traitement du matériel végétal. *Parf. Cosm. Sav.France*, **3** (3): 133-137.
50. Grosjean N., 2007. L'aromathérapie tout simplement. Ed. Eyrolles. Belgique. 139p.
51. Hans W. 2009. Le pouvoir des végétaux. vitagate.ch. un clic quotidien pour votre santé. :[http://vitagate.ch/fr/soigner/plantes\\_medicinales/bases](http://vitagate.ch/fr/soigner/plantes_medicinales/bases).
52. Hemwimon-Ochoa L.R., 2005. Improvement of shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, **22**: 273-292.
53. Ho C.L., Wang E.I.C., and Su Y.C., 2009. Essential oil compositions and bioactivities of the various parts of *Cinnamomum camphora* Sieb. var. *linaloolifera* Fujuta. **31**(2): 77-96.
54. Huang H. S., Chang L. H., Jong T.T., Nien Y. F., Chang C. M. J., 1995. Supercritical carbon dioxide extraction of turmeric oil from *Curcuma longa* L. and purification of turmerones. *Separation and Purification Technology*. **47**:119-125
55. Hussain A.I., 2009. Characterization and biological activities of essential oils of some species of lamiaceae. Thèse de Doctorat, Pakistan. 257p.
56. Hussain A.I., Anwar F., Chatha S.A.S., Jabbar A., Mahboob S., Nigam P.S., 2010. *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology* **41**:1070-1078.
57. Hussain A.I., Anwar F., T.H.S. Sherazi, Przybylski R., 2008. Chemical composition. antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*. **108**: 986-995.
58. Jekka M. 2006. Le grand livre des herbes. Ed. de borée. Chine. 152 p.
59. Junich K., masanabu A., and yasuka T. 1994. Triterpenoid constituents *Ficusthunbergii*. *Chem. pharm. bull.* **42** (3): 608-610.
60. Kaddem S. 1990, les plantes médicinales en Algérie. 151p
61. Kang O.H., Chae H.S., Choi J.G., Oh Y.C., Lee, Y.S., Kim J.H., Seung M.J., Jang, H.J., Hae K.H., Lee J.H., Shin D.W., Kwon D.Y. 2008, Ent-pimara-8(14), 15-dien-19-oic acid isolated from the roots of *Araliacordata* inhibits induction of inflammatory mediators by blocking NF- $\kappa$ B activation and mitogen-activated protein kinase pathways. *European Journal of Pharmacology*, **601** (28): 179 – 185.
62. Kanko C., El-Hadj Sawaliho B., Kone S., Koukoua G., N'Guessa Y.T., 2004. Etude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*,

*Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*. *C. R. Chimie*, **7**: 1039–1042.

- 63. Kastner U., Sosa S., Tubaro A., Breuer J., Rücker G., Della Loggia R., Jurenitsch J., 1993**, Anti-edematous Phytopharmaka. Wound-healing activity of sesquiterpene lactones from different taxa of the *Achillea millefolium* group, *Planta Med.***59**, Suppl. Iss. A 699.
- 64. Khajeh M., Yamini Y., Bahramifar N., Sefidkon F., Pirmoradei M.R. 2005**. Comparison of essential oil composition of *Ferula assafoetida* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*, **91**:639-644.
- 65. Khajeh M., Yamini Y., Sefidkon F., Bahramifar N. 2004**. Comparison of essential oil composition of *Carum copticum* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*, **86**: 587-591.
- 66. Khalil N.M., Sperotto I.S., Manfron M.P. 2006**. Anti-inflammatory activity and acute toxicity of *Dodonaea viscosa*. *Fitoterapia*, **77**: 478-80.
- 67. Koba K., Sandda K., Raynaud C., Nenonene Y.A., Millet J., Chaumont J.P. 2004**. Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. vis-à-vis des germes pathogènes d'animaux de compagnie. *Annales de Médecine Vétérinaire*, **148**:202-206.
- 68. Koffi K., Komla S., Catherine G., Christine R., Jean-Pierre C., Laurence N., 2009**. *In vitro* cytotoxic activity of *Cymbopogon citratus* L. and *Cymbopogon nardus* L. essential oils from Togo. *Bangladesh J. Pharmacol.*, **4**: 29-34.
- 69. Kumaran, A. M., D'Souza, P., Agarwal, A., Bokkolla, R. M., Balasubramaniam, M., 2003**. Geraniol, the putative anthelmintic principle of *Cymbopogon martinii*. *PhytotherRes* ;**17** (8): 957.
- 70. Kumaraswamy, M.V., Raghavendra, M.P., Satish, S., 2010**. Antioxidant and anti-inflammatory activity of isolated phytoconstituent from *Woodfordia fruticosa* Kurz. *J. Pharm. Res.* **3**, 1492-1495.
- 71. Le Hir A., Cohen Y., 2001**. Pharmacie galénique: bonnes pratiques de fabrication des médicaments». Ed. Elsevier Masson. Paris. pp : 86-110.
- 72. Lee S.O., Choi G.J., Jang K.S., Lim H.K., Cho K.Y., Kim J.C., 2007**. Antifungal Activity of Five Plant Essential Oils as Fumigant Against Postharvest and Soilborne Plant Pathogenic Fungi. *Plant Pathol. J.*, **23**(2): 97-102

73. **Lionel GR.** (1996). pharmacopée caribéenne. 1er édition : tramil, France, pp : 176.
74. **Lorenzetti BB., Souza GE., Sarti SJ., Santos Filho D., Ferreira SH.** 1991. Myrcene mimics the peripheral analgesic activity of lemongrass tea. *J Ethnopharmacol.* Aug;34(1):43-8.
75. **Maffei M., Sacco S.** 1997. Perfumer and flavorist. . *Flavour and Fragrance Journal.* 13 : p:61
76. **Macarthur, M., Hold, G.L., El-Omar, E.M.,** 2004. Inflammation and Cancer. II. Role of chronic inflammation and cytokine gene polymorphisms in the pathogenesis of gastrointestinal malignancy. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 286, 515-520.
77. **Matasyoh J.C., Wagara I.N., Nakavuma J.L., Kiburai A.M.,** 2011. Chemical composition of *Cymbopogon citratus* essential oil and its effect on mycotoxigenic *Aspergillus* species. *African Journal of Food Science*, 5(3): 138-142.
78. **Mohammedi Z.** 2006. Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse de magistère. Université Abou Bakrbelkaide Tleucen. Algerie. 105p.
79. **Mosta N.M.,** 2006. Essential oil yield and composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp) as influenced by harvesting frequency and plant shoot age. Thesis Doct. MSC. Agronomy, Univ. Pretoria. South Africa. 96p.
80. **Naik M.I., Fomda B.A., Jaykumar E., Bhat J.A.,** 2010. Antibacterial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against some selected pathogenic bacterias. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 3(7): 535-538
81. **Ng, S.C.** 1992. Non-steroidal anti-inflammatory drugs- uses and complications. Singapore. *Med. J.* 33, 510-513.
82. **O.M.S.,** 2002. Organisation Mondiale de la Santé. Stratégies de l'OMS pour la médecine traditionnelle 2002-2005, 78p.
83. **Ouraini D., agoumil A., ismaili-alaoui M., alaoui K., cherrah Y., amrani M., bellabas M.A.** 2005.. Etude de l'activité des huiles essentielles de des dermaphytes. *Phytothérapie*, 4, 147-157.
84. **Oussou K.R., Coffi K., Nathalie G., Seriyolou., Gerard K., Mireille D., Yao T.N., Gilles F et Jean-Claude C.H.** 2004. Activités antibactériennes des huiles essentielles

de trois plantes aromatiques de Cote-d'Ivoire. Comptes Rendus de Chimie. 7, 1081-1086.

- 85. Paranagama P.A, Abeysekera K.H.T, Negaliyadde L et Abeywickrama K.P. 2003.** Repemmency and toxicity of four essential oils to *Sitophilusoryze L.* (Coleptera :curculionidae). *J. Natn.Sci.Foundation Sri Lanka* 2004 32 (34): 127-138.
- 86. Parke, A., Parke, D.V.1995.** The pathogenesis of inflammatory disease: Surgical shock and multiple system organ failure. *Inflammopharmacology* 3, 149-168.
- 87. Pibiri M.C.,2005.** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse Doct. Sci. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. Suisse.161p.
- 88. Porter N., 2001.** Essential oils and their production. *Crop& Food Research.* Number 39.
- 89. Pousset JL.** 2004. Plantes médicinales d'Afrique. Comment les utiliser. Secum/Edi sud, 287p.
- 90. Rai M.K., Acharya D., Wadegaonkar P., 2003.** Plant derived-antimycotics : potential of Acteraceous plants. In : *Plantb-derived antimycotics : Current trends and future prospects*, Haworth Press, N-York, Londin, Oxford. 165-185.
- 91. Ram M., Ram D., Roy S.K., 2003.** Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). *Bioresource Technology*, 87, 273-278.
- 92. Rao, V. S., Menezes, A. M., Viana, G. S. 1990.** Effect of myrcene on nociception in mice. *J Pharm Pharmacol*; 42(12):877-878.
- 93. Rosua J.L., Granados A.G. 1987.** Analyse des huiles essentielles d'espèces du genre *Rosmarinus L.* et leur intérêt en tant que caractère taxonomique. *Plantes Médicinales et Phytothérapie*, XXI (2) : 138-143
- 94. Roux D., 2008.** Conseil en aromathérapie 2<sup>ème</sup> Ed. Pro-officina. 187p.
- 95. Salle J.L., Pelletier J. 1991.** Les huiles essentielles, synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Ed. Frison-Roche, pp.19-45.
- 96. Savona G., Piozzi F., Rodriguez, B., Servettaz, O. 1982.** Galangustin, a new flavone from *Galeopsis angustifolia*. *Heterocycles* 19 (9): 1581-4.
- 97. Saxena G., Rahman L., Chandra Verma P., Banerjee S., Kumare S., 2008.** Field. performance of somaclones of rose scented geranium (*Pelargonium*

graveolens L'Her Ex Ait.) for evaluation of their essential oil yield and composition. *Industrial Crops and Products*, **27**: 86–90

- 98. Sefidkon F., Abbasi K. Jamzad Z., Ahmadi S. 2007.** The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Saturejarechingerijamzad*. *Food chemistry*, **100**: 1054-1058.
- 99. Shah G, Richa Shri,1Vivek Panchal,2 Narender Sharma, Bharpur Singh, and A. S. Mann.2011.** Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemon grass). *J Adv Pharm Technol Res*. **2** (1): 3–8.
- 100. Shasany A.K., Lal R.K., Patra N.K., Darokar M.P., Garg A., Kumar S., Khanuja S.P.S., 2000.** Genetic Resources and Biotechnology Division, Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants (CIMAP), India. Lucknow-226015.
- 101. Sidimoussa M, Boumlid S. (2011).** Valorisation de deux plantes médicinales, géranium rosat (*Pelargonium graveolens L*) et Citronnelle (*Cymbopogon citratus*), en aromathérapie anti-infectieuse. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Algérie. 88p.
- 102. Soares MO, Alves RC, Pires PC, Oliveira MB, Vinha AF.2013.** Angolan *Cymbopogon citratus* used for therapeutic benefits: nutritional composition and influence of solvents in phytochemicals content and antioxidant activity of leaf extracts. *Food Chem Toxicol*. ;60:413-8. doi: 10.1016/j.fct.2013.07.064. Epub 2013 Aug 1.
- 103. Sosa S., Tubaro A., Kastner U., Glasl S., Jurenitsch J., Della Loggia R., 2001.** Topical anti-inflammatory activity of a new germacrene derivative from *Achillea pannonica*, *Planta Med.* **67**, 654D 658.
- 104. Tchoumboungang F., Michel P., Dongmo J., Sameza M.L., Gaby E., Mbanjo N., Bertrand G., Fotso T., AmvamZollo P.H., Menut C., 2009.** Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **13** (1): 77-84
- 105. Tepe B., Daferera D., Sokmen A., Sokmen M., Polissiou M., 2005.** Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller. (Lamiaceae). *Food Chem.*, **90**: 333–340.
- 106. Teixeira-Duarte M.C., Mara Figueira G., Sartoratto A. 2005.** Anticandida activity of Brazilian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, **97**, 306-311.
- 107. Teuscher, Anton R, Lobstein A., 2005 -** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, Lavoisier, 522p.



108. **Valnet M., 2005.** Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth International. *Journal of Food Microbiology*.**85**::73-81.
109. **Valentia J., Myen C. 1991.** Lemongrass. [www.Island.WSUedufCrops/LemonGra.htm](http://www.Island.WSUedufCrops/LemonGra.htm) 24/11/2005.
110. **Van Damme P., 2001.** Citronnelle. *Cymbopogonspp.* In: Agriculture en Afrique Tropicale .in **BOBO-DIOULASSO. 2006.** Mémoire de fin d'études. Univ,Polytechnique UPB.
111. **Verlet N.,1997.** Les huiles essentielles, marchés tropicaux et méditerranéens
112. **Viana, G. S., Vale, T. G., Pinho, R. S., Matos, F.J., 2000.**Antinociceptive effect of the essential oil from *Cymbopogon citratus* in mice. *J Ethnopharmacol.*,**70** (3): 323-327.
113. **Viljoen A.M., Denirci B., Baser K.H.C., Potgieter C.J., Edwards T.J. 2006.** Micro distillation and essential oil chemistry- a useful tool for detecting hybridisation in *Plectranthus* (lamiaceae). *South African Journal of Botany*, **72**: 99-104.
114. **Vogel H.G., Vogel W.H., 1997.** Drug discovery and evaluation. In: Pharmacological Assays. Springer-Verlag, Berlin, pp 80–168.