

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Blida 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de Vie  
Département de Biotechnologie



Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master Académique  
En science agronomique  
Option : science forestière

**Thème :**

**Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle  
d'*Eucalyptus globulus* sur le xylophage de Cèdre  
de l'Atlas *Scolytus numidicus* Bris.**

**Présenté par : Noumidia BOUKEROUI**

**Soutenue le 02 Juillet 2020**

**Devant l'honorable jury :**

<b>M<sup>m</sup>e LEMITLS</b>	MAA	Université Blida 1	Présidente
<b>D<sup>r</sup> SEBTLS</b>	MCB	Université Blida 1	Examinatrice
<b>P<sup>r</sup> KEBOUR.D</b>	Professeur	Université Blida 1	Promotrice

**Année universitaire : 2019/2020**

## **Remerciement**

*Mes remerciements, avant tout, à DIEU tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant toutes ces longues années d'étude.*

**À Madame KEBOUR.D,**

*Je tiens à vous exprimer mes profondes gratitude et mes sincères remerciement d'avoir accepté de m'encadrer durant toute cette période, c'est un honneur pour moi. Veuillez trouver ici le témoignage de mon profond respect et de mes plus respectueuses considérations.*

**À Madame LEMITIS,**

*Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en présidant le jury de ce mémoire. Veuillez recevoir l'expression de ma haute considération et de ma profonde reconnaissance.*

**À Madame SEBTIS,**

*Je vous adresse mes remerciements pour avoir participé à ce jury et pour avoir pris le temps de juger mon travail. C'est un honneur pour moi d'avoir pu présenter ce travail en votre présence.*

**À Monsieur BENDALIA,**

*Mes remerciements particuliers et ma profonde reconnaissance à Mr Bendali. Merci pour votre confiance et votre soutien*

**À Monsieur GHRIEBI.Y,**

*Je vous adresse mes sincères remerciements pour vos précieuses orientations, vos conseils et tout le temps que vous m'avez accordé tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

**À Mes PARENTS,**

*Je vous remercie de tout mon cœur pour la force que vous me donnez, pour votre présence, pour votre amour et soutien durant toute ma vie.*

**À Ma SOEUR,**

*Merci pour tout le bonheur que tu m'apportes. Merci aussi pour ta patience et ton soutien pendant ces longs mois de travail.*

*Mes grands remerciements à toute l'équipe de l'option science forestière  
Enfin, je tiens à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la  
réalisation de ce mémoire.*

Noumidia BOUKEROUI

## *Dédicace*

*Mes chères parents. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point vous remercier  
comme il se doit, vôtres affection me couvre, vôtres bienveillance me guide  
et vôtres présence a mes coté a toujours été ma source de force*

*À ma sœur Yasmina et mes frères Tarek et Naim,  
À ma meilleure amie Chourouk,*

*Puisse Dieu vous donne santé, bonheur,  
courage et réussite.*

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	1
<b>Tables des figures</b> .....	4
<b>Table des tableaux</b> .....	6
<b>Liste des abréviations</b> .....	7
<b>Introduction</b> .....	9
<b>Chapitre I: Synthèse Bibliographique</b>	
<b>I- Généralités sur les huiles essentielles</b>	
I.1-Définition.....	12
I.2- Historique.....	12
I.3-Notion de chemotype ou chimiotype .....	13
I.4- Les principaux composants chimiques des huiles essentielles.....	13
I.5-Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides.....	13
<b>II.Les biopesticides</b>	
II.1- Définition .....	14
II.2- Biopesticides microbiens.....	14
II.2.1-Les bactéries.....	14
II.2.2-Les virus.....	14
II.2.3-Les champignons.....	15
II.3-Biopesticides animaux.....	15
II.4-Biopesticides végétaux.....	15
II.4.1-Historique.....	15

II.4.2-Effets sur les agents pathogènes.....	16
II.4.3-Effets sur les insectes.....	16

### **III- *Eucalyptus globulus***

III.1-Historique.....	17
III.2-Particularités.....	18
III.3- Répartition géographique des <i>Eucalyptus</i> en Algérie.....	19
III.4-Importance écologique et économique.....	19
III.5-Position systématique.....	20
III.6-Description botanique.....	20
III.7-Composition de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	22
III.8-Propriétés de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	23
III.8.1-Expectorante et mucolytique .....	23
III.8.2-Propriétés antibactériennes et cicatrisantes .....	23
III.8.3-Insecticide .....	26
III.8.4-Antivirale .....	27
III.8.5-Antifongique.....	27
III.8.6- Antidouleur.....	28
III.8.7-Effet hypoglycémiant .....	28
III.8.8-Anticancéreux.....	28

### **IV:*Cedrus atlantica***

IV.1- Position systématique .....	29
IV.2- Aire de répartition.....	29
IV.3-Importance écologique et socioéconomique .....	30

IV.4-Les opérations de reboisements du Cèdre de l'Atlas en Algérie.....	31
IV .5-Les ravageurs de Cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord.....	32
<b>V- <i>Scolytus numidicus</i> Bris</b>	
V.1-Position systématique .....	35
V.2-Les Insectes un acteur majeur du dépérissement forestier .....	35
V.3-Diagnostic et dégâts.....	36
V.4-Les galeries.....	36
V.5-Morphologie externe des adultes .....	37
<b>Chapitre II: Matériel et méthodes</b>	
<b>I-Présentation général du travail expérimental .....</b>	<b>40</b>
<b>II- Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>41</b>
II.1-Données géographiques .....	41
II.2- Importance juridique et limites administratives du parc .....	43
II.3-Climat et bioclimat .....	43
II.3.1- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	45
II.3.2- Climagramme d'Emberger .....	46
II.4-Occupation du sol au niveau du Parc National de Chréa .....	47
II.5- Richesse biologique.....	48
II.5.1-La flore .....	48
II.5.2-La faune.....	49
<b>III- Extraction d'huile essentielle d'<i>Eucalyptus globulus</i>.....</b>	<b>50</b>
III.1-Matériel de laboratoire .....	50
III.2-Matériel végétal .....	50

III.3-Méthode d'extraction.....	51
III.3.1-Principe .....	51
III.3.2-Protocole .....	52
III.5-Calcule du rendement d'huile essentielle .....	53
<b>IV- Formulation de bioproduit .....</b>	<b>53</b>
IV.1-Matériel de laboratoire .....	53
IV.2-Matériel biologique.....	53
IV.3-Préparation de solution mère de Tween 80 à 1%.....	53
IV.5-Préparation des doses d'huiles essentielles .....	54
<b>V- Récolte de l'insecte <i>Scolytus numidicus Bris</i> .....</b>	<b>54</b>
<b>VI -Test de toxicité d'huile essentielle sur <i>scolytus numidicus Bris</i>.....</b>	<b>54</b>
VI .1-Matériel de laboratoire .....	54
VI .2-Matériel biologique.....	55
VI.3-Protocole .....	55
VI.4-Pourcentage d'inhibition .....	56
<b>VII- Aromatogramme.....</b>	<b>56</b>
VII.1-Principe .....	56
VII.2-Protocole .....	57
VII.2.1-Stérilisation du matériel .....	57
VII.2.2-Repiquage bactérien.....	57
VII.2.3-Préparation de l'inoculum .....	57
VII.2.4-Ensemencement.....	57
VII.2.5-Imprégnation des disques .....	58
VII.2.6-Lecture .....	58

## Chapitre III-Discussion

<i>I- Rendement des huiles essentielles</i> .....	61
<i>II- Toxicité des huiles essentielles d'Eucalyptus globulus</i> .....	61
<i>III- Activité antibactérienne d'huile essentielle d'Eucalyptus globulus</i> .....	63
<b>Conclusion</b> .....	65
<b>Références</b> .....	67
<b>Annexes</b> .....	78



## Résumé

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la protection des forêts de Cèdre de l'Atlas, exposés continuellement à divers facteurs biotiques et abiotiques qui interagissent entre eux, causant ainsi le dépérissement de la Cédraie.

Les insectes ravageurs sont une cause majeure de ce phénomène de dépérissement et en particulier les scolytes. Pour cela, nous avons choisi d'étudier une espèce appartenant à ce genre, connu sous le nom de *Scolytus numidicus* Bris. Le site choisi pour la réalisation de cette étude est la Cédraie du parc national de Chréa.

Afin de faire face à ce scolyte, nous avons choisi de tester sur lui des bio-pesticides à base des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* extraites par la méthode d'hydrodistillation.

Mots clés : Huiles essentielles, *Eucalyptus globulus*, biopesticides, Scolytes, *Scolytus numidicus* Bris.

## Abstract

This work has been realized in the purpose to protect Atlas Cedar forests, which are continuously exposed to divers biotic and abiotic factors that interact between each other. Furthermore, causing a terrible diminish in Cedar groves .

Insects pests are the major cause of this decline phenomenon, particularly the bark beetles. Therefore, we chose to evaluate a species belonging to this genus, known as “*Scolytus numidicus Bris*”, we have selected the national park of Chr ea to be our site of experimentation.

In order to cope with this bark beetle, we decided to apply tests on the sort mentioned earlier some “bio-pesticide”, originally from essential oils of *Eucalyptus globulus* extracted through the “hydrodistillation” method.

Keywords: Essential oil, *Eucalyptus globulus*, biopesticides, Bark beetles, *Scolytus numidicus Bris*.

## الملخص

هذا العمل قمنا به من اجل حماية غابات الارز الاطلسي التي تتعرض باستمرار لمختلف العوامل الحيوية و لا حيوية التي تتفاعل فيما بينها مسببة بذلك انهيار غابات الارز.

الآفات الحشرية هم السبب الرئيسي لظاهرة الانهيار هذه, وخاصة خنافس اللحاء, لأجل ذلك, اخترنا ان ندرس نوع ينتمي لهذا الصنف, المعروف باسم *Scolytus numidicus* Bris . الموقع المختار لانجاز هذه الدراسة هي منطقة الأرز بحظيرة الشريعة .

من اجل مواجهة هذه الخنفساء اللحائية اخترنا أن نختبر مبيدات حيوية أساسها زيوت الـ *Eucalyptus globulus* المستخلصة عن طريق تقنية التقطير المائي.

الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية, *Eucalyptus globulus*, المبيدات الحيوية, الخنفساء اللحائية, *Scolytus numidicus* Bris

## Liste des Figures

<b>Figure 1:</b> Le phénomène "blue haze" en Australi.....	18
<b>Figure 2 :</b> Répartition mondiale de la production de pâte à papier en 2010.....	20
<b>Figure 3:</b> Gravure <i>Eucalyptus globulus</i> .....	21
<b>Figure 4 :</b> Chromatogramme type d'une huile essentielle d' <i>Eucalyptus Globulus</i> .....	23
<b>Figure 5:</b> Effet du traitement d'une nanoémulsion d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur le taux de contraction de la plaie chez les rats .....	24
<b>Figure 6:</b> Inhibition de <i>Salmonella enteritidis</i> par des huiles essentielles additionnées dans des œufs entiers liquides stockés à 7°C.....	25
<b>Figure 7:</b> Courbe dose-réponse de l'évolution des deux espèces d' <i>Aspergillus</i> après traitement avec de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> et avec du 1,8-cinéole.....	27
<b>Figure 8:</b> Répartition de Cèdre de l'Atlas.....	30
<b>Figure 9:</b> Cédraie du parc national de Chréa .....	32
<b>Figure 10 :</b> Schéma représentatif des différentes causes de dépérissement du Cèdre de l'Atlas ...	36
<b>Figure 11:</b> Galerie sous corticales de <i>Scolytus numidicus</i> sur une branche de Cèdre de l'Atlas ...	36
<b>Figure 12:</b> Adulte de <i>Scolytus numidicus</i> .....	37
<b>Figure 13:</b> Morphologie externe de <i>Scolytus numidicus</i> .....	38
<b>Figure 14:</b> Schéma général du travail expérimental.....	40
<b>Figure 15:</b> Carte de localisation du parc national de Chréa.....	41
<b>Figure 16:</b> Carte de localisation de la station d'étude.....	42
<b>Figure17:</b> Image satellitaire de la station d'étude.....	42

<b>Figure 18:</b> Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен du PNC (2000 - 2014).....	46
<b>Figure 19:</b> Position de la région d'étude sur le climagramme d'Emberger.....	47
<b>Figure 20:</b> Histogramme de la richesse de PNC par apport à l'inventaire national.....	49
<b>Figure 21:</b> Feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	50
<b>Figure 22:</b> Hydrodistillation.....	51
<b>Figure 23:</b> Extraction d'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	52
<b>Figure 24:</b> Boite pour insecte en bois taille 40×30×20 cm .....	54
<b>Figure 25 :</b> Test de toxicité par contacte sur <i>Scolytus numidicus</i> .....	55
<b>Figures 26:</b> Aromatogramme sur gélose MH .....	57
<b>Figure 27:</b> Les différentes zones d'inhibition microbienne.....	59

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Distribution géographique d' <i>Eucalyptus globulus</i> en Algérie.....	19
<b>Tableau 2:</b> Les différents composants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> .....	22
<b>Tableau 3:</b> Effet de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i> sur les larves et les pupes de mouche domestique dans un essai de toxicité de contact .....	26
<b>Tableau 4:</b> Les ravageurs de Cèdre de l'Atlas.....	32
<b>Tableau 5:</b> Synthèse bioclimatique du parc national de Chr�ea.....	44
<b>Tableau 6 :</b> Moyenne des températures et précipitations dans le PNC (2000- 2014).....	45
<b>Tableau 7:</b> Les différentes strates duPNC.....	47
<b>Tableau 8:</b> Espèces faunique du PNC.....	49
<b>Tableau 9:</b> Echelle d'estimation du diamètre des zones d'inhibitions microbiennes.....	58

## Liste des abréviations

**AFNOR:** Association Française de Normalisation

**CPR:** Chantiers Populaires de Reboisement

**CV:** Chêne Vert

**FAO:** Food and Agriculture Organization

**ESCOP:** European Scientific Cooperative on Phytotherapy

**HE:** Huile essentielle

**H.P.A.E :** Hiver, Printemps, Automne, Eté

**HSV:** Herpes Simplex Virus

**LT50:** Temps Létale 50 (median Lethal Time)

**m(°c):**Température moyenne minimal

**M (°c):** Température moyenne maximal

**MH:** Mueller Hinton

**MIH:** Murray Ian Hill

**PA:** Pin d'Alep

**PI:** Pourcentage d'Inhibition

**PNC:** Parc National de Chréa

**Q:** Energie thermique

**TPF:** Tranché par feu

**SNC:** Système nerveux central

# **Introduction**



# Introduction

La forêt est un écosystème dynamique qui, au fil des siècles voire des années s'est dégradé. Dans le monde, le milieu forestier couvre environ 3835 millions d'hectares, soit un taux de boisement de 29%. En Afrique, la forêt s'étend sur 753 millions d'hectares (**El Hassani et al. 1994**). Dans les pays d'Afrique du nord et notamment dans les régions méridionales, selon les données statistiques fournies par la FAO, les superficies forestières tendent à se réduire à un rythme annuel de 0,6%, ce qui équivaut à une perte d'environ 200 000 hectares par an. Cette estimation est alarmante du fait que cette région a l'indice de couverture forestière parmi les plus bas au monde (**Di Croce, 1999**).

La forêt Algérienne qui est évaluée à plus 3 millions d'hectares mérite une attention particulière quand on parle de sa protection. Située au sud du bassin méditerranéen, elle se trouve confrontée, par rapport à la région du nord, à des conditions édaphoclimatiques difficiles et à une forte pression anthropique (**Zamoum, 2002**), 1,8 millions d'hectares de la superficie sont fortement dégradés (**Madaoui, 2003**).

En Algérie, les forêts de cèdre ont, depuis longtemps, suscité un grand intérêt scientifique, le Cèdre de l'Atlas est une espèce endémique et emblématique des hautes montagnes de l'Algérie et du Maroc dont l'aire de répartition s'étend sur une surface de 140 000 ha (**Quézel et Médail, 2003**). Cette espèce est sujette au phénomène de dépérissement depuis les années 1980 (**Sarmoum et al, 2018**). Ce phénomène, qui s'abat sur l'ensemble des forêts de cèdre de l'Afrique du Nord, et plus particulièrement en Algérie, est l'expression de plusieurs phénomènes complexes, aux causalités multiples et interdépendantes qui s'auto-entretiennent et amplifient la destruction de l'écosystème cédraie (**Bentouati et Bariteau, 2006**). Cette situation n'engendre pas seulement des problèmes sociaux mais constitue également un handicap considérable pour l'économie nationale et met en danger un des patrimoines nationaux les plus emblématiques d'Algérie.

Nous avons choisi d'étudier l'un des insectes les plus destructifs pour le Cèdre de l'Atlas et vivant au dépend. *Scolytus numidicus* Bris est un coléoptère xylophage appartenant au genre des scolytes. Cet insecte cause de grave dégât au cèdre conduisant à son dépérissement en association avec d'autres facteurs.

Pour faire face à ce scolyte notre choix été porté sur les bio-pesticides qui sont considérés actuellement comme des solutions alternatives de lutte contre les insectes ravageurs et ne présentent aucun danger pour l'homme et son environnement. Pour cela, nous avons choisie d'utiliser l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* qui est connu par ses propriétés insecticides.

La première partie de l'étude portera sur la présentation de l'huile essentielle utilisée, la description de cèdre de l'Atlas et de *scolytus numidicus* Bris .La deuxième partie présentera le site d'expérimentation et la méthodologie adoptée sur terrain et au laboratoire ainsi que les méthodes d'analyse des données. La dernière partie portera sur une discussion qui aborde les différents travaux réalisés par les chercheurs.

# **Chapitre I**

## **Synthèse bibliographique**

## I. Généralités sur Les huiles essentielles

### I.1-Définition

L'Association Française de Normalisation (AFNOR) (2000) a défini les huiles essentielles comme étant: «*des produits obtenus soit à partir de matières premières naturelles par distillation à l'eau ou à la vapeur d'eau, soit à partir des fruits de Citrus par des procédés mécaniques et qui sont séparés de la phase aqueuse par des procédés physiques* ».

La nouvelle Encyclopédie **Funk et Wagnalls (2004)** décrit les huiles essentielles comme « *des liquides volatils, la plupart du temps insolubles dans l'eau, mais librement solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles végétales et minérales*».

Selon **la 7e édition de la Pharmacopée Européenne (2011)**, une huile essentielle est un « *produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. Une huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de composition*».

### I.2- Historique

L'utilisation des huiles essentielles remonte à l'Antiquité. Les Égyptiens les utilisaient sous forme de bains aromatiques. Les pharaons les utilisaient pour embaumer les corps des défunts. Les Romains et les Grecs ont aussi eu recours aux huiles essentielles pour leurs bains. À Athènes, au Vème siècle avant J.C, lors de la grande épidémie de peste, Hippocrate utilisât des jarres où brûlaient des fumigations aromatiques afin d'enrayer l'épidémie (**Sallé, 1991**).

Le terme « aromathérapie » vient du latin « *aroma* » qui signifie arôme, odeur agréable de certaines essences naturelles de végétaux, d'essences chimiques ou d'acides volatils et du grec « *therapeia* » qui signifie soin, cure. Le terme « aromathérapie » désigne l'utilisation des plantes afin de traiter des pathologies et d'améliorer sa santé et son bien-être. Il est utilisé pour la première fois en 1930 par un pharmacien français, René-Maurice Gattefossé.

L'histoire raconte que René-Maurice Gattefossé se serait brûlé les mains, le visage et les avant-bras dans son laboratoire et qu'il aurait eu le réflexe de plonger sa main dans un récipient rempli d'huile essentielle de lavande vraie (*Lavendula vera*). La douleur se serait dissipée très rapidement et les processus de guérison et de cicatrisation auraient été d'une rapidité étonnante. C'est ainsi que lui est venue l'idée d'étudier les propriétés des huiles essentielles. (**Valnet in aromathérapie**).

Dans les années 1960, le Docteur Jean Valnet reprend les travaux de Gattefossé et publie des ouvrages de référence. En 1981, il crée la Société française de phytothérapie et d'aromathérapie, après avoir utilisé abondamment les plantes pendant la guerre d'Indochine en tant que chirurgien militaire. C'est en 1975 que Pierre Franchomme, aromatalogue, apporte la notion de « chémotype ». **(Baudoux, 2008)**.

### **I.3-Notion de chemotype ou chimiotype**

Un même végétal peut sécréter des huiles essentielles biochimiquement différentes en fonction de son biotope (composition du sol, climat, ensoleillement). C'est pourquoi a été créée la notion de chémotype. C'est une forme de classification chimique, biologique et botanique définissant la molécule majoritairement présente dans une huile essentielle, une même espèce peut donner des huiles essentielles différentes qui auront des propriétés différentes. Il est donc important de savoir quel est le chémotype d'une huile essentielle avant de l'utiliser afin d'en connaître les propriétés et la toxicité **(Baudoux, 2008)**.

### **I.4- Les principaux composants chimiques des huiles essentielles**

Les huiles essentielles sont composées de molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes. Afin de comprendre comment fonctionne une huile essentielle et quelles sont ses propriétés, il est important de connaître les molécules qui la composent **(Annexe I)**.

### **I.5-Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides**

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (la résistance des insecticide, la toxicité sur la faune auxiliaire, les problèmes de résidu et la pollution environnemental) ayant pour résultat l'attention croissante aux produits naturels **(Isman et Machial., 2006)**.

Les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'effort a été donc concentré sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes **(Kim et al., 2000)**.

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes **(Shaaya et al., 1997)**.

## II. Les biopesticides

### II.1- Définition

Les biopesticides peuvent se définir au sens large comme des pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire, organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issu de la chimie. Sous ce vocable, les biopesticides comprennent les agents de contrôle des insectes (auxiliaires) comme les arthropodes entomophages (ex. trichogrammes), les champignons hyphomycètes pathogènes pour les lépidoptères ou coléoptères (ex. *Beauvaria*), les baculovirus responsables des polyédroses nucléaires (NPV) ou des granuloses (GV) chez les lépidoptères, les bactéries (*Bacillus*), etc... , les insecticides d'origine végétale et les molécules de synthèse biologique (phéromones, molécules allélochimiques). Par contre la majorité des entomologistes exclut systématiquement ces derniers (**Rochefort, 2006**).

### II.2- Biopesticides microbiens

Cette catégorie comprend les bactéries, champignons, oomycètes, virus et protozoaires. L'efficacité d'un nombre important d'entre eux repose sur des substances actives dérivées des micro-organismes. Ce sont, en principe, ces substances actives qui agissent contre le bio-agresseur plutôt que le micro-organisme lui-même (**Deravel, 2013**).

#### II.2.1-Les bactéries

Les biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* sont les plus commercialisés. Ils ont une action insecticide. *Bacillus thuringiensis* est une bactérie à Gram+ qui produit, durant sa phase stationnaire de croissance, des protéines cristallines appelées delta-endotoxines ou protoxines Cry. Ces protéines sont libérées dans l'environnement après la lyse des parois bactériennes lors de la phase de sporulation et sont actives, une fois ingérées par les ravageurs, contre les lépidoptères, les diptères et les larves de coléoptères (**Rosas-Garcia, 2009**).

#### II.2.2-Les virus

Les Baculoviridae sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique . Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a, à l'heure actuelle, été répertorié dans l'infection des vertébrés ou des plantes. Cette propriété les rend particulièrement intéressants pour une utilisation en qualité de bio-insecticide, d'autant plus qu'ils peuvent tuer leur hôte en quelques jours. Ces virus sont classés en fonction de la

morphologie particulière de leur corps d'inclusion. Ainsi, on retrouve les Granulovirus, comme *Cydia pomonella granulosis*, inclus dans des granules de forme ovale ou ovoïde et les nucleopolyhedrovirus, comme *Helicoverpa zea* (HzSNPV) et *Spodoptera exigua* nucleopolyhedrosis qui sont inclus dans des polyèdres de forme arrondie, cubique ou hexagonale (Chen et al., 2002).

### II.2.3-Les champignons

Outre les bactéries et les virus, certains champignons présentent des activités contre les bio-agresseurs et sont exploités en tant que biopesticides, comme par exemple *Coniothyrium minitans* qui est connu pour parasiter les champignons du genre *Sclerotinia* spp. Ce genre fongique se retrouve dans le sol et est à l'origine de la maladie appelée pourriture blanche (McQuilken et al., 2003).

### II.3-Biopesticides animaux

Ces biopesticides sont des animaux comme les prédateurs ou les parasites, ou des molécules dérivées d'animaux, souvent d'invertébrés comme les venins d'araignées, de scorpions, des hormones d'insectes, des phéromones (Aquiloni et al., 2010). La coccinelle est l'insecte auxiliaire le plus connu. La coccinelle *Rodolia cardinalis* prélevée en Australie est couramment utilisée comme prédateur de la cochenille *Icerya purchasi* (Calderón Alvarez et al., 2012).

### II.4-Biopesticides végétaux

Les plantes produisent des substances actives ayant des propriétés insecticides, aseptiques ou encore régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Le plus souvent, ces substances actives sont des métabolites secondaires qui, à l'origine, protègent les végétaux des herbivores (Schmutterer, 1990).

#### II.4.1-Historique

Plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides ont été répertoriées (Grainje et Ahmed, 1988). Dès l'Antiquité, les Chinois, les Grecs et les Romains utilisaient des plantes ou extraits de plantes avec du soufre et de l'arsenic (NAS, 1969). Il a été rapporté que les Romains utilisaient des poudres préparées à partir de *Veratrum* sp. comme insecticides et rodenticides tandis que des extraits d'ifs (*Taxus baccata*) ont été utilisés par certains peuples de l'hémisphère nord (Schmutterer, 1992). Sous les tropiques, l'utilisation du neem (*Azadirachta indica* Juss. Meliaceae) est répertoriée depuis au moins 4 000 ans (Larson,

**1989**). Au XIXe siècle, seuls quelques composés d'origine végétale étaient identifiés et abondamment utilisés comme répulsifs ou produits toxiques parmi lesquels il y avait la nicotine (alcaloïde) et ses dérivés, la roténone, les pyrèthres et les huiles végétales. La nicotine servait à lutter contre les insectes piqueurs-suceurs des plantes vivrières. La roténone s'est révélée un composé phytosanitaire du plus haut intérêt (**Weinzeirl, 1998**).

Après une période d'accalmie autour de 1940, elle est redevenue populaire pour les adeptes de l'agriculture biologique. Elle est utilisée pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre (**Weinzeirl, 1998**). Les pyrèthres servaient pour se débarrasser des poux lors de les guerres napoléoniennes (**Ware, 1991**). Ces produits pouvaient provoquer de nombreux effets sur les mammifères mais vu leur instabilité à la lumière, à l'air et à l'humidité, ces risques étaient considérablement amenuisés. À cause de ces aspects, les pyrèthroïdes de synthèse ont fait leur apparition (**Weinzeirl, 1998**). Les huiles ont été utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsions. Ils sont considérés comme atoxique pour les mammifères, lors d'un usage normal. Aujourd'hui, les huiles sont très utilisées aux États-Unis pour la protection des vergers dont certains insectes ravageurs (*Dysaphis plantaginea* et *Panonychus ulmi*) sont devenus résistants à diverses familles d'insecticides (**Weinzeirl, 1998**). La Seconde Guerre mondiale reléguait en arrière plan les produits phytosanitaires d'origine végétale et les pesticides chimiques de synthèse firent leur apparition. Les problèmes de contamination de l'environnement, de résistance des populations de ravageurs et des effets nocifs sur les organismes non visés ont contribué au renouveau d'intérêt pour les molécules présentes dans les végétaux et les agents de contrôle des insectes (**Rocheffort, 2006**).

### **II.4.2-Effets sur les agents pathogènes**

Les extraits végétaux, actifs contre les agents pathogènes des cultures, appartiennent aux mêmes familles que ceux ayant une activité herbicide et insecticide. La société Marrone Bio innovations a par exemple développé une solution à base de renouée du Japon (substance active de la famille des anthraquinones) : le Regalia. Ce produit agirait comme stimulateur des défenses naturelles efficace contre les rouilles, oïdium, botrytis, mildiou, maladies des taches foliaires et bactéries (**Meksem, 2018**).

### **II.4.3-Effets sur les insectes**

Plusieurs sont connus pour contrôler ou limiter les attaques d'insectes en agissant sur leur physiologie. Certains sont des molécules ayant une action sur les hormones juvéniles ou de mues des insectes perturbant ainsi leur développement. Les toxines végétales ont



également un effet nocif. Plusieurs familles appartiennent à cette catégorie : les terpénoïdes (limonoïdes, cardénolides et pyrèthrine), les alcaloïdes à l'action neurotoxique, mais également les composés phénoliques caractérisés par une action anti-appétante et un effet sur la croissance. L'allélopathie semble une piste intéressante dans la lutte contre les adventices. Ce phénomène se traduit par l'émission de substances nocives par les racines, généralement des métabolites secondaires, empêchant la pousse d'autres espèces à proximité. Parmi les substances chimiques connues pour provoquer ce type d'interaction, l'Iteipmai cite la leptospermane de la famille des tricétones (eucalyptus) utilisée comme modèle par Syngenta pour développer des molécules de formule chimique proche (sulcotriane et mésotriane). La juglone, une quinone toxique pour les plantes herbacées et ligneuses, se trouve dans le noyer. Certains dérivés phénoliques, glucosinolates (brassicacées et capucine) et thiosulfates (alliées) présentent aussi une activité herbicide (Meksem, 2018).

### ***III- Eucalyptus globulus***

#### **III.1-Historique**

Les Eucalyptus sont pour la plupart de très grands arbres qui font partie de la famille des Myrtacées. On dénombre aujourd'hui plus de 500 espèces différentes d'Eucalyptus. Ils sont originaires d'Australie mais on en retrouve également en Amérique du sud, en Afrique et en Europe, où ils ont appris à s'acclimater (Koziol, 2015).

Le terme Eucalyptus a été utilisé pour la première fois en 1777 par un botaniste français, Charles-Louis. Il a inventé ce nom à partir du grec « *eu* » qui signifie « bien » et « *calyptos* » qui signifie « couvert » en référence à l'opercule qui se trouve sur le fruit des Eucalyptus, les capsules. C'est d'ailleurs une caractéristique commune à tous les Eucalyptus (Koziol, 2015).

De nombreux botanistes ont essayé de créer des classifications du genre Eucalyptus : la première était la classification de Mueller qui se basait sur les différents types d'écorces. Bentham s'est concentré sur les caractéristiques des étamines et en particulier des anthères. Mueller a, par la suite, créé lui-aussi une classification sur les anthères, puis il a été suivi de Maiden et Blakely mais cette classification a vite connu ses limites. De nombreuses classifications ont vu le jour en fonction des nervures des feuilles, de la morphologie des graines, de la nature de la capsule et de la structure de l'inflorescence (Koziol, 2015).

Une classification complète, mais informelle, de toutes les espèces d'eucalyptus connues a été publiée en 1971 par Pryor et Johnson. Elle comprend sept grands groupes basés sur l'association de plusieurs caractères morphologiques et suggérées par l'incompatibilité de

reproduction entre eux. Leur système a été soumis à un examen minutieux au cours des 30 dernières années. De nombreuses améliorations de cette classification ont été proposées par Johnson lui-même et par d'autres, même s'il n'a jamais officiellement publié un système de classification (**Koziol, 2015**)

Dans le volume 19 de « Flora of Australia », publié en 1988, tous les eucalyptus ont été groupés en 513 espèces par Chippendale. En 1995, Hill et Johnson ont pour la première fois décrit le genre *Corymbia* et en 2000, MIH Brooker a publié une classification officielle du genre, basée sur le travail de Pryor et Johnson (**Koziol, 2015**).

### III.2-Propriétés

Les Eucalyptus craignent le froid (température inférieure à moins dix degrés Celsius et aiment la lumière. Grâce à leur grande capacité d'absorption d'eau souterraine, ils sont utilisés afin d'assécher les marais (exemple en Corse) et ils assainissent les régions insalubres en supprimant les gîtes à moustiques combattant ainsi efficacement la malaria. Cette capacité à assécher les sols pose d'ailleurs problème en Australie et en Afrique. En effet, pendant les périodes de fortes chaleurs, de nombreux feux de forêts se déclarent dans les forêts d'Eucalyptus à cause de cette sécheresse. De plus, en réaction à la chaleur, les Eucalyptus libèrent leur huile essentielle dans l'atmosphère ce qui crée un phénomène nommé le « blue haze », ou brouillard bleu qui est très inflammable (**figure1**). De surcroît, les Eucalyptus émettent beaucoup de déchets inflammables : ils perdent beaucoup de branchages et leur écorce se renouvelle en permanence, ce qui fait que les sols des forêts d'Eucalyptus prennent feu facilement. (**Koziol, 2015**).



**Figure 1:** Le phénomène "Blue haze" en Australie (**Hughes et Fenwish, 2015**).

Toutes ces propriétés font qu'il y a très souvent des feux de forêts d'*Eucalyptus*. Pour pallier ce problème, les *Eucalyptus* se sont adaptés pour survivre. En effet, leurs capsules résistent à la chaleur et ne s'ouvrent que lorsqu'elles sont brûlées et que l'incendie est passé. De cette manière, les graines sont dispersées sur les sols riches en cendres et peuvent fleurir pour repeupler à nouveau les forêts. Le tronc des *Eucalyptus* est assez particulier car l'écorce se renouvelle fréquemment et elle se détache en longues bandes ce qui procure un aspect multicolore au tronc (**Koziol, 2015**).

### III.3- Répartition géographique des eucalyptus en Algérie

Les eucalyptus occupaient une surface de 5 855 hectares dont plus de la moitié dans la région Oranaise (**Boudy, 1955**). Des plantations ont été mené le longent le littoral. On retrouve cette espèce à El-Kala, Azzefoun et dans la région de la Mitidja et celle de Hadjout (**Foudil- Cherif, 1991**), la répartition géographique de l'*Eucalyptus globulus* en Algérie est représentée brièvement dans le **Tableau 01**.

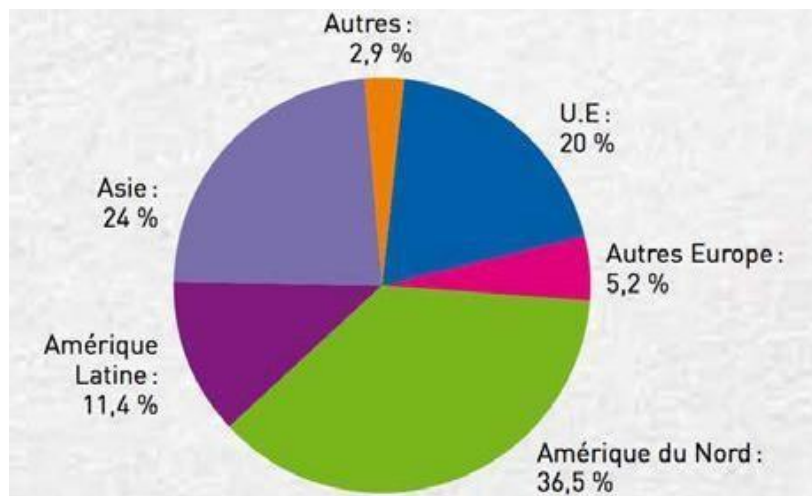
**Tableau 1:** Distribution géographique d'*Eucalyptus globulus* en Algérie (**Foudil-Cherif, 1991**).

Wilaya	Blida	Boumerdes	Skikda	S.Belabas	Setif	El Taref
Superficie	41Ares	70Ares	2250 HA	342 HA	10 Ares	1000 HA

### III.4-Importance écologique et économique

Les eucalyptus sont beaucoup utilisés pour le bois d'œuvre, pour le reboisement de certaines régions ainsi pour la fabrications de pâte à papier.

La pâte à papier est fabriquée à partir des fibres cellulosiques contenues dans le bois. Pendant des années, on utilisait du chêne, du châtaignier, du hêtre ou du peuplier pour fabriquer le papier mais les ressources n'étaient pas suffisantes par rapport à la demande croissante. L'industrie a donc eu l'idée de planter des forêts d'*Eucalyptus*, à croissance très rapide, afin d'avoir une quantité suffisante de bois pour répondre à la demande. C'est ainsi que sont nées des forêts spécifiques à la fabrication de pâte à papier au Brésil, au Portugal, en Chine, ... De plus, les *Eucalyptus* fournissent un papier de qualité pour l'édition. (**PPI, 2011**).



**Figure 2** : Répartition mondiale de la production de pâte à papier en 2010 (PPI, 2011).

### III.5-Position systématique

Selon Metro (1970) et Catalogue of life, la systématique d'*Eucalyptus globulus* est la suivant :

- **Règne** : Plantae
- **Embranchement** : Spermaphyta
- **Sous-Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Magnoliopsida /Dicotylédones
- **Sous -Classe** : Rosidae
- **Ordre** : Myrtalea
- **Famille** : Myrtaceae
- **Genre** : *Eucalyptus*
- **Espèce** : *Eucalyptus globulus* Labill

**Noms vernaculaires** : Eucalyptus globuleux, gommier bleu, eucalyptus bleu, arbre à fièvre, eucalyptus commun, eucalyptus officinal (Koziol, 2015).

### III.6-Description botanique

L'*Eucalyptus globulus*, appelé aussi Gommier bleu de Tasmanie, a été découvert en 1792 par le botaniste français La Billardière. C'est un arbre originaire de Tasmanie (Australie). Le docteur Muller (1825-1896), directeur du jardin botanique de Melbourne, a été

le premier à le décrire dans son ouvrage *Fragmenta phytographiæ australiæ*. Aujourd'hui, l'*Eucalyptus globulus* est cultivé dans le bassin méditerranéen et en Chine où il est utilisé pour fabriquer de la pâte à papier (Anton, 2013).

Les Eucalyptus sont des arbres qui poussent très rapidement. L'*Eucalyptus globulus* mesure 30 à 60 mètres de haut et il peut atteindre jusqu'à 100 mètres dans certains cas. Son tronc est lisse et sa couleur varie du blanc au gris. Son écorce se détache facilement en longues bandes. Les jeunes feuilles sont ovales, claires, opposées et sessiles. Mais ce sont les feuilles poussant sur les vieilles branches qui sont officinales car ce sont les seules à posséder des poches à essences sur la face inférieure. Ces feuilles peuvent atteindre 25 centimètres de long. Elles sont falciformes, alternes, pétiolées, de couleur gris-vert. Les feuilles ont une nervure principale surtout distincte sur la face inférieure (Anton, 2013).



**Figure 3:** Gravure *Eucalyptus globulus* (Koziol, 2015).

Les fleurs, visibles au printemps, naissent à l'aisselle des feuilles, le calice à la forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines. Le fruit est la capsule anguleuse du calice (in Atlas of Living Australia) .

### III.7-Composition de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

L'espèce *Eucalyptus globulus* d'une région algérienne a été l'objet d'une analyse de son HE d'où 20 composés ont été identifiés, représentant 98,3% de l'HE. Cette huile est majoritairement composée de 1,8-cinéole (48,6%),  $\alpha$ -pinène (9,7%) globulol (10,9%), trans-pinocarveol (10,7%) et  $\alpha$ -terpineol (6,6%), l'aspect de l'huile est de couleur jaune à jaune pâle, liquide et dégage une forte odeur de 1,8-cinéole (Daroui, 2012).

**Tableau 2:** Les différents composants d'HE d'*Eucalyptus globulus* (Daroui, 2012).

Composants	%
$\alpha$ -Pinène	9.7
1,8-cinéole	48.6
Isoamylisovalerate	1.1
trans-Pinocarveol	10.7
Pinocarvone	1.0
4-Terpineol	0.3
$\alpha$ -Terpineol	6.6
trans-Carveol	0.8
Carvacrol	0.1
$\alpha$ -Terpinyl acetate	0.3
Geranyl acétate	0.1
Aromadendrène	4.6
Ledene	0.6
Viridiflorol	0.4
Globulol	10.9
$\alpha$ -Eudesmol	0.8
Juriper Camphor	0.6
Isoaromadendrene oxide	0.2
6, 6-Dimethyl-2-(3-oxobutyl)-bicyclo [3, 11] heptan-3-one	0.2
Carboxamide	0.7



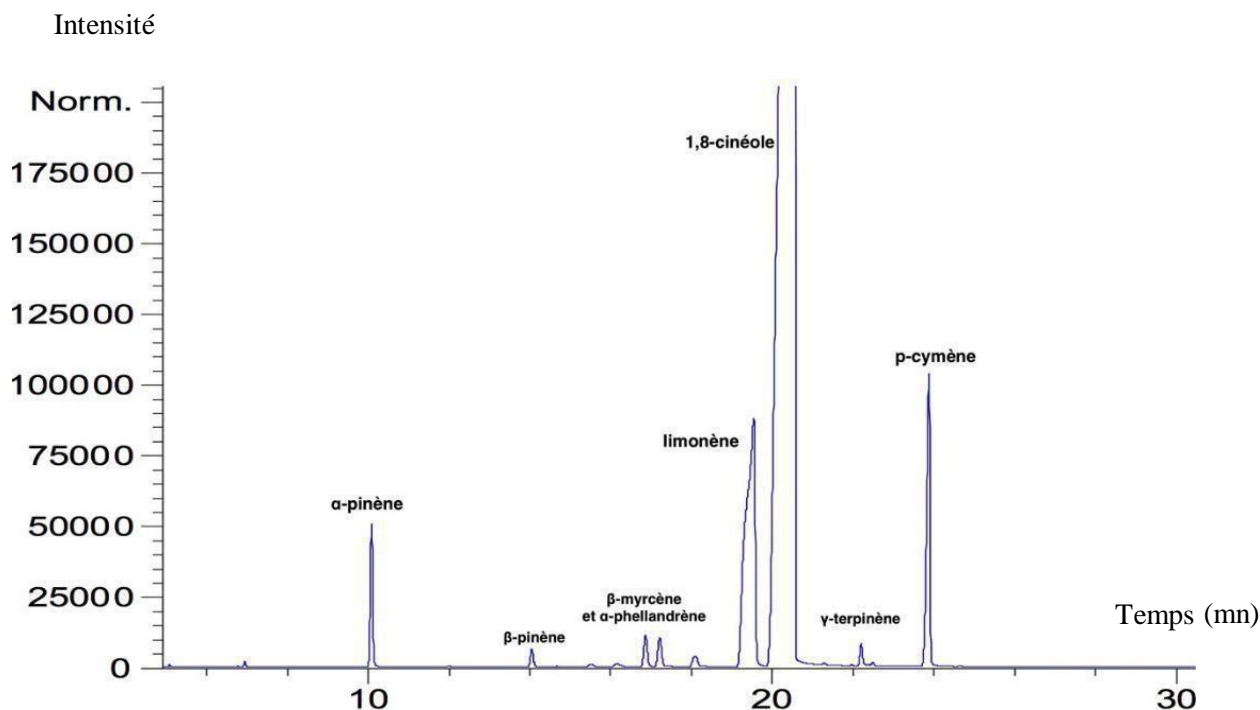


Figure 4 : Chromatogramme type d'une huile essentielle d'*Eucalyptus Globulus* (Pranarom, 2014).

Grâce à cette composition, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est douée de certaines propriétés que nous allons étudier.

### III.8-Propriétés de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*

#### III.8.1-Expectorante et mucolytique

La forte quantité de 1,8-cinéole présent dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer sa propriété principale : cette huile essentielle est expectorante et mucolytique. En effet, grâce à une stimulation directe des cellules sécrétrices de la muqueuse bronchique, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va permettre de fluidifier les sécrétions bronchiques afin qu'elles soient expulsées plus facilement. L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va également permettre de relâcher les muscles lisses des voies aériennes (Nascimento, 2009).

On confère souvent à l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* la propriété de Décongestionner le nez en cas de rhume (ESCOP, 2009).

#### III.8.2-Propriétés antibactériennes et cicatrisantes

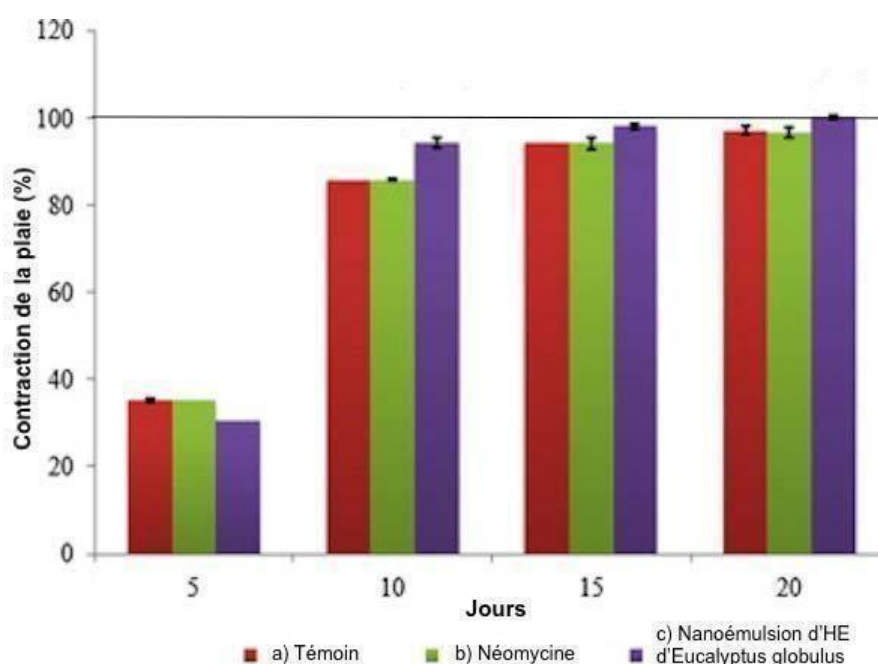
Grâce à la présence de 1,8-cinéole, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va être douée de propriétés antibactériennes et cicatrisantes. Elle pourra être utilisée afin de désinfecter les plaies et de raccourcir le temps de cicatrisation. Elle sera particulièrement efficace dans le traitement, des brûlures, des coupures, des blessures et des plaies, ses deux

propriété sont justifier dans les expériences suivante :

### Expérience 1

**Sugumar et al (2014)** ont réalisé une étude pour montrer le pouvoir de cicatrisation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Ils ont utilisé des rats à qui ils ont créé des plaies artificielles afin de calculer le pouvoir de contraction de la plaie. Ils ont ensuite traité les rats par différentes méthodes qui constituent 3 groupes :

- Les rats n'ont reçu aucun traitement et la plaie cicatrise naturellement
- Les rats ont été traités par une pommade à la néomycine
- Les rats ont été traités par une nanoémulsion d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*



**Figure 5:** Effet du traitement d'une nanoémulsion d'*Eucalyptus globulus* sur le taux de contraction de la plaie chez les rats (**Sugumar et al., 2014**).

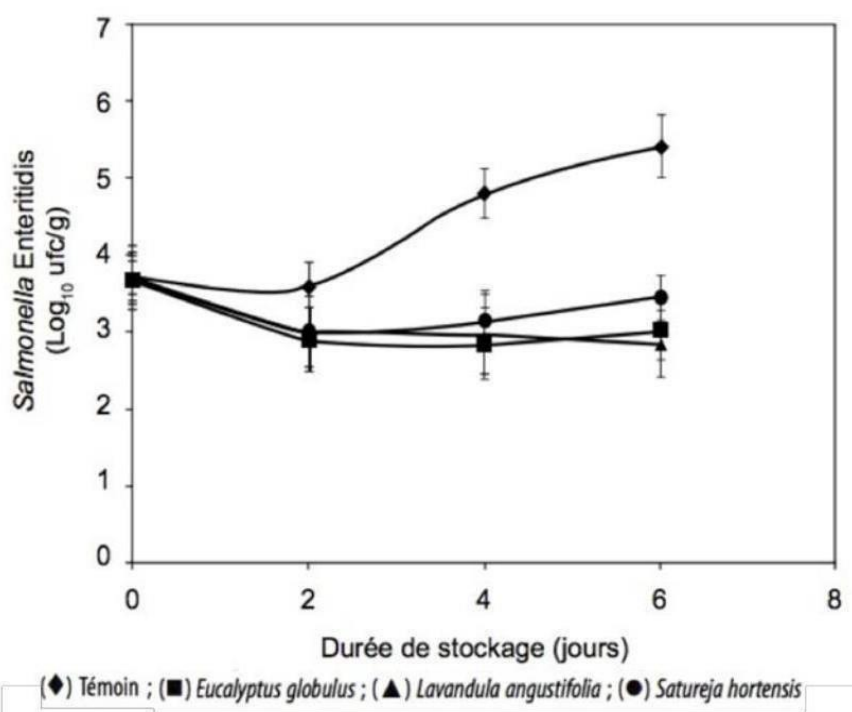
Au bout de 10 jours, la nanoémulsion d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* présente une activité de cicatrisation plus élevée que la néomycine. À partir du 16<sup>ème</sup> jour, la nanoémulsion voit une activité de 100% alors que la néomycine et le groupe témoin n'atteignent que 94,2% de guérison au bout de 20 jours (**Sugumar et al., 2014**).

Nous apercevons que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a un effet significatif sur la cicatrisation des plaies. Cet effet est notamment dû à la présence de 1,8-cinéole qui a un effet bactéricide et qui augmente la perméabilité de la peau (**Sugumar et al., 2014**).



## Expérience 2

Une étude évoque la possibilité d'introduire des huiles essentielles dans les aliments afin de les conserver. **Djenane et al (2011)** ont fait une étude sur la salmonelle et les œufs, Ils ont fait une expérience avec des œufs frais qu'ils ont traités avec plusieurs huiles essentielles sous forme liquide et notamment avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* ainsi que des œufs frais non traités, afin de comparer leur durée de conservation. Les résultats sont les suivants :



**Figure 6:** Inhibition de *Salmonella enteritidis* par des huiles essentielles additionnées dans des œufs entiers liquides stockés à 7°C (**Djenane et al., 2011**).

Cette figure montre l'efficacité antibactérienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contre *Salmonella enteritidis*. Cette étude a été réalisée pour trouver un moyen de prolonger la durée de vie des aliments en limitant la prolifération bactérienne (**Djenane et al., 2011**).

On utilisera également l'*Eucalyptus globulus* en diffusion pour assainir l'atmosphère. On pourra par exemple l'utiliser en synergie avec de l'huile essentielle d'*Eucalyptus radiata* et de l'huile essentielle de *Citrus limonum* pour leurs propriétés assainissantes (**ESCOP, 2009**).

### III.8.3-Insecticide

La présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été (**Batish et al., 2008**).

Une étude montre également que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est une bonne alternative naturelle contre les mouches domestiques. **Kumar et al (2012)** ont mis des larves et des pupes de mouche domestique en présence d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Les larves et les pupes ont été introduites dans des boîtes de Pétri en présence d'acétone et d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* à différentes concentrations. On étudie la mortalité des larves en calculant le  $LT_{50}$  qui est le temps au bout duquel 50% des larves sont mortes et on étudie la mortalité des pupes en calculant le pourcentage d'inhibition. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

**Tableau 3:** Effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les larves et les pupes de mouche domestique dans un essai de toxicité de contact (**Kumar et al., 2012**).

Concentration HE % ( $\mu\text{l}/\text{cm}^2$ )	$LT_{50}$ (larve)	Pourcentage d'inhibition%(pulpe)
0,16	6,00	36,30
0,25	5,60	54,50
0,50	4,60	63,60
1,01	2,70	77,30
2,01	1,70	90,90

On peut ainsi s'apercevoir que plus l'huile essentielle est concentrée, plus la mortalité des larves et des pupes augmentent. En présence de 2,01  $\mu\text{l}/\text{cm}^2$  d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, on observe un pourcentage d'inhibition des pupes de plus de 90% ce qui est très significatif (**Kosiol,2015**).

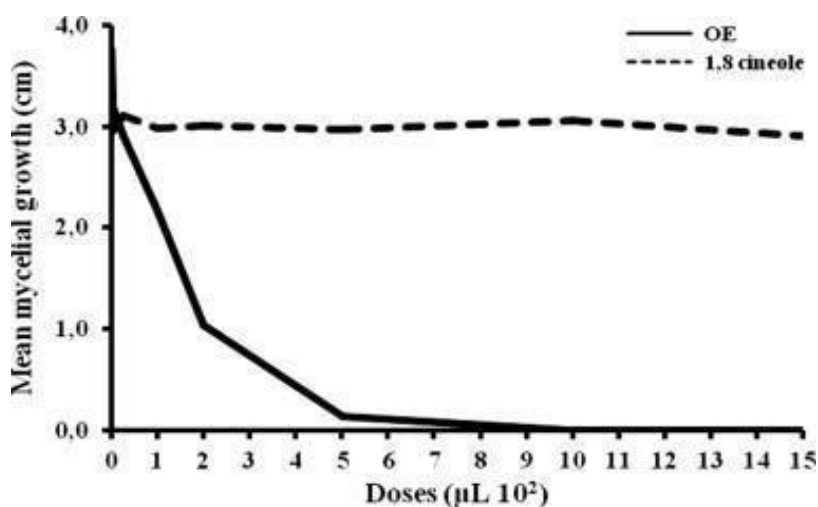
### III.8.4-Antivirale

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* possède une activité antivirale. Elle est notamment importante concernant Herpes Simplex Virus (HSV). Le HSV existe sous deux formes : le HSV-1 qui est plus souvent responsable de l'herpès labial et le HSV-2 qui est plus souvent responsable de l'herpès génital. Une fois contaminé par le virus HSV, on ne peut pas en guérir totalement. Le virus reste à l'état latent dans l'organisme et peut se réactiver à tout moment à la suite d'un élément déclencheur (stress, fièvre, menstruations, fatigue...). C'est lors de cette phase de réactivation que l'on peut traiter les symptômes. Des études ont démontré que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Tea tree* possèdent une forte activité antivirale contre HSV. On pourra donc les utiliser afin de traiter un bouton de fièvre, appliquées sur le bouton soit pures, soit en mettant 1 goutte d'huile essentielle dans une pommade d'acyclovir, cinq fois par jour minimum (vitesse de réplication du virus) (schnitzler et al, 2001).

### III.8.5-Antifongique

En plus de ses propriétés antibactériennes et antivirales, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* présente des propriétés antifongiques.

Vilela et al (2009) ont démontrés une activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur deux espèces d'aspergillus : *Aspergillus flavus* et *Aspergillus parasiticus*. Ils ont mis des mycéliums des deux espèces en présence d'une solution A contenant de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et d'une solution B contenant uniquement du 1,8-cinéole. Les résultats sont les suivants :



**Figure 7:** Courbe dose-réponse de l'évolution des deux espèces d'Aspergillus après traitement avec de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et avec du 1,8-cinéole (Vilela et al., 2009).

L'expérience démontre que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a un effet plus que significatif sur l'inhibition de la croissance des mycéliums des deux espèces d'aspergillus. En revanche, le 1,8-cinéole seul n'a pas d'effet sur les mycéliums. On peut donc conclure que le 1,8-cinéole n'est pas le seul responsable de l'effet antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* mais qu'il s'agit d'une synergie de molécules qui donnent cette action (**Kosiol, 2015**).

### **III.8.6- Antidouleur**

L'huile essentielle d'eucalyptus globulus inhibe la formation des prostaglandines et de cytokines par les monocytes ce qui lui confère un effet anti-inflammatoire, elle peut être utilisée comme antidouleur notamment dans les douleurs musculaires et rhumatismales (en massage, diluée à 10% dans de l'huile végétale, de millepertuis par exemple) (**grassmann et al., 2000**).

### **III.8.7-Effet hypoglycémiant**

En ce qui concerne l'*Eucalyptus globulus*, il est utilisé depuis des années en usage traditionnel pour traiter le diabète. Il est donc considéré comme une plante hypoglycémiante, ainsi plusieurs études démontrent que les flavonoïdes contenus dans l'*Eucalyptus globulus* auraient un effet hypoglycémiant (**Dey et Mitra, 2013**).

### **III.8.8-Anticancéreux**

Des études se sont penchées sur l'effet anticancéreux du 1,8-cinéole. **Moteki et al (2002)** ont démontré que le 1,8-cinéole était inducteur de l'apoptose des cellules leucémiques humaines et **Murata et al (2013)** ont quant à eux démontré l'effet anti-tumoral du 1,8-cinéole dans le cas du cancer colorectal. Il ne s'agit pour l'instant que de faibles effets et il n'y a pas encore assez d'études pour le démontrer, mais les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* pourraient à l'avenir servir de complément aux traitements anticancéreux actuels (**Koziol, 2015**).

## IV- *Cedrus atlantica*

### IV.1- Position systématique

Le cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, appelé « Arz » en arabe classique et « begnoun » en berbère, est une essence qui revêt une importance écologique et économique incontestable (**Sabatier et Barthelemy, 1994**). Les études taxonomiques et phylogénétiques récentes basant sur des marqueurs génétiques, ont démontré que le genre *Cedrus* comprend quatre espèces : *Cedrus atlantica*, *C. deodara*, *C. brevifolia* et *C. libani* qui, lui-même, englobe deux sous espèces : *C. libani libani* *C. libani stenocoma* (**Pijut, 2000**).

Au plan taxonomique, le cèdre de l'Atlas répond à la classification suivante (**Farjon, 2010**):

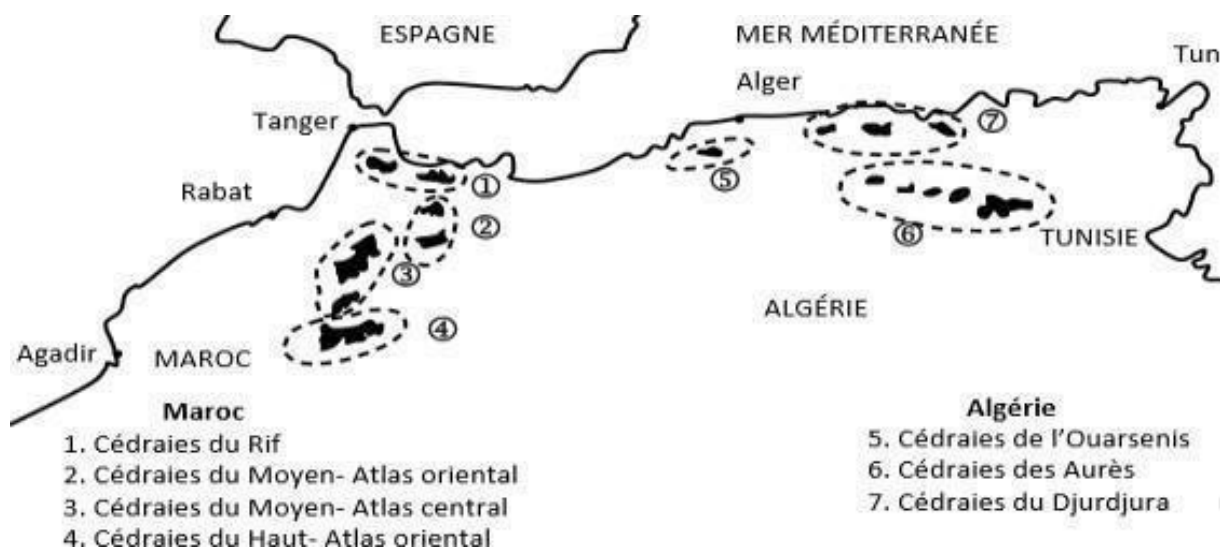
- **Règne:** Plantae
- **Embranchement:** Tracheophyta
- **Classe:** Pinopsida
- **Ordre:** Pinales
- **Famille:** Pinaceae
- **Genre:** *Cedrus*
- **Espece:** *Cedrus atlantica manetti*.1855

**Nom vernaculaire:** Cèdre de l'Atlas, Atlas cedar (Eng).

### IV.2- Aire de répartition

Le cèdre de l'Atlas s'organise, en Afrique du Nord, en sept blocs dont quatre dans les montagnes marocaines et trois dans les montagnes algériennes (**Figure 10**).

Ces dernières décennies, les surfaces des cédraies connaissent une diminution à cause de plusieurs facteurs (biotiques et abiotiques) ; d'après **Chaaouan et al (2011)** le cèdre a perdu 0,3% de sa superficie initiale en quarante ans.



**Figure 8:** répartition de cèdre de l'atlas (Mhirit, 1999).

#### IV.3-Importance écologique et socioéconomique

Depuis des centaines d'années, le cèdre de l'Atlas servait à la construction des charpentes, planchers (Benhalima, 2004), voies ferroviaires (Boudy, 1950), sans compter les nombreux produits qui sont tirés de son bois: goudron, diverses essences employées en pharmacie, en parfumerie, ect (Boudy, 1952). Les riverains vivent directement des ressources offertes par les cédraies (bois de feu, bois de construction, parcours, etc).

Le cèdre de l'Atlas est une essence forestière et productrice de bois de haute qualité. Ses valeurs biologiques, écologiques et socioéconomiques lui confèrent une importance internationale (Lepoutre, 1963 ; Derak *et al.*, 2008). Essence noble, elle est appréciée pour ses utilisations diverses (Bhar & Balouk, 2011 ; Bachiri *et al.*, 2015). Sa plasticité écologique fait que l'arbre présente des paysages multiples et imbriqués en fonction des conditions climatiques, édaphiques et des conditions topo-climatiques (Labhar, 1998). Il s'adapte aux froids hivernaux qui constituent des facteurs limitant pour la forêt méditerranéenne. Sa valeur biogéographique, est liée au fait qu'il représente un genre ancien dont l'apparition remonte au Crétacé inférieur (Laaribya & Belghazi, 2016).

#### IV.4-Les opérations de reboisements du Cèdre de l'Atlas en Algérie

Le reboisement est l'opération qui consiste à créer ou à reconstituer des peuplements à l'aide d'espèces forestières adaptées au climat et au sol. Les reboisements ont pour objectif l'enrichissement des massifs forestiers par la création de nouveaux boisements en terrains nus et en cas de déficit de la régénération naturelle (**Rabhi, 2015**).

En Algérie, l'aménagement des bassins versants, la lutte antiérosive, la protection et la reconstitution des sols et, par extension, l'augmentation des surfaces forestières sont parmi les objectifs à assigner à tout programmes de reboisement. Dans ce sens, la priorité est donnée à l'installation, sur les terrains dénudés, d'une végétation adaptée (**Letreuch- Belarouci, 1991**).

A travers les chantiers populaires de reboisement (CPR, 1962-1967), les différents plans triennaux, quadriennaux et quinquennaux (1967-1990) et le plan national de reboisement (1996), des surfaces considérables ont été reboisées essentiellement avec le pin d'Alep même dans des zones où d'autres essences plus valorisables peuvent s'adapter facilement (**Letreuch- Belarouci, 1991**). Bien que la production du cèdre, sur substrat cristallin, soit le double de celle du pin d'Alep, les surfaces reboisées avec ce résineux noble, dont la qualité du bois est excellente, sont insignifiantes et se concentrent autour de l'aire naturelle de l'espèce (Belezma, Chélia, Chréa et Djurdjura). **Boudy (1950)** affirmait que la réussite d'un reboisement exige beaucoup de foi et de ténacité, car l'opération doit, sous peine d'échec certain, reposer sur des bases scientifiques définies et sur une étude détaillée des facteurs physiques : exposition, végétation spontanée, sol, du périmètre à restaurer par le reboisement et la maîtrise des techniques de sylviculture et des reboisements susceptibles de constituer un peuplement plus satisfaisant dans un temps plus court. Les constats et les bilans établis démontrent que ces affirmations sont encore d'actualité. En raison des conditions édapho- climatiques hostiles (sécheresse et sols squelettiques et superficiels), plusieurs plantations de cèdre dans les Aurès ont enregistré des taux d'échec très élevés, celle de Chréa et du Djurdjura sont plus satisfaisantes. Des prospections approfondies pourraient révéler aussi d'autres causes liées à la qualité des plants produites en pépinière et aux techniques de plantation (**Rabhi et al., 2018**).





**Figure 9 : Cédraie du parc national de Chréa (Algérie-Monde)**

#### IV.5-Les ravageurs de C dre de l'Atlas en Afrique du Nord

Les ravageurs du Cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord sont synth tiss s dans le tableau suivant :

**Tableau 4:** Les ravageurs de cèdre de l'atlas

	<b>Espèces</b>	<b>Diagnostic et dégâts</b>
<b>Les défoliateurs</b>	<i>Thaumetopoea bonjeani</i> <i>Powell</i>	Les dégâts s'observent au printemps ( <b>Mouna, 1983</b> ). L'ensemble du houppier des arbres est attaqué, indépendamment de leur âge et de leur emplacement. De loin, les arbres attaqués sont facilement repérables à
	<i>Acleris undulana</i> <i>Walsingham</i>	



	<p><i>Epinotia cedricida</i> Diakonoff</p>	<p>leur aspect jaune-brun dû principalement au feuillage desséché. Sur les branches de cèdre se trouvent des rameaux courts portant généralement de 4 à 5 rosettes d'aiguilles situées à la base du bourgeon apical.</p>
	<p><i>Epinotia algeriensis</i> Chambon.</p>	
<p><b>Les Xylophages</b></p>	<p><b>Coléoptères</b></p> <p><b>Buprestidae</b></p> <p><i>Anthaxia martini</i> Bris.  <i>A. pleuralis</i> Fairm.  <i>A. marmottani</i> Brisout.  <i>A. chobauti</i> Abeille.  <i>A. corsica maroccana</i> Schark.  <i>A. ludovicae</i> Abeille.  <i>Melanophila marmottani</i> Frm.  <i>Buprestis flavangulata</i> Frm.  <i>Acmaeodera degener.</i>  <i>multipunctata</i> Luc.</p> <p><b>Scolytidae</b></p> <p><i>Scolytus numidicus</i> Bris.  <i>Scolytus carpini</i> Ratzeburg.  <i>Cryphalus piceae</i> Ratz.  <i>Crypturgus cedri</i> Erchh.  <i>Kissophagus novaki</i> Reitter.  <i>Phloeosinus cedri</i> Bris.  <i>Xyleborus saxeseni</i> Ratz.</p>	<p>L'attaque débute au niveau de la couronne puis progresse vers le bas de l'arbre. On constate alors que le phloème présente des morsures très irrégulières et que l'écorce est criblée par des fentes d'entrée de ce xylophage. Les morsures de nutrition sont plus abondantes entre l'écorce et l'aubier quand l'écorce est épaisse ; par contre, si l'écorce est fine, les morsures atteignent le bois. En infligeant aux arbres un déséquilibre physiologique (<b>Jean-Pierre et al, 1999</b>).</p>

<p><b>Les Xylophages</b></p>	<p><i>Hylurgops bonvouloiri</i> Chapp. <i>Hylastes batnensis</i> Bris.</p> <p><b>Cerambycidae</b> <i>Callidium cedri</i> Peyerh. <i>Ergates faber</i> L. <i>Semanotus russica algerica</i> F.</p> <p><b>Bostrychidae</b> <i>Stephanopachys quadraticollis</i> <i>Mars</i> <i>Bostricus fucus bicolor</i> Herb.</p> <p><b>Curculionidae</b> <i>Magdalis leucopleura</i> <i>F. Larinus</i> sp.</p>	<p>L'attaque débute au niveau de la couronne puis progresse vers le bas de l'arbre. On constate alors que le phloème présente des morsures très irrégulières et que l'écorce est criblée par des fentes d'entrée de ce xylophage. Les morsures de nutrition sont plus abondantes entre l'écorce et l'aubier quand l'écorce est épaisse ; par contre, si l'écorce est fine, les morsures atteignent le bois. En infligeant aux arbres un déséquilibre physiologique <b>(Jean- Pierre et al, 1999).</b></p>
<p><b>Les ravageurs piqueurs-suceurs</b></p>	<p><i>Cedrobium laportei</i></p>	<p>L'excrétion d'un abondant miellat par les pucerons provoque le développement de la fumagine. En cas de fortes pullulations, les aiguilles dessèchent et chutent au printemps. Une partie du houppier peut être totalement défoliacé qui se traduit par une réduction de la croissance et affecte la fructification <b>(Messaoudi, 1994).</b></p>

## V -*Scolytus numidicus* Bris

### V.1- Position systématique :

Selon Alfred (1949), Jean-Pierre (1999) et Catalogue of Life, *Scolytus numidicus* appartient à la classification suivante :

- **Régne:** Animalia
- **Phylum:** Arthropoda
- **Classe:** Insecta
- **Ordre :** Coleoptera
- **Sous-ordre :** Rhynchophora
- **Superfamille :** Scolyloidea
- **Famille:** Curculionidae
- **Genre:** Scolytus
- **Espece:** *Scolytus numidicus* Brisout & C

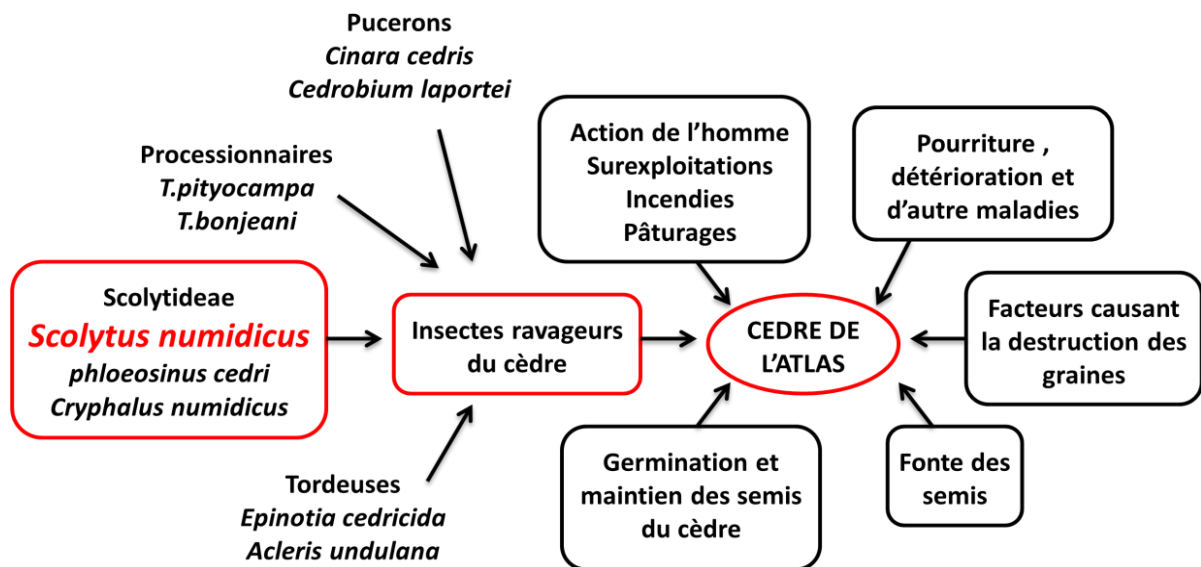
### V.2- Les acteurs du dépérissement forestier

Les forêts représentent environ 30.3 % de la surface terrestre et fournissent un habitat pour de nombreux organismes vivants, et des biens et services pour les hommes (production de bois, de résine, de fruits, , espace récréatif, ect) (Bronstein et al., 2006), les écosystèmes forestiers sont particulièrement sensibles à certains facteurs biotiques et abiotiques ( par exemple climat, sol, parasites, pathogènes) entraînant à court terme ou à long terme le dépérissement du peuplement forestier (Marion, 2014).

Les dépérissements sont généralement définis comme « des phénomènes causés par un ensemble de facteurs interagissant et se succédant d'une façon particulière, et qui entraînent une détérioration générale (portant notamment sur l'aspect et la croissance) et graduelle, se terminant souvent par la mort de l'arbre » (Manion 1981). Les insectes parasites et particulièrement les scolytes (Coleoptera - Curculionidae - Scolytinae) sont considérés depuis de longue date comme un acteur majeur des dépérissements forestiers dans le monde entier (Marion, 2014).

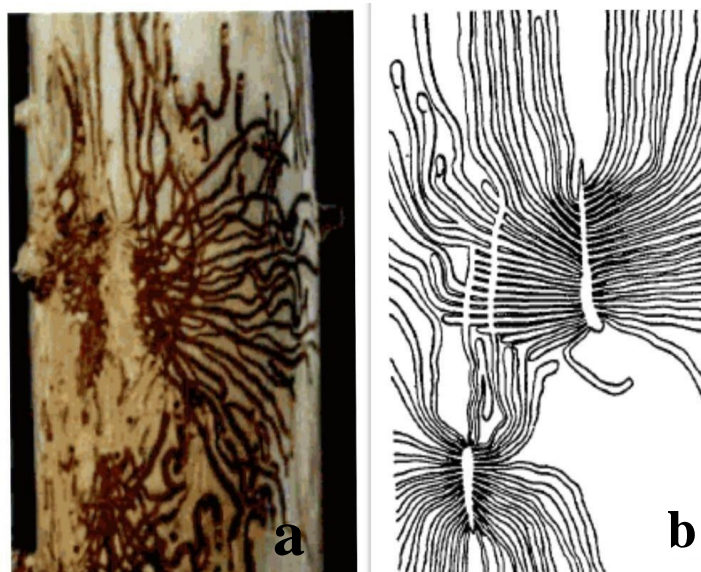
### V.3-Diagnostic et dégâts

*Scolytus numidicus* est la seule espèce du genre vivant exclusivement aux dépens de *Cedrus atlantica*. On la rencontre, au Maroc (Moyen Atlas et Rif) et en Algérie (Chrea dans l'Atlas Blidéen et dans le Djurdjura), ce scolyte peut devenir un ravageur primaire en cas d'invasion épidémique et causant ainsi le dépérissement de la cédraie, il doit être considéré parmi les ravageurs les plus importants de nos peuplements forestiers auxquels elles causent des préjudices considérables. (Jean-Pierre, 1999).



**Figure 10:** Schéma représentatif des différentes causes de dépérissement du Cèdre de L'Atlas (Eddif, 2006).

### V.4-Les galeries



**Figure 11:** Galerie sous corticales de *Scolytus numidicus* sur une branche de Cèdre de l'Atlas  
a. image réelle (Eddif, 2006)., b.schéma (Alfred, 1949).

*Scolytus numidicus* vie en colonies populeuses où l'on remarque l'ébauche d'une vie sociale organisée. Ces colonies évoluent dans des galeries à dessin complexe et sont enfoncées dans la profondeur de l'écorce jusqu'au niveau de l'aubier.

Les galeries de *scolytus numidicus* sont considérées comme des galeries familiales car elles résultent de l'œuvre commune de la femelle et des larves (**Chararas (1982)**). Ce sont des galeries sous corticales, leur longueur moyenne calculée est de 3,3 centimètres avec une moyenne de 19 encoches par galerie, la densité des attaques est d'une moyenne s'élevant à 32 galeries/m<sup>2</sup> (**Mhirit et al, 2006**).

#### **V.5-Morphologie externe des adultes :**



**Figure 12:** Adulte de *Scolytus numidicus* (**Eddif, 2006**)  
(Coloration foncière noire à brune, plus ou moins clair sur les élytres).

#### **V.5.1-Tête.**

##### **V.5.1.1-La capsule céphalique**

Elle est de forme globuleuse, subsphérique, se compose de différentes pièces étroitement fusionnées, offrant de bons caractères de détermination. Vu de face, le vertex est arrondi, globuleux, glabre, pourvu d'une suture médiane, se prolongeant jusqu'à la région frontale (**Alfred, 1949**).

##### **V.5.1.2-Appareil buccal**

Le labre est réduit, les mandibules sont très robustes, comme chez tous les xylophages, pourvues de larges denticulations plus ou moins irrégulières sur leur côte interne et d'une apophyse molaire. (**Alfred, 1949**).

### V.5.1.3-Antennes

Le caractère des antennes a une importance capitale pour la classification des genres et des espèces; elles sont composées de 3 parties distinctes, qui sont: le scape, le funicule et la massue .Le Scape est très développé, il dépasse la longueur du funicule. Le funicule proprement dit est formé par des articles annulaires, de petite taille. (Alfred, 1949).

### V.5.1.4-Yeux

Les yeux sont latéraux, aplatis, ovalaires, ils sont subcirculaires. (Alfred, 1949).

### V.5.2-Thorax

Divisé en trois parties : Prothorax (il offre d'excellents caractères de détermination. Il est volumineux, massif, fréquemment débordant en avant, cachant souvent la tête qui devient invisible de dessus) ; Mésothorax et le Métathorax (presque entièrement caché par les élytres et les ailes, il est le siège des muscles du vol). (Alfred, 1949).

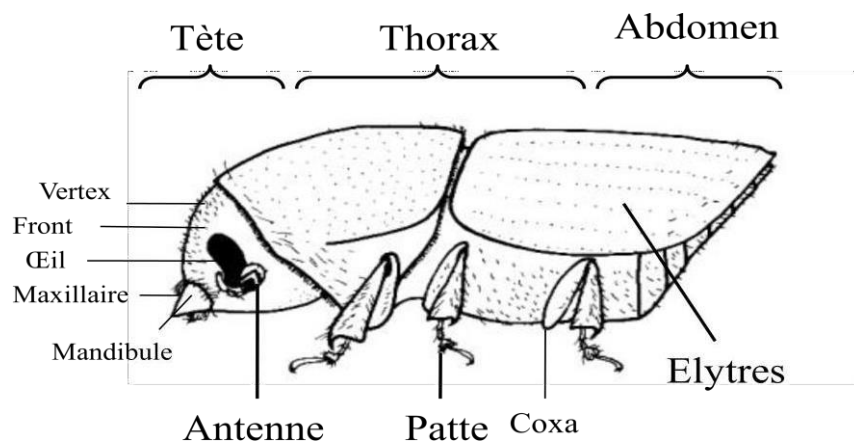


Figure 13: Morphologie externe de *scolytus numidicus* (Marion, 2014).

### V.5.3-Abdomen

L'abdomen est composé de 8 anneaux. Les 8 tergites sont généralement bien visibles en dessous des élytres. (Alfred, 1949).

### V.5.4-Elytres

Les élytres, toujours épais et fortement chitinisés, ils sont droits et subrectangulaires. (Alfred, 1949).

### V.5.5-Pattes

Elles sont massives, ramassées, les coxa sont arrondis, profondément enfoncés dans les cavités cotyloïdes. Les coxa postérieurs de forme plus longue et plus étroite, le trochanter est réduit, le fémur renflé et court. (Alfred, 1949).

# **Chapitre II**

## **Matériel et méthodes**

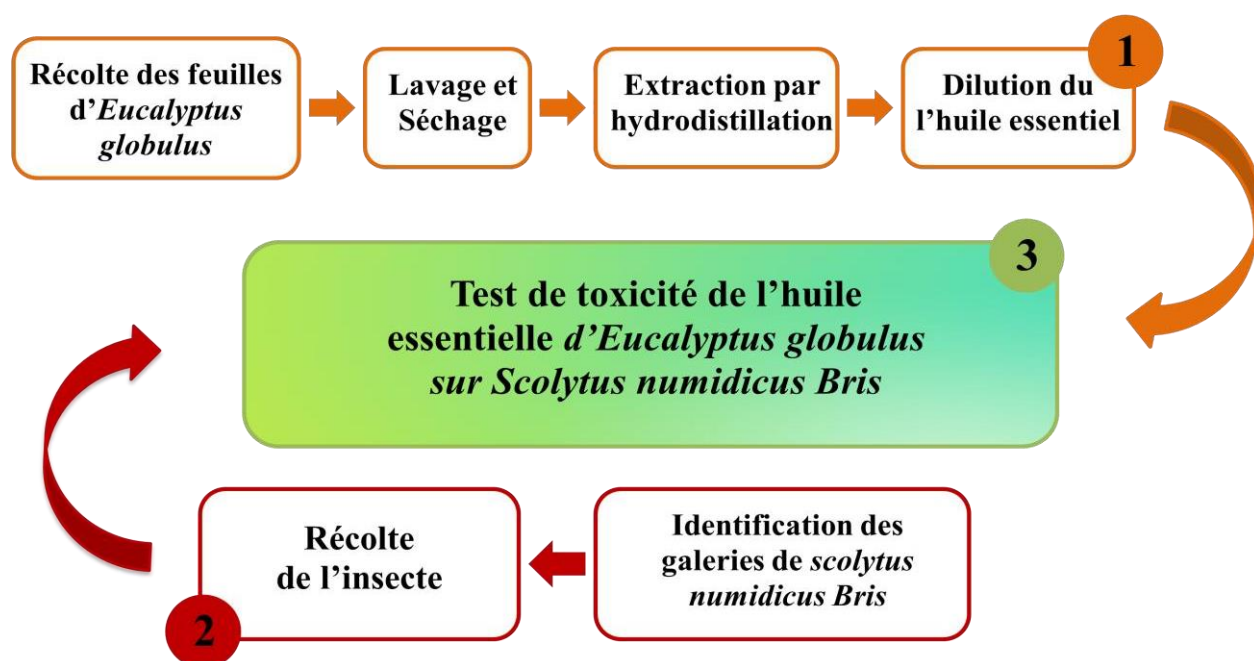
## I-Présentation générale du travail expérimental

Ce travail est basé sur trois étapes principales :

**Étape 1:** Extraction d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*.

**Étape 2:** Identification et récolte de l'insecte *scolytus numidicus*.

**Étape 3:** Teste de toxicité directe sur *scolytus numidicus*.



**Figure 14:** Schéma général du travail expérimental (original).



## II- Présentation de la zone d'étude

### II.1-Données géographiques

La réserve de biosphère de Chréa s'étend en écharpe sur une aire de 26 587 hectares le long des parties centrales de la chaîne de l'Atlas Tellien, comprises entre les latitudes Nord  $36^{\circ}19' / 36^{\circ}30'$ , et les longitudes Est  $2^{\circ}38' / 3^{\circ}02'$  (Loukkas, 2009).

Le parc national de Chréa se trouve au sein du massif de l'Atlas Tellien, au niveau de l'Atlas Blidéen précisément dont il couvre les versants nord et sud. Ce dernier forme la partie centrale de l'Atlas Tellien qui s'allonge en direction du sud-ouest vers le nord-est. Le parc national de Chréa entoure le village de Chréa et englobe le djebel Gueroumene, Le djebel Ferroukha et Le djebel Mouzaia à Tamesguida . Il s'étend sur une longueur de 39,5 Km d'Est en Ouest et une largeur de 7 à 14 Km. Les limites du parc sont facilement matérialisables sur le terrain puisqu'elles sont composées par des oueds, des lisières de forêts, des pistes et des lignes de crêtes (Chekchak, 1985).

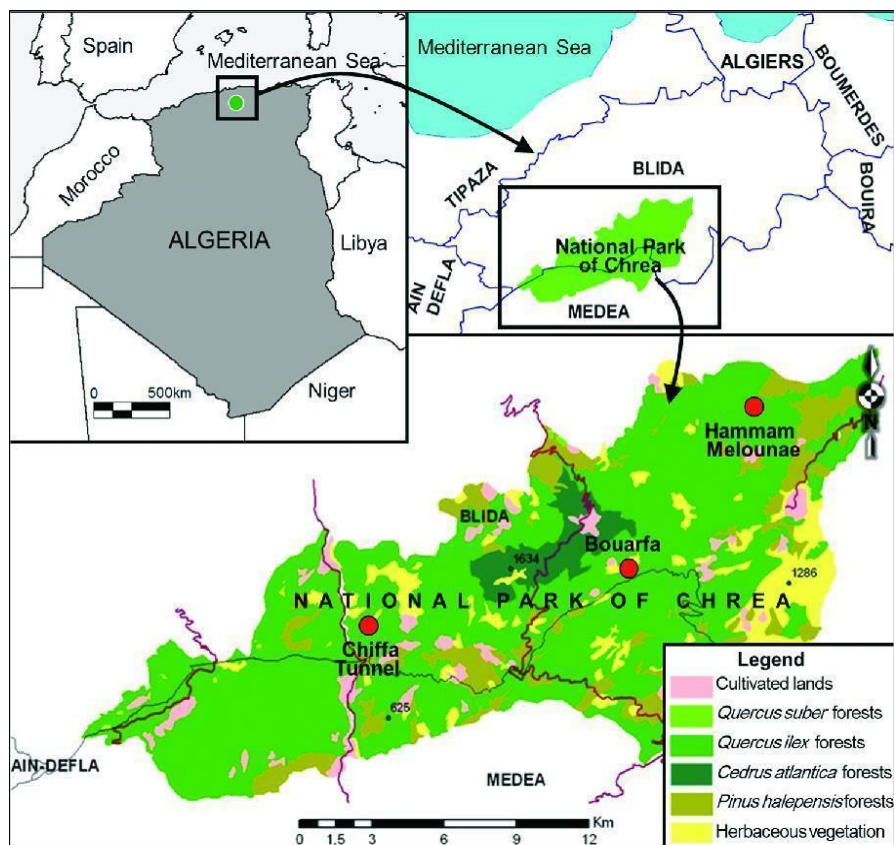
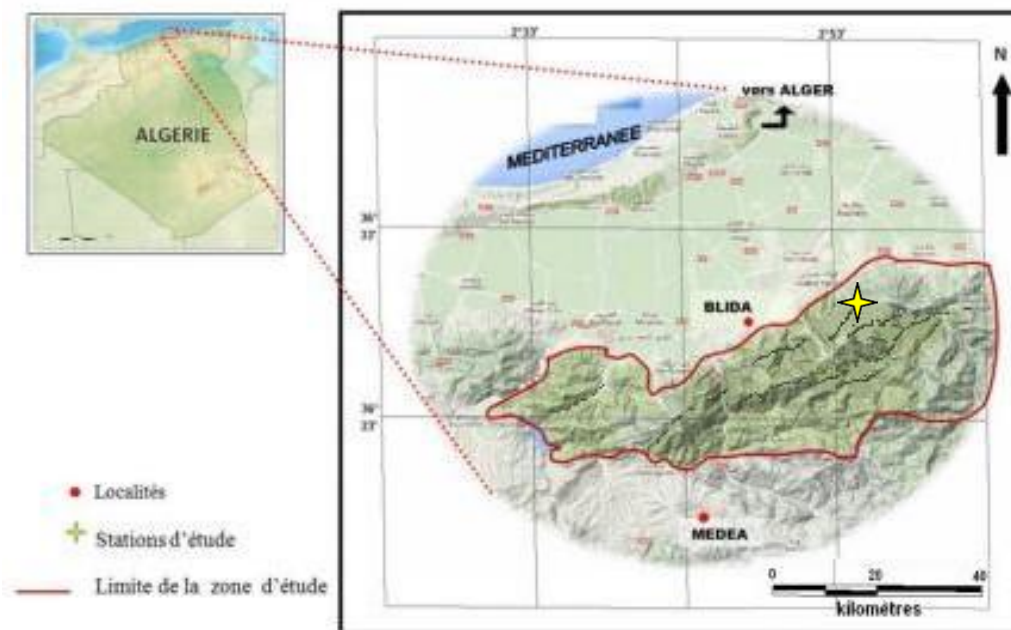
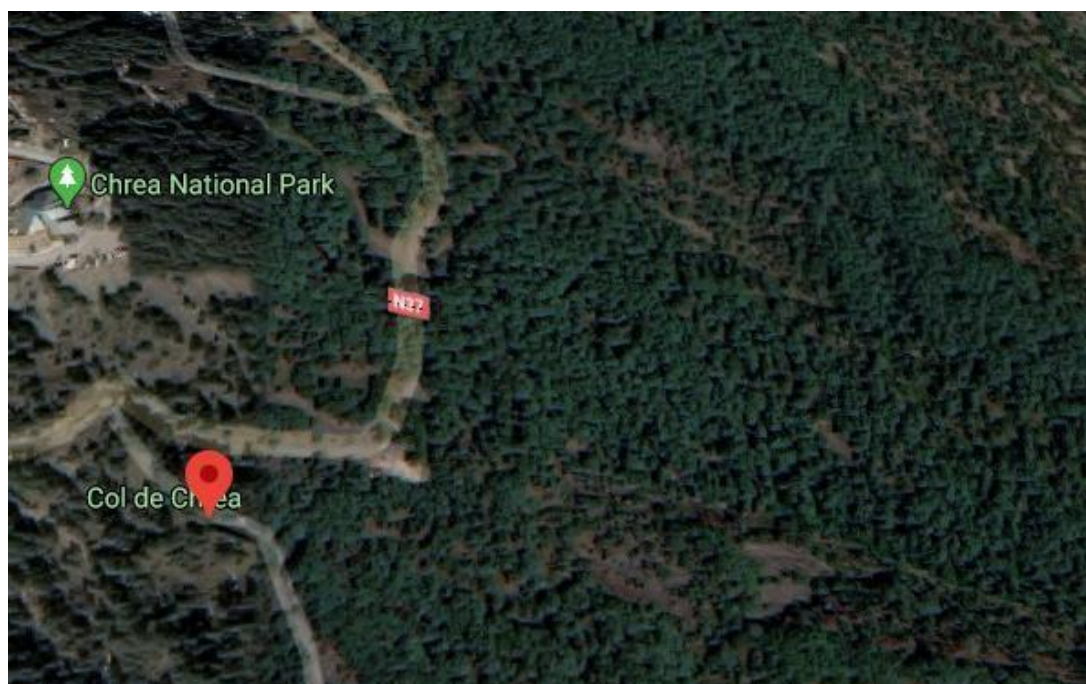


Figure 15: Carte de localisation du parc national de Chréa (Djamel et al, 2019).

Le choix de la zone d'étude est porté sur la cédraie du parc national de Chréa à 1500m d'altitude.



**Figure 16:** Carte de localisation de la station d'étude (Google Maps).



**Figure17:** Image satellitaire de la station d'étude (Google Maps).

## II.2- Importance juridique et limites administratives du parc

La création du parc national de Chréa remonte à l'arrêté du 3 septembre 1925, pris en application de l'arrêté du 17 février 1921 (**Pudot, 1950**). le parc national de Chréa, inclue les peuplements de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), les trois forêts de Sidi-EI-Kebir, de Ghallai et de Zouatit Tarfa (**Mazari, 1995**).

L'objectif principal d'un parc national a pour but de conserver la faune, la flore, le sol, le sous-sol, l'atmosphère, les eaux, en général tout milieu naturel présentant un intérêt spécial qu'il importe de préserver contre tout effet de la dégradation naturelle et de soustraire à toute intervention artificielle susceptible d'en altérer l'aspect, la composition et l'évolution (**Lebreton, 1978**).

Administrativement le parc national de Chréa se trouve confiné dans les wilayas de Blida, Médéa et chevauche les limites de la wilaya de Ain defla. La ville de Blida, se situe au pied du parc national dans la zone de piémont, entre la chaîne Atlasique et la plaine de la Mitidja. De plus une série de villes, de petites et de moyennes envergures forment un essaim tout le long de la zone du piémont (Hadjout, El-afroune, Mouzaia, la Chiffa, Soumaa), Alger grande métropole, ne se trouve qu'à 50 Km du parc (**Chekchak, 1985**), De ce fait le parc national de Chréa se voit attribué un cachet tout particulier, en occupant une position stratégique, au carrefour d'importantes voies de communications, qui le met en contacte directe avec les zones les plus riches et les plus peuplées du pays (plaine de la Mitidja) (**Attal- Bedredine, 1995**).

## II.3-Climat et bioclimat

Le parc national de Chrea est caractérisé par un climat de type méditerranéen, les températures moyennes annuelles sont comprises entre 8,6 °C et 11,08°C. On distingue une grande variabilité pluviométrique avec une pluviosité moyenne annuelle qui s'étend de 518 à 1 200 mm. Le bioclimat varie du semi-aride tempéré au sub-humide et humide tempérés et frais (**Melouani, 2014**).

La synthèse bioclimatique du PNC est représentée dans le tableau 4 et par le Diagramme ombrothermique de Bagnouls et le Climagramme d'Emberger élaborés par **Lahrech. B et Khenafif .H (2018)** à partir des données de l'office national de météorologie de Dar El Baida.

Deux synthèses sont utilisées pour caractériser le climat: le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) et le quotient pluviothermique d'EMBERGER (1955).

**Tableau 5:** Synthèse bioclimatique du parc national de Chréa ( **Melouani, 2014**).

Données climatiques	Yahi (2007)	Zaidi (2003)		Merbah (2005)
		Versant Nord	Versant Sud	
Altitudes (m)	970-1550	600-1550	970-1550	–
Précipitations (mm/an)	912 à 1202	727 à 1202	767 à 1057	600 <P< 1500
Précipitation moyennes mensuelles (mm/mois)	–	–	–	Janvier et Décembre, sont les mois les Plus arrosés et Juillet le mois le plus sec
Températures moyennes annuelles T (°C)	–	–	–	11 <T< 18
M (°c)	30.36 à 26.3	32.95 à 26.3	30.01 à 25.95	26.3(Chrea) <M< 35 (Benchicao)
m(°c)	2.72 à 0.4	4.2 à 0.4	3.74 à 1.42	0.4(Chrea) <m< 7.5(Blida)
M+m/2	–	31.72 à 13.35	16.87 à 13.68	–
Q2	113.59 à 162	86.72 à 162	100.72 à 149.9	65<Q2<190
Bioclimat	per-humide à humide	per- humide à Sub-humide	Sub- humide à humide	Per-humide (Chrea) Humide (Merdja, Tisraouine, Lac Mouzaia) ; Sub-humide (Medea, Takitoun, Ben chicao)

<b>Variante Thermique</b>	frais	Tempéré à frais	Tempéré à frais	Tempéré à frais
<b>Saison sèche</b>	2 mois	4 mois à 2 mois et demi	4 mois à 3 mois et demi	3 mois (Juin, Juillet, Aout)
<b>Période humide</b>	–	–	–	Généralement 8 mois
<b>Régime saisonnier</b>	H.P.A.E	H.A.P.E	–	Dominé par le H.A.P.E et H.P.A.E rarement P.H.A.E (Bougara et chrea )

### II.3.1 - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

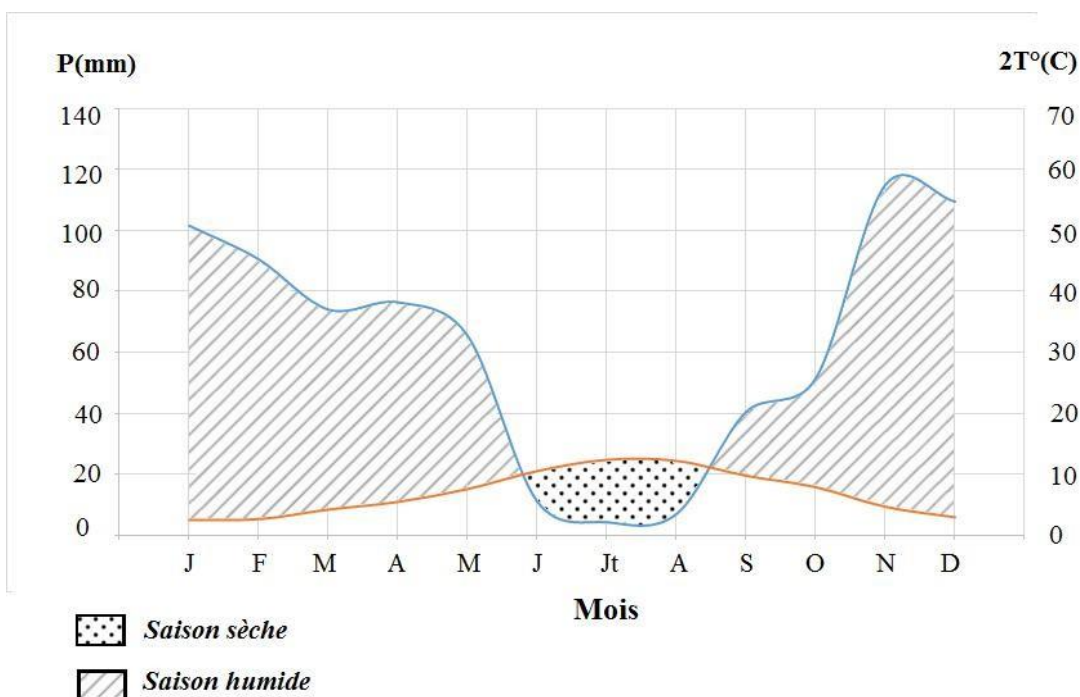
Ce digramme permet de définir la durée des mois secs de l'année en adoptant sur un graphe une échelle particulière où les précipitations sont le double des températures.

Selon Bagnouls et Gausсен le mois est défini comme étant sec lorsque la somme des précipitations moyennes (P), exprimées en millimètres (mm) est inférieure au double de la température de ce mois ( $P < 2T$ ), pour notre zone d'étude, la moyenne des températures minimales mensuelles la plus basse enregistrée durant la période 2000 – 2014, se situe au mois de janvier avec une température de **4,96 C°** alors que la moyenne des températures maximales mensuelles la plus haute se situe au mois de juillet (**24,65 C°**) (tableau VI). Les précipitations mensuelles ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (**Lahrech et Khenafif, 2018**).

**Tableau 6 : Moyenne des températures et précipitations dans le PNC (2000- 2014) (Lahrech et Khenafif, 2018).**

<b>Mois</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>Jt</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>Moyenne P mm</b>	101,6	90,5	74,0	76,4	65,4	10,9	4,1	6,8	40,4	51,4	115,0	109,5
<b>Moyenne T C°</b>	<b>4,96</b>	5,21	8,32	10,85	15,04	20,94	<b>24,65</b>	24,28	19,41	15,66	9,24	5,82





**Figure 18:** Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson du PNC (2000 - 2014).

### II.3.2 - Climagramme d'Emberger

L'indice d'Emberger permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique et obtenu par la formule qui suit :

$$Q_2 = 3,43(P / (M - m))$$

D'où :

**P** : La pluviométrie annuelle (mm).

**M** : La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

**m** : La moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

La température moyenne minimale du mois le plus froid (4,3° C), placée en abscisses et la valeur du coefficient pluviométrique  $Q_2$  placée en ordonnées, donnent la localisation de la station météorologique choisie dans le climagramme. La valeur de  $Q_2$  calculée à partir d'une synthèse de 15 années est de **129,95** ce qui permet de classer notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique Sub humide (**Lahrech et Khenafif, 2018**).

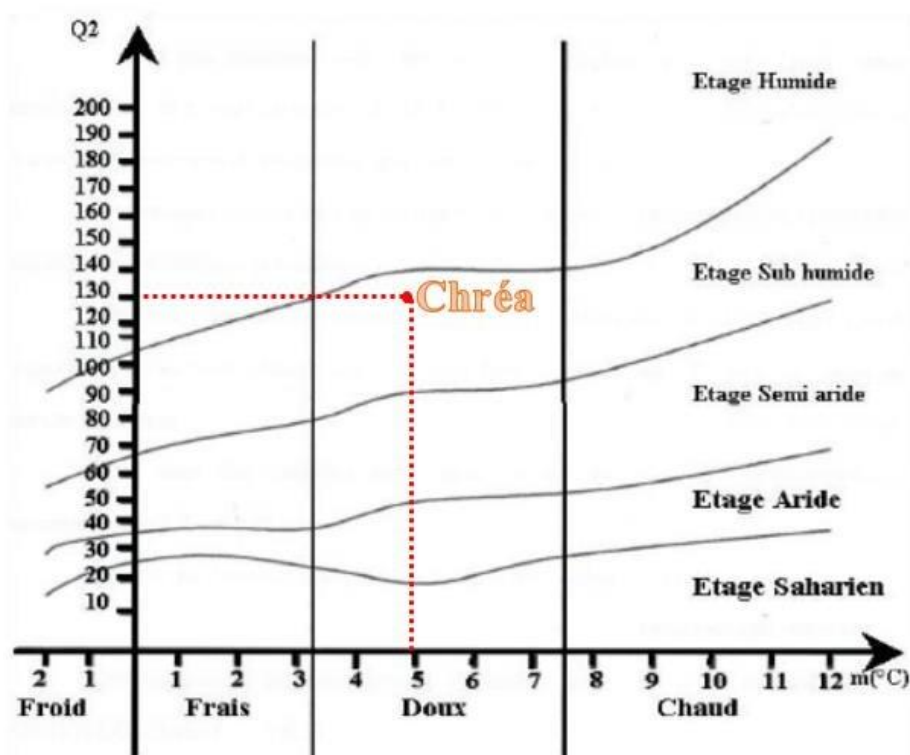


Figure 19: Position de la région d'étude sur le climagramme d'Emberger (Lahrech et Khenafif, 2018).

#### II.4-Occupation du sol au niveau du parc national de Chréa

Tableau 7: Les différentes strates du PNC (PNC, 2009).

Occupation	Nature	Surface (ha)	Totaux
<b>Strate Arborescente</b>	Cèdre	1292.95	4.86%
	Chêne vert	172.80	0.6%
	Pin d'Alep	3345.02	12.58%
	Maquis arboré	588.85	2.21%
<b>Strate arbustive et herbacée</b>	Maquis	16958.18	63.78%
	Reboisement (PA Et CV)	218.85	0.8%
	Pelouse	96.75	0.3%

<b>Terrains dénudé</b>	Terrains nus	2787.72	10.49%
	Terrains rocheaux	91.10	0.3%
	Bad land	31.90	0.1%
<b>Autres</b>	Terrains cultivés	728.35	2.74%
	Habitat	192.48	0.72%
	TPF	56.35	0.10%
	Lacs	26.10	0.92%
<b>TOTAL</b>		<b>26587</b>	<b>100%</b>

## II.5 Richesse biologique

### II.5.1-La flore :

La flore actuelle, remonte à la fin du Miocène, période au cours de laquelle, des modifications sont survenues au niveau des climats et de la composition des flores (**Lemee, 1967**).

Selon **Lemee, 1967** in **Melouani (2014)** « *Le bassin méditerranéen a subi au tertiaire, du fait du plissement alpin, des transformations profondes dans sa configuration géographique, suivies des vicissitudes climatiques du quaternaire et d'une occupation humaine très précoce* ».

Les inventaires réalisés à ce jour au parc national de Chréa ont révélé l'existence d'un patrimoine floristique évalué à 950 taxons de rang d'espèces et de sous-espèces. Ce qui représente 34,52% de la richesse floristique nationale (**Dahel, 2015**). Ils évoluent dans de différentes formations végétales qui représentent pour eux les habitats vitaux nécessaires à leur subsistance harmonieuse :

- 878 espèces sont des végétaux autotrophes appartenant à 90 familles botaniques (72% des proportions nationales) (**Dahel, 2015**).
- plus de 350 genres botaniques. Parmi ces espèces on en dénombre de nombreuses espèces rares, très rares et rarissimes (*Crupina vulgaris*). D'autres sont endémiques à l'Afrique du nord (*Cedrus atlantica*), à l'Algérie (*Origanum floribundum*). Parmi ces espèces figurent également 174 plantes médicinales, 72 espèces de champignons et 15



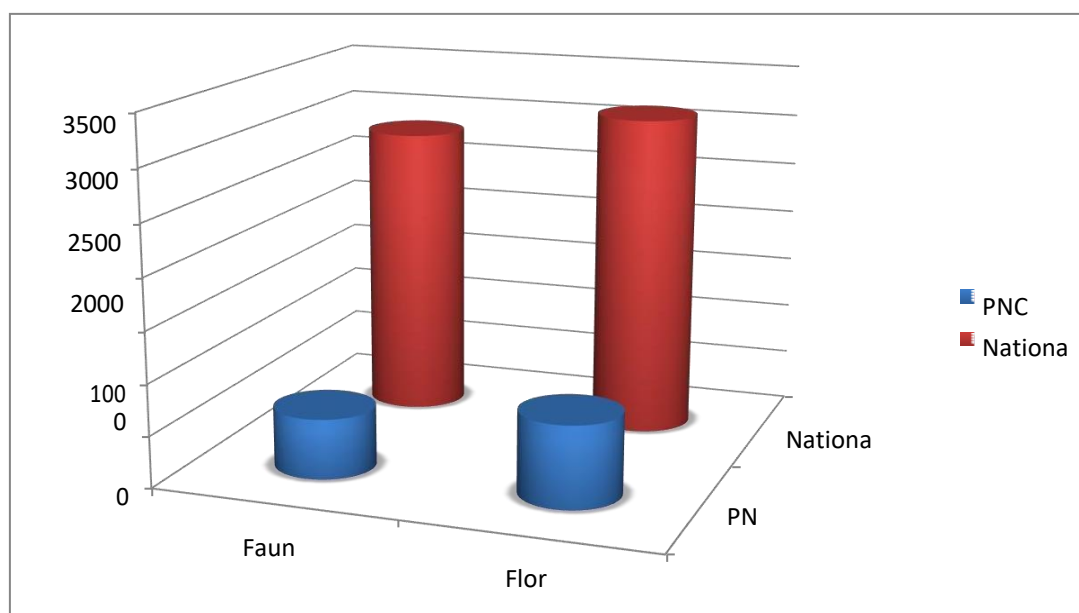
espèces protégées en Algérie (par décret). De nombreuses espèces introduites (Pin noir, Pin de Canarie, Sapin de Numidie,...) caractérisent aussi la collection végétale du Parc national de Chréa (**Dahel, 2015**).

**II.5.2-La faune :**

23 % de la richesse faunistique nationale de la faune du parc national de Chréa se compose de 686 espèces recensées à ce jour. Elle représente 23% de la richesse faunistique nationale. Le singe magot (*Maccaca sylvanus*) est l'animal emblématique du parc (**Dabel, 2015**). Il est endémique à l'Afrique du nord. On y trouve aussi beaucoup d'autres espèces parmi elles (**Tableau 6**) :

**Tableau 8:** Espèces faunique du PNC (**Dahel, 2015**).

Mammifères	Oiseaux	Insectes	Reptiles	Poissons	Crustacés	Amphibiens	Annélides
27 esp	123 esp	429 esp	09 esp	05 esp	02 esp	07 esp	12 esp



**Figure 20:** Histogramme de la richesse de PNC par apport à l’inventaire national (**Dahel, 2015**).

### **III- Extraction d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus***

#### **III.1-Matériel de laboratoire**

- Clevenger
- Ballon de 500ml
- Chauffe ballon
- Erlenmeyer
- Bécher 500ml
- Baguette de verre
- Balance de précision 0.01g
- Seringues 05ml stériles
- Eppendorf de 1.5 ml
- Micropipettes stériles
- Eau distillée

#### **III.2-Matériel végétal**

Les arbres d'*Eucalyptus globulus* sélectionnés pour la récolte sont localisés sur la périphérie du parc national de Chréa à Bouarfa (700m d'altitude). Trois récoltes ont été effectués. Les

feuilles d'*Eucalyptus globulus* ont été triées, récoltées et séchées durant la période de Février-Mars. Une quantité de 700g de feuilles à été obtenue.



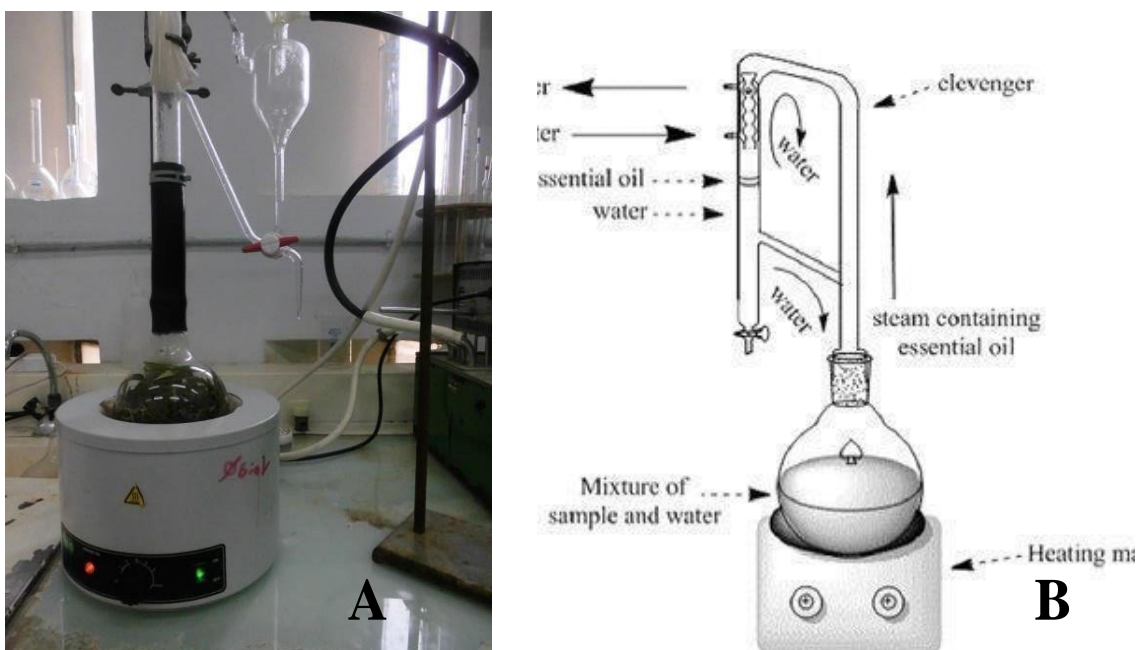
**Figure 21:** Feuilles d'*Eucalyptus globulus* (Original).

### III.4-Méthode d'extraction

L'extraction des huiles essentielles a été réalisé par la méthode d'hydrodistillation, elle est considéré comme la technique d'extraction la plus utilisée et la plus simple pour l'obtention de meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles (**Paris et Hurabiell, 1981**). L'appareil utilisé pour l'hydrodistillation est de type Clevenger.

#### III.4.1-Principe

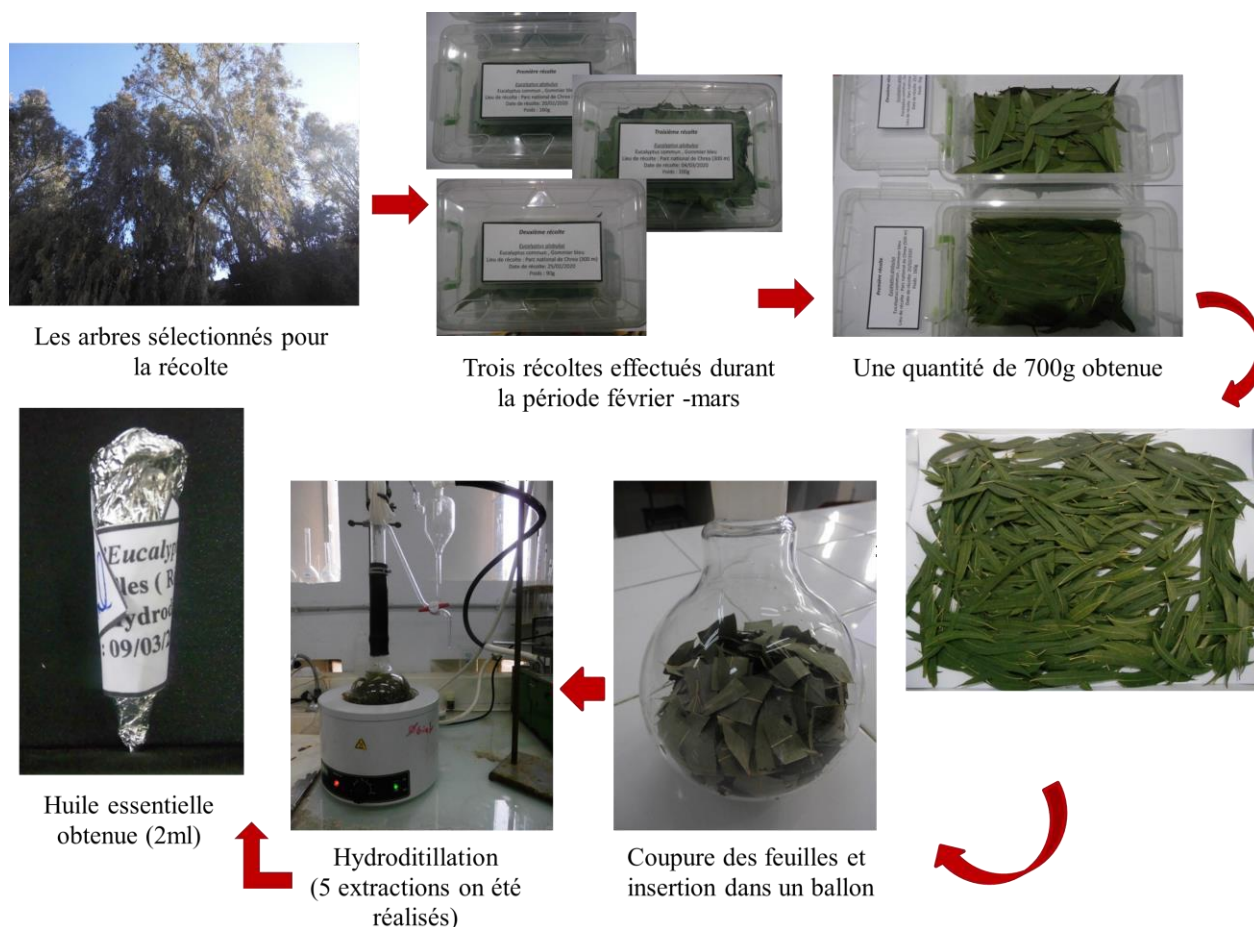
L'hydrodistillation (*water distillation*) est la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée. Le matériel végétal est immergé directement dans un alambic rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées dans un 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 (**Franchomme et al., 1990**).



**Figure 22:** Hydrodistillation, A :Clevenger (**Original**); B: Schéma représentatif du Clevenger (**Samadi et al.,2016**).

### III.4.2-Protocole

- Laver les feuilles et les découpés en petits morceaux.
- 100 g de la matière végétale est introduite dans un ballon, elle est ensuite immergée avec 500 ml d'eau distillée.
- Le ballon est placé sur un chauffe ballon qui est raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction.
- Le mélange eau, feuilles est chauffé à une température voisine de 100°C.
- Le mélange est tenu en ébullition pendant 1h .
- Les vapeurs chargées d'huile essentielle, traversent le réfrigérant et se condensent avant de chuter dans une ampoule de décantation,
- Ensuite l'huile se sépare de l'eau par différence de densité.
- L'huile essentielle est récupérée puis placée dans un Eppendorf de 1.5 ml hermétiquement fermé et conservée à 4°C à l'abri de la lumière.



**Figure 23:** Extraction d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (Original).

### III.5-Calcul du rendement d'huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est le rapport de la quantité d'huile obtenue sur la quantité de la plante à traiter exprimé en pourcentage. Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$R = P' / P \times 100$$

Où : R est le rendement de l'huile essentielle en %, P' le rendement de l'huile essentielle en gramme et P la quantité de la plante en gramme.

## IV- Formulation de bioproduit

L'huile essentielle est un composé insoluble dans l'eau, cependant, l'utilisation d'un tensioactif non ionique est indispensable.

### IV.1-Matériel de laboratoire

- Fioles jaugées de 500 ml
- Bêchers 100 ml
- Baguette de verre
- Balance de précision 0.01g
- Huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*
- Tween 80
- Eau distillée

### IV.4-Préparation de solution mère de Tween 80 à 1%

Les solutions de tween diffèrent selon l'objectif de l'expérimentation, pour les activités insecticides on utilise le tween à 1% ou 0.05%. Nous avons choisis de faire des solutions de tween à 1% Pour cela, il nous faut 5g de tween 80 dissous dans un volume de 500ml d'eau distillée.

- Peser 5g de tween dans un bécher.
- Ajouter un peu d'eau distillée puis le mettre dans une fiole jaugée de 500ml.

- Compléter à remplir la fiole jusqu'à 500ml et mélanger à l'aide d'une baguette en verre.
- Agiter délicatement le mélange jusqu'à obtention d'une solution homogène.

### IV.5-Préparation des doses d'huiles essentielles

Trois doses sont effectuées : 0.5%, 0.15% et 0.25% :

- Préparer trois volumes de 100 ml de solution mère et mélanger 0.5g, 0.15g et 0.25g de l'huile essentielle, successivement dans deux fioles jaugées de 100ml.
- Agiter délicatement jusqu'à l'obtention d'une solution homogène.
- Conserver les solutions dans des flacons fumés et bien fermés.

### V- Récolte de l'insecte *Scolytus numidicus* Bris

Au niveau de la cédraie de Chréa, on récolte des branches de Cèdre de l'Atlas présentant sur leurs surfaces des galeries familiales appartenant à *Scolytus numidicus* Bris et des individus récoltés directement. Les branches et les insectes sont conservés dans des boîtes fabriqués en bois.



**Figure 24:** Boite pour insecte en bois taille 50×40×30 cm (**Original**).

## VI -Test de toxicité d'huile essentielle sur *scolytus numidicus* Bris

### VI .1-Matériel de laboratoire

- Solutions de 0.5%,0.15% et 0.25% de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*
- Seringue 5ml



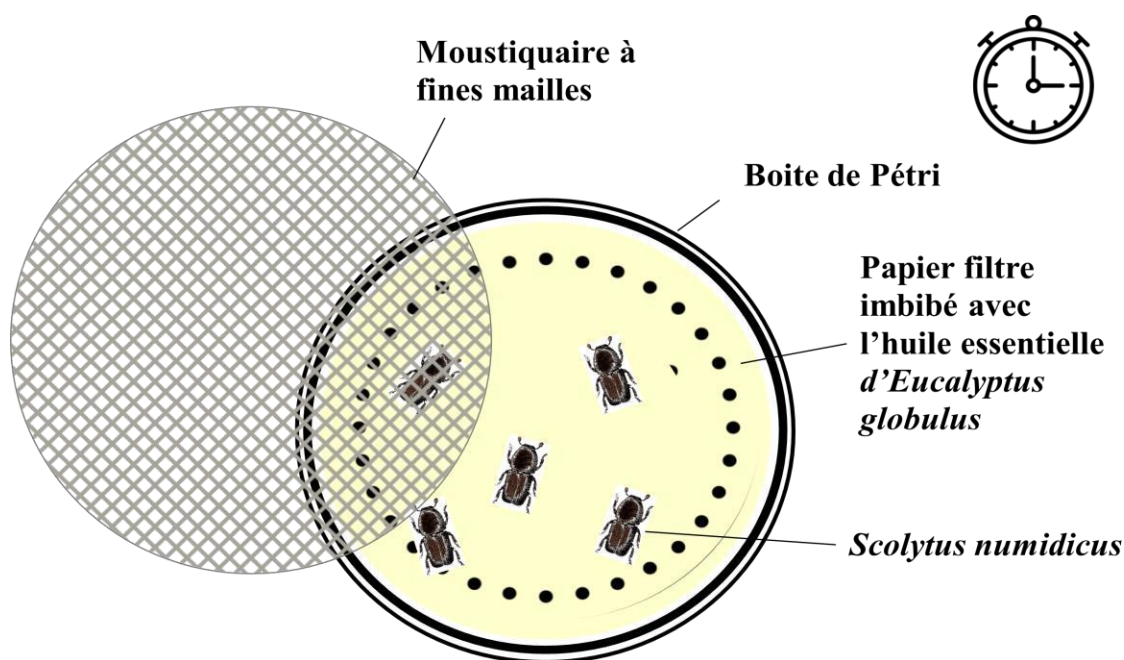
- Boîtes pétries
- Papier filtre de type wattman
- moustiquaire à fines mailles
- Elastique

## VI.2-Matériel biologique

- Une vingtaine d'individus de *Scolytus numidicus* Bris.

## VI.3-Protocole

Le test de toxicité de *Eucalyptus globulus* s'effectue selon la méthode de pénétration par contact.



**Figure 25** : test de toxicité par contacte sur *Scolytus numidicus* (Original).

Après la préparation des doses, 1ml de chaque concentration est répandue uniformément sur un disque de papier filtre de type wattman préalablement placés dans des boites de Pétri de même diamètre, un lot de 05 insectes adultes de *Scolytus numidicus* Bris est introduit dans les boites de pétries. Ces boites sont fermées par une moustiquaire à fines mailles soutenue par un élastique pour éviter la fuite des insectes. A l'aide d'un chronomètre on détermine le temps de mortalité des insectes.

#### VI.4-Pourcentage d'inhibition

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$PI = \frac{C_n - T_n}{C_n} \times 100$$

Où PI est le pourcentage d'inhibition, C<sub>n</sub> le nombre d'individus qui ont éclos dans une boîte de Pétri témoin et T<sub>n</sub> le nombre d'individus qui ont éclos dans la boîte de Pétri traitée par l'huile essentielle.

### VII- Aromatogramme

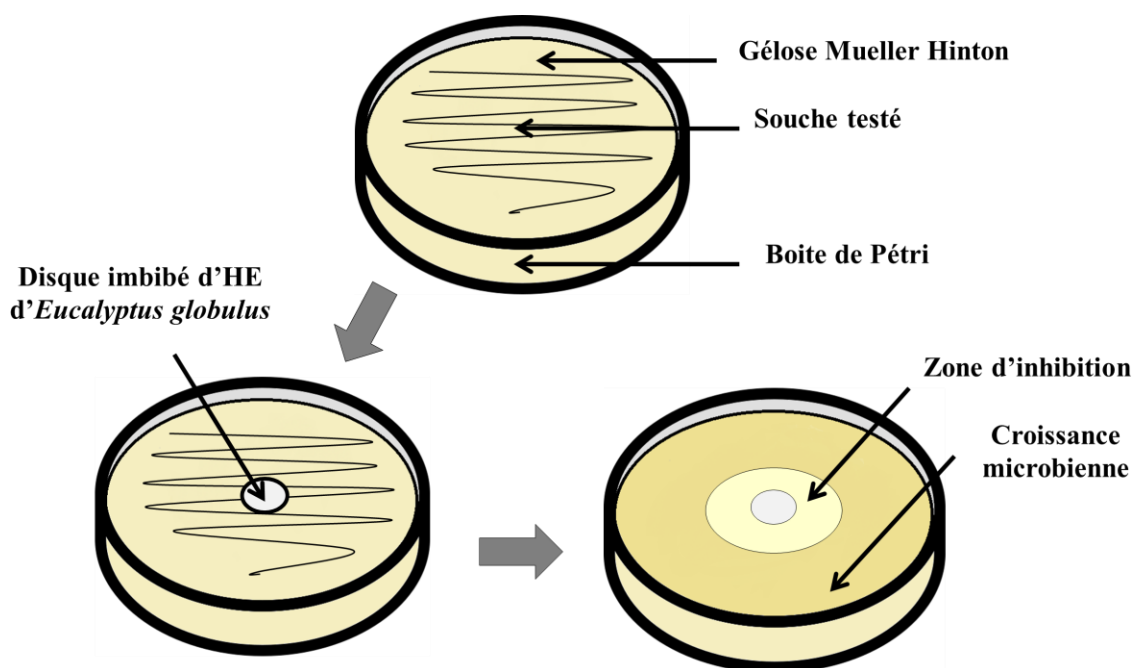
Afin de déterminer l'efficacité d'une huile essentielle, il existe une méthode de mesure *in vitro* du pouvoir antibactérien d'une huile essentielle. Cette méthode, appelée aromagramme, s'apparente à la technique de l'antibiogramme mais avec des huiles essentielles.

La première expérience fût tentée par **Schroeder et Messing en 1949**. Ils ontensemencé une gélose avec des bactéries et ont déposé des disques imprégnés d'huiles essentielles sur la gélose. Après une période d'incubation propre à chaque bactérie, les huiles essentielles vont créer un halo d'inhibition plus ou moins fort en fonction de leur activité bactéricide.

#### VII.1-Principe :

L'aromatogramme consiste à estimer l'inhibition de la croissance des germes testés soumis au contact des huiles essentielles étudiées. Cette méthode est effectuée par dépôt de disque en cellulose stérile, de 9 mm de diamètre, imprégné de l'huile essentielle à étudier sur un milieu gélose préalablement coulée dans une boîte de pétri etensemencée par 10<sup>4</sup> UFC/ML du micro-organisme testé. Après incubation, la lecture des résultats se fait par la mesure du diamètre (en mm) de la zone claire indemne de colonies autour du disque absorbant, appelée zone d'inhibition (**Wilkinson, 2006**).





**Figure 26:** Aromatogramme sur gélose MH (Zaika, 1988).

## VII.2-Protocole

### VII.2.1-Stérilisation du matériel

Stériliser l'eau physiologique, le milieu de culture, les tubes à essai et les disques en papier Wattman se à l'autoclave à 120°C pendant 15 min.

### VII.2.2-Repiquage bactérien

Repiquer les différentes espèces bactériennes (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*) dans un milieu gélosé par la méthode des stries, puis incubées à 37 ° C afin d'obtenir des colonies isolées qui vont servir à la préparation de l'inoculum.

### VII.2.3-Préparation de l'inoculum

- Introduire une colonie bien isolée issue d'une culture de 18-24 H dans 5 ml d'eau physiologique contenue dans un tube à essai.
- La lecture de la densité s'effectue à l'aide d'un densitomètre avec une densité optique de 3 McFarland.

### VII.2.4-Ensemencement

- La gélose de Muller Hinton stérile est coulée dans des boites de Pétri stériles répartie

uniformément dans les boites puis séchées 30 min à une température ambiante.

- Ensemencer à l'aide d'écouvillon l'inoculum.

### VII.2.5-Imprégnation des disques

- A l'aide d'une pince stérile. Prélever aseptiquement un disque cellulosique stérile et imbiber avec l'huile essentielle *d'Eucalyptus globulus* en mettant seulement en contact le bout du disque, celui-ci absorbe progressivement l'huile essentielle jusqu'à imprégnation total du disque.
- Déposer le disque imbibé sur la surface de la gélose préalablement préparée et laissé séché pendant 30min.
- Incuber les boites de pétri ainsiensemencées à 37 °C pendant 24h.

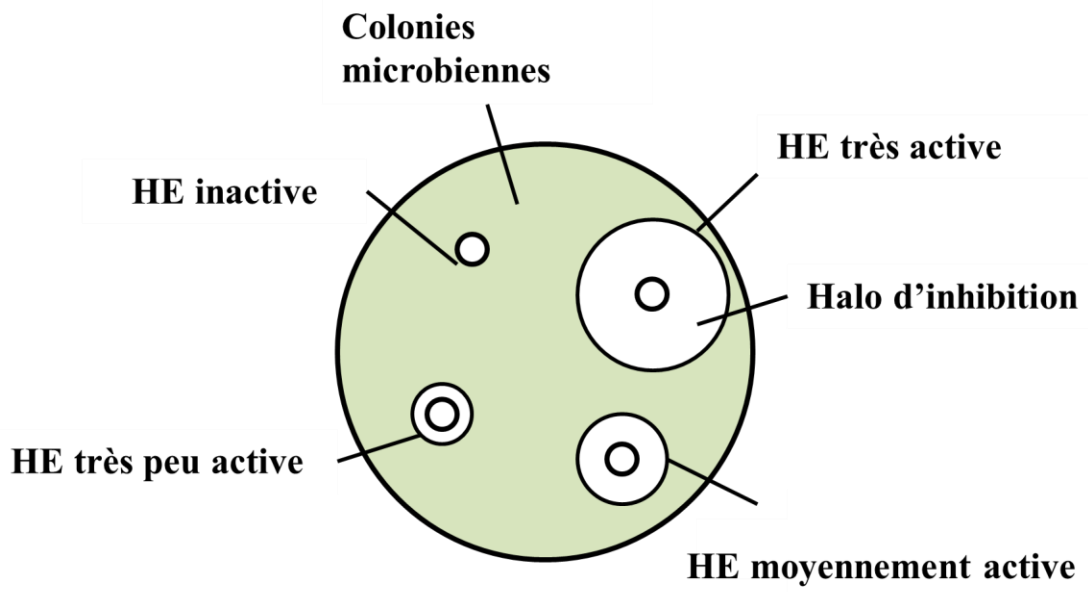
### VII.2.6-Lecture

On mesure le diamètre des zones claires autour des disques (zone d'inhibition) à l'aide d'un pied à coulisse.

L'échelle d'estimation des diamètres des zones d'inhibition de la croissance microbienne donnée par **Meena et Sethi (1994)** est représentée dans le tableau 8.

**Tableau 9:** Echelle d'estimation des diamètres des zones d'inhibitions microbiennes (**Meena et Sethi , 1994**).

Etat	Diamètres (mm)
Fortement inhibitrice	$\geq 28$
Modérément inhibitrice	16-28
Légèrement inhibitrice	10-16
Non inhibitrice	$< 10$



**Figure 27:** Les différentes zones d'inhibition microbienne (Baudoux et al., 2003).

# **Chapitre III**

## **Discussion**

## I- Rendement des huiles essentielles

Les teneurs en huiles essentielles sont généralement très faibles, il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle (**Makhlouf, 2002**). Selon **Ghenaiet et Aouidet (2016)**, les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* obtenues par un hydrodistillateur de type Clevenger sont de couleur jaune claire et avec un rendement de (1,40-0,47%) , ce rendement varie d'une plante à une autre, il est de 0,5% chez *Artemisia mesatlantica*, de (0,1-0,35 %) chez la rose, de (0,5-1 %) chez la menthe poivrée et le néroli, de (1-3 %) chez l'anise, de (0,8-2,8 %) chez la lavande, de (1-2,5 %) chez le romarin et de (2-2,75 %) chez le thym (**Edward et al., 1987**).

La composition et le rendement des huiles essentielles peuvent varier selon l'âge, le cycle végétatif de l'organe, et le mode d'extraction, les facteurs climatiques et la nature du sol.

Une huile essentielle est très fluctuante dans sa composition, sur laquelle intervient un grand nombre de paramètres, d'origine intrinsèque (génétique, stade végétatif), d'origine extrinsèque (sol, climat, latitude) ou d'ordre technologique c'est-à-dire lié aux techniques d'exploitation du matériel végétal (de profondes modifications s'opèrent lors du séchage, du stockage, de l'extraction et du conditionnement) (**Evans, 1998**).

## II- Toxicité des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*

Les huiles essentielles sont considérées comme un bio insecticide qui permet de lutter contre une variété d'insectes ravageurs. De nombreux travaux scientifiques ont mis en évidence l'effet répulsif des huiles essentielles contre les insectes. (**KETHO et al., 2004**).

Le test de mortalité à base d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est réalisé à travers l'évaluation de l'effet létal (longévitité) exposés aux différentes doses d'huiles par le mode de pénétration par contact.

Les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition (**Kim et al., 2003**).

**Ghenaiet et Aouidet (2016)**, ont réalisés des tests de toxicité appliqués sur des adultes de *Rhyzopertha dominica* avec des différentes concentrations des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*: 25, 50, 75,100 et 125µl/L. Après 24 h, Ils ont enregistré une mortalité

de 41 jusqu'à 100 % avec une relation dose réponse, donc un pouvoir insecticide puissant, avec une concentration létale CL50 qui est de 33,39 µl/L.

**Bittner et al. (2008)** ont testé l'efficacité des huiles essentielles de cinq plantes aromatiques sur *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) et *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Les résultats montrent que les huiles extraites d'*Eucalyptus globulus* et *Thymus vulgaris* (Lamiacées) sont les plus toxiques sur *S. zeamais*.

Une éventuelle étude a montré que sur *Tribolium confusum*, les huiles essentielles l'Eucalyptus ont provoqués une mortalité de 72,63% (**Benazzeddine, 2010**).

Selon **Kellouche (2006)**, le taux de létalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* traités par l'*E. globulus* est respectivement de 78% et 89%.

Une étude ultérieure a montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* provoque une mortalité de 18% chez *T.confusum* après 96 heures (**Tunc et al., 2000**).

**Tapondjou et al. (2005)**, ont bien mis en exergue l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*, ces auteurs ont obtenus des DL50 différentes pour les deux insectes appliqués par contact ; ils obtiennent 0,36 ul/cm<sup>2</sup> pour *Sitophilus zeamais* et 0,48 ul/cm<sup>2</sup> pour *Tribolium confusum*, démontrant ainsi l'efficacité de ces deux huiles essentielles sur ces deux insectes.

D'autres chercheurs ont réalisés des tests de toxicités avec des composants isolés à partir des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur des œufs, des larves et des adultes d'insectes.**Yang et al. (2004)** ont signalés une activité ovicide et adulticide des terpenoids contre *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). **Regnault-Roger (1997)** ont mentionnés que plusieurs monoterpénoides sont des aphicides utiles contres *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae).

Le cinéole est mortel pour le nematodes *Meloidogyne* spp (**Regnault-Roger et al.,2002**) et pour le ravageur agricole *Ceratitis capitata* (**Clemente et al., 2006**).

### **III- Activité antibactérienne d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (Aromatogramme)**

Des travaux de recherche réalisés par **Bachir et Benali (2012)**, **Ait-Ouazzou et al (2011)**, **Elaissi et al (2011)**, **Fit et al (2009)**, ont démontrés que d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est active contre les bactéries *S. aureus* et *E. coli*. Le taux d'inhibition était plus élevé, sur les bactéries Gram négatif (*E. coli*) que celui observé sur les bactéries Gram positives (*S. aureus*).

Certains auteurs ont rapporté que les micro-organismes à Gram négatifs sont légèrement plus sensibles aux huiles essentielles que les micro-organismes à Gram-positifs (**Chaudhry et al.,2008**) . Les bactéries à Gram négative sont caractérisées par la présence de lipoprotéines et de lipopolysaccharides qui forment une barrière contre les composés hydrophobes (**Wang et al., 2009**).

Selon **ESCOP (2009)** L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est particulièrement active contre les bactéries suivantes : *Listeria monocytogenes*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus spp*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella choleraesuis*, *Salmonella enteritidis*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogenes*.

L'activité antibactérienne d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* est due aux composants tels que le 1,8-cinéole, le citronellal, le citronellol, l'acétate de citronellyle, le p-cymène, l'eucamalol, le limonène, le linalol, le  $\beta$ -pinène, le  $\gamma$ -terpinène, l' $\alpha$ -terpinol, l'alloocimène et aromadendrène (**Nezhad et al., 2009**).

# **Conclusion**



## Conclusion

L'objectif de notre travail est la protection de nos peuplements forestiers sans recours aux produits chimiques qui sont destructifs pour l'environnement et pour la santé humaine.

Cependant l'utilisation des huiles essentielles comme biopesticide est une alternative de lutte très efficace et nécessaire pour la conservation de nos forêts, d'une manière durable et en évitant toutes contaminations chimiques.

Les résultats obtenus par les chercheurs montrent que l'huile essentielle *d'Eucalyptus globulus* présente une activité insecticide puissante. Cela nous amène à prévoir de très bons résultats futurs dans notre thématique.

Ce mémoire fournit un ensemble d'éléments qui pourraient servir d'appui pour lutter contre les insectes ravageurs et en particulier les scolytes.

# Référence

**AFNOR .(2000)** .Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles 663 P.

**Alfred B (1949)** .Faune de France 50-coléoptère Scolytides- Fédération française des sociétés de sciences naturelles Office central de Faunistique.

**Ait-Ouazzou A, Lorán S, Bakkali M, Laglaoui A, Rota C, Herrera A, et al.(2011)**. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco. *J Sci Food Agric*.91(14):2643–2651.

**Anton R., Bernard M. et Wicht M.(2003)**. Plantes thérapeutiques: tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Paris%: Cachan, France : Editions Tech & Doc%; Editions médicales internationales.

**Aquiloni L. & Gherardi F. (2010)**. The use of sex pheromones for the control of invasive populations of the crayfish *Procambarus clarkia*: a field study. *Hydrobiologia*, 649, 249-254.

**Attal B .(1995)** .Contribution à l'étude de l'entomofaune du Chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans le parc national de Chréa. Thèse Magister sci. agro., Int. nati. agro, El Harrach, Alger, 250p.

**Bachir R.G.Benali M.(2012)**. Antibacterial activity of the essential oils from the leaves of *Eucalyptus globulus* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2(9): 739–742.

**Baudoux D .(2008)**. L'aromathérapie se soigner par les huiles essentielles. Bruxelles : Ed. Amyris, 2008.

**Baudoux D et Zhiri A .(2003)**, Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française, AMYRIS., vol. 2, 6 vol.

**Baudoux D, Jean-Michel B et Anne-Françoise M.(2006)**. Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Vol. 4, Vol. 4,. Luxembourg; Bruxelles : Edition Inspir; Editions Amyris.

**Batish D. Singh R. Harminder Pal K. Ravinder K et Kaur S .(2008)**. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management*. Vol. 256, n° 12, pp. 2166-2174.

**Bentouati A., Bariteau M.(2006)**. Reflexions sur le deperissement du cedre de l'Atlas des Aures (Algerie). *Foret Mediterraneenne*, 27 (4) : 317-322.

**Belaiche-Danino P .(1979)** L'Aromatogramme. Paris: Maloine.

**Benazzeddine S. (2010)**. Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae).

**Benhalima S. (2004)** .Les insectes xylophages et leur rôle dans le dépérissement du Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti (Endl.) Carrière dans le Haut et le Moyen Atlas (Maroc). Thèse Doc., Univ. Moh. V- Agdal, Rabat, 107 p.

**Bitner M. Morgan F. Amy L. Ostrom.(2008)**. Service Blueprinting: A Practical Technique for Service Innovation.

**Boudy P. (1950)** .Economie forestière nord-africaine. Monographie et traitement des essences résineuses, Tome II, Editions Larose, Paris, 525 p.

**Boudy P. (1952)**.Guide du forestier en Afrique du Nord. Les essences forestières Edition la maison rustique 505 p.

**Boudy P. (1955)**. Économie forestière nord-africaine. Ed Masson et cie, Paris, Tome IV .p826.

**Bronstei J.L. Alarcón R. and Geber M. (2006)**. The evolution of plant–insect mutualisms. In *New Phytologist* 172, p. 412-428.

**Catalogue of Life.** [en ligne]. [Consulté en Juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.gbif.org>

**Chekchak C. (1985)** . *Cartographie de la végétation d'une partie du parc national de Chréa*. Mém. ing. agro., Inst, nati, agro, El-harrach, 131p.

**Chen X. et al. (2002)**. Comparative analysis of the complete genome sequences of *Helicoverpa zea* and *Helicoverpa armigera* single-nucleocapsid nucleopolyhedroviruses. *J. Gen. Virol.*, 83, 673-684.

**Chararas C .(1982)**. Rôle de certaines substances terpéniques dans l'attraction primaire et l'attraction secondaire chez les Scolytidae des conifères. *Bull. soc. zoo*, France., 625-632.

**Chaudhry NMA. Tariq P.(2008)**. *In vitro* antibacterial activities of Kalonji, Cumin and Poppy seed. *Pakistan J Bot.* 40:461–467.

**Clemente S.V.Mareggiani G .Broussalis A.y.Ferraro.Y.G.(2006)**. **Actividad** insecticida de 1,8-cineol sobre mosca de los frutos, *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae).

**Conseil de l'Europe et Convention relative à l'élaboration d'une Pharmacopée Européenne. (1968)**. Pharmacopée européenne. Strasbourg : Le Conseil, 2010.

**Cresser M. Edwards A. (1987)**. Acidification of freshwaters. Cambridge: Cambridge University Press. viii + 132 pp.

**Daroui M, H .(2012)**.Etude phytochimique et biologique des especes .*Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), *Smyrniolus olusatrum* (Apiaceae), *Asteriscus maritimus* et *Chrysanthemum trifurcatum* (Asteraceae).

**Dahel R.(2015)** le parc national de Chréa. Une aire protégée a influence régionale *Revue Agrobiologia* 2015; N 7, 05-14.

**Dey B et Mitra A.(2013).** Chemo-profiling of eucalyptus and study of its hypoglycemic potential. *World Journal of Diabetes*. Vol. 4, n  5, pp. 170-176. PMID: 24147201PMCID: PMC3797882.

**Deravel J. Krier F. Jacques P. (2013).** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2), 220-232.

**Derak M. Mhirit O. Mouflih B. et Tobil M. (2008).**— Influence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du cèdre   Sidi M'Guild (Moyen Atlas marocain). *Forêt méditerranéenne* t. XXIX, n  1, mars 2008.

**Di Croce L.Koop, R. Beato M. (1999).** Rapid purification of intact minichromosomes over a glycerol cushion. *Nucleic Acids Res.* 27(16): e11.

**Djamel B.Wafa Y. Assia B.Noureddine M and Mohammed Lamine B.(2019) On bat ectoparasites.**(Nycteribiidae, Streblidae, Siphonaptera, Mesostigmata and Ixodidae)from Chrea National Park (Central Atlas Mountains), Algeria. *Bull. Soc. zool. Fr.* , 144(2) : 67-76.

**Djenane D., Lefsih, K., Yanguela, J. et Roncal s, P.(2011).** Composition chimique et activité anti-*Salmonella enteritidis* CECT 4300 des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, de *Lavandula angustifolia* et de *Satureja hortensis*. Tests *in vitro* et efficacité sur les œufs entiers liquides conservés    $7 \pm 1$   C. *Phytothérapie*. 16 novembre 2011. Vol. 9, n  6, pp. 343-353.

**Eddi M. (2006).**Le Cedre de l'Atlas - Memoires du Temps Album.

**Elaissi A, Hadj Salah K, Mabrouk S, Mohamed Larbi K, Chemli R, Skhiri FH.(2011).** Antibacterial activity and chemical composition of 20 Eucalyptus species' essential oils. *Food Chem.*129(4):1427–1434.

**El Hassani,A. Piqu ,A. Tahiri,A.(1994).**Le massif central marocain et la meseta oriental,Bul,inst.Sci, rabat,vol,spec,18,214p.

**Elstner E. F.(2000).** Antioxidant properties of essential oils. Possible explanations for their anti-inflammatory effects. *Arzneimittel-Forschung.* Vol. 50, n  2, pp. 135-139. PMID: 10719616

**European Scientific Cooperative On Phototherapy. ESCOP(2009) .**Monographs Second Edition. Second Edition 2009. ESCOP.

**Evans.N.W.(2011).** Assessment and Diagnosis of the Substance Use Disorders (SUDs). Counseling and development.

**Foudi C. Y. (1991)** .Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'*Eucalyptus globulus* Labill. et *Camaldulensis*. These magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.

**Fit IN, Rapuntean G, Rapuntean S, Chirila F, Nadas GC.(2009)**. Antibacterial effect of essential vegetal extracts on *Staphylococcus aureus* compared to Antibiotics. Not Bot Hort Agrobot Cluj. 37:117–123.

**Franchomme P. et Penoel D. (1990)**. Matière médicale aromatique fondamentale (317-406), livre quatrième, l'aromathérapie exactement, encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R.Jollois Edit., Limoge, 446p.

**Funk et Wagnalls.( 2004)** : Encyclopédie britannique Funk & Wagnalls.

**Ghenaiet I. Aouidet S.(2016)**. Etude de l'impacte des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Rhyzopertha dominica* : Aspect toxicologique et biomarqueur.

**Grainge M. and Ahmed S. (1988)**. Handbook of Plants with Pest Control Properties. John Wiley & Sons, New York.

**Grassmann J., Hippelis, S., Dornisch K., Rohnert U., Beuschier N. et Halimi A , (1980)**. L'Atlas Blidéen : climat et étages végétaux. O.P.U., éd., Alger, 523p.

**Hughes L. Fenwick J .(2015)**.The Burning Issue: Climate Change and the Australian Bushfire Threa.

**Isman M,B. Machial C,M. (2006)**. Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.).

**Jean-Pierre F. Mohamed M .Paul du merle et Souad B.(1999)**.Le point sur certain ravageurs du Cèdre de l'Atlas en Afrique du nord, en France et en Europe. forêt méditerranéenne. xx, n ° 4, décembre.

**Kellouche A. (2006)**. Etude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* F.(*Coleoptera Bruchidae*), physiologie, reproduction et lutte. Thèse Doctorat d'état en Science Naturel. Univ. T.O.Z. Spécialité : Entomologie, 216p.

**Ketho GK, Glitho IA, Koumaglo.(2004)**. Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces de genre *Cymbopogon* genus (poaceae). J. Soc. Ouest. Afr. Chim 18: 21-34.

**Koziol N.(2015)**. Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité. Sciences pharmaceutiques. hal- 01733789.

- Kim K.Chung B. Kim H. (2000).** DBI-3204: A new benzoylphenyl urea insecticide with particular activity against whitefly. Proceedings of the British Crop Protection Council Conference, Pests and Diseases, (1): 41-46.
- Kim S, et al. (2003).** The GIT family of proteins forms multimers and associates with the presynaptic cytomatrix protein Piccolo. *J Biol Chem* 278(8):6291-300.
- Kumar, Peeyush, Mishra, Sapna, Malik, Anushree et Satya, Santosh (2012).** A study on turnover intention in Fast food industry: - Employees' fit to the organizational culture and the important of their commitment" International Journal-Academy Research in Business & Social Science Vol. 2, Issue 5.
- Laaribya S et Belghazi B. (2016 ).** Dynamique et accroissement radial du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) – Cas de la forêt d'Azrou (Maroc). Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 14/ Janvier, Pages 23 à 36.
- Labhar M. et Tanghe, M. (1998) .**Les milieux forestiers et pré-forestiers du Moyen Atlas central nord-occidental : approche géographique, phytoécologique et dynamique. (Unpublished doctoral dissertation). Université Libre de Bruxelles, 404 pages + cartes en couleurs en annexes. Belgique.
- Larson R.O. (1989).** The commercialization of neem. pp. 155-168. In M. Jacobson. *Focus of Phytochemical Pesticides*. Vol. 1 The neem tree. CRC Press Boca Raton, Fla.
- Lepoutre B., (1963).** Rôle des mycorhizes dans la biologie du jeune cèdre. Comptes- rendus des séances mensuelles de la société des sciences naturelles et physiques du Maroc, 29 : 101-103.
- Lebreton P.H.(1978).** Eco-logique. Initiation aux disciplines de l'environnement. Ed.Inter-Editions, Paris, 239 p.
- Letreuch-Belarouci N.(1991).** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, 2 vol., 641 p.
- Lilia H.(2007).** Analyse qualitative et quantitative de l'entomofaune de la cédraie du parc national de Chréa (Blida)- INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE EL-HARRACH- 2007.
- Lahrech B et Khenafif H.(2018).** Evaluation de la biodiversité du Parc National de Chréa (Blida). Mémoire de Master. Université Blida 1.
- Madaoui M .(2003).** Entreprises et entrepreneurs issus de l ' immigration maghrébine . De la stigmatisation à la promotion sociale . Rapport pour le Fasild , 163 p . Cf .
- Mazari G.( 1995).** Etude faunistique de quelques stations du parc national de Chréa. Thèse

Magister sci. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 165 p.

**Makhlouf R. Kamal G. Ishak.(2002).** Sclerosed hemangioma and sclerosing cavernous hemangioma of the liver: a comparative clinicopathologic and immunohistochemical study with emphasis on the role of mast cells in their histogenesis.

**Manion P.D., (1981).** *Tree disease concepts.*. Prentice-Hall, Inc.

**Marion D, G (2014),** Interactions plantes-insectes dans deux écosystèmes forestiers méditerranéens contrastés : le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae) en région méditerranéenne- Aix-Marseille University.

**McQuilken M. et al. (2003).** Production of macrophelicin A by the mycoparasite *Coniothyrium minitans*. *FEMS Microbiol. Lett.*27-31

**Meena M.R and Sethi V. (1994).** Antimicrobial activity of the essential oils from spices, *Food Science and Technology*, Vol. 31, 68-70.

**Melouani.N.(2014).** Contribution à l'étude phyto-écologique et dynamique de la végétation après incendie dans l'Atlas Blidéen. 06/2014-M/S.B.

**Meksem N. (2018).** Etude De L'effet Biopesticide Des Extraits Naturels De Deux Plantes De La Famille Des Myrtacées : *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus camaldulensis*.

**Messaoudi J.(1994)** . Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts. Ed. DPVCTRF, Rabat, 63 p.

**Merbah F.( 2005)**-Contribution à l'étude de la biodiversité des Massifs montagneux du centre..Mémoire de Magister. *Université des Sciences et de la Technologie Houari* – Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta Tropica*. Vol. 122, n° 2, pp. 212-218. *Boumediene « U.S.T.H.B »* Alger.147p+Ann.

**Metro A.(1970).** Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris.p513.

**Mhirit, O., (1999)** .Le cedre de l'atlas, a travers le réseau Silva méditerrané «cèdre». Bilan et perspectives.

**Mhirit O., Benzyane M., Bariteau M., Lahlou B., Kerrouani H., Abourouh M., Naggar M., El Yousfi S. M., Mhamdi A., Benchekroun F., Chahou D., Naciri M., Fennane M., Mouna M., Benhalima S., Et-Tobi M., Qarro M., El Abid A., Meghnoudj M., Marraha M., Hadjib S., Villement C. et Fabre J.P . (2006).** *Le cèdre de l'Atlas (Mémoire du temps)*. Ed. La croisée des chemins, Casablanca, 288 p.



**Moteki H, Hibasami H, Yamada Y, Katzuki H, Imai K et Komiya T.(2002)** Specific induction of apoptosis by 1,8- cineole in two human leukemia cell lines, but not a in human stomach cancer cell line. *Oncology Reports*. Vol. 9, n° 4, pp. 757-760. PMID: 12066204.

**Mouna M.(1983)** .A cleris undulana Walsingham (Lep. Tortricidae) nouvelle tordeuse sur cèdre au Maroc. *Bulletin de l' Institut S cientifique, Rabat*, 7, 1 4 3 -148.

**Murata S. Shiragami R. Kosugi C. Tezuka T. Yamazaki M. Hirano A. Yoshimora N,N. Refosco R. Vasconcelos E. Kerntopf M .Batista F. De Sousa C et Fontles M.(2009)**. 1,8-Cineole induces relaxation in rat and guinea-pig airway smooth muscle. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. Vol. 61, n° 3, pp. 361-366.

**Nas. (1969)**. *Insect Pest Management and Control*. National Academy of Science. Publ. 1695. Washington, D.C.

**Nezhad FM, Zeigham H, Mota A, Sattari M, Yadegar A.(2009)**.Antibacterial activity of eucalyptus extracts on methicillin resistance *Staphylococcus aureus*. *Res J Biol Sci*. 4(8):905–908.

**Paris,M.Hurabielle M.(1981)**. Abrégé de matière médicale, pharmacognosie : plantes à glucides (holosides, hétérosides), à lipides, à huiles essentielles, à protides et à alcaloïdes (début) , Tome 1, Généralités - Monographies

**P.N.C. PGII.(2009)** .Programme de gestion II ,Parc national de Chréa.192p.Edition , Alger.

**PPI.(2011)**. Les statistiques de l'industrie papetière française. Rapport Développement Durable.

**Quezel ,P. Medail F.(2003)**. *Ecologie et biogeographie des forets du bassin mediterraneen*. Paris, France, Lavoisier, 576 p.

**Rabhi k. Tafer M. Messaoudene M. (2014)**. Évolution des proportions d'aubier et de duramen du cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* Manetti, en Algérie. *Bois et forets des tropiques*, N° 3 2 2.

**Rabhi K.(2015)**. Modélisation et optimisation de la croissance et du fonctionnement du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Djurdjura par l'intégration de descripteurs écologiques dendrométriques. Thèse, Université de Tlemcen, Algérie, 215 p.

**Rabhi K., Akli A., Djouhri A., Yahi N., Boudedja S., Messaoudene M.(2018)**. Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, en Algérie : cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen. *Bois et Forêts des Tropiques*, 337 : 3-15.

**Regnault T-Roger C.(1997)**. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* 2, 25–34.

**Regnault-Roger C. Philogène JR.B. Vincent C.(2002).** Biopesticides d'origine végétale.

**Rosas-Garcia N.M. (2009).** Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: an environmentally friendly alternative. *Recent Pat. Biotechnol.*, 3(1), 28-36.

**Rochefort S. (2015).** Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement.

**Mahtab S.Robiah Y. Zurina Z. A. Dayang R.(2016)** Assessing the kinetic model of hydro-distillation and chemical composition of *Aquilaria malaccensis* leaves essential oil. *Chinese Journal of Chemical Engineering*.

**Sallé Je. (1991).** Les huiles essentielles: synthèse d'aromathérapie et introduction à la sympathicothérapie. Paris : Frison-Roche..

**Sabatier S., Barthlemy D .(1994)** – Premières observations sur l'architecture du Cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Manettiex Carriere, (Pinaceae). *Ann. Rech. For.*, T (27): 363-379.

**Sarmoum M. Guibal F., Navarro-Cerrillo, Abdoun F.(2018).** Structure, Tree Growth and Dynamics of *Cedrus atlantica* Manetti Forests in Theniet El Had National Park (N-W Algeria). *Open Journal of Ecology*, 8: 432-446.

**Sabatier S. Baradat P. and Barthelemy. D.(2003)** .Intra- and interspecific variations of polycyclism in young trees of *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière and *Cedrus libani* A. Rich (Pinaceae). *Ann. For.Sci.*, 60: 19-29.

**Schnitzler P., Schon K. et Reichling J.(2001)** Antiviral activity of Australian tea tree oil and eucalyptus oil against herpes simplex virus in cell culture. *Die Pharmazie. Avril.* Vol. 56, n° 4, pp. 343-347. PMID: 11338678.

**Schmutterer H. (1990).** Properties and potentials of natural pesticides from neem tree. *Annu. Rev. Entomol.*, 35, 271-298.

**Schmutterer, H. (1992).** Higher plant as sources of novel pesticides. pp. 3-15. *In* D. Otto and B. Weber. *Insecticides : Mechanism of Action and Resistance*. Intercept Ltd Andover, UK.

**Shayaa E. Kostjukovski, M., Eilberg. J., Sukrakan, C. (1997).** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research* 33, 7-15.

**Staub, H et Bayer, L (2013).** Traité approfondi de phyto-aromathérapie avec présentation de 750 huiles essentielles connues. Paris : Grancher.

**Sugumar,S. Ghosch,V, Nirmala M. Joyce, M. Amitava et Chandrashkan. (2014),** Natarajan.

Ultrasonic emulsification of eucalyptus oil nanoemulsion: Antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and wound healing activity in Wistar rats. *Ultrasonics Sonochemistry*. Mai.

**Tapondjou A.L. Adler C., Fontemc D.A., Bouda H. et Reichmuth C., 2005** - Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* duval, *Journal of Stored Products Research*, N°41, pp. 91-102.

**Tunc I. Erler F. Berger B.M .Dağlı F.(2000)**. Ovicidal activity of essential oils from plants against two stored-product insects. *Stored Products Research*. 50(3):66-94

**Valnet**. Docteur Jean Valnet | Docteur Valnet aromathérapie. [en ligne]. [Consulté en juin 2020]. Disponible à l'adresse : [http://www.docteurvalnet.com/hst\\_drvalnet.php](http://www.docteurvalnet.com/hst_drvalnet.php).

**Vilela,G , De Almedia A,G, D'Arce, A, Moraes, M, Brito, J, Da Silva, M,F., Silva, S, De Stefano Piedade, S, Calori-Domingue, M et Da Gloria,E. (2009)**. Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. *Journal of Stored Products Research*. . Vol. 45, n° 2, pp. 108-111.

**Wang J, Chen C.(2009)**. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnol Adv*. 27(2):195–226.

**Ware, G.W. (1991)**. *Fundamentals of Pesticides. A Self-Instruction Guide*. 3rd ed. Thomson Pul. Fresno,CA.

**Weinzeirl R. (1998)**. Botanicals insecticides, soaps and oils. pp. 101-121. *In* JE Rechcigl and NA.Rehcigl. *Biological, Biotechnological Control of Insects Pest* in. Lewis Publi., Boca Raton, Florida.

**Wilkinson J.M.(2006)**. Methods for testing the antimicrobial activity of extracts. Chapter VIII.pp.157-165. *In* Ahmad I., Aqil F. and Owais M. *Modern Phytomedicine : Turning Medicinal Plants into Drugs*. Ed. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 405 p.

**Yahi N.(2007)**.les Cedraies d'Algerie : phytoecologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements.These de Doctorat d'Etat En Sciences de la Nature Spécialité : Ecologie Végétale. Alger..*des Sciences et de la Technologie Houarie – Boumediene «U.S.T.H.B* » Alger. 206p+Ann.

**Yang C. Kim K.M. Rueness J. Boo S.M.(2004)**. Morphology and Molecular Phylogeny of *Psilothallia dentata* (Ceramiaceae, Rhodophyta).

**Yukino A. Masato S. Kiyohiko S.Nobuhiro O.K (2013)**, Keiji. Antitumor effect of 1, 8-cineole against colon cancer. *Oncology Reports*. Vol. 30, n° 6, pp. 2647-2652. PMID:

24085263.

**Zaidi S.(2003).**Regeneration naturelle du cedre(*Cedrus atlantica, manetti*) et sa dynamique forestiere dans L'Atlas Blidéen.Massif de Chrea.Memoire de Magister. Université des Sciences et de la Technologie Houari – Boumediene « U.S.T.H.B » Alger. 159p+Ann.

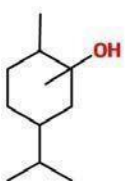
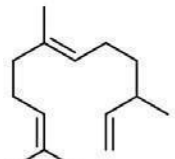
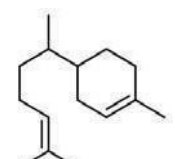
**Zaika L.L.(1988).** Spices and Herbs: Their Antimicrobial Activity and Its Determination. *Journal of Food Safety*, 9, 97-118.

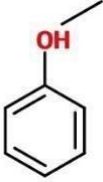
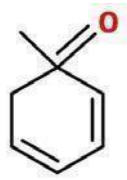
**Zamoum M., (2002).** Quelques éléments pour la préservation de la santé des forêts en Algérie. *Revue de la forêt Algérienne*, 4: 4-7.

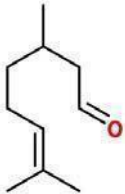
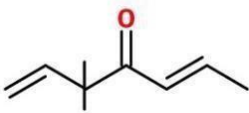
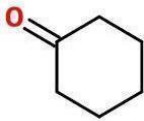
# **Annexe**

# Annexe

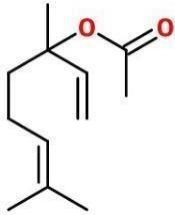
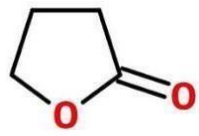
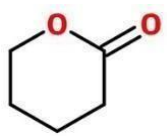
## Annexe I : Composition chimique des huiles essentielles (Baudoux, 2006 et Staub, 2013)

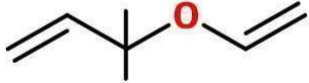
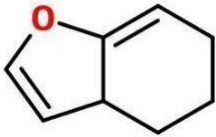
Molécules	Structures	Propriétés
Les alcools	<p><b>Alcools monoterpéniques</b>  <math>C_{10}H_{15}OH</math> ou <math>C_{10}H_{17}OH</math></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-infectieux à large spectre :</li> <li>- Antibactériens</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antiviraux</li> <li>- Antiparasitaires</li> <li>- Toniques généraux pour l'organisme</li> <li>- Stimulants du système immunitaire</li> <li>- Neurotoniques</li> </ul>
	<p><b>Alcools sesquiterpéniques</b>  <i>acyclique</i></p>  <p><b>Alcools sesquiterpéniques</b>  <i>cyclique</i></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décongestionnants veineux et lymphatiques</li> <li>- Hormon-like</li> <li>- (oestrogen-like)</li> <li>- Médiocres anti-infectieux</li> <li>- Positivants</li> </ul>

	<p style="text-align: center;"><b>Phénols simples et phénols méthyl-éther</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antispasmodiques neurotropes et musculotropes (pour les phénols méthyl-éthers)</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Anti-infectieux bactérien et viral</li> <li>- Antiparasitaires</li> <li>- Stomachiques</li> <li>- Tonifiants à dose faible</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Aldéhydes</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Aldéhydes aromatiques</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-infectieux puissants à large spectre d'action</li> <li>- Antibactériens</li> <li>- Antiviraux très puissants</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antiparasitaires</li> <li>- Immunomodulants</li> <li>- Toniques généraux</li> <li>- Stimulants des contractions utérines</li> <li>- Négativants</li> <li>- Anti-inflammatoires</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antiseptiques des voies respiratoires</li> <li>- Hypotenseurs</li> <li>- Calmants et sédatifs</li> </ul>
	<p><b>Les aldéhydes terpénique</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stomachiques et eupeptiques</li> <li>- Antibactériens</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antiviraux</li> <li>- Litholytiques biliaires et rénaux</li> <li>- Stimulent les fonctions hépatiques</li> <li>- Odeur citronnée (répulsif à moustiques)</li> </ul>
<b>Cétones</b>	<p><b>Cétone aliphatique</b></p>  <p><b>Cétone cyclique</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Négativantes</li> <li>- Pouvoir cicatrisant et régénérant du tissu cutané et muqueux</li> <li>- Action désclérosante (diminution des proliférations conjonctives anormales type chéloïdes, cellulite)</li> <li>- Action spécifique des italdiones (<i>Helichrysum italicum</i>) : anti-hématome par la présence de fonctions cétoniques</li> <li>- Mucolytiques et fluidifiantes</li> <li>- Cholagogues et</li> </ul>



		<p>cholérétiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lipolytiques (dissolution des mucosités bronchiques lipidiques)</li> <li>- Antiparasitaires +++ (oxyures, ténias, ascaris)</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antivirales</li> <li>- Action sur le SNC</li> </ul>
<b>Esters</b>	<p><b>Ester terpénique</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antispasmodiques</li> <li>- Antalgiques</li> <li>- Anti-inflammatoires</li> <li>- Hypotenseurs</li> <li>- Calmants, sédatifs</li> <li>- Négativants</li> </ul>
<b>Lactones</b>	<p><b>Lactone à noyau pentagonal</b></p>  <p><b>Lactone à noyau hexagonal</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucolytiques, expectorantes</li> <li>- Cholagogues, cholérétiques</li> <li>- Hépatostimulantes</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antiparasitaires</li> <li>- Positivantes</li> <li>- Antispasmodiques</li> <li>- Immunostimulant</li> <li>- Anticoagulant (présence de parthénolide dans l'huile essentielle de Grande camomille)</li> </ul>

<p><b>Oxydes terpéniques</b></p>	<p><b>Oxyde aliphatique</b></p>  <p><b>Oxyde cyclique</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expectorants</li> <li>- Mucolytiques</li> <li>- Décongestionnants respiratoires</li> <li>- Antibactérien</li> <li>- Antiviraux</li> <li>- Antifongiques</li> <li>- Antiparasitaires (ascaridole)</li> <li>- Toniques circulatoires</li> <li>- Immunomodulants (eucalyptol)</li> <li>- Positivants</li> </ul>
<p><b>Terpènes</b> (molécules les plus présentes dans le monde des huiles essentielles)</p>	<p><b>Monoterpènes</b> <math>C_{10}H_{16}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décongestionnants</li> <li>- Expectorants</li> <li>- Lymphotoniques</li> <li>- Toniques et stimulants généraux</li> <li>- Assainissant de l'atmosphère</li> <li>- Cortison-like</li> </ul>
	<p><b>Sesquiterpènes</b> <math>C_{15}H_{24}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-inflammatoires</li> <li>- Décongestionnants veineux et lymphatiques</li> <li>- Hypotenseurs</li> <li>- Calmants</li> <li>- Antiallergiques</li> <li>- Négativants</li> </ul>

## Annexe II: Glossaire

**Acétone** : Est un solvant très utilisé dans l'industrie et en laboratoire car il a l'avantage de solubiliser de manière particulièrement rapide de nombreuses matières organiques.

**Athènes** : Athènes, capitale actuelle de la Grèce, était également le cœur de la Grèce antique.

**Corse**: Ile méditerranéenne Française.

**Cambiophages** : Sont des insectes qui, à un stade de leur développement, se nourrissent des tissus situés entre l'écorce et l'aubier (cambium, liber).

**1,8-cinéol** : Est un composé naturel organique incolore. C'est un éther cyclique et un monoterpène. Appelé aussi eucalyptol.

**Emulsion** : Est un mélange hétérogène de deux substances liquides non miscibles, l'une étant dispersée sous forme de petites gouttelettes dans l'autre.

**Expectorant** : Est un médicament ou une herbe qui augmente l'expulsion du mucus de la trachée ou des bronches.

**Flavonoïdes** : (Ou bioflavonoïdes) Sont des métabolites secondaires des plantes, partageant tous une même structure de base formée par deux cycles aromatiques reliés par trois carbones.

**Inoculum** : Est un échantillonnage de micro-organismesensemencé dans un milieu de culture biologique.

**Mucolytique** : Un agent mucolytique est une substance (un agent chimique, un médicament) qui fluidifie le mucus.

**Néomycine**: Est un antibiotique aminoside proche de la gentamicine. On la trouve surtout dans divers médicaments topiques tels des crèmes, pommades, collyres, à cause d'une très faible biodisponibilité orale.

**Piémont** : Est une vaste plaine située au pied d'un massif montagneux.

**Pest** : Une maladie commune à l'homme et à l'animal. Elle est causée par le bacille *Yersinia pestis*, découvert par Alexandre Yersin de l'Institut Pasteur en 1894.

**Pinède** : Forêt de pins.

**Ripisylves** : Est l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau.

**Salmonelle** : Est une bactérie qui cause la salmonellose responsable de certaine intoxication alimentaire. La plupart des personnes infectées souffrent de crampes au ventre, de diarrhée et de fièvre.

**Subéraie** : Forêt exclusivement composée de chênes-lièges.

**Tétracinaie** : Peuplement de thuya de Barbarie (Cyprés de l'Atlas)

**Yeuseraie** : Peuplement de chênes verts.

**Zénaie** : Peuplement de chênes zèen.