



**HAL**  
open science

## L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine

Pauline Erau

► **To cite this version:**

Pauline Erau. L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine. Sciences pharmaceutiques. 2019. dumas-02380842

**HAL Id: dumas-02380842**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02380842>**

Submitted on 26 Nov 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## THESE

PRESENTEE ET PUBLIQUEMENT SOUTENUE DEVANT LA  
FACULTE DE PHARMACIE DE MARSEILLE

LE LUNDI 25 NOVEMBRE 2019

PAR

MME ERAU Pauline

Né(e) le 6 octobre 1989 à Avignon

EN VUE D'OBTENIR

LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

**L'EUCALYPTUS : BOTANIQUE, COMPOSITION CHIMIQUE,  
UTILISATION THERAPEUTIQUE ET CONSEIL À L'OFFICINE**

### **JURY :**

Président : Pr OLLIVIER Evelyne, Professeur en Pharmacognosie,  
Ethnopharmacologie et Homéopathie

Membres : Dr BAGHDIKIAN Béatrice, Maître de conférences en  
Pharmacognosie, Ethnopharmacologie et Homéopathie

M VENTRE Mathieu, Pharmacien d'officine



27 Boulevard Jean Moulin – 13385 MARSEILLE Cedex 05  
Tel. : 04 91 83 55 00 – Fax : 04 91 80 26 12

**ADMINISTRATION :**

<i>Doyen :</i>	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE
<i>Vice-Doyens :</i>	M. Jean-Paul BORG, M. François DEVRED, M. Pascal RATHELOT
<i>Chargés de Mission :</i>	Mme Pascale BARBIER, M. David BERGE-LEFRANC, Mme Manon CARRE, Mme Caroline DUCROS, Mme Frédérique GRIMALDI
<i>Conseiller du Doyen :</i>	M. Patrice VANELLE
<i>Doyens honoraires :</i>	M. Jacques REYNAUD, M. Pierre TIMON-DAVID, M. Patrice VANELLE
<i>Professeurs émérites :</i>	M. José SAMPOL, M. Athanassios ILIADIS, M. Jean-Pierre REYNIER, M. Henri PORTUGAL
<i>Professeurs honoraires :</i>	M. Guy BALANSARD, M. Yves BARRA, Mme Claudette BRIAND, M. Jacques CATALIN, Mme Andrée CREMIEUX, M. Aimé CREVAT, M. Bernard CRISTAU, M. Gérard DUMENIL, M. Alain DURAND, Mme Danielle GARÇON, M. Maurice JALFRE, M. Joseph JOACHIM, M. Maurice LANZA, M. José MALDONADO, M. Patrick REGLI, M. Jean-Claude SARI
<i>Chef des Services Administratifs :</i>	Mme Florence GAUREL
<i>Chef de Cabinet :</i>	Mme Aurélie BELENGUER
<i>Responsable de la Scolarité :</i>	Mme Nathalie BESNARD

**DEPARTEMENT BIO-INGENIERIE PHARMACEUTIQUE**

Responsable : Professeur Philippe PICCERELLE

**PROFESSEURS**

BIOPHYSIQUE	M. Vincent PEYROT M. Hervé KOVACIC
GENIE GENETIQUE ET BIOINGENIERIE	M. Christophe DUBOIS
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETIQUE	M. Philippe PICCERELLE

### MAITRES DE CONFERENCES

BIOPHYSIQUE	M. Robert GILLI Mme Odile RIMET-GASPARINI Mme Pascale BARBIER M. François DEVRED Mme Manon CARRE M. Gilles BREUZARD Mme Alessandra PAGANO
GENIE GENETIQUE ET BIOTECHNOLOGIE	M. Eric SEREE-PACHA Mme Véronique REY-BOURGAREL
PHARMACIE GALENIQUE, PHARMACOTECHNIE INDUSTRIELLE, BIOPHARMACIE ET COSMETOLOGIE	M. Pascal PRINDERRE M. Emmanuel CAUTURE Mme Véronique ANDRIEU Mme Marie-Pierre SAVELLI
NUTRITION ET DIETETIQUE	M. Léopold TCHIAKPE

### A.H.U.

THERAPIE CELLULAIRE	M. Jérémy MAGALON
---------------------	-------------------

### ENSEIGNANTS CONTRACTUELS

ANGLAIS	Mme Angélique GOODWIN
---------	-----------------------

### DEPARTEMENT BIOLOGIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Philippe CHARPIOT

### PROFESSEURS

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	M. Philippe CHARPIOT
BIOLOGIE CELLULAIRE	M. Jean-Paul BORG
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Françoise DIGNAT-GEORGE Mme Laurence CAMOIN-JAU Mme Florence SABATIER-MALATERRE Mme Nathalie BARDIN
MICROBIOLOGIE	M. Jean-Marc ROLAIN M. Philippe COLSON
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Nadine AZAS-KREDER

### MAITRES DE CONFERENCES

BIOCHIMIE FONDAMENTALE, MOLECULAIRE ET CLINIQUE	Mme Dominique JOURDHEUIL-RAHMANI M. Thierry AUGIER M. Edouard LAMY Mme Alexandrine BERTAUD Mme Claire CERINI Mme Edwige TELLIER M. Stéphane POITEVIN
HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	Mme Aurélie LEROYER M. Romaric LACROIX Mme Sylvie COINTE
MICROBIOLOGIE	Mme Michèle LAGET M. Michel DE MEO Mme Anne DAVIN-REGLI Mme Véronique ROUX M. Fadi BITTAR Mme Isabelle PAGNIER Mme Sophie EDOUARD M. Seydina Mouhamadou DIENE
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE MEDICALE, HYGIENE ET ZOOLOGIE	Mme Carole DI GIORGIO M. Aurélien DUMETRE Mme Magali CASANOVA Mme Anita COHEN
BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne-Catherine LOUHMEAU

### A.H.U.

HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE	M. Maxime LOYENS
----------------------------	------------------

### DEPARTEMENT CHIMIE PHARMACEUTIQUE

Responsable : Professeur Patrice VANELLE

### PROFESSEURS

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine BADENS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Philippe GALLICE
CHIMIE MINERALE ET STRUCTURALE – CHIMIE THERAPEUTIQUE	M. Pascal RATHELOT M. Maxime CROZET
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE	M. Patrice VANELLE M. Thierry TERME
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	Mme Evelyne OLLIVIER

**MAITRES DE CONFERENCES**

BOTANIQUE ET CRYPTOLOGAMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE	Mme Anne FAVEL Mme Joëlle MOULIN-TRAFFORT
CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Catherine DEFOORT M. Alain NICOLAY Mme Estelle WOLFF Mme Elise LOMBARD Mme Camille DESGROUAS
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. David BERGE-LEFRANC M. Pierre REBOUILLON
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Sandrine FRANCO-ALIBERT Mme Caroline DUCROS M. Marc MONTANA Mme Manon ROCHE
CHIMIE ORGANIQUE PHARMACEUTIQUE HYDROLOGIE	M. Armand GELLIS M. Christophe CURTI Mme Julie BROGGI M. Nicolas PRIMAS M. Cédric SPITZ M. Sébastien REDON
PHARMACOGNOSIE, ETHNOPHARMACOLOGIE, HOMEOPATHIE	M. Riad ELIAS Mme Valérie MAHIOU-LEDDET Mme Sok Siya BUN Mme Béatrice BAGHDIKIAN

**MAITRES DE CONFERENCE ASSOCIES A TEMPS PARTIEL (M.A.S.T.)**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	Mme Anne-Marie PENET-LOREC
CHIMIE PHYSIQUE – PREVENTION DES RISQUES ET NUISANCES TECHNOLOGIQUES	M. Cyril PUJOL
DROIT ET ECONOMIE DE LA PHARMACIE	M. Marc LAMBERT
GESTION PHARMACEUTIQUE, PHARMACOECONOMIE ET ETHIQUE PHARMACEUTIQUE OFFICINALE, DROIT ET COMMUNICATION PHARMACEUTIQUES A L'OFFICINE ET GESTION DE LA PHARMAFAC	Mme Félicia FERRERA

**A.H.U.**

CHIMIE ANALYTIQUE, QUALITOLOGIE ET NUTRITION	M. Mathieu CERINO
--	-------------------

**ATER**

CHIMIE ANALYTIQUE	M. Charles DESMARCHELIER
CHIMIE THERAPEUTIQUE	Mme Fanny MATHIAS

**DEPARTEMENT MEDICAMENT ET SECURITE SANITAIRE**

Responsable : Professeur Benjamin GUILLET

**PROFESSEURS**

PHARMACIE CLINIQUE	Mme Diane BRAGUER M. Stéphane HONORÉ
PHARMACODYNAMIE	M. Benjamin GUILLET
TOXICOLOGIE GENERALE	M. Bruno LACARELLE
TOXICOLOGIE DE L'ENVIRONNEMENT	Mme Frédérique GRIMALDI

**MAITRES DE CONFERENCES**

PHARMACODYNAMIE	M. Guillaume HACHE Mme Ahlem BOUHLEL M. Philippe GARRIGUE
PHYSIOLOGIE	Mme Sylviane LORTET Mme Emmanuelle MANOS-SAMPOL
TOXICOCINETIQUE ET PHARMACOCINETIQUE	M. Joseph CICCOLINI Mme Raphaëlle FANCIULLINO Mme Florence GATTACECCA
TOXICOLOGIE GENERALE ET PHARMACIE CLINIQUE	M. Pierre-Henri VILLARD Mme Caroline SOLAS-CHEsNEAU Mme Marie-Anne ESTEVE

**A.H.U.**

PHARMACIE CLINIQUE	M. Florian CORREARD
PHARMACOCINETIQUE	Mme Nadège NEANT

## CHARGES D'ENSEIGNEMENT A LA FACULTE

Mme Valérie AMIRAT-COMBRALIER, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Pierre BERTAULT-PERES, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Marie-Hélène BEROCCHIO, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Martine BUES-CHARBIT, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Nicolas COSTE, Pharmacien-Praticien hospitalier  
Mme Sophie GENSOLLEN, Pharmacien-Praticien hospitalier  
M. Sylvain GONNET, Pharmacien titulaire  
Mme Florence LEANDRO, Pharmacien adjoint  
M. Stéphane PICHON, Pharmacien titulaire  
M. Patrick REGGIO, Pharmacien conseil, DRSM de l'Assurance Maladie  
Mme Clémence TABELLE, Pharmacien-Praticien attaché  
Mme TONNEAU-PFUG, Pharmacien adjoint  
M. Badr Eddine TEHHANI, Pharmacien – Praticien hospitalier  
M. Joël VELLOZZI, Expert-Comptable

Mise à jour le 22 février 2018

## Remerciements

Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé pendant l'élaboration de ma thèse et plus particulièrement les personnes qui font partie du jury de soutenance :

- Ma directrice de thèse Madame Badghdikian Béatrice pour son intérêt ses conseils durant la rédaction et la correction de ma thèse,
- Madame Ollivier Evelyne, Professeur en Pharmacognosie, Ethnopharmacologie et Homéopathie d'avoir accepté de présider ce jury,
- Monsieur Ventre Mathieu pour sa patience après toutes ces années et la confiance que vous m'accordez.

Je remercie également de manière plus personnelle toutes les personnes qui m'ont entourée ces dernières années :

- Sylvain, qui a tout fait pour m'aider, qui m'a soutenu et surtout supporté dans tout ce que j'ai entrepris,
- Alexandre, qui a su, à sa manière, patienter pendant les longues heures de relecture de ce document,
- Mes parents et mes sœurs pour leur soutien depuis toujours,
- Un grand merci aussi à toute l'équipe de la pharmacie Ventre : Mme Ventre, Virginie et (par ordre alphabétique) Céline, Jennifer, Marie, Marion, Maryline, Perrine et Virginie qui me supportent au quotidien,
- Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai partagé mes études et que je suis ravie de revoir après toutes ces années : Jean-Luc, Paul, Elsa, Loïc, Michael, Marion...

*« L'Université n'entend donner aucune approbation, ni improbation aux opinions émises dans les thèses. Ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. »*



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>19</b>
<b>I. Historique</b>	<b>21</b>
A. A la découverte de nouveaux horizons	21
1. Botany Bay	21
2. Joseph Banks	21
3. Daniel Solander	21
B. Un nouveau genre et un botaniste autodidacte	22
1. Charles Louis l'Héritier de Brutelle	22
2. Le genre <i>Eucalyptus</i>	22
C. De nouvelles espèces	23
1. Un genre en expansion	23
2. Sir James Edward Smith	24
D. La découverte de Jacques-Julien Houtou de La Billardière	25
1. Jacques-Julien Houtou de La Billardière	25
2. <i>L'Eucalyptus globulus</i>	25
E. L'association d'un botaniste et d'un négociant	26
1. Le baron Ferdinand von Mueller	26
2. Une rencontre fructueuse	28
<b>II. Etude botanique</b>	<b>29</b>
A. Place dans la classification	29
1. Un long cheminement	29
2. La classification APG IV	31
3. La famille des Myrtaceae	32
B. Le genre <i>Eucalyptus</i>	37
1. Caractéristiques du genre	37
2. Descriptions d'espèces importantes	39
C. Plantations dans le monde	50
1. Une expansion particulière	50
2. Les parasites de l'eucalyptus	55
3. Rôle économique et stratégique des plantations	61

D.	Autres utilisations	67
1.	Industrie	67
2.	Fabrication de papier	69
3.	La source d'alimentation des Koalas	73
<b>III.</b>	<b>Les drogues végétales inscrites à la pharmacopée</b>	<b>77</b>
A.	La feuille d' <i>Eucalyptus globulus</i> (Ph. Eur)	77
1.	Définition	77
2.	Caractères	77
3.	Identification	77
4.	Essai	79
5.	Dosage	80
6.	Composition de la feuille (Ph. Eur.)	80
B.	Les huiles essentielles à base d'Eucalyptus	81
1.	L'huile essentielle : <i>Eucalypti aetheroleum</i> (Ph. Eur)	81
2.	Généralités sur l'utilisation d'huile essentielle	85
C.	Principaux composants chimiques	91
1.	1-8 cinéole : l'eucalyptol	91
2.	Camphre	93
3.	Limonène	98
4.	$\alpha$ et $\beta$ pinène	103
5.	$\alpha$ - phellandrène	108
6.	Sabinène	110
<b>IV.</b>	<b>Propriétés pharmacologiques</b>	<b>113</b>
A.	De l'huile essentielle	113
1.	Effets immunomodulateurs et anti-inflammatoires	113
2.	L'effet analgésique	119
3.	Action antibactérienne	121
4.	Action antivirale	123
6.	Action antimycosique	125
7.	Action antispasmodique	127
8.	Activité cytotoxique	128
9.	Activité anti-oxydante	129
10.	Activité insecticide	130

B.	De l'écorce	132
1.	Activité cytotoxique	132
2.	Traitement des eaux polluées aux métaux	133
C.	Du kino	137
1.	Comparaison de différents kinos d'eucalyptus	137
2.	<i>Corymbia torelliana</i>	138
D.	Des feuilles	140
1.	Activité fongicide	140
2.	Activité bactériostatique in vitro	141
3.	Activité antihelminthique in vitro	141
4.	Activité inhibitrice de la corrosion de l'acier doux	143
5.	Activité anti-tumorale	144
E.	Du fruit	145
F.	Pharmacologie clinique	146
G.	Précautions d'emploi	148
<b>V.</b>	<b>Utilisation thérapeutique</b>	<b>151</b>
1.	Huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	151
2.	Huile essentielle d' <i>Eucalyptus radiata</i>	155
3.	Huile essentielle d' <i>Eucalyptus citriadora</i>	160
4.	Huile essentielle de <i>Eucalyptus polybractea cryptonifera</i>	163
5.	Huile essentielle d' <i>Eucalyptus dives</i>	166
6.	Huile essentielle d' <i>Eucalyptus smithii</i>	169
B.	Les médicaments, compléments alimentaires, dispositifs médicaux à base d'Eucalyptus	171
1.	Réglementation	171
2.	Les pommades	175
3.	Les inhalations	178
4.	Les suppositoires	181
5.	Les sirops	184
7.	Exemples de dispositifs médicaux	188
8.	L'homéopathie	191
9.	Exemples de Compléments alimentaires	192
10.	Exemples de pastilles à l'officine	194
11.	Exemples d'infusions à l'officine	195
	<b>Conclusion</b>	<b>199</b>

<b>Bibliographie</b>	<b>201</b>
<b>Annexe I</b>	<b>219</b>
<b>Annexe II</b>	<b>222</b>
<b>Serment de Galien</b>	<b>225</b>

## Table des illustrations

Figure 1: <i>Eucalyptus obliqua</i>	23
Figure 2: Classification simplifiée APG IV	31
Figure 3: Schéma d'une poche schizogène d'une feuille d' <i>Eucalyptus globulus</i>	33
Figure 4: Dessin de fleurs et fruits d' <i>Eucalyptus globulus</i>	36
Figure 5: Aire d'origine d' <i>Eucalyptus globulus</i>	39
Figure 6: <i>Eucalyptus globulus</i> en zone résidentielle	39
Figure 7: Fleurs d' <i>Eucalyptus globulus</i>	40
Figure 8: Capsules d' <i>Eucalyptus globulus</i>	40
Figure 9: Dessin représentant <i>Eucalyptus globulus</i>	41
Figure 10: Aire géographique d'origine de <i>Corymbia citriodora</i>	43
Figure 11: <i>Corymbia citriodora</i> en pleine ville	43
Figure 12: Fleurs, feuilles et fruits de <i>Corymbia citriodora</i>	44
Figure 13a: Aire géographique d'origine d' <i>Eucalyptus radiata</i>	45
Figure 13b: <i>Eucalyptus radiata</i>	45
Figure 14: Ecorce d' <i>Eucalyptus radiata</i>	46
Figure 15: Feuilles d' <i>Eucalyptus radiata</i>	46
Figure 16: Fleurs d' <i>Eucalyptus radiata</i>	46
Figure 17: Dessin de feuilles, de fleurs et de fruits d' <i>Eucalyptus radiata</i>	46
Figure 18: <i>Eucalyptus polybractea</i>	47
Figure 19: Feuilles d' <i>Eucalyptus polybractea</i>	47
Figure 20: Fleurs d' <i>Eucalyptus polybractea</i>	47
Figure 21: Fleurs d' <i>Eucalyptus dives</i>	48
Figure 22 : Feuilles et fleurs d' <i>Eucalyptus smithii</i>	49
Figure 23: Fossiles d' <i>Eucalyptus</i> retrouvés à Laguna del Hunco	50
Figure 24: Insectes australiens acclimatés sur eucalyptus hors de leur aire d'origine	55
Figure 25: Dégâts du Longicorne sur troncs d' <i>Eucalyptus</i>	55
Figure 26: Infestation de Psylle à lerp sur feuille d' <i>Eucalyptus</i>	56
Figure 27: Larves de <i>Gonipterus sp.</i> (Charençon de l' <i>Eucalyptus</i> )	56
Figure 28: Evolution des dégâts induits par <i>Cryphonectria cubensis</i>	56
Figure 29: Feuille juvenile d' <i>Eucalyptus alba</i> atteinte par <i>Mycosphaerella juvenis</i> .	57
Figure 30: Pathologie bactérienne causant un flétrissement.	58

Figure 31: Exemple de developpement de <i>Ganoderma spp.</i>	60
Figure 32: Mycelium marron de <i>Phellinus noxius</i>	60
Figure 33: Production de (-)-Menthol à partir de (-)-Pipéritone	67
Figure 34: Denture d'un koala	76
Figure 35: Dessin pour l'identification de la feuille d' <i>Eucalyptus globulus</i>	78
Figure 36: Entraînement à la vapeur d'eau d'une huile essentielle de lavande	86

## Introduction

L'eucalyptus est une plante que l'on retrouve dans de nombreux produits de notre quotidien : les produits ménagers « senteur eucalyptus », les produits d'hygiène corporelle « parfum eucalyptus », les bonbons « rafraichissants à l'Eucalyptus », les peintures « bleu-vert eucalyptus », les bouquets avec des « feuilles fraîches d'eucalyptus » et aussi tous ces produits vendus « à base d'eucalyptus » en pharmacie. On a aussi à l'esprit ces grands arbres australiens abritant des koalas.

En pratique officinale, les plantes du genre *Eucalyptus* sont présentes sous de nombreuses formes comme par exemple d'huiles essentielles (d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata*, d'*Eucalyptus citriodora*...) pour soulager de manière « plus naturelle » toutes sortes de maux, de sirops contre la toux et l'encombrement bronchique, de pastilles contre les maux de gorges, de sprays pour le nez décongestionnants, d'inhalation pour améliorer le confort respiratoire, d'huile de massage pour la récupération sportive, de produits d'hygiène buccale...

On peut donc se demander pour quelles raisons ce genre botanique est autant représenté dans nos pharmacies. C'est cette problématique qui a motivé la rédaction de ce document.

L'historique du développement de son utilisation, son étude botanique, les études scientifiques plus ou moins récentes sur ses propriétés pharmacologiques et son utilisation à l'officine sont les pistes développées par cette étude afin d'en découvrir plus sur ce genre botanique.



# I. HISTORIQUE

## A. A LA DECOUVERTE DE NOUVEAUX HORIZONS

### 1. BOTANY BAY

Bien que des spécimens d'Eucalyptus furent découverts très tôt par les explorateurs européens, aucune collection botanique ne fut connue avant 1770 quand Joseph Banks et Daniel Solander arrivèrent à Botany Bay <sup>(1)</sup> (littéralement « baie botanique » : une baie située à Sydney en Australie) lors de l'expédition de James Cook. Ils collectèrent des spécimens d'*Eucalyptus gummifera* et près de l'Endeavour River (fleuve du nord du Queensland en Australie dans la péninsule du cap York) de l'*Eucalyptus platyphylla* ; ces espèces furent nommées ainsi bien plus tard.

### 2. JOSEPH BANKS

Joseph Banks est né le 13 février 1743 à Londres et est mort le 19 juin 1820 à Londres. M. Banks est un naturaliste britannique qui participa au premier voyage de James Cook autour du monde (1768-1771). A la tête de la Royal Society pendant plus d'une quarantaine d'années, il permit d'orienter l'étude des sciences naturelles vers les applications pratiques au service du développement économique. C'est lui qui introduisit en Europe l'Eucalyptus, l'Acacia et le Mimosa. Il fut le premier à ramener des spécimens de Kangourous. <sup>(2)</sup>

### 3. DANIEL SOLANDER

Daniel Carlsson Solander est un botaniste suédois, né le 19 février 1733 à et décédé le 16 mai 1782 à Londres .Il étudie la botanique auprès de Carl von Linné (1707-1778). Il voyage en Angleterre en 1760 pour promouvoir le nouveau système de classification linnéenne.

À partir de 1763, il est assistant-bibliothécaire au British Museum, et, l'année suivante, est admis à la Royal Society et devient responsable des imprimés au British Museum. <sup>(3)</sup>

En 1768, Sir Joseph Banks demande à Daniel Solander d'accompagner James Cook durant son premier voyage dans le Pacifique à bord de l'*Endeavour*. À son retour en 1771, il devient le secrétaire et le bibliothécaire de Sir Joseph Banks.

## **B. UN NOUVEAU GENRE ET UN BOTANISTE AUTODIDACTE**

### **1. CHARLES LOUIS L'HERITIER DE BRUTELLE <sup>(4)</sup>**

Charles Louis l'Héritier de Brutelle est né en 1746 et assassiné en 1800. Ce magistrat français du XVIIIe siècle (procureur du Roi à la Maîtrise des Eaux et Forêts, puis devint conseiller à la Cour des Aides) était un passionné de botanique. Il est le père d'un herbier d'environ huit mille espèces et aussi d'une très importante bibliothèque botanique. Il a également écrit un ouvrage en 1792 intitulé *Geranologia*. Il a décrit la distinction entre les trois genres *Geranium*, *Pelargonium* et *Erodium*. Il était membre de l'Institut National des Sciences et des Arts (dans la section de botanique et de physique végétale).

### **2. LE GENRE EUCALYPTUS**

*Eucalyptus obliqua* a la caractéristique taxonomique d'avoir été la première espèce d'*Eucalyptus* découverte et publiée. Il a été recueilli pour la première fois en 1777 lors de la troisième expédition de James Cook par le botaniste David Nelson qui a recueilli son échantillon sur l'île Bruny, une île de Tasmanie. Ce spécimen a été envoyé au British Museum à Londres où il a été examiné par le botaniste français Charles Louis L'Héritier de Brutelle. L'Héritier l'a utilisé comme type d'un genre nouveau qu'il a publié en 1788. Il a nommé le genre *Eucalyptus* du grec "*eu*" (bon, bien) et "*calyptos*" (couverts) en référence à la capsule qui recouvre le bourgeon floral. Il lui a donné le nom d'espèce *obliqua* (du latin "*obliquus*", oblique), en référence à la forme incurvée des feuilles. <sup>(5)</sup>



EUCALYPTUS obliqua.

Figure 1 : *Eucalyptus obliqua*.

## **C. DE NOUVELLES ESPECES**

### **1. UN GENRE EN EXPANSION**

Entre 1788 et le début du XIX<sup>ème</sup> siècle de nombreuses espèces d'*Eucalyptus* furent nommées et publiées. Pour la plupart ce fut par le botaniste James Edward Smith dans la région de Sydney. Cela inclus des arbres économiquement important telles que *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus saligna* et *Eucalyptus tereticornis*.

## 2. SIR JAMES EDWARD SMITH <sup>(6)</sup>

Sir James Edward Smith est né le 2 décembre 1759 à Norwich et mort le 17 mars 1828. Ce botaniste est connu notamment pour avoir été le fondateur et le premier président de la *Linnean Society of London* (1788).

Au début des années 1780, il entre à l'université d'Édimbourg. Il part à Londres en 1783 pour poursuivre ses études où il se lie d'amitié avec Sir Joseph Banks (1743-1820).

La veuve de Carl von Linné (1707-1778), après le décès de leur fils Carl von Linné (1741-1783), propose à Sir Joseph Banks de lui vendre la totalité de la bibliothèque riche de trois mille ouvrages mais Sir Banks refuse. C'est James Edward Smith qui s'en porte acquéreur. L'ensemble arrive à Londres en 1784.

Sir James Edward Smith devient membre de la Royal Society en 1786. De 1786 à 1788, il voyage en Europe où il rencontre de nombreux botanistes, visite des musées et étudie des herbiers. Afin de perpétuer la mémoire et de populariser l'œuvre de Linné, Smith fonde en 1788 la première société linnéenne du monde (la Société linnéenne de Londres) et en devient le premier président, fonction qu'il conserve jusqu'à sa mort. Ses collections et sa bibliothèque, deviennent réputées en Europe et lui valent la visite de nombreux naturalistes.

Il est l'auteur de plusieurs ouvrages presque tous consacrés à la flore britannique :

- *English Botany* (commencé en 1790)
- *Flora Britannica* (commencé vers 1801)
- *The English Flora* (1824-1828)

Il a complété la *Flora graeca* commencée par John Sibthorp, il a également contribué à la *Rees's Cyclopaedia* en lui fournissant 3 348 articles botaniques entre 1808 et 1819. Sir James Edward Smith fait paraître le premier livre consacré à l'entomologie des États-Unis en 1797 sous le titre de *The Natural History of the Rarer Lepidopterous Insects of Georgia*, sur les notes et les illustrations réalisées par John Abbot (1751-1840). Après sa mort, la collection linnéenne ainsi que les siennes sont acquises par la Société linnéennes.

## **D. LA DECOUVERTE DE JACQUES-JULIEN HOUTOU DE LA BILLARDIERE**

### **1. JACQUES-JULIEN HOUTOU DE LA BILLARDIERE <sup>(7)</sup> <sup>(8)</sup>**

Jacques-Julien Houtou de La Billardière est un botaniste français qui voit le jour le 28 octobre 1755 à Alençon. Il étudie la médecine à Montpellier et Reims et passe son doctorat à Paris en 1755.

Il s'oriente vers l'histoire naturelle et étudie en Grande-Bretagne avec Sir Joseph Banks et Sir James Edward Smith. Après avoir herborisé dans les Alpes et le Dauphiné, il est chargé d'une mission à Chypre, en Syrie et au Liban. Le 18 août 1792, il est nommé correspondant de l'Académie royale des sciences.

### **2. L'*EUCALYPTUS GLOBULUS* <sup>(7)</sup> <sup>(8)</sup>**

En 1792, il prend part, sous les ordres de Bruni d'Entrecasteaux, à la mission chargée de tenter de retrouver en Océanie les vaisseaux *La Boussole* et *L'Astrolabe* de l'expédition de La Pérouse. Malgré l'échec de cette mission, les vaisseaux de l'expédition de secours effectuent une reconnaissance du sud-ouest de l'Australie, de la Tasmanie, de la Nouvelle-Zélande et des Antilles. Jacques-Julien Houtou de La Billardière, Claude Antoine Gaspard Riche (1762-1798) et Étienne Pierre Ventenat (1757-1808) en profitent pour effectuer d'amples collections de spécimens zoologiques, botaniques et géologiques, et décrire les coutumes et les langues des aborigènes d'Australie.

Le 6 mai 1792, entouré de botanistes de l'expédition et de quelques hommes de l'équipage, il découvre l'*Eucalyptus globulus*. Il détaille soigneusement leur feuillage à la longue-vue et remarque que les plus hautes branches portent des fleurs. Après avoir abattu un exemplaire pour en observer les fleurs il est surpris par la forme du bouton floral : il lui trouve une ressemblance avec le bouton de son habit et baptise l'arbre *globulus*. De retour au navire, il constate que les hommes d'équipage se sont servis du bois de cet arbre pour réparer une chaloupe endommagée.

Revenu en France, il publie ses *Relations de voyages à la recherche de La Pérouse* en 1799 où il consigne entre autres ses observations et ses recherches sur l'*Eucalyptus globulus*.

## **E. L'ASSOCIATION D'UN BOTANISTE ET D'UN NEGOCIANT**

### **1. LE BARON FERDINAND VON MUELLER**

#### **a) Biographie <sup>(9)</sup>**

Le baron Ferdinand Jacob Heinrich von Mueller est un botaniste allemand, né le 30 juin 1825 à Rostock et mort le 9 octobre 1896 à Melbourne.

Il devient apprenti pharmacien à Husum où il découvre la botanique. Son herbier, riche de 5 000 spécimens, lui vaut une bonne réputation dans le cercle des botanistes du Schleswig-Holstein. Il obtient un doctorat à l'université de Kiel en 1847 avec une thèse sur la flore du sud-ouest de cette région. Il part peu après pour l'Australie, il arrive à Adélaïde en juillet 1847. Il envisage en 1849 d'acheter la pharmacie où il avait été apprenti à Husum, mais la guerre qui éclate dans le Schleswig-Holstein décourage son projet et il choisit de rester en Australie.

En août 1849, il obtient la nationalité britannique et change son nom en Mueller. Il décide de constituer une bibliothèque et un herbier de référence car le seul livre disponible à l'époque est le *Prodromus florae novae hollandiae* (1810) de Robert Brown (1773-1858).

Il se consacre alors complètement à l'herborisation et fait parvenir ses premières récoltes à un botaniste renommé de Hambourg, Otto Wilhelm Sonder (1812-1881). Celui-ci se charge de les faire circuler parmi les botanistes européens et de les publier dans *Linnaea* sous le titre de *Plantae Muellerianae*. Il fait également parvenir des descriptions de la flore du sud de l'Australie à la Société linnéenne de Londres.

En 1852, Mueller se rend dans la colonie de Victoria détenteur d'une lettre de recommandation du lieutenant-gouverneur Charles La Trobe (1801-1875). Mueller reçoit le poste de botaniste du gouvernement en janvier 1853, fonction qu'il conserve plus de quarante ans, jusqu'à sa mort.

Il dirige également, de 1857 à 1873, le jardin botanique de Melbourne. <sup>(10) (11)</sup>

L'herbier qu'il constitue grandit rapidement par sa propre activité et aussi par des échanges et par des dons. En 1858, l'herbier contient 45 000 spécimens représentant 15 000 espèces, en 1868, il contient environ 350 000 spécimens et, dans les années 1890, il atteint entre 750 000 et 1 000 000 spécimens. C'est probablement le plus grand herbier rassemblé par un seul homme de l'histoire de la botanique. Le jardin botanique connaît une croissance très importante passant de 1 500 espèces à environ 5 000. Le roi du Wurtemberg l'honore par la particule *von* en 1867 et lui donne un titre de baron héréditaire en 1871. Il est fait Chevalier Commandeur de l'Ordre de Saint-Michel et Saint-Georges en 1879. Il devient membre de la Royal Society en 1861, qui lui décerne la Royal Medal en 1888.

Il est l'auteur de plus de 1 000 publications dont :

- *Fragmenta phytographiæ Australiæ* (onze volumes, 1858 à 1881) ;
- *Select Extra-Tropical Plants readily eligible for Industrial Culture or Naturalisation* (1876, traduit en allemand, en français et en portugais, des éditions anglaises sont réalisées en Inde, en Amérique et plusieurs en Australie) ;
- *Systematic Census of Australian Plants* (1882) ;
- *Plants Indigenous to the Colony of Victoria* (deux volumes, 1860-1865) ;
- *Iconography of Australian Species of Acacia and Cognate Genera* (1887-1888).

L'*Australian Association for the Advancement of Science* a commémoré son nom par la création de la médaille Mueller qui récompense ceux qui ont contribué à l'avancée de la science en Australie. La poste australienne a créé un timbre à son effigie en 1947 et s'est associée à la poste allemande pour la création d'un nouveau timbre en 1996. Enfin, la revue du jardin botanique de Melbourne se nomme *Muelleria*.<sup>(12)</sup>

## **b) Liste des plantes du genre *Eucalyptus* décrites (Voir Annexe 1)**

## 2. UNE RENCONTRE FRUCTUEUSE

C'est dans la ville de Melbourne que le baron Ferdinand von Mueller fonde un des plus beaux jardins coloniaux de l'époque. Il dirigea pendant plus de vingt ans ce jardin qui devint un centre actif pour la collecte des plantes des zones tempérées et tropicales du globe.

En parcourant les forêts d'eucalyptus de la colonie de Victoria, il remarqua que cet arbre semblait être insensible et résistants à la chaleur des vents chauds australiens. Il eut donc l'idée d'utiliser cet arbre pour le reboisement de zones sèches comme par exemple dans le sud de l'Europe.

En 1854, il rencontre le négociant français Prosper Ramel en visite à Melbourne. Il décide de travailler en collaboration avec le botaniste von Mueller afin de permettre l'expansion de l'*Eucalyptus*.

Dès 1856, Prosper Ramel envoie des graines d'*Eucalyptus globulus* en France puis en Algérie et en Egypte pour procéder à des semis. De retour en Europe en 1861, Prosper Ramel fait paraître plusieurs articles sur l'*Eucalyptus globulus*.<sup>(13)</sup> Il effectue aussi de nombreux voyages d'études dans les colonies afin d'approfondir ses recherches. Il pose ainsi des brevets pour les cigares, les cigarettes et le papier.<sup>(14)</sup>

Le baron Ferdinand von Mueller quant à lui publie des projets de reboisements : en effet, il préconise la plantation d'*Eucalyptus globulus* à grande échelle afin de limiter la sécheresse et la stérilité des sols dans les régions sèches du globe comme il l'a prouvé en Australie. Il s'attelle aussi à la rédaction d'un atlas des eucalyptus : l'*Eucalyptographia*.

## II. ETUDE BOTANIQUE

### A. PLACE DANS LA CLASSIFICATION

#### 1. UN LONG CHEMINEMENT

Avant d'arriver aux classifications botaniques que nous connaissons aujourd'hui de nombreuses découvertes furent faites au fil du temps.

Césalpin, (1519-1603) est un philosophe, médecin, naturaliste et botaniste italien. Il a identifié le sexe dans les fleurs et inventa la première classification botanique fondée sur la forme de la fleur, du fruit et sur le nombre des graines<sup>(15)</sup> (*De plantis libri XVI* : 1 500 espèces décrites et classées).

John Ray (1627-1705) est naturaliste anglais. Il invente le concept d'espèce selon la ressemblance morphologique des plantes. Il est l'auteur *d'Historia plantarum*: 18 000 espèces et introduit la première mention de Monocotylédones et Dicotylédones.<sup>(16)</sup>

Pierre Magnol (1638-1715) est un botaniste français. Il invente le concept de famille pour les plantes. Il écrit *Prodromus Historiae generalis plantarum in qua familiae per tabulas disponuntur*.<sup>(17)</sup>

Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) est un botaniste français. Il propose de réunir les espèces en genre. Ce genre est l'unité de base de la classification. : les espèces sont des variétés du genre. Il utilise la notion de corolle : apétales, monopétales, polypétales. On retrouve sa classification dans *Institutiones rei herbariae* regroupant 10 000 espèces, 700 genres et 22 classes.<sup>(18)</sup>

Carl Von Linné (1707-1778) est un naturaliste suédois. Il codifie les niveaux hiérarchiques proposés initialement et propose une nomenclature binomiale composée d'un nom de genre suivi du nom d'espèce. La classification de Linné est fixiste (c'est-à-dire qu'elle correspond à une vision selon laquelle la nature reste immuable depuis sa création divine). Elle intégrait monde vivant et minéral. Elle était hiérarchisée avec 7 rangs (nombre supposé parfait à l'époque) : règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre et espèce.<sup>(19)</sup>

Le début du 19ème siècle est marqué par l'émergence de la notion d'évolution des espèces. Pour Darwin (1809-1882), les individus se ressemblent non pas en raison d'une volonté divine, mais en raison d'une pression environnementale et de la sélection naturelle. Il ne faut donc pas regarder les variations des caractères acquis, mais celles des caractères héréditaires, transmis de génération en génération : c'est la phylogénie. <sup>(20)</sup>

La classification a progressivement intégré la phylogénie dont l'objet est la recherche de la généalogie des espèces. L'arbre généalogique lui-même, traduisant les liens de parenté constitue une classification, la classification naturelle.

Willi Hennig (1913-1976) est un biologiste allemand. Il met au point une méthode permettant d'étudier la filiation. Le cladisme (du grec *clados* = rameau) classe les organismes d'après l'ordre d'émergence des ramifications dans un arbre phylogénétique. Chaque branche de l'arbre (ou cladogramme) est définie par des homologues nouvelles, propres aux diverses espèces de la branche émergente. <sup>(21)</sup>

A côté des classifications naturelles de plus en plus élaborées (car tenant compte d'un nombre de plus en plus important de critères) vont apparaître des classifications évolutives, c'est à dire basées sur la filiation des espèces en fonction de leur degré d'évolution. Le premier type de classification se nomme phénétique, le second type de classification phylogénétique ou cladistique.

Maintenant ces deux types de classifications se rejoignent et donnent lieu à l'élaboration de classifications évolutives basées sur un grand nombre de caractères.

## 2. LA CLASSIFICATION APG IV

### a) Généralités

La classification APG IV (2016), ou classification phylogénétique, est la quatrième version de classification botanique des angiospermes établie par l'*Angiosperms Phylogeny Group*. C'est la classification botanique la plus importante aujourd'hui. <sup>(22)</sup>

Comme les classifications APG (en 1998), APG II (en 2003), APG III (en 2009) cette classification est construite à la base de deux gènes chloroplastiques (chloroplastes sont des organites présents dans le cytoplasme des cellules eucaryotes photosynthétiques) et d'un gène nucléaire de ribosome, mais ces données sont complétées dans quelques cas par d'autres données.

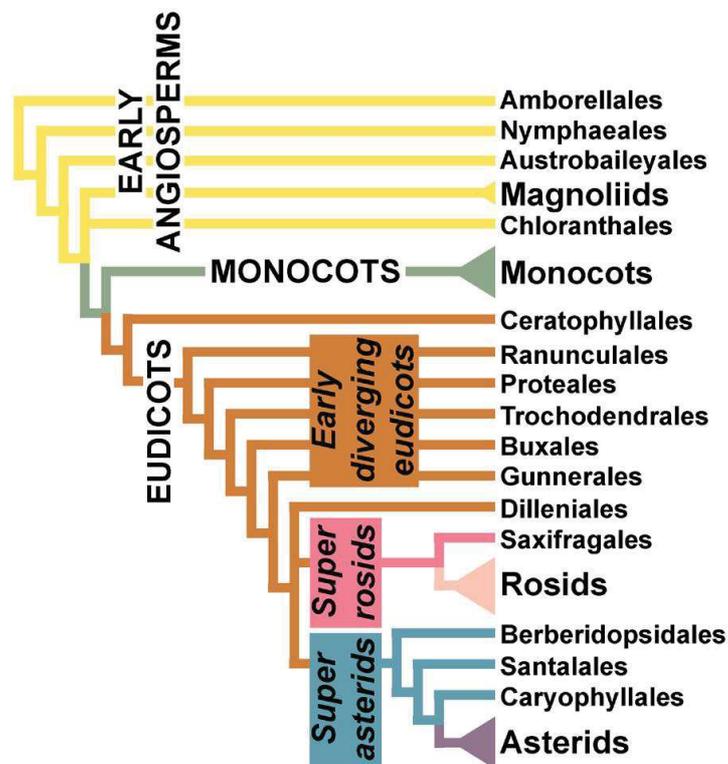


Figure 2 : Classification simplifiée APG IV

## b) Place du genre *Eucalyptus*

Le genre *eucalyptus* appartient à :

- l'embranchement des Angiospermes (qui se caractérise par la condensation des organes reproducteurs en une fleur ; la présence d'un ovaire enveloppant les ovules, et qui se développera pour donner un fruit ; par la double fécondation de l'ovule, qui donnera l'embryon et l'albumen.
- Eudicotylédones supérieures (avec un pollen tri aperturé)
- Super Rosidées
- Rosidées
- Malvidées
- l'ordre des Myrtales
- la famille des Myrtacées

## 3. LA FAMILLE DES MYRTACEAE

Les Myrtaceae constituent une famille importante, avec 140 genres et plus de 3100 espèces, dispersées surtout dans les régions tropicales, avec des centres de dispersion particuliers comme l'Australie et l'Amérique du Sud où se trouvent beaucoup d'espèces endémiques.

Les principaux genres sont *Eucalyptus*, *Eugenia* (dédié à Eugène de Savoie protecteur et promoteur de la Botanique 1663-1736) avec 550 espèces surtout d'Amérique tropicale, *Syzygium* (avec plus de 300 espèces d'Asie et d'Australie), *Myrcia* (avec 250 espèces d'Amérique tropicale), *Melaleuca* (avec 220 espèces d'Indo-Malaisie et d'Australie), *Calyptanthes* (avec 130 espèces d'Amérique tropicale), *Psidium* (avec 100 espèces d'Amérique tropicale)...

La famille doit son nom au genre *Myrtus* (avec 2 espèces des régions méditerranéennes et d'Afrique du Nord) qui est représenté dans notre flore par *Myrtus communis*.<sup>(23)</sup>

### a) Appareil végétatif

Ce sont des plantes ligneuses, arbustes comme *Myrtus communis*, mais le plus souvent de grands arbres pouvant atteindre 100 m de haut comme le genre *Eucalyptus* dans leur pays d'origine. L'écorce se desquame fréquemment par plaques, découvrant l'écorce interne remarquablement lisse et colorée.

Les feuilles sont en principe opposées, coriaces et non stipulées, à nervation pennée. Chez les *Eucalyptus*, on observe 2 types de feuilles :

- sur les jeunes rameaux, les feuilles sont opposées, ovales, cireuses et s'orientant selon la manière habituelle dans un plan horizontal ;
- sur les rameaux âgés, les feuilles sont alternes, en forme de faucille, coriaces et pendantes par torsion du pétiole, ne présentent que leur tranche au soleil.

Les Myrtaceae présentent habituellement des ectomycorhizes, particulièrement entre les *Eucalyptus* et des champignons du genre *Pisolithus* : *Eucalyptus globulus* L. avec *Pisolithus tinctorius*, *Eucalyptus camdulensis* avec *Pisolithus albus* ou *P. microcarpus* ...

### b) Particularités anatomiques

En raison de leur orientation particulière, les feuilles d'*Eucalyptus* présentent un parenchyme symétrique, avec du tissu palissadique au contact de 2 épidermes.

Le limbe des feuilles de Myrtaceae présente des poches sécrétrices schizogènes visibles par transparence.

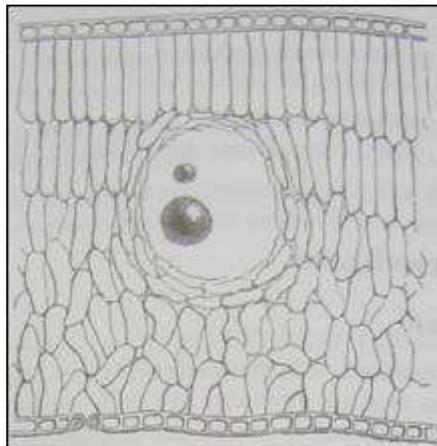


Figure 3 : Schéma d'une poche schizogène d'une feuille d'*Eucalyptus*.

Il y a présence de liber ou phloème interne.

Inflorescence : Elle est en cyme ou en grappe, terminale ou axillaire, parfois réduite à une seule fleur (*Myrtus*).

### c) Fleur

La fleur est odorante, régulière, hermaphrodite, tétramère (Eucalyptus) ou pentamère (Myrtus). Le réceptacle floral est en forme de coupe plus ou moins allongée (hypanthium).

Les 2 verticilles du périanthe s'insèrent sur les bords de la coupe, chacun constitué de 4 ou 5 pièces libres ou soudées, imbriquées. Souvent ces 2 verticilles se soudent en une sorte de cabuchon lignifié, ou calypstre, qui sera soulevé et détaché lors de l'anthèse par les étamines qui se redressent. Chez le genre Eucalyptus, le calice régresse et se sont les seuls pétales qui forment se capuchon pyramidal.

L'androcée est formé typiquement de 2 verticilles pentamères (genre Verticordia) mais le plus souvent, les étamines se ramifient et se rassemblent selon 2 manières :

- toutes les pièces primitives se multiplient et donnent de nombreuses étamines libres insérées, sans ordre apparent, sur le bord du receptacle (androcée méristémone) : genres Myrtus, Eucalyptus, Eugenia ;
- les pièces primitives, libres à la base, se ramifient à une certaines hauteur, donnant des bouquets d'étamines (androcée polyadelphie) : genre Melaleuca, Calothamnus.

Les étamines sont en général irréfléchies vers le centre, dans le bouton floral, et leur redressement au moment de l'anthèse entraîne la chute du capuchon.

La pollinisation est entomophile ou ornithophile, favorisée par la présence d'un disque nectarifère recouvrant l'ovaire.

Le gynécée présente un nombre de carpelles équivalent à celui des verticilles du périanthe (Eucalyptus) ou un nombre moindre : 3 chez Myrtus ou Callistemon, 2 chez Eugenia. Ces carpelles forment un ovaire infère ou semi-infère (concescent avec le réceptacle floral), pluriloculaire, à placentation axile ou initialement pariétale mais avec des placentas intrusifs se rejoignant au centre de la cavité. Chaque loge renferme de nombreux ovules, camylotropes (tribu des Myrtoideaea) ou anatropes (tribu des Leptospermoideae).

#### **d) Fruit**

Il peut être de plusieurs types :

- soit une baie, où la partie charnue est formée par le réceptacle, la paroi des carpelles restant membraneuse ; elle est surmontée par le calice (tribu des Myrtoideae) ;
- soit une capsule loculicide (tribu des leptospermoideae) ;
- plus rarement, c'est une drupe ou un akène.

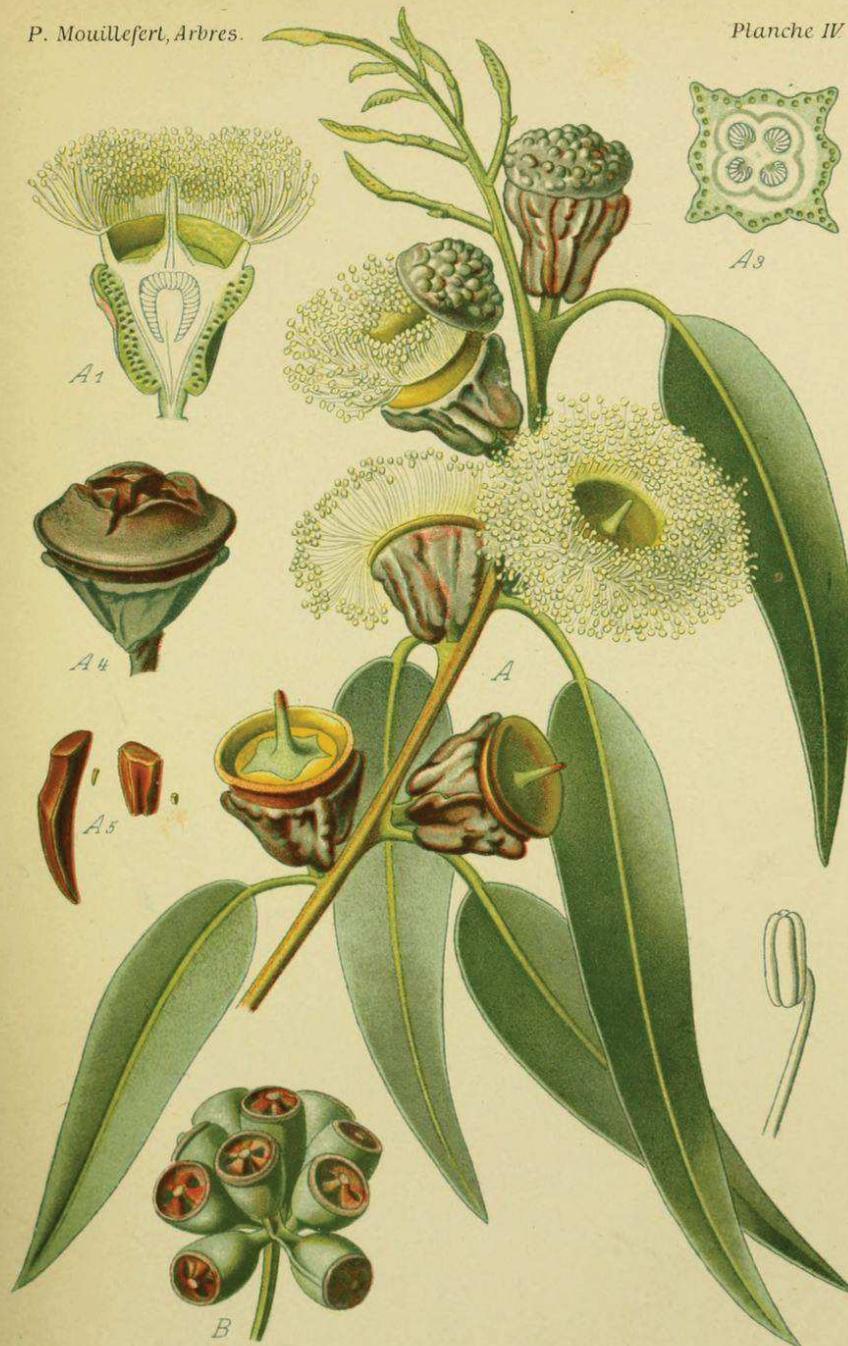
La graine, toujours, exalbuminée, varie selon la nature de l'ovule :

- l'ovule campylotrope évolue vers une graine à embryon courbe ou même piralée ;
- l'ovule anatropé évolue vers une graine à embryon droit.

En général, les graines sont peu nombreuses, pouvant même être uniques dans chaque loge.

On distingue donc 2 tribus :

- Myrtoideae : fruit = baie, ovule campylotropes, androcée méristémone, feuilles toujours opposées ; genres d'Amérique tropicale, mais aussi d'Asie du Sud-Est et d'Australie *Myrtus*, *Eugenia*, *Myrcia*, *Syzygium*, *Psidium*, *Calytranthes*, *Pimenta*...
- Leptospermoideae : fruit = capsule loculicide, ovules anatropes, androcée polyadelphie, feuilles alternes ou opposées ; genres essentiellement d'Australie : *Leptospermum*, *Eucalyptus*, *Melaleuca*, *Metrosideros*, *Caliistemon*, *Darwinia*...



A. *Eucalyptus globuleux.* *Eucalyptus globulus*, Labill.  
B. *Eucalyptus robuste.* *Eucalyptus robusta* Smith.

Figure 4 : Dessin de fleurs et fruits d'*Eucalyptus globulus*.

## **B. LE GENRE *EUCALYPTUS***

### **1. CARACTERISTIQUES DU GENRE**

#### **a) Une classification complexe**

La première classification complète des eucalyptus a été publiée en 1934 par William Blakely des jardins botaniques de Sydney. Elle comptait 606 espèces et variétés et se fondait sur les recherches antérieures de Joseph Maiden qui correspondait avec Ferdinand von Mueller. Cette classification est restée une référence pour les taxonomistes pendant 37 ans jusqu'à une publication de Lindsay Pryor de l'Australian National University et de Lawrie Johnson du Royal Botanic Gardens Sydney. Dans cette classification, le genre a été divisé en sept sous-genres. <sup>(24)</sup>

Lawrie Johnson en 1995 avec la collaboration de K.D. Hill marque une nouvelle étape dans la taxonomie du genre *Eucalyptus*. Ils ont «divisé» le genre en publiant un nouveau genre, *Corymbia*. Ce nouveau genre comprend les « ghost gums » et les « bloodwoods ». <sup>(25)</sup>

Plusieurs classifications ont vu le jour et on trouve encore très souvent un système basé sur les écorces qui est à l'origine de divers noms vernaculaires australiens. <sup>(31)</sup>

Ce dernier distingue notamment :

- les « gums » (gommiers) à écorce lisse et caduque.
  - *Eucalyptus globulus* ou le gommier bleu
  - *Eucalyptus camaldulensis* ou le gommier rouge
  - *Eucalyptus gunii* ou le gommier cidre
  - *Eucalyptus alba* ou le gommier blanc
  - *Eucalyptus aggregata* ou le gommier noir
  - ...
- les « boxes » à écorce rugueuse et fibreuse.
  - *Eucalyptus albens* ou le Box blanc
  - *Eucalyptus melliodora* ou Yellow box (Eucalyptus à miel)
  - *Eucalyptus moluccana* ou Grey box
  - *Eucalyptus polyanthemos* ou Red box
  - *Eucalyptus populnea* ou Poplar box
  - ...

- les "peppermints" à écorce finement fibreuse.
  - *Eucalyptus dives* ou broad-leaved peppermint.
  - *Eucalyptus nicholii* ou Narrow-Leaved Black Peppermint.
  - *Eucalyptus nova-anglica* ou New England Peppermint.
  - *Eucalyptus piperita* ou Sydney Peppermint.
  - *Eucalyptus radiata* ou Narrow-leaved peppermint ou Forth River Peppermint.
  - ...
  
- les "stringybarks" à longue écorce fibreuse.
  - *Eucalyptus agglomerata* ou stringybark à feuilles bleues.
  - *Eucalyptus baxteri* ou stringybark brun.
  - *Eucalyptus cephalocarpa* ou stringybark pâle.
  - *Eucalyptus obliqua* ou stringybark messmate.
  - *Eucalyptus macrorhyncha* ou stringybark rouge.
  - *Eucalyptus acmenoides* ou stringybark jaune.
  - *Eucalyptus eugenioides* ou stringybark à feuilles épaisses.
  - *Eucalyptus globoidea* ou stringybark blanc.
  - ...
  
- les "ironbark" à écorce dure (comme du fer), fissurée et souvent sombre.
  - *Eucalyptus crebra* ou Ironbark à feuilles étroites.
  - *Eucalyptus melanophloia* ou Ironbark à feuilles argentées.
  - *Eucalyptus paniculata* ou Ironbark gris.
  - *Eucalyptus sideroxylon* ou Ironbark rouge.
  - *Eucalyptus tricarpa*
  - ...

On distingue aussi des taxons inférieurs :

- Un seul operculum et ovaires à 2 ou 4 rangées d'ovules (le plus souvent 2 rangées).  
Sous-genre : Monocalyptus<sup>(26)</sup>
- Deux operculums et 4 rangées d'ovules ou plus  
Sous-genre : Symphyomyrtus<sup>(27)</sup>

## 2. DESCRIPTIONS D'ESPECES IMPORTANTES

### a) *Eucalyptus globulus* (subespèce *globulus*)

- **Généralités**

- Origine : Australie (en rouge sur le plan).

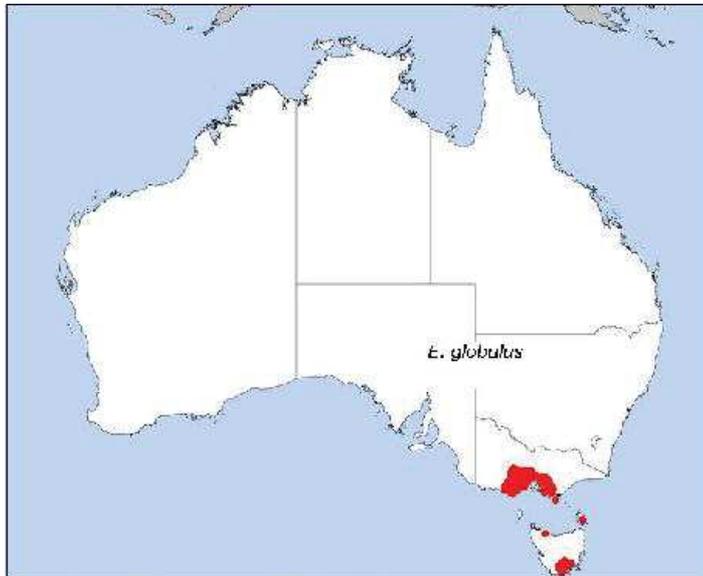


Figure 5 : Aire d'origine d'*Eucalyptus globulus*

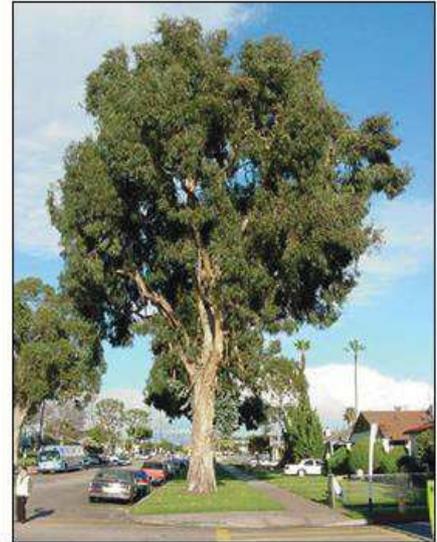


Figure 6 : Photographie d'un *Eucalyptus globulus* en zone résidentielle

- Noms communs : Gommier, gommier bleu, arbre au koala, arbre à la fièvre
- Etymologie : *globulus* fait référence à la forme de l'opercule du fruit.
- **Morphologie** : Arbre sempervirent à croissance rapide et pouvant atteindre entre 30 et 60 mètres de hauteur. <sup>(28)</sup>

Les feuilles juvéniles sont très différentes du feuillage adulte : elles sont ovales, larges, sessiles, opposées et couvertes d'une pruine (couche cireuse, légèrement poudreuse, permettant à la plante de se protéger de la chaleur et des agressions extérieures) donnant à l'arbre cette couleur bleu-gris à l'origine du nom gommier bleu. Les feuilles adultes sont alternes, pétiolées, très allongées, falciforme et de couleur vert luisant.

La floraison est de couleur blanc-crème à crème. Les fleurs sont solitaires, mellifères et relativement grandes. Avant la floraison, les étamines sont masquées par un opercule constitué des pétales soudés. Lorsque les étamines grandissent, elles soulèvent l'opercule, qui tombe, et s'étalent, bien visibles. A la floraison, on reconnaît facilement les *Eucalyptus globulus* aux nombreux opercules bleutés se trouvant au sol.



Figure 7 : Fleurs d'*Eucalyptus globulus*



Figure 8 : Capsules d'*Eucalyptus globulus*

Les fruits sont des capsules ligneuses de 1.5 à 2.5 cm de diamètre, avec une teinte marron à maturité et s'ouvrant légèrement par 2 fentes croisées pour laisser passer des graines.

- ***Culture***

- Exposition ensoleillée.
- Apprécie simultanément les sols bien drainants et irrigués.
- Supporte des vents modérés et des embruns occasionnels.
- Supporte des périodes de gel jusqu'à -7°C.

- ***Ses principales utilisations***

- Utilisation ornementale.
- Utilisation médicinale : Usage traditionnel pour soigner les maux de gorge, les maux de tête, les douleurs névralgiques, l'otite, la sinusite, l'asthme, la bronchite, les infections cutanées et les infections des voies urinaires. Ses feuilles sont toujours utilisées en pharmacie. Utilisé également comme répulsif contre les insectes piqueurs.
- Autres utilisations possibles : Présente un grand intérêt pour la qualité de son bois.

Le gommier bleu est l'emblème végétal de Tasmanie depuis 1967..



Figure 9 : Dessin représentant *Eucalyptus globulus*.

## **b) *Eucalyptus citriodora***

- ***Le genre Corymbia***

Le genre *Corymbia* était jusqu'en 1995 une sous division du genre *Eucalyptus*. La grande majorité des espèces est originaire de la moitié Nord de l'Australie, région composée de zones arides soumises le plus souvent à des pluies de mousson. Quelques espèces atteignent la partie orientale du continent (Nouvelle Galles du Sud et Victoria) ainsi que l'extrême Sud de l'Australie Occidentale à l'Ouest.

Les eucalyptus du genre *Corymbia* sont des plantes ligneuses dont la taille varie entre la forme buissonnante (2 m à 5 m) et la taille d'un arbre moyen, souvent inférieur à 20 m contrairement au genre *Eucalyptus* où beaucoup d'espèces dépassent largement les 20m .

Pour la majorité des espèces de *Corymbia* et contrairement à *Eucalyptus*, l'écorce est rugueuse et craquelée sur tout le tronc et les grosses branches; rares sont les espèces qui possèdent une écorce lisse sur tout le tronc : elles appartiennent principalement au sous-genre *Blakella*. Il se distingue du genre *Eucalyptus* par de longues inflorescences très ramifiées souvent en position terminales et parfois axillaires. Elles portent de nombreux boutons floraux ; elles apparaissent à l'extrémité d'un rameau ou à l'aisselle des dernières feuilles et souvent le rameau cesse sa croissance avec l'apparition de l'inflorescence.

Le genre *Corymbia* comme le genre *Eucalyptus* développe des inflorescences cymeuses : les fleurs s'ouvrent de l'apex ou du centre vers la base à l'inverse d'une grappe ou racème.

- **Généralités**

- Origine : Est de l'Australie, Queensland

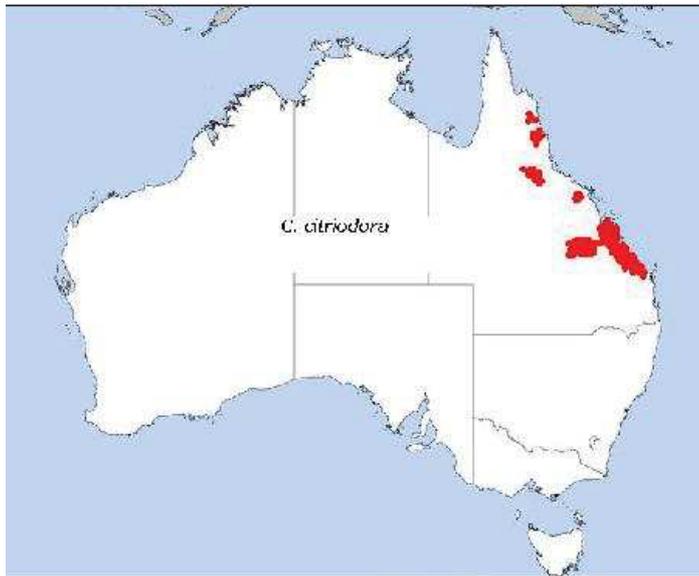


Figure 10 : Aire géographique d'origine de *Corymbia citriodora*

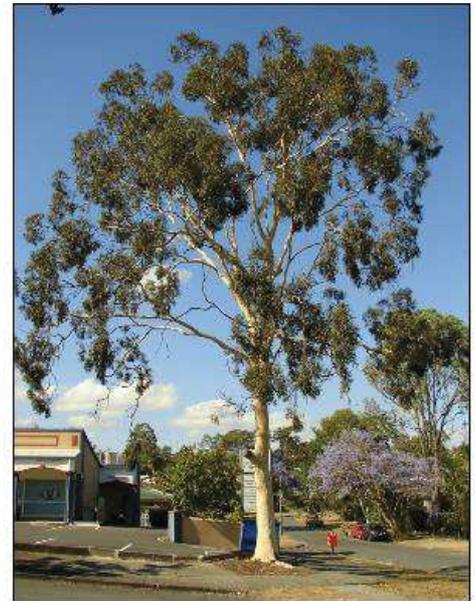


Figure 11 : *Corymbia citriodora* en pleine ville

- Synonyme : *Eucalyptus citriodora*
- Noms communs : Eucalyptus citronnelle, citron-scent gum, lemon-scent gum
- Etymologie : Le qualificatif citriodora est en rapport avec l'odeur citronnée des feuilles

- **Morphologie :**

Grand arbre à tronc libre rectiligne, pouvant atteindre 50 mètres de haut, peu ramifié, à la cime claire et peu développée. Le feuillage dégage une forte odeur de citronnelle perceptible à distance par temps humide. <sup>(29)</sup>

L'écorce est fibreuse, variant de couleur au fil des saisons, passant de blanc à rosé ou beige clair, se détachant entièrement en petites plaques irrégulières à la fin du mois de Juin.

Les feuilles simples et entières sont vertes, étroites, lancéolées et mesurent 7 à 15 cm de long sur 0,7 à 1,5 cm de large. Elles dégagent une odeur de citronnelle lorsqu'elles sont froissées. La forme des feuilles varie au cours de l'ontogénèse, d'abord larges, sessiles, pubescentes, légèrement gaufrées, elles s'allongent, s'affinent, deviennent glabres et coriaces, portées par un long pétiole.

Les fleurs sont regroupées (11 à 20) en inflorescences axillaires. Elles apparaissent durant la saison estivale et sont de couleur jaune crème. Les fruits sont de petites capsules ligneuses à graines fines.



Figure 12 : Fleurs, feuilles et fruits de *Corymbia citriodora*

- **Culture** : on le trouve sur sols acides ou basiques. Faible tolérance au calcaire. Tolère modérément les sols compacts. Exposition plein soleil. A protéger lors des périodes de gel, lorsque le sujet est jeune.
- **Ses principales utilisations**
  - Utilisation ornementale : A utiliser isolé (pour le mettre en valeur), en alignements ou en petits bosquets (essence forestière).
  - Utilisation médicinale : On extrait des feuilles et des rameaux une huile essentielle à odeur de citronnelle présentant diverses propriétés médicinales ; usage externe. La citronnelle éloigne les insectes comme les moustiques. Principes actifs connus de l'huile essentielle de feuilles et de rameaux : Aldéhydes (citronnellol), eucalyptol (3%), alcools : citronnellol, géraniol
  - Utilisation dans l'industrie : Cette huile essentielle entre également dans la composition de parfums.
  - Autres utilisations possibles : Son bois est utilisé en menuiserie et pour la fabrication des charpentes et poteaux de mines.

c) *Eucalyptus radiata*

- **Généralités**

- Noms communs : Eucalyptus radié
- Origine : plateaux de la Nouvelle-Galles du Sud en Australie et régions côtières de l'État de Victoria.

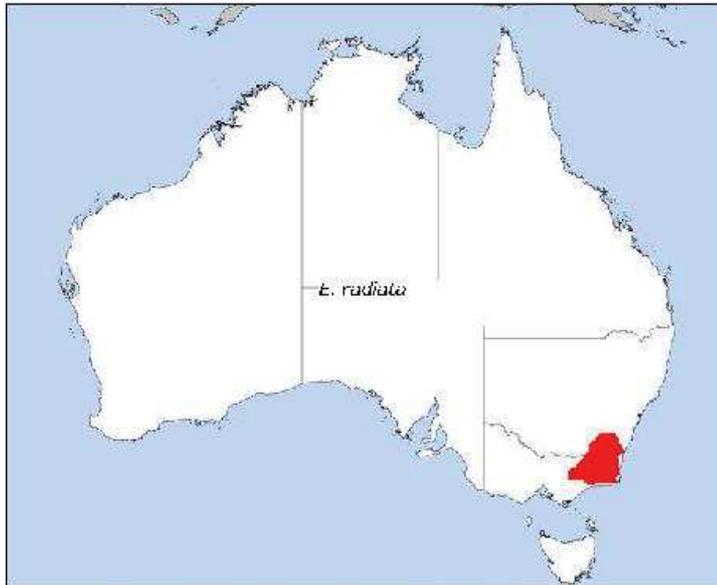


Figure 13a: Aire géographique d'origine d'*Eucalyptus radiata*

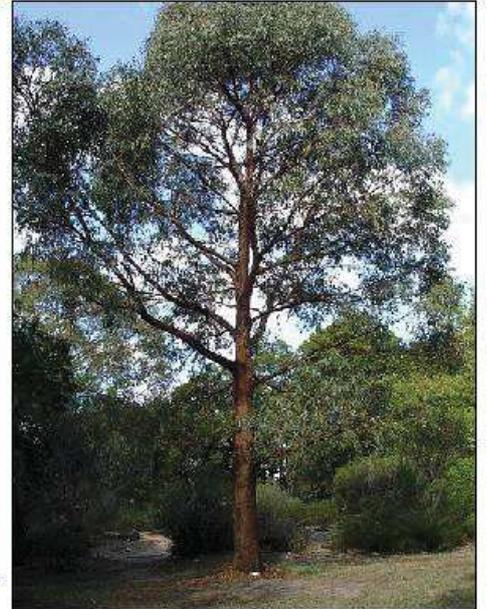


Figure 13b: *Eucalyptus radiata*

- **Morphologie :**

L'eucalyptus radié (*Eucalyptus radiata*) est un arbre d'une trentaine de mètres de haut pouvant atteindre 50 m. <sup>(30)</sup>

Son écorce est fibreuse, grise ou gris brun se détachant en longs rubans.

Les jeunes branches sont de couleur verte. Les feuilles sont vertes, concolores, étroites, lancéolées, terminées en pointe et mesurent 7 à 15 cm de long sur 0,7 à 1,5 cm de large. Elles dégagent une odeur de menthe poivrée lorsqu'elles sont malaxées : il est classé dans les eucalyptus dits "peppermint".

Les fleurs sont regroupées par 11 à 20. Elles apparaissent en été (octobre à janvier) et sont de couleur jaune crème.

- **Utilisation :** Cette espèce est la plus utilisée en pharmacie pour ses huiles essentielles.



Figure 14: Ecorce d'*Eucalyptus radiata*



Figure 15: Feuilles d'*Eucalyptus radiata*



Figure 16: Fleurs d'*Eucalyptus radiata*

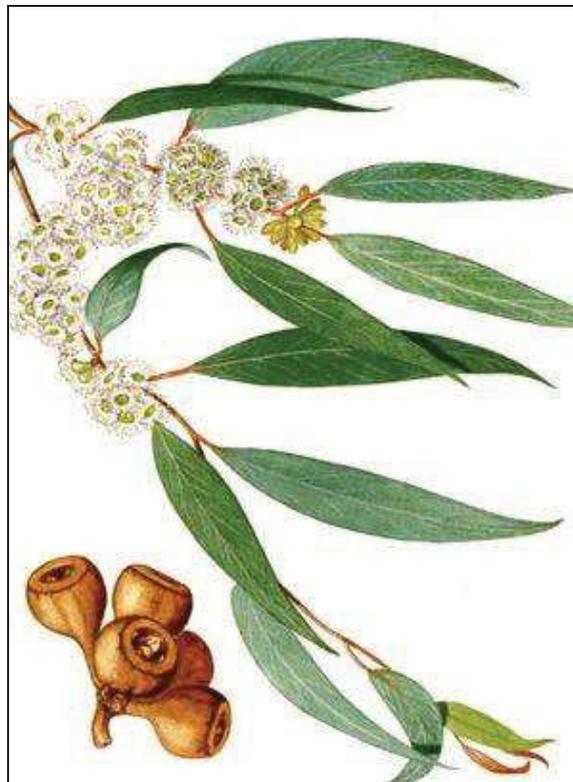


Figure 17 : Feuilles, fleurs et fruits d'*Eucalyptus radiata*.

d) *Eucalyptus polybractea*

- **Généralités :** *Eucalyptus polybractea*, l'eucalyptus à fleurs multiples, est un arbre de la famille des *Myrtaceae* originaire d'Australie.



Figure 18 : *Eucalyptus polybractea*

- **Morphologie :**

Les feuilles sont vertes/grises, arrondies au stade juvénile, sessiles, s'allongeant jusqu'à 17cm en s'effilant en pointe fine et en s'alternant. <sup>(31)</sup>



Figure 19 : Feuilles d'*Eucalyptus polybractea*



Figure 20 : Fleurs  
d'*Eucalyptus polybractea*

Les fleurs sont blanches, à nombreuses étamines groupées par 6 ou 7 à l'aisselle des feuilles. La floraison est suivie par l'apparition de capsules de 3 à 6mm de long.

- **Utilisation :** Cette espèce est notamment utilisée pour son huile essentielle dite « Eucalyptus à cryptone ».

e) *Eucalyptus dives*

- **Généralités :** *Eucalyptus dives* est un arbre originaire de forêts sclérophylles sèches tempérées et des forêts du sud-est de l'Australie.
- **Morphologie :** Les jeunes feuilles sont ovales et glauques, les feuilles adultes sont lancéolées. <sup>(31)</sup>



Figure 21: Fleurs d'*Eucalyptus dives*

- **Ses principales utilisations :**

Les feuilles sont riches en huiles essentielles aromatiques, avec deux chémotypes remarquables: pipéritone et cinéol. Le rendement en huile sur poids frais est de 4,7 %.

Le chémotype pipéritone a une saveur et un arôme de menthe poivrée. Il est distillé pour obtenir la pipéritone, qui est utilisée dans la production de menthol synthétique. Les feuilles sont également utilisées comme condiment, en particulier en combinaison avec *Camellia sinensis*. Le chémotype cinéol est un type d'huile essentielle générique d'eucalyptus, il est récolté et distillé commercialement.

f) *Eucalyptus smithii*

- **Généralités :** *Eucalyptus smithii* était déjà décrit et dénommé par Ferdinand von Mueller mais la publication valide fut faite par Richard Thomas Baker en 1899. Il provient de la Nouvelle-Galles du Sud et Victoria.

- **Morphologie :**

Ces arbres peuvent atteindre une hauteur de 30 à 40 mètres. *Eucalyptus smithii* est une plante à feuilles persistantes et présente des feuilles simples et alternes qui sont lancéolées et pétiolées avec un bord entier. Les fleurs d'*Eucalyptus smithii* s'organisent en ombelle. Les arbres produisent des capsules de déhiscence poricide. <sup>(31)</sup>



Figure 22 : Fleurs d'*Eucalyptus smithii*

- **Culture :** Les arbres poussent sur des sols secs à frais et préfèrent une exposition ensoleillée. Le substrat doit être sableux-graveleux ou limono-graveleux.

## **C. PLANTATIONS DANS LE MONDE**

### **1. UNE EXPANSION PARTICULIERE**

#### **a) Les premiers fossiles**

L'histoire évolutive du genre *Eucalyptus* est très peu documentée en fossiles. Les premiers fossiles retrouvés à Laguna del Hunco en Argentine datent de l'Eocene Inférieur (c'est-à-dire il y a près de 50 millions d'années). Des similarités morphologiques permettent de les relier au genre *Eucalyptus* actuel comme les feuilles, les infructescences, les capsules avec leurs opercules, les inflorescences. <sup>(32)</sup>

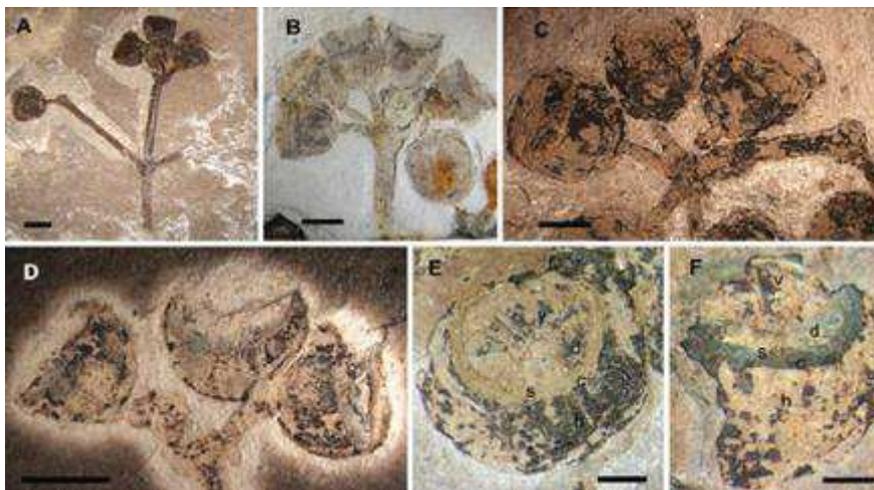


Figure 23 : Fossiles d'*Eucalyptus* retrouvés à Laguna del Hunco.

L'*Eucalyptus* de Laguna del Hunco est important pour plusieurs raisons. La première est que les fossiles d'*eucalyptus* nous informent de la distribution passée d'*Eucalyptus*. Avant cette découverte, il n'a pas été pleinement accepté que l'*Eucalyptus* puisse s'être développé naturellement en Amérique du Sud. L'équipe de chercheurs peut maintenant affirmer avec certitude que l'*Eucalyptus* ait pu être originaire du continent. Il est connu depuis longtemps que l'Amérique du Sud avait une connexion terrestre à l'Australie par l'Antarctique qui a depuis été rompue par la dérive des continents. Il n'est donc pas tout à fait surprenant que l'*eucalyptus* puisse se développer en Amérique du Sud.

Ces fossiles renseignent également sur l'écologie des *Eucalyptus*. La flore de Laguna del Hunco est dessinée comme un lac de cratère, ou un lac qui s'est formé dans la dépression au sommet d'un volcan.

Aujourd'hui, certaines espèces d'eucalyptus poussent dans des habitats de la forêt tropicale sur les volcans. Les volcans sont importants pour l'écologie des plantes, car Eucalyptus a besoin de lumière pour germer. Les coulées de lave et d'autres activités liées au volcan ont permis l'apparition d'eucalyptus.

Enfin, cette découverte nous renseigne sur l'évolution du genre Eucalyptus lui-même. Les boutons floraux fossiles de Laguna del Hunco présentent une cicatrice horizontale évidente. Cette cicatrice est importante car elle est caractéristique du sous-groupe Symphyomyrtus. C'est le plus grand groupe au sein Eucalyptus avec environ 450 espèces. La découverte de ces fossiles suggère que ce groupe ou de ses ancêtres peuvent être plus anciens qu'on ne le pensait.

#### **b) L'eucalyptus dans son état naturel**

L'eucalyptus constitue la végétation arborée de plus de la moitié de l'Australie. On le trouve également, en quantité très limitée, en Papouasie Nouvelle-Guinée, à Mindanao, aux Célèbes et à Timor, ainsi que dans certaines îles de la Sonde en Indonésie. Comme pour beaucoup d'essences sylvestres, la reproduction naturelle des eucalyptus se fait avant tout par croisement allogame au hasard (sa pollinisation dépend des insectes vecteurs) et, sans l'intervention d'une multiplication végétative significative.

Le grand nombre d'espèces que l'on trouve dans toute son aire de répartition fait de l'eucalyptus un genre particulier parmi les plantes sylvestres, par de la grande sensibilité de nombreuses espèces à l'habitat. Chez les espèces qui sont réparties sur de vastes territoires, on observe généralement une variation intraspécifique considérable. L'augmentation des explorations botaniques de sites souvent peu étendus et dont l'accès n'a été facilité qu'assez récemment (en Australie par exemple) a permis de découvrir de nouvelles espèces. Les études systématiques auront un impact sur les progrès futurs en matière d'amélioration sylvicole du genre *Eucalyptus*.

### c) La sylviculture <sup>(33)</sup>

Ces dernières années l'utilisation de l'eucalyptus en sylviculture a pris une extension importante dans toutes les régions du monde. La faculté des espèces du genre *Eucalyptus* de produire rapidement un bois se prêtant à la fois aux usages ruraux et industriels dans des climats où elles ne disposent pas toujours d'assez d'eau pour leur croissance a contribué à la popularité de cette essence dans de nombreux pays chauds.

Cette performance est due en grande partie à l'absence d'insectes mangeurs de feuilles caractéristiques de l'habitat naturel de l'eucalyptus mais aussi aux techniques sylvicoles couramment utilisées dans les plantations d'eucalyptus, notamment pour le travail du sol et la fumure. La forte demande en continue augmentation de pâte, de papier et d'autres produits à base de fibres de bois, a conduit à quelques très grands programmes de plantation. La faculté de l'eucalyptus de donner des fûts de forme et de dimensions assez bonnes malgré des conditions climatiques plutôt dures lui a conféré une place particulière dans l'économie rurale de nombreux pays en développement.

L'habitat naturel de l'eucalyptus est limité à l'Australie où l'on trouve quelques 450 espèces très distinctes qui comptent souvent de nombreuses variétés; passer en revue toutes les espèces du genre pour choisir celle qui semble la plus appropriée à un site donné représente donc une tâche énorme. Le nombre même d'espèces pose des problèmes d'organisation qui mettent souvent à l'épreuve les ressources locales des pays autres que l'Australie qui exécute des programmes sylvicoles. La préservation du patrimoine génétique naturel en Australie en vue de travaux futurs de mise en valeur sylvicole est sans aucun doute l'un des besoins pressants en matière d'amélioration de l'eucalyptus. Ce sont surtout les générations à venir qui en recueilleront les fruits.

#### **d) Reproduction de l'espèce** <sup>(33)</sup>

La régénération de l'espèce se fait par la graine et par le rajeunissement végétatif des individus endommagés par le feu, la sécheresse, l'action des animaux ou de l'homme. Les espèces se reproduisent d'ordinaire par croisements allogames mais certaines variétés sont autofécondantes (mais on observe parfois une perte de vigueur chez les descendants).

L'autoincompatibilité existe à des degrés divers chez un certain nombre d'espèces et a une nette influence sur leur mode de reproduction. En peuplements naturels, la plupart des espèces sont très stables et une contamination génétique interspécifique ne se produit que très rarement. On trouve des exceptions mais le plus souvent les espèces conservent leur identité intacte. L'hybridation interspécifique limitée intervient parfois entre deux espèces différentes qui poussent côte à côte et qui se prêtent au croisement.

Le système de reproduction implique une très grande diversité génétique dans chaque espèce. Cette diversité est peut être un handicap pour l'utilisation sylvicole, elle assure un assortiment de génotypes qui permet l'amélioration dans le temps des arbres.

Le rythme de développement d'une génération est souvent de 6 à 7 ans entre le stade de la plantule et la production de la première récolte de graines. Ce qui est peut être considéré comme long si l'on veut faire des travaux d'amélioration entre les générations. Il y a des exceptions où la floraison se produit dès la deuxième année ou encore des plants âgés de 1 an produire des bourgeons floraux et des graines. Le plus souvent, la graine prend de 6 à 12 mois pour mûrir. Par ailleurs, la graine est très petite et chez la plupart des espèces, avec un kilogramme de semences on obtient un nombre considérable de plantules, couramment de l'ordre de cinq cent mille.

#### e) Variation dans les peuplements naturels<sup>(33)</sup>

La très grande variation génétique des espèces permet de présumer que le processus de sélection naturelle qui s'est exercé dans l'habitat australien a souvent entraîné une adaptation poussée au site. Les populations séparées d'une même espèce d'eucalyptus diffèrent généralement l'une de l'autre dans toute l'étendue de l'aire géographique et climatique de l'espèce.

Cette faculté d'adaptation est une valeur ajoutée pour les programmes d'amélioration. En raison des caractéristiques topographiques et édaphiques de l'Australie et de sa latitude, il n'est pas toujours possible d'effectuer une sélection pour des conditions climatiques données par simple comparaison d'homoclimes. C'est notamment le cas pour ce qui a trait à la tolérance aux basses températures et, à un moindre degré, à l'adaptation aux sols calcaires.

De nombreuses espèces peuvent prospérer après une plantation artificielle dans des conditions nettement différentes de celles de n'importe quelle localité de leur habitat naturel. Ainsi, *Eucalyptus camaldulensis* a très bien réussi au-delà du 42° degré de latitude nord alors qu'il est limité au 38° degré en Australie, et *Eucalyptus globulus* prospère sous les basses latitudes, à haute altitude en Inde ainsi que sur l'Alto Plano de Bolivie, bien qu'il ne pousse pas à l'état naturel au-dessus de 500 mètres d'altitude ou au-dessous du 36° degré de latitude.<sup>(33)</sup>

## 2. LES PARASITES DE L'EUCALYPTUS

### a) Les insectes

Dans les forêts naturelles, les ravageurs les plus nombreux de l'Eucalyptus sont les phyllophages: acridiens, phasmes, Coléoptères, Chrysomélidés et Scarabéidés, Lépidoptères et des Hyménoptères symphytes (Pergidés), Diptères, Agromyzidés. Les attaques de phasmes (*Ctenomorphodes tessulatus*, *Didymuria violescens* et *Podocanthes wilkinsoni*) et de chrysomèles des genres *Chrysopharta* et *Paropsis* sont particulièrement violentes. <sup>(34)</sup>

Nom commun	Nom scientifique	Ordre et famille	Organe(s) attaqué(s)	Dispersion	En France ?
Longicorne de l'eucalyptus	<i>Phoracantha semipunctata</i>	Col. Cérambycidé	tronc	mondiale	oui
	<i>P. recurva</i>	<i>idem</i>	<i>idem</i>	Afrique et Bassin méditerranéen, Californie, Amérique du Sud	oui
Charançon de l'eucalyptus	<i>Gonipterus scutellatus</i>	Col. Curculionidé	feuilles	Afrique et Bassin méditerranéen	oui
	<i>G. gibberus</i>	<i>idem</i>	<i>idem</i>	Argentine	
Chrysomèle de l'eucalyptus	<i>Trachymela tincticollis</i>	Col. Chrysomélidé	feuilles	Afrique du Sud	
	<i>T. sloanei</i>	<i>idem</i>	<i>idem</i>	Californie	
Cochenille australienne	<i>Icerya purchasi</i>	Hém. Margarodidé	pousses	Inde, Afrique centrale	oui
	<i>Drosophila flavohirta</i>	Dip. Drosophilidé	fleurs	Madagascar, Afrique du Sud	
Psylle à "lerp" de l'eucalyptus	<i>Glycaspis brimblecombei</i>	Hém. Spondyliaepididé	feuilles et pousses	Californie	
	<i>Eucalyptolyma maideni</i>	<i>idem</i>	<i>idem</i>	Californie	
Psylle de l'eucalyptus	<i>Ctenarytaina eucalypti</i>	Hém. Psyllidé	feuilles et pousses	quasi-mondiale	oui
Chalcidien des galls de la nervure centrale	<i>Leptocybe invasa</i>	Hym. Eulophidé	feuilles	Kenya, Bassin méditerranéen, Moyen-Orient	
Chalcidien des galls du limbe	<i>Ophelimus (Rhicnopeltella) eucalypti</i>	<i>idem</i>	<i>idem</i>	Nouvelle-Zélande, Bassin méditerranéen	

Figure 24: Insectes australiens acclimatés sur eucalyptus hors de leur aire d'origine



Figure 25 : Dégâts du Longicorne sur troncs d'Eucalyptus.

Chez les opophages (qui se nourrissent de sève), les psylles du genre *Cardiaspina* sont les plus redoutables. Au niveau du tronc, les dégâts les plus importants sont causés par des termites (*Coptotermes sp.*, *Porotermes adansoni* et *Neotermes insularis*) et l'on signale des attaques sur des arbres en bonne santé de *Phoracantha masteri*.



Figure 26 : Infestation de Psylle à lerp sur feuilles d'Eucalyptus



Figure 27 : Larves de *Gonipterus sp.*, Charançon de l'Eucalyptus

Ailleurs dans le monde, on a observé plusieurs insectes indigènes s'attaquant aux eucalyptus (des termites, des chenilles phyllophages et xylophages, des Coléoptères...) qui, pour la plupart, ne provoquent pas de dégâts sérieux et répétés.

## b) Maladies de l'Eucalyptus

### (1) Pathologies du bois : chancres

Le *Cryphonectria cubensis* (ex *Diaporthe cubensis*) provoque de graves chancres du tronc accompagnés d'une abondante gommose surtout sur les arbres installés en situation trop chaude et trop humide pour l'espèce.



Figure 28 : Evolution des dégâts induits par *Cryphonectria cubensis* : A: Moisissure ; B: Chancre typique ; C: Lésion de l'écorce ; D: Lésion du xylème

D'autres espèces aboutissent à la formation de chancres :

- *Erythricium salmonicolor* responsable de la « pink disease » comprenant 4 formes : « cobweb » (avec un mycélium blanc superficiel), « pustules », « necator » avec une couleur rouge orangée aboutissant à la coloration rose représentative « pink incrustation » responsable de la mort des branches.
- Les champignons appartenant à la famille des Botryosphaeriaceae sont très cosmopolites et polyphages ; ils sont présents partout dans le monde, notamment sur divers hôtes ligneux et dans des niches écologiques très variées. Plusieurs espèces peuvent être présentes dans un même pays : au moins 7 espèces appartenant à des genres différents: *Spencermatinsia*, *Neofusicoccum*, *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Lasiodiplodia*. Ajoutons que ces champignons ont des comportements de type endophyte ou de pathogène latent reconnus chez de nombreuses espèces ligneuses.
- Le chancre de la tige quant à lui est révélé par la présence de lésions marron foncé ou noires sur les jeunes tissus verts au sommet des arbres qui s'aggraveront au fil du temps aboutissant à des copieuses exsudations de kino.

## (2) Pathologies des feuilles

Le *Mycosphaerella juvenis* cause de sérieux dommages sur le feuillage juvénile d'un grand nombre d'espèces, et plus particulièrement sur *Eucalyptus globulus* en Australie, Chili, Afrique du Sud, Espagne.



Figure 29 : Feuille juvénile d'*Eucalyptus alba* et *Mycosphaerella juvenis*.

Et d'autres espèces comme *Puccinia psidii*, *Cylindrocladium sp*, *Coniothirium sp*. sont des rouilles sévissant actuellement en Argentine et en Uruguay où les dégâts sont très sévères en pépinière mais rares en plantation.

### (3) Pathologies bactériennes

*Ralstonia solanacearum* est une bactérie du sol, pathogène des végétaux, Gram négatif. Présente dans tous les continents, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales, elle colonise le xylème, causant une pourriture bactérienne ou bactériose vasculaire chez de nombreuses plantes-hôtes, touchant plus de 53 familles botaniques. C'est notamment l'agent de la pourriture brune de la pomme de terre, de la maladie de Granville du tabac et de la maladie de Moko du bananier. Cette bactérie est capable de transformation naturelle (est l'intégration d'un fragment d'ADN étranger dans une cellule, ce qui peut entraîner une modification héréditaire du phénotype de l'organisme receveur). Elle se développe peu après la plantation du spécimen.



Figure 30: Pathologie bactérienne causant un flétrissement.

### (4) Pourrissement du bois et des racines

Il est essentiellement dû à des espèces de champignons de la classe des basidiomycètes telles qu'*Armillaria*, *Ganoderma* et *Phellinus* (surtout *Phellinus noxius*).

La pourriture racinaire est caractérisée par l'expansion des plaques avec les arbres les plus durement touchées au centre de la plantation et des arbres avec les premiers symptômes en périphérie. Le feuillage des arbres affectés devient habituellement d'un vert plus pâle et terne en apparence avec une taille des feuilles réduite et une chute éventuelle des feuilles.

Le dépérissement de la couronne de l'arbre commence avec un aplatissement de la courbe du sommet normalement conique de l'Eucalyptus, et avec la mort de branches fines. Point commun avec d'autres maladies des racines, la récupération partielle de la couronne (partie d'un arbre constituée de l'ensemble des branches situées au sommet du tronc) par la formation de pousses adventives peut être observée, mais ce sera de courte durée.

Les problèmes de pourriture des racines dans les plantations exotiques se produisent généralement sur des sites récemment défrichées de la forêt indigène naturelle ou secondaire. Les champignons causent rarement des dégâts importants dans les forêts indigènes. Les études de population infectées ont montré que chaque patch est colonisé par un génotype clonal unique. La propagation végétative semble être limitée par des équilibres naturels qui ne sont pas encore compris. Le déblaiement des chantiers pour l'établissement de plantations laisse de grandes souches et les masses profondes ligneuses qui agissent ensuite en tant que sources d'inoculum pour de nombreuses années. A partir de ces bases alimentaires, les pathogènes racinaires répartis dans les plantations nouvellement établies sont des foyers de la maladie, qui peuvent continuer à agrandir tout au long de la première rotation et éventuellement en rotations successives. Le degré de dégradation dépend de la sensibilité de l'espèce de plantation exotique et l'accumulation et la persistance de la base de l'inoculum dans les résidus ligneux et des arbres infectés.

Les pourritures des racines d'arbres forestiers et les plantations peuvent être partiellement différenciées en fonction de l'apparence, en particulier la couleur, des racines infectées et les structures fongiques qui leur sont associés. On retrouve : la maladie des racines rouges (associée à l'espèce *Ganoderma*), la pourriture des racines brunes (causée par *Phellinus noxius*) et la pourriture blanche de la racine qui est moins commune.

- Les racines touchées par la pourriture rouge sont couvertes d'une croûte de champignons brun-rougeâtre, visible après le lavage propre de la terre adhérente. Un motif de marbrures blanches est évident sur la face inférieure de l'écorce infectée.



*Figure 31 : Exemple de developpement de Ganoderma spp.*

- Pour la pourriture brune, le signe le plus caractéristique est un manteau de mycélium brun épais sur la surface des racines ligneuses qui s'étend souvent à la tige au-dessus du sol. Le champignon envahit la tige principale où il provoque une pourriture avec un aspect en nid d'abeille caractéristique. Bien que les organes de fructification de *Phellinus spp.* sont communs sur les grands arbres sur pied ou tombés dans les forêts, ils sont rarement trouvés dans les plantations exotiques.



*Figure 32 : Mycelium marron de Phellinus noxius et aspect en nid d'abeille une fois l'écorce retirée.*

### 3. ROLE ECONOMIQUE ET STRATEGIQUE DES PLANTATIONS

#### a) L'hybridation

Les Eucalyptus ont bénéficié rapidement de programmes d'hybridations interspécifiques en fécondation libre ou dirigée par voie récurrente réciproque afin d'améliorer de nombreux caractères (adaptation, vigueur, forme, résistance aux adversités, qualité du bois, etc.). Cela s'explique parce que le genre Eucalyptus comprend de très nombreuses espèces, souvent proches génétiquement et interfécondes d'où une forte propension à l'hybridation naturelle. <sup>(33)</sup>

C'est ainsi que, dans les pays à longue tradition d'Eucalyptus, le vaste développement des races locales et le transfert du savoir-faire en matière de clonage ont souvent permis des démarrages très rapides de plantations clonales d'hybrides à haute performance, sans avoir eu à recourir au préalable à un programme sophistiqué d'amélioration par voie récurrente (cas du Congo, du Brésil, du Maroc, du Vénézuéla, etc.). Par la suite, des programmes par voie récurrente ont alors été intégrés pour les générations suivantes mais la simple recombinaison entre hybrides naturels reste une voie à tenter, le marquage génétique pouvant être d'un précieux secours.

#### b) Le clonage<sup>(33)</sup>

Les premières boutures enracinées d'Eucalyptus furent obtenues avec *Eucalyptus camaldulensis*, au Maroc puis en Tunisie; mais les principaux essais de bouturage herbacé des arbres adultes ont été faits au Congo. En 1975, la technique congolaise fut transposée à grande échelle au Brésil, par ARACRUZ SA (Marcus Wallenberg Foundation, 1984). Ce fut pour l'Eucalyptus, la révolution verte des années 1970. Par la suite, de nombreux perfectionnements du bouturage et le développement de la culture in vitro ont fait du clonage de l'Eucalyptus une pratique courante. Le clonage a permis l'usage des hybrides interspécifiques, la production des graines hybrides "en open" n'étant pas toujours possible, mais toujours aléatoire et/ou difficile. La technique a été transférée en Chine grâce à la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). <sup>(33)</sup>

La culture in vitro, inscrite aux programmes de nombreux laboratoires depuis les années 1980, a été rapidement maîtrisée pour une majorité d'espèces. Plus récemment, d'importants progrès (en termes de potentiel d'enracinement, de qualité des systèmes racinaires, et de prix) ont été réalisés.

Le “minibouturage” intègre à la fois la culture in vitro et la multiplication in vivo pour un clonage industriel “super intensif”. Ce système utilise les pousses axillaires récoltées sur vitro-plants, conduits sous serre en mini pieds mères alimentés par hydroponique. Plus proche de la culture in vitro, ce système est hautement sophistiqué mais donne des plants bien rajeunis et permet d’étendre le clonage aux espèces rebelles (*Eucalyptus globulus*, *nitens*, *citriodora*, *maculata*, etc...).

### c) Les biotechnologies <sup>(33)</sup>

L’Eucalyptus, qui bénéficie déjà d’une domestication avancée, fait l’objet de recherches très actives dans tous les domaines <sup>(33)</sup> :

- prospection du génome,
- sélection assistée par marqueurs,
- production d’Organismes Génétiquement Modifiés.

La prospection du génome est maintenant possible avec les nouveaux marqueurs moléculaires de l’ADN :

- RFLP (le polymorphisme de longueur des fragments de restriction est utilisé dans deux sens : comme une caractéristique des molécules d'ADN permettant de les distinguer les unes des autres et comme la technique de laboratoire pour différencier ou comparer des molécules d'ADN),
- RAPD (l’amplification aléatoire d'ADN polymorphe est une technique d'analyse de l'ADN utilisée en biologie moléculaire, il s'agit d'une réaction de PCR dans laquelle les segments d'ADN amplifiés ne sont pas choisis par l'expérimentateur, mais amplifiés "au hasard"),
- Microsatellites (séquence d'ADN formée par une répétition continue de motifs composés de 1 à 4 nucléotides le plus souvent.).

En s’appuyant sur les essais de provenances / descendances, les chercheurs en biotechnologies tentent de répondre aux nombreuses questions des exploitants, tant au niveau des populations qu’au niveau individuel.

La sélection assistée par marqueurs n'est pas encore opérationnelle pour les Eucalyptus mais les recherches sont actives. La possibilité de choisir les meilleurs géniteurs sur carte génétique serait un avantage considérable pour prévoir l'hétérosis (augmentation des capacités et ou de la vigueur d'un hybride par rapport aux lignées pures issues de la sélection par auto-reproduction).

La production d'OGM est déjà une réalité chez les Eucalyptus mais de nombreux tests sont encore nécessaires avant un usage courant. Elle ne concerne que des clones exceptionnels et porte sur quelques caractères particuliers monogéniques, comme par exemple la résistance aux herbicides (en particulier au glyphosate), la résistance à certains parasites ou la faible teneur des bois en lignine (existe déjà sur le peuplier au stade expérimental). Les discussions médiatiques actuelles et les fortes oppositions de certains retardent la sortie d'OGM mais montrent l'obligation d'examiner tous les aspects de l'acceptabilité de cette technique, notamment son absence de risque pour l'environnement, avant une utilisation à grande échelle.

Le 9 avril 2015, la Commission technique nationale sur la biosécurité du Brésil (CTNBio) autorisait l'utilisation commerciale d'une variété d'eucalyptus génétiquement modifiée. Cette décision historique faisait du Brésil le premier pays au monde à autoriser une variété d'eucalyptus génétiquement modifiée et le premier pays d'Amérique latine à autoriser commercialement un arbre génétiquement modifiée. L'autorisation fut donnée par la CTNBio à l'entreprise basée au Royaume-Uni, FuturaGene, une filiale de « Suzano Papel e Celulose », dédiée aux biotechnologies. Suzano contrôle 1,3 million d'hectares au Brésil et gère un demi-million d'hectares de culture forestière. La variété d'eucalyptus génétiquement modifiée autorisée est nommée H421. Elle a été créée pour augmenter de 20 % la production de bois. Selon FuturaGene, une croissance accélérée des arbres comporterait de nombreux bénéfices comme une utilisation restreinte de la terre, plus de production de fibres, une utilisation réduite d'intrants chimiques et moins d'émissions de carbone. L'entreprise ajoute que plus de terres seraient disponibles pour les paysans et les communautés indigènes, augmentant la sécurité alimentaire.

Les cultures d'arbres génétiquement modifiés ont aussi des risques spécifiques. Créer une variété à croissance rapide, par exemple, pourrait induire une plus grande consommation d'eau dans un contexte de sécheresse accrue affectant plus particulièrement les communautés rurales.

Par ailleurs, la contamination des eucalyptus non génétiquement modifiés par des nouvelles variétés a également eu des conséquences sur la production de miel. L'eucalyptus est parmi les principales sources de pollen pour les abeilles et environ 350 000 familles dépendent de cette activité. Cette contamination a le potentiel de réduire drastiquement les ventes de miel brésilien destiné aux marchés d'exportation qui refusent ce type de contamination du fait des impacts sanitaires inconnus. <sup>(36)</sup>

#### **d) Risques écologiques<sup>(33)</sup>**

- ***Stérilisation des sols :***

En dépit d'une teneur élevée des feuilles en terpènes et une décomposition lente des litières, les effets d'allélopathie (ensemble des interactions biochimiques réalisées par les plantes entre elles, ou avec des microorganismes) sont plutôt rares chez les Eucalyptus. Au contraire, les plantations se défendent mal du recrû initial herbacé et les entretiens doivent être intensivement suivis au cours des deux ou trois premières années. Avec le temps, lorsque les plantations sont installées à des densités faibles, le couvert, en prenant de la hauteur, se clarifie et laisse en général la place à un recrû abondant. Concernant les litières (ensemble de feuilles mortes et débris végétaux en décomposition (minéralisation primaire, humification, minéralisation secondaire), issus de la végétation épigée et qui recouvrent le sol), les mélanges avec des acacias en accélèrent l'évolution et conduisent à un enrichissement plus rapide du sol en matière organique.

- ***Érosion :***

L'érosion sous Eucalyptus est possible et l'arbre doit être utilisé avec prudence en dispositif antiérosif dans les terrains fragiles et en pente. Il peut par contre constituer une excellente armature du sol du fait de son très puissant enracinement mais il faut éviter le ruissellement sur sol nu en respectant quelques principes : disposer les lignes suivant les courbes de niveau, respecter de faibles densités pour laisser passer la lumière et planter en mélange des arbrisseaux bien adaptés et améliorants.

- **Perte de biodiversité :**

À l'image de l'agriculture, les plantations d'Eucalyptus n'ont pas pour objectif d'augmenter la biodiversité mais bien de produire durablement un maximum de bois à l'unité de surface. Cependant, installés au départ sur terrain nu, pour des raisons avant tout économiques (dessouchage trop coûteux et problématique), les Eucalyptus, grâce à leur couvert haut et léger, favorisent plus ou moins fortement le recrû naturel (selon le site et la densité) et, en cas d'abandon de l'objectif de production, les anciennes plantations ne retournent à la savane que si elles sont parcourues par les feux ; dans le cas contraire, elles sont rapidement envahies par un sous-bois abondant (favorisé surtout par les oiseaux) et peuvent même se transformer en réserve de faune (cas des plantations de Loudima au Congo) tout en constituant d'excellents puits de carbone.

- e) **Progrès constants en sylviculture** <sup>(33)</sup>

En sylviculture intensive, les contraintes sont importantes. En plus de la réduction des coûts, il faut être de plus en plus efficace dans de nombreux domaines : gestion des pépinières, préparation du terrain, travail du sol, espacements, fertilisation, entretiens, gestion des taillis.

- **Mycorhization** : La mycorhization des plants d'Eucalyptus n'est pas une opération courante en pépinière. Généralement, les champignons mycorhiziens parviennent naturellement dans les nouvelles plantations. La question de l'optimisation des symbioses reste toutefois un point important spécialement dans les sols pauvres, et peut conduire à des avantages très significatifs durant les 5 à 8 premières années.

- **Pépinières** : Le "bouturage herbacé classique" comprend 3 phases successives :

- production des jeunes pousses en parc à pieds-mères,
- fabrication des boutures et enracinement sous brouillard,
- élevage des boutures racinées et cernage aérien.

Le "minibouturage" nécessite un laboratoire de culture in vitro et comprend les trois mêmes phases ; la première avec des pieds-mères cultivés en culture hydroponique (culture de plantes réalisée sur un substrat neutre et inerte).

• **Fertilisation** : La recherche de formules de fertilisation a été systématique et a donné lieu à de très nombreux essais. Parmi les meilleurs résultats, d'intérêt souvent local, on peut retenir quelques tendances à portée plus générale :

- fertilisation de fond (phosphore et potassium) avant plantation (amélioration de départ),
- fertilisation “starter” (azote, phosphore, potassium), avec libération lente de l'azote,
- fertilisation en cours de croissance, et après récolte (compensation).

La fertilisation “après plantation” est à faire de préférence avant la quatrième année car il a été montré qu'au cours des trois premières années, l'arbre fait un important stock d'éléments minéraux. Ensuite, il est capable d'utiliser ses propres réserves ainsi que les éléments qui retournent dans la litière, ce qui peut réduire l'effet des fertilisations en cours de croissance. Les teneurs en éléments minéraux (calcium et silicium) sont des préoccupations plus récentes.

Les macro-éléments (azote, potassium, calcium, magnésium, soufre, silicium) et les micro-éléments (fer, manganèse, zinc, cuivre) dépendent de la fertilité des sols mais aussi des géotypes. L'efficacité nutritionnelle de chaque clone est un nouveau concept qui conduit vers un choix très “pointu” de géotypes très rustiques appropriés à chaque site.

## D. AUTRES UTILISATIONS

### 1. INDUSTRIE

#### a) Additif

Les huiles essentielles à usage industrielle contiennent comme principaux constituants de la pipéritone et de l' $\alpha$ -phellandrène. Les huiles riches en phellandrène étaient autrefois utilisées comme agents de flottation dans l'industrie minière.

L'(-)-pipéritone obtenu à partir d'*Eucalyptus dives* et *piperitone* a été utilisée pour la production de thymol utilisé comme fongicide.

A l'heure actuelle l'(-)-pipéritone n'est utilisée que pour la production de l'(-)-menthol, utilisé à la fois comme un agent aromatisant et en tant qu'additif pour diverses préparations médicinales. <sup>(35)</sup>

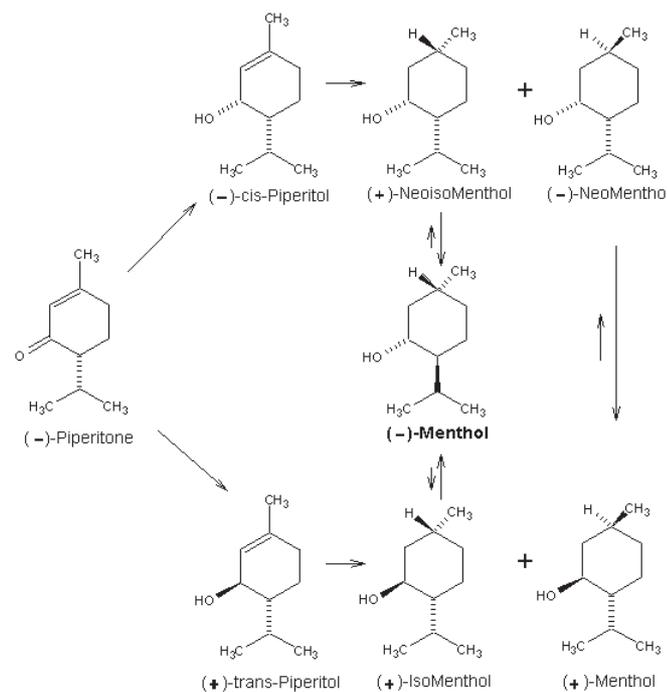


Figure 33 : Production de (-)-Menthol à partir de (-)-Pipéritone

La majorité des huiles essentielles d'Eucalyptus destinées aux applications médicinales subissent avant leur vente des rectifications : les premières fractions contiennent des aldéhydes volatiles comme l'aldéhyde isovalérique qui est utilisé comme désinfectant.

Les huiles essentielles riches en phellandrène sont exclusivement utilisées pour parfumer les désinfectants bon marché et les savons liquides industriels. L' $\alpha$  et le  $\beta$  pinène sont des composés utilisés dans la manufacture des peintures comme « therébenthine ». Les huiles essentielles riches en cuminal, phellandral et en cryptone étaient autrefois utilisées dans la fabrication de germicides.

#### **b) Parfumerie**

L'huile essentielle citronnée d'*Eucalyptus citriodora* (ct citronnellal) et l'acétate de géranyl (ayant une odeur de rose) des feuilles et écorce d'*Eucalyptus macarthurii* étaient utilisées autrefois dans la parfumerie. Alors que l'huile d'*Eucalyptus citriodora* est toujours produite à l'étranger, la production australienne de ses deux huiles a maintenant cessé.

#### **c) Les arômes**

La production commerciale de l'huile essentielle d'*Eucalyptus staigerana*, riche en citral rentrant dans la composition des arômes de citron est réalisée au Brésil.

Certaines espèces d'*Eucalyptus* telles que l'*Eucalyptus olida* fournissent des huiles essentielles riches en E-méthyl-cinnamate qui est directement utilisé comme additif aromatique. <sup>(38)</sup>

L' $\alpha$  et le  $\beta$  pinène sont utilisés dans la synthèse de nombreux dérivés terpéniques utilisés dans l'industrie de la parfumerie et des arômes.

#### **d) Biocarburant**

L'*Eucalyptus* semble être une alternative fiable aux carburants fossiles. Début 2012, Airbus s'associait à un consortium australien, dans le but de développer un biocarburant à base d'une espèce d'*eucalyptus* cultivé en Australie occidentale. La transformation, par un processus de pyrolyse (brûler sans oxygène), de la cellulose de cet *eucalyptus* produirait un hydrocarbure puissant, capable de remplacer le kérosène. <sup>(37)</sup>

## 2. FABRICATION DE PAPIER

### a) Historique <sup>(39)</sup>

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, la demande croissante en fibres cellulosiques incite les papetiers à s'orienter vers l'utilisation intensive de fibres provenant des feuillus qui sont intéressantes pour fabriquer des papiers destinés à l'impression-écriture. Les pâtes de bouleaux scandinaves, de peupliers italiens et d'eucalyptus australiens ou de la péninsule ibérique, sont utilisées en priorité pour la fabrication du papier journal.

À partir des années 70, le développement de l'informatique et de l'électrophotographie (ou xérogaphie est un procédé d'impression utilisé pour la photocopie et l'impression laser) ainsi que des produits à base de ouate de cellulose, remet l'eucalyptus à l'honneur car il est déjà très utilisé par l'industrie papetière australienne. Ses fibres confèrent au papier un bouffant, une main, une opacité et une rigidité tout à fait remarquable. Ces caractéristiques, alliées à une bonne blancheur, deviennent vite incontournables pour les papiers xérogaphiques, photocopie et laser. La douceur et l'absorbance de ces mêmes fibres sont également largement utilisées pour la fabrication de la ouate destinée aux mouchoirs et aux papiers hygiéniques.

Pour faire face à cette demande croissante, deux sites sont créés au Brésil : Aracruz et Monte Douro sur la rivière Jari. Daniel Ludwig, armateur américain considéré comme l'homme le plus riche du monde à son époque, est subjugué par l'Amazonie en la découvrant incidemment un jour de 1966. Reprenant l'idée du grand constructeur d'automobiles, Henry Ford, qui a acheté quelques décennies auparavant un immense territoire en Amazonie pour le planter en hévéas afin d'approvisionner ses propres usines en caoutchouc, il décide d'investir une partie de sa fortune dans ce pays pour construire une usine de pâte à papier. Ce projet nécessite l'achat d'un territoire d'une surface égale à la moitié de la Belgique.

Pour la réalisation de son projet, il importe de la main d'œuvre du monde entier et crée une ville à Monte Douro. Il s'emploie à faire défricher d'immenses espaces pour faire pousser le *Gmelina arborea* qu'il décide de planter pour la production de sa pâte à papier. Malheureusement, le sol trop sablonneux de la région ne convient guère à cette espèce à croissance rapide. Il jette l'éponge après avoir perdu plus d'un milliard de dollars. Voué à l'abandon, le site périclité puis est repris et renfloué par l'État brésilien. Le *Gmelina arborea* est remplacé par l'eucalyptus et l'usine qui a survécu contribue dorénavant, à approvisionner les papetiers du monde entier en fibres d'eucalyptus.

La première usine à Aracruz appelée "*mill A*" est construite à partir de 1975 et est mise en service en septembre 1978. Sa production de pâte kraft blanchie d'eucalyptus atteint 400 000 tonnes/an dès le début des années 1980. Elle utilise des arbres provenant de plantations plantées dès 1967. En 1991, une extension de l'usine appelée "*mill B*", porte la capacité de production à plus de 1 000 000 de tonnes/an. Des modernisations, puis la construction d'une troisième usine "*mill C*" permet au site d'atteindre une production totale de 2 000 000 de tonnes/an en 2002.

D'autres plantations d'arbres à croissance rapide voient également le jour à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, dans différents sites tropicaux : au Gabon d'abord avec de l'eucalyptus, et plus récemment en Indonésie, avec des plantations d'eucalyptus, d'acacia et de *Gmelina arborea*. En 2007 une usine produisant près de 1 000 000 de tonnes par an de pâte blanchie d'eucalyptus est implantée dans l'Ouest de l'Uruguay à Fray Bentos, par le consortium finlandais Metsä-Botnia.

## **b) Procédés de fabrication** <sup>(40)</sup>

L'étape de fabrication de pâte à papier passe par la séparation des fibres de la lignine dans la matière végétale. Pour réaliser ce phénomène, plusieurs procédés existent : pâtes mécaniques ou thermomécaniques et les pâtes chimiques.

Les pâtes mécaniques sont obtenues par défibrage des copeaux par forte pression entre deux disques d'acier broyeur d'un raffineur ou par frottement de rondins de bois sur une meule. Cette action mécanique permet de ramollir la lignine grâce à la chaleur dégagée. Ce procédé sépare les éléments du bois. Cependant les fibres obtenues restent ligneuses et elles conduisent à la production d'un papier de basse qualité, de faible résistance et de faible blancheur mais de haut rendement (environ 90 %). Ce papier servira par exemple pour les journaux, cartons, etc. Dans ce procédé, la consommation énergétique est importante : de 1000 à 2000 kW.h/t de pâte. Si l'on précède le défibrage d'un traitement à la vapeur (entre 120 et 130 °C), la pâte obtenue est dite thermomécanique et s'il s'agit d'un traitement chimique, la pâte est dite chimicothermomécanique. Avec ces procédés, la qualité de la pâte est améliorée car les fibres sont plus souples et plus robustes; elles ont une meilleure adhérence entre elles au niveau de la feuille de papier. <sup>(40)</sup>

Les pâtes chimiques sont obtenues par défibrage des copeaux par une cuisson sous pression en présence d'agents chimiques et de vapeur. L'objectif est de dissoudre les lignines afin de récupérer les fibres souples constituées de cellulose : celles-ci conduisent à l'obtention d'un papier de qualité et de solidité très diversifiées. Le prix de revient plus élevé, le rendement plus faible (de 45 à 55 %) ainsi que les grandes caractéristiques mécaniques de ces pâtes réservent ces dernières à la fabrication de papier d'écriture ou d'impression.

On distingue deux grands procédés de fabrication de pâte chimique: le procédé acide au bisulfite et le procédé alcalin ou procédé kraft.

- Le **procédé acide** produit un papier ayant de faibles propriétés mécaniques mais de blancheur élevée. La pâte obtenue est utilisée pour la fabrication de papiers très raffinés ou pour les ouates de cellulose car elle apporte souplesse, douceur et possède des qualités d'absorption. Néanmoins, ces pâtes sont peu utilisées pour des raisons environnementales.
- Le **procédé Kraft** se base sur une cuisson en présence de soude et de sulfure de sodium. Il produit une pâte de grandes propriétés mécaniques mais de moins bonne blancheur que le procédé acide. C'est le procédé le plus répandu dans le monde.

En sus de ces deux grands types de procédés de fabrication de pâte chimique, on peut noter l'existence de procédés dits **organosolves** comme par exemple le procédé **CIMV**. Il existe également des pâtes dites **mi-chimiques** dont le procédé de fabrication s'appuie sur une imprégnation des copeaux suivie d'une cuisson puis d'un défibrage. Ce procédé utilise essentiellement des bois de feuillus.

### c) Impact économique et environnemental

Le remplacement des forêts anciennes par des monocultures d'eucalyptus engendre une perte de biodiversité et l'érosion des sols.

La déforestation par le feu ou par des machines entraîne l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et contribue au changement climatique.

La fabrication de la pâte à papier et du papier s'effectue généralement sur des sites différents, les papetiers utilisant souvent des pâtes d'origines géographiques multiples, ce qui accroît les transports. Le séchage du papier nécessite une grande consommation d'énergie qui engendre des émissions de gaz à effet de serre. La fabrication du papier est aussi très consommatrice d'eau, même si une grande partie de l'eau utilisée est renvoyée dans le milieu naturel après épuration.

L'utilisation de nombreuses substances chimiques (composés organochlorés...) est à l'origine d'émissions polluantes dans l'air et dans l'eau. La fabrication de papier génère également des déchets (effluents issus du lessiveur) qui seront incinérés.

### 3. LA SOURCE D'ALIMENTATION DES KOALAS

#### a) Choix de l'Eucalyptus consommé

Les feuilles d'eucalyptus sont pauvres en protéines, riches en substances peu digestes et contiennent des composés phénoliques et terpéniques toxiques pour la plupart des espèces.

Des recherches menées sur les koalas par des gardiens de 13 parcs naturels de Nouvelle-Galles du Sud ont démontré que le feuillage d'eucalyptus préféré était celui avec le taux le plus faible de tanins condensés. En général, de tels arbres poussent dans les zones fertiles, en particulier près des rivières. <sup>(41)</sup>

Dans toute l'Australie, les koalas n'utilisent qu'environ 120 des plus de 800 espèces d'eucalyptus connues. Au sein d'une zone délimitée, les koalas n'utilisent pas plus de deux à trois espèces d'eucalyptus pour leur alimentation primaire. Ils utilisent aussi des espèces voisines de l'eucalyptus comme *Corymbia*, *Angophora* et *Lophostemon* comme alimentation secondaire (quelques centièmes seulement de leur alimentation globale). Ces préférences varient d'une région à l'autre : dans le sud le gommier blanc, le gommier bleu, et le gommier des marais sont favorisés ; le gommier gris, le gommier rouge des forêts et le tallowood sont importants dans le nord, tandis que le gommier rouge omniprésent dans les marais et cours d'eau isolés permet au koala de vivre dans des zones étonnamment arides.

Beaucoup de facteurs déterminent le choix parmi les 800 espèces d'eucalyptus, le plus important étant la concentration d'un groupe de toxines phénoliques appelé composés de phloroglucinol formylé.<sup>(41)</sup> Les variations saisonnières de consommation de différentes feuilles d'arbres pourraient d'ailleurs s'expliquer par des taux plus ou moins élevés de leurs composants. La concentration en eau joue aussi un rôle important et ainsi que la taille des arbres, permettant d'y rester plus longtemps pour s'alimenter. Les meilleurs arbres à koalas poussent sur les terrains fertiles, des zones convoitées par l'agriculture. Pour combler le déficit en substances minérales dans le corps, les koalas peuvent ingérer de la terre.

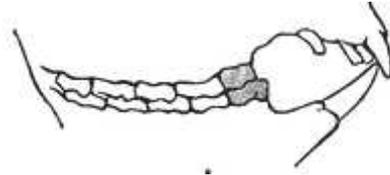
## **b) Le mode d'alimentation des koalas <sup>(41)</sup>**

Les koalas passent environ trois à cinq heures par jour à manger activement. La prise de nourriture se passe généralement la nuit entre 17h00 et minuit. Les koalas se nourrissent par intermittence par sessions de 20 min environ. Un koala adulte a besoin par jour d'environ 200 à 400 grammes de feuilles en moyenne mais certains individus peuvent en manger jusqu'à 1,1 kg. Quand elles allaitent, les femelles augmentent leur consommation de 20 à 25 %. L'eucalyptus contient des substances toxiques que les koalas peuvent tolérer que jusqu'à une certaine concentration. Ils cueillent une feuille bien choisie de préférence les feuilles les plus vieilles car les toxines ne sont plus aussi concentrées. Ils la reniflent avec insistance, avant d'en croquer un morceau. Les feuilles sont alors broyées et mâchées consciencieusement à l'aide des dents, du diastème, de la langue et des abajoues, qui permettent de stocker de grandes quantités de feuilles, jusqu'à former une bouillie puis avalées.

Les koalas boivent extrêmement rarement. Ils couvrent leurs besoins en eau principalement par les feuilles d'eucalyptus. On attribue souvent le mot « koala » à une langue aborigène dans laquelle il signifierait « qui ne boit pas », « sans eau » ou « sans boire ».

### c) Adaptations liées au régime à base d'Eucalyptus <sup>(42)</sup>

Leurs mâchoires massives et leurs dents sont adaptées à leur régime herbivore spécialisé dans l'eucalyptus tout en restant comparables à celles de tous les diprotodontés comme les kangourous et les wombats.



*Figure 34 : Denture d'un koala, de gauche à droite : molaires, prémolaires (en sombre), diastème, canines, incisives*

Les dents du koala sont bien adaptées à son alimentation. Les animaux cueillent les feuilles avec les incisives inférieures et supérieures. Le diastème, l'espace entre les incisives et les molaires, permet de déplacer la masse de feuilles avec la langue sans se mordre. Les molaires sont formées de telle façon qu'elles coupent et déchirent les feuilles en plus de les écraser. C'est ainsi que les dents extirpent l'humidité des feuilles et en détruisent la paroi cellulaire, ce qui facilite la digestion.

Les muscles masticateurs sont puissants. Ils ont des incisives tranchantes, pour couper les feuilles, séparées par un vaste diastème des molaires qui servent à les broyer. Le koala possède aussi des abajoues.

Le cæcum d'une longueur exceptionnelle de 2,5 m en forme d'appendice, leur permet de digérer cette nourriture indigeste. C'est d'ailleurs en raison du manque d'apport énergétique suffisant que le métabolisme des koalas s'est adapté pour devenir l'un des plus lents du monde animal. Les koalas défèquent environ 150 fois par jour. Ils produisent des fèces sèches en forme de boulettes, l'eau étant conservée par l'animal car il ne boit que rarement dans la nature.



# III. LES DROGUES VEGETALES INSCRITES A LA PHARMACOPEE

## A. LA FEUILLE D'EUCALYPTUS GLOBULUS (PH. EUR)<sup>(43)</sup>

### 1. DEFINITION

Feuille séchée, entière ou coupée, récoltée sur les rameaux plus âgés d'*Eucalyptus globulus* Labill.

Teneur : au minimum 20mL/kg d'huile essentielle dans la drogue entière (drogue anhydre) et au minimum 15mL/kg d'huile essentielle dans la drogue coupée (drogue anhydre).

### 2. CARACTERES

Odeur aromatique de cinéole.

### 3. IDENTIFICATION

La feuille est généralement vert-gris, assez épaisse, de forme allongée, elliptique et légèrement falciforme, en général d'une longueur de 25 cm et d'une largeur atteignant 5 cm. Le pétiole est tordu, fortement ridé et d'une longueur de 2-3 cm, atteignant parfois 5 cm. La feuille, rigide et coriace, est entière et glabre ; elle présente une nervure centrale vert-jaune. Les nervures secondaires s'anastomosent sur les bords de la feuille en une ligne continue. Les bords sont réguliers et légèrement épaissis. Les 2 faces sont ponctuées de minuscules taches verruqueuses brun foncé, réparties de façon irrégulière. De petites poches sécrétrices sont visibles par transparence.

Réduisez la feuille d'eucalyptus en poudre. La poudre est vert-gris. Examiner au microscope en utilisant de la solution d'hydrate de chloral R. La poudre présente les éléments suivants : des fragments de limbe glabre à petites cellules épidermiques à paroi épaisse, comportant une épaisse cuticule, de nombreux stomates anomocytiques d'un diamètre supérieur à 80 µm, et parfois des groupes de cellules subéreuses brunes, d'un diamètre de 300 µm et dont le centre est noir-brun ; des fragments de mésophylle isobilatéral avec 2-3 couches de parenchyme lacuneux à cellules allongées dans la direction des cellules de calcium ; des fragments de mésophylle contenant de grandes poches sécrétrices schizogènes.

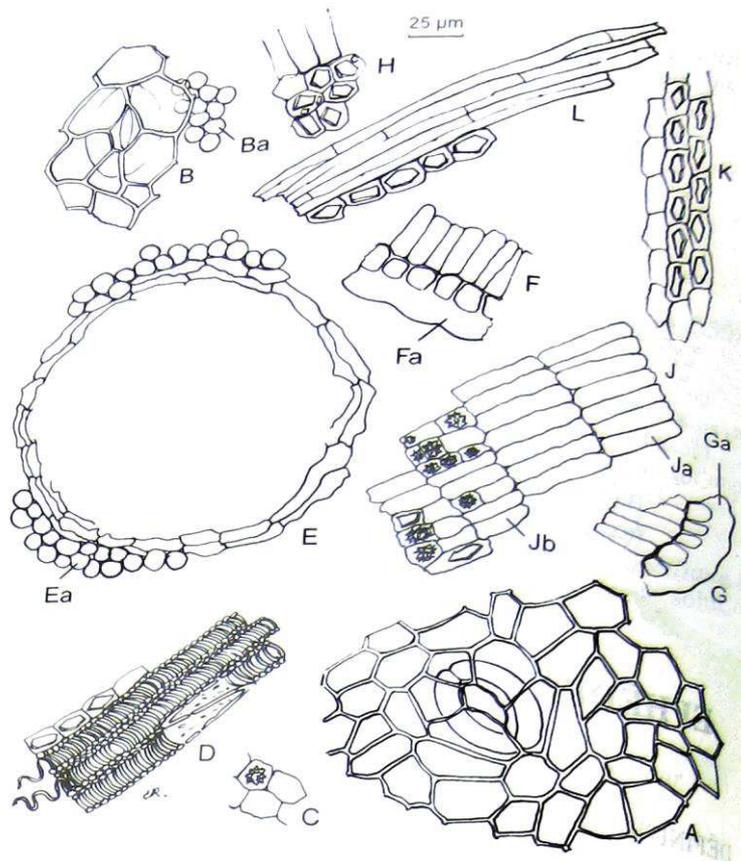


Figure 35 : Dessin pour l'identification de la feuille d'*Eucalyptus*

- A : Cellules épidermiques à parois épaisses et stomates anomocytiques vus de face
- B : Cellules épidermiques à paroi épaisse et stomates anomocytiques, accompagnés de parenchyme palissadique (Ba), vus de face.
- C : Cellules de parenchyme avec macles d'oxalate de calcium.
- D : Vaisseaux de bois.
- E : Poches sécrétrices schizogène accompagné de parenchyme palissadique (Ea).
- F et G : Epiderme recouvert d'une cuticule épaisse (Fa et Ga), vu en section transversale.
- H et J : Parenchyme palissadique (Ja) accompagné de parenchyme lacuneux (Jb) contenant des prismes et des macles d'oxalate de calcium.
- K : Cellules contenant des prismes d'oxalate de calcium.
- I : Fibres.

Chromatographie sur couche mince :

- *solution à examiner* : Agiter 0,5 g de feuille d'eucalyptus récemment pulvérisée avec 5 mL de *toluène R* pendant 2-3 min, puis filtrez sur environ 2 g de *sulfate de sodium anhydre R*.
- *solution témoin* : Dissolvez 50 µL de *cinéole R* dans du *toluène R* et complétez à 5 mL avec le même solvant.
- *Plaque* : *plaque au gel de silice pour CCM R*.
- *Phase mobile* : *acétate d'éthyle R, toluène R (10 :90 V/V)*.
- *Dépôt* : 10 µL, en bandes.
- *Développement* : sur un parcours de 15 cm.
- *Séchage* : à l'air.
- *Détection* : pulvériser de la *solution d'aldéhyde anisique R*. Examinez à la lumière du jour, en chauffant à 100-105°C pendant 5-15min.
- *Résultats* : le chromatogramme obtenu avec la solution témoin présente dans sa partie médiane une bande principale due au cinéole. Le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner présente une bande principale semblable quant à sa position et sa coloration à la bande due au cinéole dans le chromatogramme obtenu avec la solution témoin ; il présente également une bande violet intense (hydrocarbures) près du front du solvant. Il peut également présenter d'autres plus faibles.

#### 4. ESSAI

**Eléments étrangers** : au minimum 3 pour cent de feuilles foncées et brunes, au maximum 5 pour cent de tiges et au maximum 2 pour cent d'autres éléments étrangers. Aucune feuille de rameaux jeunes de forme cordée ou ovale, sessile, ponctuée sur les 2 faces de nombreuses glandes visibles en transparence, n'est présente. Effectuez la détermination sur 31 g de feuille d'eucalyptus.

**Eau** : au maximum 100 mL/kg déterminé sur 20,0g de feuille d'eucalyptus pulvérisée.

**Cendres totales** : au maximum 6,0 pour cent.

## 5. DOSAGE

Effectuez la détermination des huiles essentielles dans les drogues végétales. Utilisez 10,0 g de feuille d'eucalyptus coupée extemporanément, un ballon à fond rond de 500 mL, 200 mL d'eau R et 100 mL de *glycérol R* comme liquide d'entraînement. Ajoutez 0,5mL de *xylène R* dans le tube gradué. Distillez à un débit de 2-3 mL/min pendant 2h.

## 6. COMPOSITION DE LA FEUILLE (PH. EUR.)

Classe de constituants	Exemples de constituants
Huile essentielle : 1 à 3,5 % du poids de la feuille	1,8 cinéole (eucalyptol) : 70 à 85 % de l'huile essentielle - monoterpènes : alpha-pinène, β-pinène, δ-limonène, para-cymène, camphène, alpha-phellandène, alpha-fenchène, γ-terpinène, - sesquiterpènes : aromadendrène, alloaromadendrène - alcools : eudesmol, alpha-terpinéol, globulol, pinocarvéol - aldéhydes : citral, myrténal - cétones : carvone, pinocarvone, verbénone - acétate de géranyl
Acides phénols	Acides gallique, caféique, férulique, ellagique, gentisique, protocatéchique
Glucosides de monoterpènes	Globulisines, cypellocarpine, euglobuline
Flavonoïdes	Flavones méthylées, rutine, quercétine, quercitrine, hyperoside
Tanins	Tanins galliques, proanthocyanidols et tanins condensés
Dérivés du phloroglucinol	Euglobals, macrocarpals A-E, macrocarpals H-J, eucalyptone
Divers	Résines, cire

## **B. LES HUILES ESSENTIELLES A BASE D'EUCALYPTUS**

### **1. L'HUILE ESSENTIELLE : *EUCALYPTI AETHEROLEUM* (PH. EUR) <sup>(43)</sup>**

#### **a) Définition**

Huile essentielle obtenue par entraînement à la vapeur d'eau suivi de rectification, à partir des feuilles fraîches de plusieurs espèces d'*Eucalyptus* riches en 1,8-cinéole. Les espèces principalement utilisées sont : *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus polybractea* R.T.Baker et *Eucalyptus smithii* R.T.Baker.

#### **b) Caractères**

*Aspect* : liquide incolore ou jaune pâle.

*Odeur* : rappelant celle du 1,8-cinéole.

#### **c) Identification**

A. Chromatographie sur couche mince :

- *Solution à examiner* : dissolvez 0,1 g d'huile essentielle d'eucalyptus dans du toluène R et complétez à 10 mL avec le même solvant.
- *Solution témoin* : dissolvez 20 µL d' $\alpha$ -terpinéol R et 50 µL de cinéole R dans du toluène R et complétez à 5 mL avec le même solvant.
- *Plaque* : plaque au gel de silice pour CCM R (5-40 µm) [ou plaque de au gel de silice pour CCM R (2-10 µm)].
- *Phase mobile* : acétate d'éthyle R, toluène R (10 :90 V/V).
- *Dépôt* : 10 µL [ou 2 µL] en bandes de 10 mm [ou 6 mm].
- *Développement* : sur un parcours de 15 cm [ou 6 cm].
- *Séchage* : à l'air.
- *Détection* : pulvérisez de la solution d'aldéhyde anisique R et chauffez à 100-105°C pendant 5-10 min puis examinez à la lumière du jour.
- *Résultats* : voir ci-après la séquence des bandes présentes dans les chromatogrammes obtenus avec la solution à examiner. Par ailleurs, d'autres bandes de faible intensité peuvent être présentes dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner près du front de solvant et au niveau de l' $\alpha$ -terpinéol.

Haut de la plaque	
1,8 cinéole: une bande brun-violet	Une bande brun-violet intense (1,8 cinéole)
$\alpha$ - Terpinéol : une bande brun violet	
Solution témoin	Solution à examiner

B. Examinez les chromatogrammes obtenus dans l'essai du profil chromatographique.

*Résultats* : les pics caractéristiques dus à l' $\alpha$ -pinène, au  $\beta$ -pinène, l' $\alpha$ -phellandrène, au limonène et au 1,8-cinéole dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner sont semblables quant à leur temps de rétention à ceux du chromatogramme obtenu avec la solution témoin. Le sabinène et le camphre peuvent être présents dans le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner.

#### d) Essai

**Densité** : 0,906 à 0,927.

**Indice de réfraction** : 1,458 à 1,470.

**Angle de rotation optique** :  $0^\circ$  à  $+10^\circ$ .

**Solubilité dans l'alcool** : l'huile essentielle d'eucalyptus est soluble dans 5 volumes d'éthanol à 70 pour cent V/V R.

**Aldéhydes** : dans un tube de verre à bouchon rodé d'un diamètre de 25 mm et d'une longueur de 150 mm contenant 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus, ajoutez 5 mL de *toluène R* et 4 mL de *solution alcoolique d'hydroxylamine R*. Agiter énergétiquement et titrer immédiatement par l'*hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V*, jusqu'à virage du rouge au jaune. Continuez le titrage sans cesser d'agiter jusqu'à la coloration jaune franc de l'indicateur. Agitez pendant 2 min et laissez reposer. Le point final est atteint lorsque la coloration persiste dans la phase inférieure. La réaction est terminée en environ 15 min. Répétez l'opération sur une 2<sup>ème</sup> prise d'essai de 10 mL d'huile essentielle d'eucalyptus et utilisez comme solution témoin pour le point de virage le liquide obtenu dans le 1<sup>er</sup> titrage additionné de 0,5 mL d'*hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V*. La quantité d'*hydroxyde de potassium 0,5 M dans l'alcool à 60 pour cent V/V* utilisée dans le 2<sup>ème</sup> titrage n'est pas supérieure à 2,0 mL.

**Profil chromatographique** : Chromatographie en phase gazeuse : utilisez le procédé de normalisation.

*Solution à examiner* : Dissolvez 200  $\mu\text{L}$  d'huile essentielle d'eucalyptus dans l'*heptane R* et complétez à 10,0 mL avec le même solvant.

*Solution témoin (a)* : Dissolvez 10  $\mu\text{L}$  d' $\alpha$ -pinène R, 5  $\mu\text{L}$  de  $\beta$ -pinène, 5  $\mu\text{L}$  de sabinène R, 5  $\mu\text{L}$  d' $\alpha$ -phellandrène R, 10  $\mu\text{L}$  de limonène R, 50  $\mu\text{L}$  de cinéole R et 5 mg de camphre R dans de l'*heptane R* et complétez à 10 mL avec le même solvant.

*Solution témoin (b)* : Dissolvez 5  $\mu\text{L}$  de limonène R dans de l'*heptane R* et complétez à 50,0 mL avec le même solvant. Prélevez 0,5 mL de solution et complétez à 5,0 mL avec de l'*heptane R*.

*Colonne* :

- *Matériau* : silice fondue,
- *Dimensions* : l = 60 m, diamètre = environ 0,25 mm,
- *Phase stationnaire* : macrogol 20000 R (épaisseur du film 0,25  $\mu\text{m}$ ).

*Gaz vecteur* : hélium pour chromatographie R.

*Débit* : 1,5 mL/min.

*Rapport de division* : 1:50.

*Température* :

	Intervalle (en minutes)	Température (°C)
Colonne	0 à 5	60
	5 à 33	60 à 200
	33 à 38	200
Chambre d'injection		220
Détecteur		220

*Détection* : ionisation de flamme.

*Injection* : 1  $\mu\text{L}$ .

*Ordre d'élution* : ordre indiqué dans la préparation de la solution témoin (a). Enregistrez les temps de rétention de ces substances.

*Conformité du système* : solution témoin (a) : - résolution : au minimum 1,5 entre les pics dus au limonène et au cinéole.

*Identification des composants* : à l'aide des temps de rétention déterminés à partir du chromatogramme obtenu avec la solution témoin (a), localisez sur le chromatogramme obtenu avec la solution à examiner les composants de la solution témoin (a).

Déterminez la teneur pour cent de chacun de ces composants. Ces teneurs sont comprises entre les valeurs suivantes :

- *α-pinène* : 0,05 pour cent à 10,0 pour cent,
- *β-pinène* : 0,05 pour cent à 1,5 pour cent,
- *sabinène* : au maximum 0,3 pour cent,
- *α-phellandrène* : 0,05 pour cent à 1,5 cent,
- *limonène* : 0,05 pour cent à 15,0 pour cent,
- *1,8-cinéole* : au minimum 70,0 pour cent
- *camphre* : au maximum 0,1 pour cent
- *limite d'exclusion* : la surface du pic principal du chromatogramme obtenu avec la solution témoin (b) (0,05 pour cent).

#### **e) Conservation**

A une température ne dépassant pas 25 °C.

## 2. GENERALITES SUR L'UTILISATION D'HUILE ESSENTIELLE

### a) Définition

La définition retenue, très proche de celle de la norme ISO 9235, est celle adoptée par la Commission de la Pharmacopée Européenne: « 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. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ». <sup>(44)</sup>

### b) Obtention

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première : son état originel et ses caractéristiques, sa nature proprement dite. Le rendement « Huile essentielle/matière première végétale » peut être extrêmement variable selon les plantes. Ce choix conditionne les caractéristiques de l'huile essentielle, en particulier : viscosité, couleur, solubilité, volatilité, enrichissement ou appauvrissement en certains constituants et utilisations et applications.

- ***Entraînement à la vapeur d'eau (environ 90%)***

L'entraînement à la vapeur d'eau correspond à l'entraînement en présence de vapeur d'eau d'une substance peu ou pas miscible à l'eau. La matière première est mise en présence d'eau portée à ébullition ou de vapeur d'eau dans un alambic. La vapeur d'eau entraîne les molécules d'huile essentielle puis ce mélange est condensé avec un réfrigérant pour être récupéré en phase liquide dans un vase florentin où l'huile essentielle est séparée de l'eau par décantation. On appelle « eau aromatique » (à ne pas confondre avec eau aromatisée) ou «hydrolat » ou « eau distillée florale » le distillat aqueux qui subsiste après l'entraînement à la vapeur d'eau, une fois la séparation de l'huile essentielle effectuée.

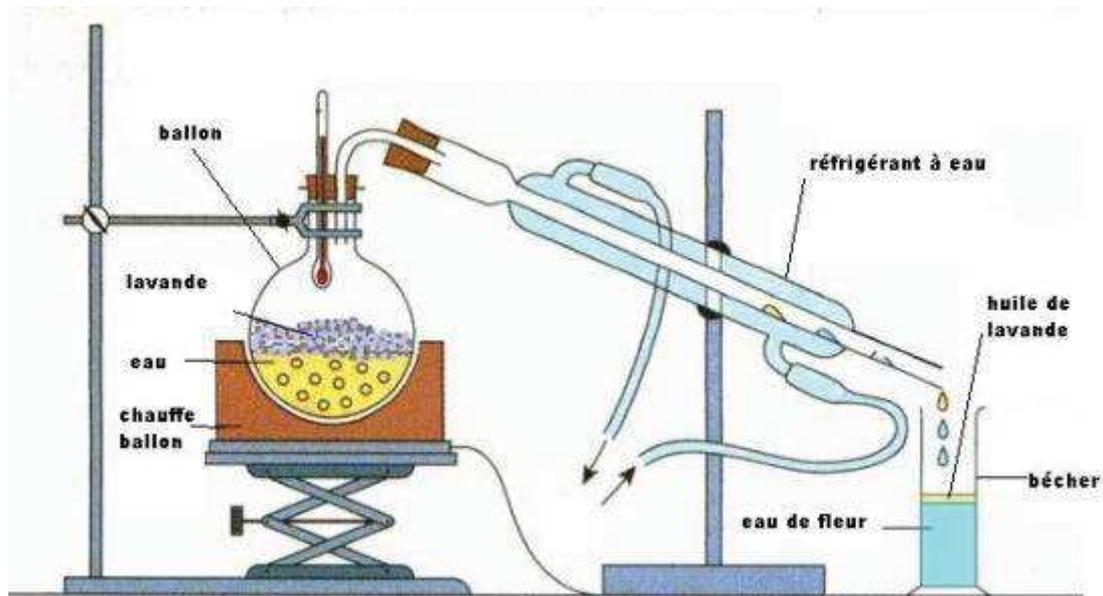


Figure 36 : Entraînement à la vapeur d'eau d'une huile essentielle de lavande

- **Expression à froid (5 à 10 %)**

Ce mode d'obtention ne s'applique qu'aux fruits d'agrumes (*Citrus spp.*) par des procédés mécaniques à température ambiante. Le principe de la méthode est le suivant : les « zestes » sont dilacérés et le contenu des poches sécrétrices qui ont été rompues est récupéré par un procédé physique. Le procédé classique consiste à exercer sous un courant d'eau une action abrasive sur toute la surface du fruit. Après élimination des déchets solides, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par centrifugation.

- **Distillation sèche (<1%)**

L'huile essentielle est obtenue par distillation des bois, écorces ou racines, sans addition d'eau ou de vapeur d'eau.

### **c) Critères de qualités**

La sécurité d'emploi des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles est en grande partie liée à la qualité des matières premières mises en œuvre et à la formulation du produit fini. Pour garantir leur qualité, les huiles essentielles devront notamment être obtenues à partir de matières premières précisément identifiées, contrôlées selon des procédés définis, présenter des caractères physico-chimiques précis, être conservées de façon satisfaisante. Les caractéristiques physiques, organoleptiques, chimiques et chromatographiques des huiles essentielles sont définies sur le plan français par des normes établies par l'AFNOR, élaborées par une commission spécifique (T75A). Ces normes sont établies en étroite collaboration avec les producteurs ainsi que les importateurs et sont le fruit d'un échange entre experts. La plupart de ces normes sont reprises sur le plan mondial pour devenir des normes ISO en prenant en considération les informations des experts mondiaux. Le groupe de travail responsable de ces normes est le groupe ISO TC 54.

***La dénomination botanique :*** L'origine végétale du produit doit être définie avec précision par la dénomination scientifique botanique selon les règles linnéennes. Le nom international d'une plante, exprimé en latin, comprend le nom de genre, suivi du nom d'espèce, ainsi que de l'initiale ou de l'abréviation du botaniste qui, le premier, a décrit la plante en question. Eventuellement, il est complété par celui de la sous-espèce ou de la variété. La famille botanique est généralement précisée. En raison des confusions possibles dues à l'existence et/ou l'usage courant de nombreux synonymes, il est nécessaire de se référer à la norme ISO 4720 qui donne une liste de nomenclature botanique de plantes utilisées pour la production des huiles essentielles, avec les noms communs des huiles essentielles en anglais et en français. Cette norme comprend en outre un index alphabétique des noms communs des huiles essentielles en anglais et en français.

***L'origine géographique :*** Le nom du pays ou d'une région apporte des précisions intéressantes sur le biotope (l'environnement) de la plante aromatique et caractérisera sa composition biochimique particulière.

***Le mode de culture :*** Cette précision dira si la plante est sauvage ou cultivée et issue d'une culture biologique (label BIO) ou non.

***Le chémotype ou chimiotype :*** L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée au spectromètre de masse indique les molécules fondamentales pour une bonne utilisation des H.E.C.T.. Pour une même espèce botanique, il peut exister plusieurs races chimiques ou chémotypes qui trouvent leur origine dans de légères différences des voies de biosynthèse, aboutissant à l'accumulation de métabolites secondaires différents. Il est donc indispensable, pour certaines huiles essentielles, de bien préciser le chémotype car il peut conditionner l'activité et/ou la toxicité.

***Le stade de développement botanique :*** Les caractéristiques des chémotypes dépendent parfois du stade de développement : cueillette avant, pendant ou après floraison...

***L'organe distillé :*** La composition biochimique des huiles essentielles chémotypées varie en fonction de la partie ou de l'organe de la plante distillée. Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition qualitative et quantitative peut varier selon sa localisation dans la plante. La biosynthèse et l'accumulation des molécules aromatiques sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées (cellules à essence, poches sécrétrices, canaux sécréteurs ...), souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante.

***Le mode d'extraction :*** La composition des H.E.C.T. peut varier selon le mode d'extraction utilisé : distillation, hydro-distillation, percolation, expression.

#### **d) Réglementation et médicaments**

Il n'existe pas de réglementation spécifique aux huiles essentielles en ce qui concerne leur utilisation dans les médicaments. Les spécialités pharmaceutiques à base d'huiles essentielles répondent à la définition du médicament à base de plantes : « Les médicaments à base de plantes sont des médicaments dont les principes actifs sont exclusivement des drogues végétales et/ou des préparations à base de drogue(s) végétale(s) ». Par conséquent les médicaments à base d'huiles essentielles doivent être conformes à la réglementation régissant ces médicaments. En particulier, s'ils satisfont aux critères définis par l'ordonnance n° 2007-613 du 26 avril 2007 (Chapitre 1er, article 2), ils doivent faire l'objet d'un enregistrement de médicament traditionnel à base de plantes.

#### e) Mises en garde

Il est recommandé de ne pas incorporer dans les produits cosmétiques destinés à des enfants de moins de 3 ans (36 mois) du camphre, de l'eucalyptol et du menthol. Cette recommandation ne s'applique pas au menthol dans les produits d'hygiène bucco-dentaire. Des concentrations limites sont toutefois acceptées pour tenir compte d'apports indirects pouvant provenir par exemple des compositions parfumantes.<sup>(45)</sup> Les teneurs limites acceptées sont les suivantes :

- Camphre : 150 ppm (0,015 %)
- Eucalyptol: 1000 ppm (0,1 %)
- Menthol: 4500 ppm (0,45 %)

Du fait du risque d'atteinte neurologique essentiellement convulsif, les suppositoires contenant des dérivés terpéniques sont désormais contre-indiqués (depuis février 2012) chez les enfants de moins de 30 mois et chez les enfants ayant des antécédents de convulsion fébrile ou d'épilepsie quel que soit l'âge.<sup>(46)</sup>

Il est recommandé de limiter, dans les produits cosmétiques destinés aux enfants de 3 ans à 6 ans, la présence du camphre, de l'eucalyptol et du menthol aux concentrations maximales suivantes :

- Camphre: 0,15 %
- Eucalyptol: 1,12 %
- Menthol: 4,5 %
- Somme des substances inférieure ou égale à 4,5 %.



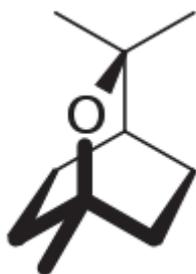
## C.PRINCIPAUX COMPOSANTS CHIMIQUES

### 1. 1-8 CINEOLE : L'EUCALYPTOL

L'eucalyptol est un composé naturel monoterpénique qui porte également d'autres noms équivalents : 1,8 cinéole, cinéole.

L'eucalyptol est trouvé dans l'huile essentielle de certains eucalyptus (à des taux allant jusque 90 %, par exemple chez l'*Eucalyptus polybractea*).<sup>(47)</sup> mais on le retrouve dans d'autres plantes comme le romarin, l'armoise, l'absinthe, le laurier, la sauge et le basilic... L'huile peut atteindre une pureté de 99,8 % après plusieurs distillations.

#### a) Identification <sup>(152)</sup>



- Nom IUPAC : 1,3,3-triméthyl-2-oxabicyclo[2,2,2]octane
- Synonymes : Eucalyptol ; 1,8-cinéole
- Numéro CAS : 470-82-6

Odeur rafraîchissante et épicée de camphre. Insoluble dans l'eau, soluble dans les éthers, l'éthanol et le chloroforme. Son point éclair est de 49 °C.

#### b) Propriétés chimiques

- Formule brute : C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O
- Masse molaire : 154,2493 ± 0,0096 g/mol (C 77,87 %, H 11,76 %, O 10,37 %)
- Moment dipolaire : 1,58D
- Diamètre moléculaire : 0.6600nm

**c) Propriétés physiques**

- Température de fusion : 1,5°C
- Température d'ébullition : 176 °C à 177°C
- Paramètre de solubilité  $\delta$  : 14,6 J<sup>1/2</sup>·cm<sup>-3/2</sup> (25 °C)
- Masse volumique : 0,9225 g·cm<sup>-3</sup>

**d) Propriétés optiques**

- Indice de réfraction :  $n_D^{25}$  1,4555

**e) Précautions** <sup>(152)</sup>

*Système général harmonisé (voir Annexe II) :*



Mention(s) de danger: H226: Liquide et vapeurs inflammables.

Conseils de prudence: P210: Tenir à l'écart de la chaleur.

**f) Utilisation**

Son utilisation est diverse et variée que ce soit en parfumerie, produits de soins, huiles essentielles.

La Commission Européenne (par le biais de l'European Scientific Cooperative on Phytotherapy : ESCOP) a approuvé l'usage des feuilles (voie interne) et de l'huile essentielle (voie interne et externe) d'*Eucalyptus globulus*, pour traiter l'inflammation des voies respiratoires, de même que les applications externes de l'huile essentielle d'eucalyptus pour soulager les douleurs rhumatismales. L'ESCOP a également reconnu les mêmes usages pour l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. <sup>(49)</sup> <sup>(48)</sup>

Cependant le 1,8-cinéole n'est pas recommandée pour les jeunes enfants de moins de 7 ans et les femmes enceintes ou allaitantes.

## 2. CAMPHRE

Le camphre est un composé organique bicyclique solide issu du camphrier, connu scientifiquement comme *Cinnamomum camphora*.

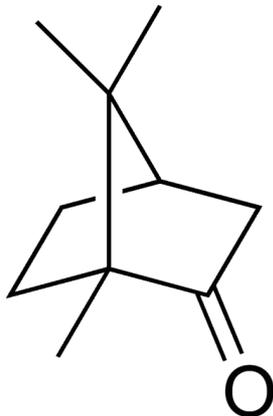
### a) Histoire<sup>(50)</sup>

Le nom « camphre » vient du latin médiéval *camfora*, provenant de l'arabe *al kafur* (الكافور), du nom malais *kapur Barus* qui veut dire « craie de Barus ». Les marchands malais qui vendaient le camphre aux négociants venus d'Inde et du Moyen-Orient l'appelaient *kapur* à cause de sa couleur blanche. *Zhang Nao* en chinois. Barus était le port sur la côte ouest de l'île indonésienne de Sumatra où les marchands étrangers venaient acheter le camphre.

Au Japon, on préparait le camphre en faisant passer de la vapeur d'eau sur des copeaux de camphrier (*Cinnamomum camphora*) ; le camphre était alors entraîné par la vapeur et venait se condenser sur des chapiteaux de paille où on le recueillait. On obtenait ainsi le camphre brut, qui était exporté, et qu'il fallait encore purifier en le sublimant dans des ballons de verre après l'avoir mélangé à 3–5 % de chaux récemment éteinte. Les ballons étaient ensuite chauffés avec de grandes précautions, dans un bain de sable, tout en élevant progressivement la température jusqu'à 205°. Le camphre se sublimait alors et venait former dans la partie supérieure du ballon un amas que l'on récupérait en brisant le verre. <sup>(50)</sup>Le camphre est récupéré par distillation de morceaux de racines, de tiges ou d'écorces du camphrier.

Le camphre dit synthétique (dl-camphre) est également synthétisé à des fins commerciales. Il existe de nombreuses méthodes pour synthétiser le camphre. L'une d'entre elles, mise au point par Auguste Béhal, se fait à partir de l'Essence de térébenthine ou pinène C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>. En 1858, le chimiste Berthelot a également synthétisé le camphre par oxydation du bornéol C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O ou du camphène C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>.

## b) Identification



- Nom IUPAC : 1,7,7-triméthylbicyclo[2,2,1]heptan-2-one
- Synonymes : 2-bornanone ; 2-camphanone
- Numéro CAS : 76-22-2
- Numéro : EINECS : 200-945-0
- Caractères organoleptiques : cristaux incolores ou blancs ayant une odeur caractéristique.

## c) Propriétés chimiques

- Formule brute :  $C_{10}H_{16}O$
- Masse molaire :  $152,2334 \pm 0,0094$  g/mol (C 78,9 %, H 10,59 %, O 10,51 %)

## d) Propriétés physiques

- Température de fusion :  $180^{\circ}C$
- Température d'ébullition :  $204^{\circ}C$  (sublimation)
- Solubilité : à  $25^{\circ}C$ , 1 gramme se dissout dans un millilitre d'alcool ou dans 1 millilitre d'éther ou dans 0,5 millilitre de chloroforme. Il est soluble dans le disulfure de carbone, dans les acides minéraux concentrés, le phénol, l'ammoniaque liquide.
- Masse volumique :  $0,992$  g·cm<sup>-3</sup> ( $25^{\circ}C$ )
- Température d'auto-inflammation :  $466^{\circ}C$
- Point éclair :  $66^{\circ}C$  (coupelle fermée)
- Limite d'explosivité dans l'air : 0,6–3,5 %vol
- Pression de vapeur saturante : à  $20^{\circ}C$  : 27 Pa

e) **Précautions (voir Annexe 2)**



**Danger** : substances irritantes pour la peau, les yeux et les organes respiratoires.

**Utilisation** : ne pas respirer les vapeurs, éviter tout contact avec la peau et les yeux.



Substances s'enflammant spontanément à l'air.

Substances sensibles à l'humidité, produits formant des gaz inflammables au contact de l'eau.

Liquides ayant un point éclair inférieur à 21 °C.

Substances solides qui sont facilement enflammées en cas de contact de courte durée avec une source d'ignition.

- **Phrases de risques**

Pour le camphre les phrases de risques sont :

- R11 : Facilement inflammable.
- R36 : Irritant pour les yeux
- R37 : Irritant pour les voies respiratoires
- R38 : Irritant pour la peau

- **NFPA 704**



Santé : 2 : Produit pouvant provoquer après une exposition intense ou continue (mais non chronique), une incapacité temporaire ou une séquelle mineure résiduelle.

Inflammabilité : 2 : Produit qui ne peut s'enflammer qu'après un chauffage modéré ou une exposition à une source de chaleur relativement élevée. Point d'éclair compris entre 38°C et 93°C.

Instabilité/Réactivité : 0 : Produit généralement inerte.

Il n'y a pas de risque spécifique.

Le camphre brûle à l'air avec une flamme fuligineuse (noire, chargée de suie).

Le camphre peut être utilisé dans la fabrication d'explosifs mais il n'est pas explosif lui-même.

- *Systeme général harmonisé*



- Mentions de danger :

H228: Matière solide inflammable.

H315: Provoque une irritation cutanée.

H319: Provoque une sévère irritation des yeux.

H335: Peut irriter les voies respiratoires.

- Conseils de prudence :

P210: Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. Ne pas fumer.

P302 + P352: En cas de contact avec la peau: Laver abondamment à l'eau et au savon.

P304 + P340: En cas d'inhalation: transporter la victime à l'extérieur et la maintenir au repos dans une position où elle peut confortablement respirer.

P305 + P351 + P338: En cas de contact avec les yeux : Rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

## **f) Utilisations**

Le camphre est utilisé dans la production du celluloïd, d'explosifs, ainsi qu'en médecine pour ses propriétés antiseptiques et légèrement anesthésiques. Le camphre est toxique lorsqu'il est ingéré en grandes quantités. Selon l'Autorité européenne de sécurité des aliments EFSA, l'exposition au camphre ne doit pas dépasser 2 mg par kg de poids corporel en une journée.

Le camphre a été utilisé pour lutter contre l'épidémie de choléra-morbus en 1831–1832 puis contre la grippe asiatique en 1957–1958. <sup>(51)</sup>

Le celluloïd est le nom donné à une matière composée essentiellement de nitrate de cellulose et de camphre. Elle est considérée comme la toute première matière plastique et son origine remonte à 1856. Le celluloïd est très inflammable et n'est quasiment plus utilisé aujourd'hui. On le retrouve encore communément dans les balles de tennis de table, et il a longtemps servi dans l'industrie cinématographique à la production des pellicules. Il est remplacé dans ce rôle par un support de triacétate de cellulose moins inflammable. Aujourd'hui, les films sur support celluloïd sont appelés « films flamme » et leur utilisation en projection est interdite en raison de leur grande inflammabilité. <sup>(52)</sup>

De plus, le camphre est utilisé dans le tir sportif pour noircir les organes de visée en le faisant brûler car il dégage une fumée noire.

Le camphre est également un insecticide comme par exemple contre les mites.

En France le camphre est ajouté à l'alcool vendu en officine afin d'en décourager l'ingestion car il a un goût particulier pouvant provoquer des vomissements.

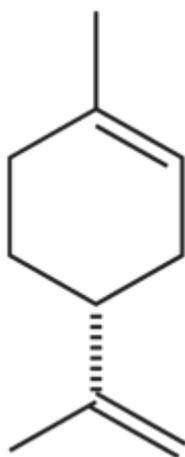
### 3. LIMONENE <sup>(53)</sup>

Le limonène  $C_{10}H_{16}$  est un hydrocarbure terpénique présent dans de nombreuses huiles essentielles à partir desquelles il peut être obtenu par distillation. À température ambiante, c'est un liquide incolore à odeur fraîche d'orange, caractéristique des agrumes. Le limonène est notamment utilisé en parfumerie.

Il tire son nom du citron qui contient des quantités importantes de ce composé chimique, responsable en grande partie de son parfum.

Le limonène est une molécule chirale dont les sources biologiques produisent un énantiomère spécifique. Sa principale source industrielle l'orange, contient du D-limonène ((+)-limonène), qui est l'énantiomère *R* dextrogyre. Le citron contient du (-)-limonène.<sup>(53)</sup> Le limonène racémique est connu en tant que dipentène. La deuxième forme est le L (-)-limonène, qui est l'énantiomère *S* lévogyre.

#### a) Identification



- Nom IUPAC : 1-méthyl-4-prop-1-èn-2-yl-cyclohexène
- Numéro CAS : 5989-27-5 (*R*) ; 5989-54-8 (*S*)(-) ; 138-86-3 (*RS*)
- Caractères organoleptiques : liquide incolore, d'odeur caractéristique. (d-limonene)

#### b) Propriétés chimiques

- Formule brute :  $C_{10}H_{16}$
- Masse molaire :  $136,234 \pm 0,0091$  g/mol (C 88,16 %, H 11,84 %)

### c) Propriétés physiques

- Température de fusion :  $-75\text{ °C}$  (d-limonene)
- Température d'ébullition :  $176\text{ °C}$  (d-limonene)
- Solubilité : dans l'eau : nulle (d-limonene)
- Masse volumique :  $0,84\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (d-limonene)
- Température d'auto-inflammation :  $255\text{ °C}$
- Point d'éclair :  $48\text{ °C}$  (d-limonene)
- Limite d'explosivité dans l'air :  $0,7\text{--}6,1\text{ \%vol}$
- Pression de vapeur saturante : à  $14,4\text{ °C}$  :  $0,4\text{ kPa}$  (d-limonène)

### d) Propriétés optiques

- Pouvoir rotatoire : (+)-limonène :  $+10,6\text{ °}\cdot\text{dm}^{-1}\cdot\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$  (-)-limonène :  $-10,6\text{ °}\cdot\text{dm}^{-1}\cdot\text{l}\cdot\text{g}^{-1}$

### e) Précautions

#### *Signalisation des substances dangereuses*



**Danger :** substances irritantes pour la peau, les yeux et les organes respiratoires.

**Utilisation :** ne pas respirer les vapeurs, éviter tout contact avec la peau et les yeux.



**Danger :** en cas de libération dans la nature, peut entraîner des dommages de l'écosystème immédiatement ou après une certaine période.

**Utilisation :** selon la dangerosité, ne pas verser dans les canalisations, dans le sol ou dans l'environnement. Respecter les consignes d'élimination.

- **Phases de risques**

- R10 : Inflammable
- R38 : Irritant pour la peau
- R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau
- R50 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- R53 : Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique

- **Conseils de prudence**

- **S2** : Conserver hors de portée des enfants.
- **S24** : Éviter le contact avec la peau.
- **S37** : Porter des gants appropriés.
- **S60** : Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
- **S61** : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

- **NFPA 704**



Santé : 2 : Produit pouvant provoquer après une exposition intense ou continue (mais non chronique), une incapacité temporaire ou une séquelle mineure résiduelle.

Inflammabilité : 2 : Produit qui ne peut s'enflammer qu'après un chauffage modéré ou une exposition à une source de chaleur relativement élevée. Point d'éclair compris entre 38°C et 93°C.

Instabilité/Réactivité : 0 : Produit généralement inerte.

Pas de risque spécifique.

- *Système général harmonisé*



Inflammable / Toxique, irritant, sensibilisant, narcotique / Danger pour l'environnement

H226 : Liquide et vapeurs inflammables

H315 : Provoque une irritation cutanée

H317 : Peut provoquer une allergie cutanée

H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets à long terme

- *Le CIRC*

Le limonène est classé en catégorie 3, c'est-à-dire qu'il est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.

#### f) Réactivité

Le limonène est un terpène relativement stable, qui peut être distillé sans décomposition, et forme de l'isoprène lorsqu'on le fait passer sur un filament de métal chaud. Il est facilement oxydé en environnement humide en carvéol et en carvone. L'oxydation à l'aide du soufre produit du p-cymène et un sulfure.

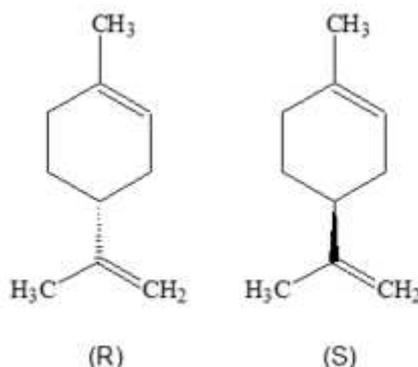


Figure 36 : Énantiomères R et S du limonène.

Le limonène existe naturellement comme (*R*)-énantiomère, mais peut être racémisé en dipentène, en le chauffant simplement à 300 °C. Lorsqu'il est chauffé avec un acide minéral, le limonène forme un diène conjugué, l' $\alpha$ -terpinène, qui s'oxyde facilement en p-cymène, un hydrocarbure aromatique.

### **g) Utilisations**

Le D-limonène est utilisé dans l'industrie agroalimentaire. Il est également utilisé dans les produits nettoyants pour son odeur rafraichissante orange-citron et son effet dissolvant.

Ainsi, le limonène est également de plus en plus utilisé comme solvant, notamment pour le dégraissage des machines. Le limonène fonctionne comme solvant à peinture lorsqu'elle est appliquée sur du bois.

L'énantiomère *S* est également utilisé comme insecticide.

L'utilisation du limonène est très fréquente dans les produits cosmétiques.

### **h) Santé <sup>(54)</sup>**

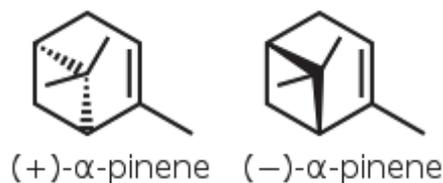
Le limonène et ses produits d'oxydation en grande concentration sont irritants pour la peau. Le 1,2-dihydroxylimonène (formé par simple oxydation à l'air) est connu comme sensibilisant pour la peau. La plupart des cas d'irritation ont été signalés chez des personnes exposées à long terme en milieu industriel au composé pur (par exemple, lors d'opération de dégraissage avant mise en peinture).

## 4. ALPHA ET BETA PINENE

### a) $\alpha$ - pinène

L' $\alpha$ -pinène est un composant organique de la classe des terpènes et c'est l'un des deux isomères du pinène. On le retrouve dans les huiles essentielles de nombreuses espèces de conifères comme le pin d'où son nom ainsi que dans d'autres familles comme dans l'huile essentielle de romarin. Les deux énantiomères sont présents dans la nature: (1*S*,5*S*)- ou (-)- $\alpha$ -pinène est plus répandu dans les pins européens alors que le (1*R*,5*R*)- ou (+)- $\alpha$ -pinène est plus présent en Amérique du Nord.

#### (1) *Identification*



- Nom IUPAC : (1*S*,5*S*)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene((-)- $\alpha$ -Pinene)
- Numéro CAS : 80-56-8 pour les 2 énantiomères, 7785-70-8 pour l'(+)- $\alpha$ -Pinene, 7785-26-4 pour l'(-)- $\alpha$ -Pinene
- Caractères organoleptiques : liquide incolore

#### (2) *Propriétés chimiques*

- Formule brute : C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>
- Masse molaire : 136,234 ± 0,0091 g/mol (C 88,16 %, H 11,84 %)

#### (3) *Propriétés physiques*

- Température de fusion : -62.5 °C
- Température d'ébullition : 156 °C
- Solubilité : dans l'eau : nulle
- Masse volumique : 0.858 g/mL (liquide à 20 °C)
- Point de fusion : - 64 °C
- Point éclair : 33 °C

#### (4) Précautions

##### Phases de risques

- R10 : Inflammable.
- R20 : Nocif par inhalation
- R21 : Nocif par contact avec la peau
- R22 : Nocif en cas d'ingestion.
- R36 : Irritant pour les yeux
- R37 : Irritant pour les voies respiratoires
- R38 : Irritant pour la peau
- R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau
- R51 : Toxique pour les organismes aquatiques

##### Phases S

- S16 : Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles. Ne pas fumer.
- S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement puis consulter un ophtalmologiste.
- S36 : Porter un vêtement de protection approprié.
- S37 : Porter des gants appropriés.
- S60 : Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
- S61 : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

##### NPA 704



Santé : 1 : Produit pouvant provoquer après une exposition une irritation ou des séquelles mineures.

Inflammabilité : 2 : Produit qui ne peut s'enflammer qu'après un chauffage modéré ou une exposition à une source de chaleur relativement élevée.

Instabilité réactivité : 0 : produit généralement inerte.

Risque spécifique: aucun.

*Système général harmonisé*



- Mentions de danger :

H226: Liquide et vapeurs inflammables.

H302 + H312 + H332: Nocif en cas d'ingestion, de contact cutané ou d'inhalation.

H304: Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.

H315: Provoque une irritation cutanée.

H319: Provoque une sévère irritation des yeux.

H317: Peut provoquer une allergie cutanée.

H411: Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

- Conseils de prudence :

P273: Éviter le rejet dans l'environnement.

P280: Porter des gants de protection.

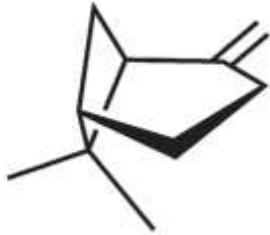
P302 + P352: En cas de contact avec la peau: Laver abondamment à l'eau et au savon.

P305 + P351 + P338: En cas de contact avec les yeux: Rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

P301 + P310: En cas d'ingestion: Appeler immédiatement un centre antipoison/un médecin.

P331: Ne pas faire vomir.

## b) $\beta$ - pinene



Le  $\beta$ -pinène est un monoterpène bicyclique. Il a pour isomère l'alpha-pinène. Il est connu pour ses propriétés antiseptiques. Il est présent dans de nombreuses plantes comme le romarin, le persil, le basilic, l'achillée millefeuille, la rose et l'essence de térébenthine.

Le  $\beta$ -pinène est chiral, il se présente sous la forme de deux énantiomères. Son odeur est caractéristique de l'odeur du sapin.

- Nom IUPAC : 6,6-diméthyl-2-méthylènebicyclo[3.1.1]heptane
- Numéro CAS : 127-91-3
- Caractères organoleptiques : liquide incolore

### (1) *Propriétés chimiques*

- Formule brute :  $C_{10}H_{16}$
- Masse molaire :  $136,234 \pm 0,0091$  g/mol (C 88,16 %, H 11,84 %)

### (2) *Propriétés physiques*

- Température de fusion :  $-61,5$  °C
- Température d'ébullition :  $166$  °C
- Solubilité : insoluble dans l'eau. Soluble dans l'éthanol, le benzène, l'éther éthylique, le chloroforme. Presque insoluble dans le propylène glycol.
- Masse volumique :  $0,86$  g/mL (liquide à  $25$  °C)
- Indice de refraction :  $1,4768$  à  $25$  °C

### (3) Précautions

#### Phases R

- R10 : Inflammable.
- R36 : Irritant pour les yeux
- R37 : Irritant pour les voies respiratoires
- R38 : Irritant pour la peau

#### Phases S

- S26 : En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement puis consulter un ophtalmologiste.
- S36 : Porter un vêtement de protection approprié.

#### NFPA 704



Santé : 1 : Produit pouvant provoquer après une exposition une irritation ou des séquelles mineures.

Inflammabilité : 2 : Produit qui ne peut s'enflammer qu'après un chauffage modéré ou une exposition à une source de chaleur relativement élevée.

Instabilité réactivité : 0 : produit généralement inerte.

Risque spécifique : aucun.

#### Système général harmonisé



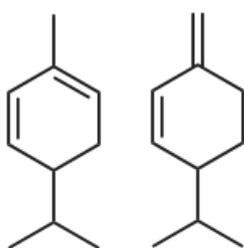
H226 : Liquide et vapeurs inflammables

H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires

## 5. ALPHA- PHELLANDRENE

L' $\alpha$ -phellandrène a été isolé pour la première fois dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus phellandra*, aujourd'hui *Eucalyptus dives*. C'est un hydrocarbure monocyclique de formule chimique  $C_{10}H_{16}$ . Il s'agit d'un terpenoïde insaturé possédant deux doubles liaisons dans un cycle cyclohexadiène. Il est isomère d'un grand nombre de composés, notamment du  $\beta$ -phellandrène, dont l'une des doubles liaisons est en dehors du cycle cyclohexène. Comme ce dernier, il se présente sous la forme d'un liquide huileux incolore à l'odeur épicée. Il peut former des peroxydes susceptibles de former avec l'air des mélanges explosifs à hautes températures. Ses produits d'oxydation au contact de l'air ou de la peau sont également des pro-haptènes pouvant susciter des allergies.

### a) Identifications



- Nom IUPAC :  $\alpha$ : 2-Methyl-5-(1-methylethyl)-1,3-cyclohexadiene  
 $\beta$ : 3-Methylene-6-(1-methylethyl)cyclohexene
- Numéro CAS : 99-83-2 ( $\alpha$ ) et 555-10-2 ( $\beta$ )
- Caractères organoleptiques : liquide incolore

$\alpha$  et  $\beta$ -phellandrène

### b) Propriétés chimiques

- Formule brute :  $C_{10}H_{16}$
- Masse molaire : 136,234 g/mol

### c) Propriétés chimiques

- Température d'ébullition : 171-172 °C
- Solubilité : insoluble dans l'eau.
- Masse volumique :  $\alpha$ : 0.846 g/mL et  $\beta$ : 0.85 g/mL

## **d) Précautions pour l' $\alpha$ -phellandrène**

### **(1) Phases R**

- R10 : Inflammable.
- R38 : Irritant pour la peau
- R43 : Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau
- R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

### **(2) Phases S**

- S24 : Éviter le contact avec la peau.
- S37 : Porter des gants appropriés.
- S61 : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

### **(3) Système général harmonisé**



H226 : Liquide et vapeurs inflammables

H302 : Nocif en cas d'ingestion

H315 : Provoque une irritation cutanée

H319 : Provoque une sévère irritation des yeux

H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation

H335 : Peut irriter les voies respiratoires

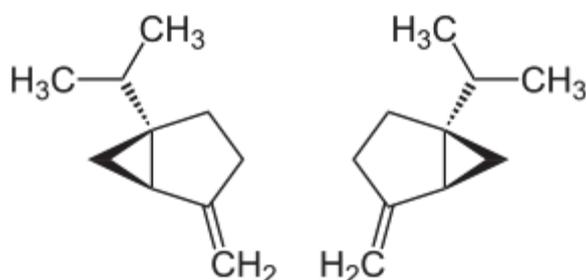
P261 : Éviter de respirer les poussières/fumées/gaz/brouillards/vapeurs/aérosols.

P305+P351+P338 : En cas de contact avec les yeux : rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer.

P342+P311 : En cas de symptômes respiratoires : appeler un centre antipoison ou un médecin.

## 6. SABINENE

La sabinène est un composé organique naturel classé parmi les monoterpènes que l'on trouve dans les huiles essentielles de nombreuses plantes, dont l'épicéa (*Picea abies*).



Énantionère (1*R*,5*R*) ou *R* du sabinène (à gauche) et (1*S*,5*S*) ou *S*-sabinène (à droite).

Sa molécule, dont la formule est C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, est formée d'un système cyclique tendu comprenant un noyau cyclopentane soudé à un noyau cyclopropane. Elle possède deux atomes de carbone asymétriques et pas de plan de symétrie. Formellement, elle devrait donc se présenter sous la forme de deux paires d'énantiomères diastéréoisomères entre elles. Cependant, des contraintes stériques dans le cycle cyclopropane interdisent la formation de la paire (1*R*,5*S*)/(1*S*,5*R*). Deux énantiomères existent : (1*S*,5*S*) ou (*S*)(-)-sabinène (numéro CAS 10408-16-9) et (1*R*,5*R*) ou (*R*)(+)-sabinène (numéro CAS 2009-00-9). Le racémique a pour numéro CAS 3387-41-5.

### a) Identification

- Nom IUPAC : 4-méthylidène-1-propan-2-ylbicyclo[3.1.0]hexane
- Synonymes : thuy-4(10)-ène
- Numéro CAS : 3387-41-5 (RS)  
2009-00-9 (R)(+)  
10408-16-9 (S)(-)

## b) Propriétés chimiques

- Formule brute :  $C_{10}H_{16}$
- Masse molaire :  $136,234 \pm 0,0091$  g/mol (C 88,16 %, H 11,84 %)

## c) Propriétés physiques

- Densité : 0.844 g/mL at 20 °C  $g/cm^3$
- Température de fusion: 163,55 °C

## d) Précautions

Système général harmonisé :



- Mentions de danger :

H226 : Liquide et vapeurs inflammables

H302 : Nocif en cas d'ingestion

- Conseils de prudence :

P210 : Tenir à l'écart de la chaleur. Ne pas fumer.

P270 : Ne pas manger, boire ou fumer en manipulant ce produit.



# IV. PROPRIETES PHARMACOLOGIQUES

## A. DE L'HUILE ESSENTIELLE

### 1. EFFETS IMMUNOMODULATEURS ET ANTI-INFLAMMATOIRES

#### a) Etudes réalisées in vitro

##### *(1) Sur l'activité phagocytaire (55)*

Dans cette étude, il a été recherché si l'extrait d'huile essentielle d'eucalyptus (espèce non spécifiée dans l'étude) pouvait modifier l'aptitude phagocytaire des macrophages dérivés de monocytes humains (MDM) in vitro et des monocytes / granulocytes du sang périphérique de rat in vivo en l'absence ou en présence d'une immuno-suppression induite par l'agent chimiothérapeutique 5-fluorouracile (5-FU). L'activation morphologique des macrophages dérivés de monocytes humains a été analysée par microscopie électronique à balayage.

L'activité phagocytaire a été testée:

- in vitro dans des macrophages dérivés de monocytes humains traités ou non à l'huile d'eucalyptus, par microscopie confocale après administration de billes fluorescentes;
- in vivo dans des monocytes / granulocytes à partir de sang périphérique de rats immuno-compétents ou immunodéprimés au 5-FU, après administration orale d'huile essentielle, par cytométrie en flux en utilisant *Escherichia coli* marqué à la fluorescéine.

L'huile essentielle d'eucalyptus est capable d'induire l'activation des macrophages dérivés de monocytes humains en stimulant considérablement leur réponse phagocytaire. L'internalisation stimulée par l'huile d'eucalyptus est couplée à une faible libération de cytokines pro-inflammatoires et nécessite l'intégrité du réseau de microtubules, ce qui suggère que l'huile d'eucalyptus peut agir par le biais d'une phagocytose à médiation par le récepteur du complément. La mise en œuvre d'une réponse immunitaire à médiation cellulaire innée a également été observée in vivo après l'administration de l'huile d'eucalyptus, impliquant principalement les monocytes / granulocytes du sang périphérique. Le traitement combiné 5-FU / huile essentielle d'eucalyptus a inhibé la myélotoxicité induite par le 5-FU et a augmenté l'activité phagocytaire du système granulocytaire / monocyttaire (diminuée de manière significative par l'agent chimiothérapeutique).

## (2) *Sur la production de cytokines (56)*

La valeur thérapeutique des agents sécrétolytiques dans la BPCO (bronchopneumopathie chronique obstructive) et l'asthme est encore controversée. Pour cette raison, dans une étude préclinique, l'objectif était de tester l'efficacité anti-inflammatoire potentielle du 1,8-cinéole (eucalyptol) dans l'inhibition de la production de cytokines stimulées par LPS (lipopolysaccharides, qui se lient au récepteur TLR4 et promeut la libération de cytokines pro-inflammatoires) par les lymphocytes et les monocytes.

La production de cytokines a été déterminée après 20 h d'incubation de cellules avec du 1,8-cinéole (dosage immunoenzymatique).

La présence de 1,8-cinéole (1,5 µg /ml) a montré une inhibition significative (n = 13-19, p. 0,0001) de la production de cytokines dans les lymphocytes (TNF-α (92%) ; IL-1β(84%) ; IL-4(70%) ; IL-5(65%)). La production de cytokines dans les monocytes était également significativement inhibée (n = 7-16, p <0,001) (TNF-α (99%) ; IL-1β (84%) ; IL-6(76%) ; IL-8(65%)).

En présence de 1,8-cinéole (0,15 µg/ml), l'inhibition de la production par les monocytes de TNF-α était de 77% et celle de IL-1β était de 61%. L'inhibition de la production par les lymphocytes de TNF-α était de 16% et celle de IL-1β était de 36%.

Ces résultats caractérisent le 1,8-cinéole en tant qu'inhibiteur puissant du TNF-α et de l'IL-1β et suggèrent des effets plus faibles sur les cytokines chimiotactiques. On pourrait donc étudier le rôle du 1,8-cinéole dans le contrôle de l'hypersécrétion de mucus dans les voies respiratoires par inhibition de la libération de cytokines.

## **b) Etude réalisée sur le rat<sup>(57)</sup>**

L'objectif de cette étude était d'étudier l'effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur la bronchiolite et l'hypersécrétion de mucine dans la bronchite chronique provoquée par le lipopolysaccharide chez le rat. Le « modèle de rat » a été établi par instillation intratrachéale de 0,2 mg de lipopolysaccharide. Les modifications pathologiques, l'altération du liquide de lavage broncho-alvéolaire (LBA) et les caractères d'immunohistochimie ont été examinés au bout de 3 semaines et l'effet de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été observé.

Les symptômes des manifestations pathologiques de la bronchite chronique ont été retrouvés après l'instillation de LPS. L'infiltration de cellules inflammatoires et la gravité de la bronchite ont été significativement réduites après l'administration de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Surtout chez les rats traités à 300 mg/kg, il y avait une diminution significative de la teneur en mucine dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire et dans l'épithélium de la trachée et des bronchioles.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a un effet anti-inflammatoire sur la bronchite chronique provoquée par le lipopolysaccharide chez le rat et un effet inhibiteur sur l'hypersécrétion de mucines des voies respiratoires.

### **c) L'asthme**

#### **(1) Définition**

L'asthme signifiant est une maladie du système respiratoire touchant les voies aériennes inférieures et notamment les bronchioles, définie comme étant une gêne respiratoire à l'expiration.

La maladie s'explique par trois mécanismes caractéristiques :

- une inflammation avec œdème de l'épithélium bronchique ;
- une bronchoconstriction par bronchospasmes ;
- une hyperactivité bronchique (chronique ou non) se manifestant par une sécrétion accrue de mucus, notamment due à un remodelage des voies respiratoires supérieures.

#### **(2) Etude ex-vivo<sup>(58)</sup> sur l'inhibition de la voie de l'acide arachidonique**

Les monoterpènes sont prescrits pour traiter les troubles obstructifs chroniques des voies respiratoires, principalement en raison de leurs propriétés sécrétolytiques bien connues. Le but de cette étude était d'étudier l'effet du 1,8-cinéole (Soledum ©) sur le métabolisme de l'acide arachidonique dans les monocytes sanguins de patients souffrant d'asthme bronchique.

Des patients souffrant d'asthme bronchique (n = 10) et des sujets sains (n = 12) ont été inclus dans l'étude. La production des métabolites de l'acide arachidonique représentatifs tels que LTB4 et PGE2, à partir de monocytes isolés stimulés avec l'ionophore de calcium A23187, a été mesurée ex vivo avant traitement avec 1,8 cinéole (3 x 200 mg / jour), après trois jours de traitement (jour 4) et quatre jours après l'arrêt du 1,8 cinéole (jour 8).

La production de LTB<sub>4</sub> et de PGE<sub>2</sub> à partir de monocytes ex vivo a été significativement inhibée au jour 4 chez les patients asthmatiques bronchiques (- 40,3%, n = 10 et - 31,3%, p = 0,1, n = 3 respectivement) ainsi que chez des volontaires sains (-57,9%, n = 12 et -42,7%, n = 8 respectivement).

En conclusion, il a été démontré que le 1,8-cinéole inhibe la LTB<sub>4</sub> et la PGE<sub>2</sub>, les deux voies du métabolisme de l'acide arachidonique. D'autres études sont nécessaires pour montrer que le 1,8-cinéole convient au traitement de l'asthme bronchique.

### ***(3) Etude Clinique en double aveugle contrôlé par placebo*** <sup>(59)</sup>

L'hypersécrétion des voies respiratoires est régulée par une libération accrue de médiateurs inflammatoires et peut être améliorée par l'inhibition de la production de ces médiateurs. Le 1,8-cinéole (eucalyptol) qui est connu comme le monoterpène principal de l'huile essentielle d'eucalyptus, inhibe le métabolisme de l'acide arachidonique et la production de cytokines dans les monocytes humains. L'objectif de cette étude était donc d'évaluer l'efficacité anti-inflammatoire du 1,8-cinéole en déterminant son efficacité équivalente en prednisolone chez des patients souffrant d'asthme sévère.

Trente-deux patients souffrant d'asthme (traités par corticostéroïdes) ont été inclus dans un essai en double aveugle contrôlé par placebo. Après avoir déterminé la dose efficace de stéroïdes par voie orale pendant une phase de rodage de 2 mois, les sujets ont été répartis au hasard pour recevoir soit 200 mg de 1,8-cinéole ou un placebo pendant 12 semaines.

Les glucocorticostéroïdes oraux ont été réduits par palier de 2,5 mg toutes les 3 semaines. L'objectif principal de cette étude était d'établir la capacité orale de 1,8 cinéole afin de limiter l'utilisation des glucocorticostéroïdes dans l'asthme sévère corticodépendant.

La diminution de la posologie quotidienne de prednisolone de 36% (plage: 2,5-10 mg, moyenne: 3,75 mg) contre une diminution de seulement 7% (2,5-5 mg, moyenne: 0,91 mg) dans le groupe placebo (P = 0,006) ont été tolérées. 12 des 16 patients traités par le 1,8-cinéole et 4 des 16 patients sous placebo ont obtenu une réduction de l'utilisation des corticostéroïdes oraux (p = 0,012). La thérapie systémique à long terme au 1,8-cinéole a un effet important sur la diminution de l'utilisation de corticostéroïdes dans l'asthme corticodépendant.

## **d) La rhinosinusite**

### ***(1) Définition***

La rhinosinusite est une infection inflammatoire des voies nasales et des sinus où on est en présence d'au moins deux des symptômes suivants :

- Drainage mucopurulent antérieur et/ou postérieur
- Obstruction nasale
- Algie faciale, sensation de pression et/ou de plénitude
- Diminution de l'odorat

### ***(2) Etude randomisée en double aveugle contrôlée par placebo*** <sup>(60)</sup>

L'objectif de cette étude était de démontrer que la rhinosinusite non purulente peut être traitée avec succès par le 1,8-cinéole. C'est une étude prospective, randomisée, à double aveugle, contrôlée par placebo. Il a été comparé l'efficacité et la sécurité des capsules de 1,8-cinéole avec des capsules de placebo chez 152 patients atteints de rhinosinusite aiguë (76 patients dans chaque groupe de traitement). La posologie de l'ingrédient actif était de deux capsules de 100 mg de 1,8-cinéole trois fois par jour. Le critère d'évaluation principal était la réduction d'un score défini sur la base des symptômes et des signes comparant la différence de traitement de base du début à la fin du traitement de 7 jours. Au début, le score moyen était de 15,6 dans les deux groupes de traitement.

Les valeurs moyennes des scores dans le groupe 1,8-cinéole étaient de  $6,9 \pm 2,9$  après 4 jours et de  $3,0 \pm 2,8$  après 7 jours, et dans le groupe placebo de  $12,2 \pm 2,5$  après 4 jours et de  $9,2 \pm 3,0$  après 7 jours. Les différences entre les deux groupes étaient cliniquement pertinentes et statistiquement significatives après 4 et 7 jours. Le résultat pour le critère principal a été validé par l'amélioration des critères secondaires suivants: céphalées cervicogéniques, céphalées frontales, sensibilité des points de pression du nerf trijumeau, altération de l'état général, obstruction nasale et sécrétions nasales. Des effets indésirables bénins, qui pourraient être associés aux médicaments, ont été observés chez deux patients: brûlures d'estomac et exanthème après le traitement au 1,8-cinéole.

En conclusion, chez les patients atteints de rhinosinusite aiguë non purulente, un traitement rapide au 1,8-cinéole est efficace et semble sans danger.

## e) La broncho-pneumopathie chronique obstructive

### *(1) Définition*

La broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) est une maladie chronique, inflammatoire, lentement progressive affectant les bronches et entraînant des lésions anatomiques et fonctionnelles des poumons. Cette affection est caractérisée par une réduction non complètement réversible des débits aériens, facilement détectée par la mesure du souffle. Dans plus de 80% des cas, cette maladie est causée par le tabac. Cette maladie, d'abord « silencieuse », débute par une toux, une expectoration matinale, symptômes souvent banalisés et attribués à la « bronchite chronique » du fumeur par les patients eux-mêmes. La BPCO, longtemps non ressentie par le malade et insuffisamment diagnostiquée, évolue à bas bruit, en l'absence de prise en charge adaptée et peut être responsable d'une insuffisance respiratoire sévère limitant le moindre effort de la vie quotidienne, de complications aiguës (les exacerbations) et de décès prématuré avant 65 ans.

### *(2) Etude en double aveugle contrôlée par placebo <sup>(61)</sup>*

Il a été émis l'hypothèse que les effets mucolytiques, bronchodilatateurs et anti-inflammatoires connus du 1,8-cinéole en tant que traitement concomitant réduiraient le taux d'exacerbation bronchique et montreraient une amélioration de la fonction pulmonaire ainsi que de la qualité de vie des patients atteints de Bronchopneumopathie chronique obstructive.

Dans cette étude multicentrique en double aveugle et contrôlée contre placebo, il a été assigné au hasard 242 patients atteints de BPCO stable à recevoir 200 mg de 1,8-cinéole ou de placebo 3 fois par jour en association avec leur traitement habituel pendant 6 mois en hiver. La fréquence, la durée et la gravité des exacerbations ont été combinées en tant que critères de jugement principaux pour le test selon plusieurs critères. Les mesures de résultats secondaires comprenaient les modifications de la fonction pulmonaire, des symptômes respiratoires et de la qualité de vie, ainsi que les paramètres uniques des exacerbations.

Les données démographiques, la fonction pulmonaire et la médication standard des deux groupes étaient comparables. Au cours de la période de traitement de 6 mois, la fréquence des critères multiples, la sévérité et la durée des exacerbations étaient significativement plus faibles dans le groupe traité avec le 1,8-cinéole par rapport au placebo. Les mesures de résultats secondaires ont validé ces résultats.

L'amélioration de la fonction pulmonaire, de la dyspnée et de la qualité de vie en tant que critères multiples était statistiquement significative par rapport au placebo. Les événements indésirables étaient comparables dans les deux groupes.

En conclusion, un traitement concomitant par le 1,8-cinéole réduit les exacerbations ainsi que la dyspnée et améliore la fonction pulmonaire et l'état de santé. Cette étude suggère en outre que le 1,8-cinéole est un régulateur actif de l'inflammation des voies respiratoires dans la BPCO en intervenant dans la physiopathologie de l'inflammation des voies respiratoires de la membrane muqueuse.

## 2. L'EFFET ANALGÉSIQUE

### a) *Effets analgésiques centraux et périphériques chez la souris* <sup>(62)</sup>

De nombreuses espèces du genre *Eucalyptus* sont utilisées dans la médecine traditionnelle brésilienne pour le traitement de diverses maladies, telles que le rhume, la grippe, la fièvre et les infections bronchiques. Dans cette étude, il a été évalué les effets analgésiques et anti-inflammatoires d'extraits d'huiles essentielles de trois espèces d'*Eucalyptus* en utilisant divers modèles de tests expérimentaux standards.

En utilisant les tests de contractions induites par l'acide acétique chez les souris et de stimulation thermique par plaque chauffante chez les rats, il a été démontré que les huiles essentielles d'*Eucalyptus citriodora*, d'*Eucalyptus tereticornis* et d'*Eucalyptus globulus* induisaient des effets analgésiques dans les deux modèles ce qui suggérerait des actions périphériques et centrales.

Prises ensemble, les données suggèrent que les extraits d'huiles essentielles d'*Eucalyptus citriodora*, d'*Eucalyptus tereticornis* et d'*Eucalyptus globulus* possèdent des effets analgésiques centraux et périphériques ainsi que des activités anti-inflammatoires. Ces premières observations corroborent l'utilisation rapportée de l'eucalyptus dans la médecine traditionnelle brésilienne. Des recherches supplémentaires sont justifiées pour le développement possible de nouvelles classes de médicaments analgésiques et anti-inflammatoires à partir de composants des huiles essentielles du genre *Eucalyptus*.

***b) Action du 1,8-cinéole chez le rat*** <sup>(63)</sup>

Le 1,8-cinéole exerce un effet inhibiteur sur certains types d'inflammation expérimentale chez le rat, à savoir l'œdème de la patte induit par le carraghénane et le granulome induit par les boulettes de coton. Le 1,8-cinéole inhibe également chez la souris l'augmentation de la perméabilité capillaire péritonéale induite par l'acide acétique et la nociception chimique induite par le formol intra-plantaire et l'acide acétique intra-péritonéal. L'activité était présente dans ces tests, à une plage de doses orale de 100 à 400 mg / kg.

Dans le test au formol, l'effet antinociceptif du cinéole n'a pas été inversé par le pré-traitement des souris avec de la naloxone (1 mg/kg en injection sous cutanée) qui est un antagoniste des récepteurs opioïdes  $\mu$  suggérant l'implication d'un mécanisme non opioïde. Le 1,8-cinéole a démontré un effet inhibiteur significatif sur la locomotion et a également potentialisé le temps de sommeil induit par le pentobarbital chez la souris, indiquant un effet déresseur plausible sur le système nerveux central. Les présents résultats, combinés aux autres études décrivant les effets inhibiteurs du 1,8-cinéole sur la formation de prostaglandines et de cytokines par des monocytes stimulés in vitro, pourraient fournir une preuve supplémentaire de son utilisation potentiellement bénéfique en thérapie en tant qu'agent anti-inflammatoire et analgésique.

***c) Action du 1,8-cinéole sur la membrane cytoplasmique neuronale*** <sup>(64)</sup>

Dans la présente étude, en utilisant des techniques d'enregistrement intracellulaire, nous avons étudié les effets du 1,8-cinéole sur les paramètres électrophysiologiques des neurones du ganglion cervical supérieur chez le rat.

L'excitabilité nerveuse a été mesurée via le système intracellulaire d'enregistrement après injection intracellulaire de 1,8-cinéole à des concentrations de 0,1, 1,0, 3,0 et 6,0 mM injectés. L'inhibition de l'excitabilité a été observée aux concentrations de 1,0, 3,0 et 6,0 mM. La concentration de 6,0 mM a montré une diminution significative de l'excitabilité, provoquant un blocage du potentiel d'action complet dans tous les neurones testés. Les auteurs en ont conclu que le mécanisme d'action est indirectement du à la dépolarisation de la membrane cytoplasmique neuronale.

### 3. ACTION ANTIBACTERIENNE

#### a) Sur *Staphylococcus aureus* <sup>(65)</sup>

L'activité antibactérienne de plusieurs huiles essentielles a été évaluée contre *Staphylococcus aureus*. L'addition d'huiles essentielles dans un bouillon nutritif a permis d'inhiber la croissance bactérienne : huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* (13 mm) > *Chamaemelum nobile* (12,5 mm) > *Eucalyptus globulus* (12 mm) en utilisant des disques de 4mm de diamètre. Une inhibition de 100 % est obtenue à une concentration de 100 µl d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, à 50 µl d'huile essentielle de *Chamaemelum nobile* et à seulement 10 µl pour l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia*.

#### b) Sur *Streptococcus mutans* <sup>(66)</sup>

Une autre étude in vitro a examiné la production d'un biofilm de *Streptococcus mutans* au niveau dentaire (qui est la principale cause des caries dentaires) face à des concentrations d'huiles essentielles de *Mentha spicata*, d'*Eucalyptus camaldulensis* et de chlorhexidine (un antibiotique bactéricide à large spectre).

15 composés (*Mentha spicata*) et 21 composés (*Eucalyptus camdulensis*) ont été identifiés dans les huiles essentielles. Les concentrations minimales bactéricides (CMB) des huiles essentielles de *Mentha spicata* et d'*Eucalyptus camaldulensis* ont été montrés à 4mg/ml (*Streptococcus mutans*) et 2 mg/ml (*Streptococcus pyogenes*), et celles de la chlorhexidine (2%) étaient de 8mg/ml (*Streptococcus mutans*) et 1 mg/ml (*Streptococcus pyogenes*). Le temps de réduction décimale appelé valeur D (temps requis en minutes pour tuer 90% d'une population de bactéries) pour *Streptococcus mutans* par les huiles essentielles de *Mentha spicata* et de *Eucalyptus camaldulensis* à leurs niveaux CMB était de 2,8 min, tandis que celle de chlorhexidine était de 12,8 min. La valeur D de *Streptococcus pyogenes* exposés à des niveaux de CMB des huiles essentielles de *Mentha spicata* et d'*Eucalyptus camaldulensis* et de chlorhexidine étaient respectivement de 4,3 ; 3,6 et 2,8 min. De plus l'efficacité préventive de toutes les concentrations d'huile d'eucalyptus ont été significativement ( $P < 0,001$ ) plus élevées que celles de l'huile essentielles de *Mentha spicata* et la chlorhexidine.

Les huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Mentha spicata* retardent la formation de biofilm qui peut contribuer au développement de nouveaux traitements anti-caries.

**c) Les huiles essentielles d'*Eucalyptus sideroxylon* et d'*Eucalyptus torquata* <sup>(67)</sup>**

Les huiles essentielles de différentes parties de la plante (feuilles, la tige, et la fleur) de deux espèces d'eucalyptus (*Eucalyptus sideroxylon* et *Eucalyptus torquata*) ont été testées pour leur activité antimicrobienne contre neuf espèces bactériennes. Les quatre bactéries gram-positives (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, et *Bacillus subtilis*) ont montré une sensibilité élevée à l'huile essentielle de ces deux Eucalyptus ; seules deux des cinq bactéries gram-négatives testées (*Klebsiella pneumoniae* et *Proteus mirabilis*) ont montré une faible sensibilité; *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* n'ont pas montré pas de sensibilité significative à ces deux huiles essentielles.

**d) L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* <sup>(68)</sup>**

L'effet antimicrobien de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été étudiée sur les bactéries à partir de prélèvements d'échantillons humains : 120 isolats de *Streptococcus pyogenes* (Gram positif), 20 isolats de *Streptococcus pneumoniae* (Gram positif), 40 isolats de *Streptococcus agalactiae* (Gram positif), 20 isolats de *Staphylococcus aureus* (Gram positif), 40 isolats de *Haemophilus influenza* (Gram négatif), 30 isolats de *Haemophilus parainfluenzae* (Gram négatif), 10 isolats de *Klebsiella pneumoniae* (Gram négatif), et 10 isolats de *Stenotrophomonas maltophilia* (Gram négatif). Les bactéries les plus sensibles étaient *Haemophilus influenza*, *Haemophilus parainfluenzae* et *Stenotrophomonas maltophilia*. Une certaine sensibilité a été montrée par *Streptococcus pneumoniae* et *Streptococcus agalactiae*, alors qu'il y avait peu d'effet antibactérien contre *Streptococcus pyogenes* ou *Staphylococcus aureus*. L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* n'a montré aucune efficacité contre *Klebsiella pneumoniae*.

#### 4. ACTION ANTIVIRALE

##### a) Sur l' *Herpes simplex virus 1* <sup>(69)</sup>

Les huiles essentielles d'eucalyptus (espèce non donnée), de *Melaleuca alternifolia* et de *Thymus vulgaris* ont été testées in vitro pour l'activité antivirale contre le type *Herpes simplex virus 1* (HSV-1). Les composants des huiles essentielles ont également été testés de manière individuelle. Toutes les huiles essentielles ont fortement réduits la charge virale mais l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* était plus active que celle de *Thymus vulgaris*, qui était plus active que l'huile essentielle d'Eucalyptus.

Bien que tous les monoterpènes seuls fussent efficaces, le 1,8-cinéole a montré l'efficacité la plus faible.

L'activité anti-HSV-1 est obtenue par l'inactivation directe de particules virales libres. Tous les composés des huiles essentielles ont été testés de manière dose-dépendante. Il a été révélé que les monoterpènes ont une activité antivirale légèrement supérieure aux monoterpènes ayant une fonction alcool, l' $\alpha$ -pinène et l' $\alpha$ -terpinéol montrant l'effet le plus important. L'indice de sélectivité (Cytotoxicité totale<sub>50</sub>/concentration inhibitrice<sub>50</sub>) qui est un indicateur d'efficacité, était de 5,3 pour l'huile essentielle d'Eucalyptus, 60,0 pour l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia*, et de 6,4 pour l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*.

##### b) Sur le virus de la grippe <sup>(70)</sup>

La vaccination est le moyen de protection le plus efficace contre la grippe. Cependant, les différents vaccins ont une faible efficacité de protection contre les souches pandémiques en raison de la dérive antigénique et de la recombinaison du virus de la grippe. Le traitement adjuvant est l'une des initiatives visant à améliorer la protection croisée efficace du vaccin antigrippal contre l'infection par le virus de la grippe. Une précédente étude a confirmé que le 1,8-cinéole inhibe le NF- $\kappa$ B, réduit les cytokines pro-inflammatoires et soulage les modifications pathologiques de la pneumonie virale chez les souris infectées par le virus de la grippe. Le 1,8-cinéole, administré par voie intranasale, peut également avoir la capacité d'être un adjuvant du vaccin antigrippal. Cette étude a été conçue pour étudier l'utilisation potentielle de la co-administration de 1,8-cinéole, un composant majeur des huiles essentielles d'Eucalyptus, avec le vaccin antigrippal et pourrait éventuellement fournir une protection croisée contre l'infection par le virus de la grippe chez un modèle murin.

L'administration par voie intranasale de 1,8-cinéole à deux doses (6,25 et 12,5 mg/kg) avec le vaccin antigrippal a été étudiée chez un modèle murin afin de déterminer si elle pourrait fournir une protection croisée contre l'infection par le virus de la grippe.

Les souris ont été immunisées par voie intranasale à trois reprises à 0, 7 et 14 jours avec un vaccin contenant 0,2 µg d'hémagglutinine avec/ou sans 1,8-cinéole. Sept jours après la troisième dose d'immunisation, les souris ont été infectées avec 50 µl de virus de la grippe (H<sub>1</sub>N<sub>1</sub>). Au jour 6 après l'infection, 10 souris par groupe ont été sacrifiées pour prélever des échantillons et détecter la charge virale. De plus, des expériences de survie ont été menées pour étudier la survie de souris.

L'administration intranasale de 1,8-cinéole augmentait la production d'anticorps anti-immunoglobuline IgG<sub>2a</sub> sériques spécifiques de la grippe, stimulait les réponses IgA sécrétées par les muqueuses au niveau de la cavité nasale, améliorait l'expression dans les voies respiratoires supérieures lymphocytes intraépithéliaux, favorisait la maturation des cellules dendritiques et l'expression de signaux de co-stimulation (cluster de différenciation CD40, CD80 et CD86) dans le sang périphérique. Il est important de noter que les souris ayant reçu le vaccin antigrippal supplémenté en 1,8-cinéole présentaient une durée de survie plus longue, une inflammation moins sévère, une perte de poids et un taux de mortalité moins élevés. Ainsi l'immunisation par un vaccin contenant un adjuvant 1,8-cinéole induit une immunité protectrice croisée supérieure contre l'infection par la grippe par rapport à un vaccin inactivé.

## **5. ACTION ANTIPARASITAIRE sur des nématodes <sup>(71)</sup>**

Une étude a évalué l'efficacité antihelminthique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* in vivo.

Les résultats ont montré que 5,3 mg/mL d'huile essentielle permettaient l'inhibition de 98% de l'incubation des oeufs et qu'à une concentration de 10,6 mg/mL on observait une inhibition de 99,71% du développement larvaire. Les doses létales pour 50% des souris étaient de 4153mg/kg par voie orale et de 622,8 mg/kg pour la voie intra-péritonéale. Dans le test de réduction du nombre d'œufs dans les selles de chèvres huit jours après le traitement, l'efficacité de l'ivermectine était de 66,25 % et l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* était de 79.16%.

L'ivermectine est un antihelminthique. Elle présente une affinité importante pour les canaux chlorure glutamate-dépendants présents dans les cellules nerveuses et musculaires des invertébrés. Sa fixation sur ces canaux favorise une augmentation de la perméabilité membranaire aux ions chlorure entraînant une hyperpolarisation de la cellule nerveuse ou musculaire. Il en résulte une paralysie neuromusculaire pouvant entraîner la mort de certains parasites.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* a montré in vitro et in vivo une activité anthelminthique.

## 6. ACTION ANTIMYCOSIQUE

### a) Contre des espèces de *Fusarium* <sup>(72)</sup>

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh contre cinq espèces de *Fusarium* communément associées au maïs. L'huile essentielle avait été extraite par distillation à la vapeur à partir de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* et leur composition chimique caractérisée par spectrométrie de masse par chromatographie en phase gazeuse.

L'activité antifongique de différentes concentrations d'huile essentielle a été évaluée en utilisant la méthode de diffusion sur disque permettant de définir la croissance mycélienne, la concentration minimale inhibitrice et la concentration minimale fongicide de l'huile essentielle sur les agents pathogènes testés. Les composés les plus abondants recensés dans l'huile essentielle étaient le 1,8-cinéole (16,2%), l' $\alpha$ -pinène (15,6%), l' $\alpha$ -phellandrène (10,0%) et le p-cymène (8,1%).

L'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* a produit une inhibition complète de la croissance mycélienne chez tous les agents pathogènes testés à une concentration de 7 à 8  $\mu\text{L} / \text{mL}$  après cinq jours d'incubation. Les concentrations minimales inhibitrices étaient comprises entre 7 et 8  $\mu\text{L}/\text{mL}$  et les concentrations fongicides de l'huile essentielle sur les champignons testés étaient 8 et 10  $\mu\text{L}/\text{mL}$ . Ces résultats confirment les propriétés fongicides de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* et leur utilisation potentielle dans la gestion des espèces de *Fusarium* et comme alternatives possibles aux fongicides synthétiques.

### **b) Contre la pourriture fongique du raisin<sup>(73)</sup>**

L'objectif de la présente étude était de déterminer la composition chimique des huiles essentielles de l'*Eucalyptus staigeriana* et de l'*Eucalyptus globulus*, ainsi que leur effet in vitro et in vivo contre *Botrytis cinerea* (champignon phytopathogène responsable de la pourriture grise) et *Colletotrichum acutatum* (champignon phytopathogène capable d'infecter de nombreuses plantes cultivées) responsables de pourriture fongique du raisin.

Le composé principal de l'huile essentielle d'*Eucalyptus staigeriana* était le citral à 30,91% (19,74% de géraniol, 11,17% de néral), le 1,8-cinéole (24,59%) et le limonène (19,47%), tandis que le 1,8-cinéole représentait 68,26% de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*. Les deux huiles essentielles ont montré une activité antifongique in vitro contre les deux agents pathogènes. L'huile essentielle d'*Eucalyptus staigeriana* présentait la plus forte inhibition de la croissance mycélienne et de la germination des conidies à la concentration de 0,5 µL/mL (spore assurant la multiplication asexuée des champignons et non capable de mobilité autonome). De plus, cette huile essentielle a permis de réduire l'incidence et la sévérité de la pourriture grise causée par *Botrytis cinerea* et la sévérité de la pourriture causée par *Colletotrichum acutatum*.

Ces résultats sont prometteurs et indiquent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus staigeriana* pourrait faire l'objet d'une étude plus approfondie en tant qu'alternative naturelle pour lutter contre la pourriture fongique des raisins à vin.

### **c) Comparaison avec le fluconazole<sup>(67)</sup>**

Deux espèces d'eucalyptus (*Eucalyptus Sideroxylon* et *Eucalyptus torquata*) ont été testées pour leur activité antifongique. Ces huiles essentielles d'*Eucalyptus* ont montré (dans l'ordre) une forte activité antifongique contre *Candida albicans*, *Aspergillus flavus* et *Aspergillus niger*, en utilisant le fluconazole (antifongique apparenté à la famille des imidazolés ; utilisé pour traiter les candidoses généralisées et les mycoses de la peau et des muqueuses, prévenir les récives de candidoses, traiter la méningite à cryptocoques...) comme contrôle.

#### **d) Comparaison avec d'autres huiles essentielles<sup>(74)</sup>**

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et 29 autres huiles essentielles ont été évaluées face à la formation du biofilm de souches de *Candida albicans*, à la fois sensible et résistant au fluconazole. Dix-huit huiles ont montré une activité contre *Candida albicans* avec un pourcentage d'inhibition élevé pour l'*Eucalyptus globulus* (81%), *Mentha spicata* (74%), *Zingiber officinale* (40%) et *Syzygium aromaticum* (29%).

Le fluconazole a montré une inhibition de 78%, ce qui était inférieur à l'*Eucalyptus globulus*.

## **7. ACTION ANTISPASMODIQUE**

#### **a) Effet myorelaxant de l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis*<sup>(75)</sup>**

Les effets de l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* ont été étudiés sur le muscle lisse trachéal du cobaye.

L'huile essentielle à une concentration de 10 à 1000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  a relâché le tonus basal trachéal avec une concentration efficace médiane ( $EC_{50}$ ) de 125,3  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Sa relaxation maximale ( $40 \pm 6\%$ ) était significativement inférieure à celle évoquée par l'aminophylline ( $209 \pm 34\%$ ). Les contractions induites par les ions  $K^+$  ont été significativement réduites à la fois par l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* (à des concentrations comprises entre 200 et 1000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) et son constituant principal 1,8-cinéole à des concentrations comprises entre 600 et 1000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ . Les contractions induites par l'acétylcholine (1  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) ont été significativement augmentées par le 1,8-cinéole (10 à 1000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ). Cependant, elles ont été significativement réduites par des concentrations inférieures (200 à 400  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ) et supérieures (800 à 1 000  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ). Les contractions induites par la stimulation du champ électrique étaient significativement augmentées avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* (100 à 600  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ).

En conclusion, l'huile essentielle d'*Eucalyptus tereticornis* produit des effets myorelaxants sur la trachée isolée du cobaye, effet qui semble résulter d'une interaction complexe entre ses constituants monoterpénoïdes.

#### **b) Effet myorelaxant du 1,8-cinéole <sup>(76)</sup>**

Le but de cette étude était d'étudier le mécanisme qui sous-tend les effets myorelaxants de 1,8-cinéole sur des trachées isolées de cochons de Guinée (sur des cobayes naifs et sur des animaux sensibilisés à l'ovalbumine par stimulation antigénique). Des enregistrements isométriques ont été réalisés sur des anneaux trachéaux isolés. Les anneaux avec un épithélium intact s'assouplissent au-delà du tonus basal en présence de 1,8-cinéole (à des concentrations de  $6,5 \times 10^{-6}$  à  $2 \times 10^{-2}$  mol/L) de manière dépendante de la concentration ( $P < 0,001$ ) avec une valeur de puissance  $pD_2$  de 2,23 (intervalle de confiance à 95%: 2,10-2,37). En conclusion, les résultats de cette étude ont montré que le 1,8-cinéole est un myorelaxant de la trachée qui agit préférentiellement sur les réponses contractiles suscitées de manière électromécanique.

#### **8. ACTIVITÉ CYTOTOXIQUE <sup>(77)</sup>**

Une étude s'est penchée sur le potentiel cytotoxique in vitro des huiles essentielles des feuilles jeunes et adultes d'*Eucalyptus benthamii* et des terpènes liés ( $\alpha$ -pinène, terpinène-4-ol et  $\gamma$ -terpinène) sur des cellules de Jurkat (lignée cellulaire immortalisée de lymphocyte T CD4 humain, dont l'une des particularités est la capacité à produire de l'interleukine 2) et des cellules HeLa (lignée cellulaire cancéreuse, ces cellules proviennent d'un prélèvement de métastase effectué sur une patiente atteinte d'un cancer du col de l'utérus et décédée en 1951, Henrietta Lacks). En ce qui concerne l'activité cytotoxique sur la base de test MTT (méthode rapide de numération des cellules vivantes), les huiles essentielles de feuilles jeunes et de feuilles adultes d'*Eucalyptus benthamii* ont montré de meilleurs résultats que l' $\alpha$ -pinène et l' $\gamma$ -terpinène. Le terpinène-4-ol a montré un effet cytotoxique contre les cellules Jurkat similaire à celui observé par les deux huiles essentielles.

Les résultats de l'activité de la LDH (lactate deshydrogénase) ont indiqué que l'activité cytotoxique contre des cellules Jurkat impliquait probablement la mort cellulaire par apoptose. En effet la cytotoxicité est classiquement évaluée par la quantification des lésions de la membrane plasmique sur la mesure de l'activité de la lactate déshydrogénase (LDH) libérée par les cellules endommagées.

La diminution de la teneur en ADN cellulaire a été démontrée en raison de l'inhibition de la prolifération des cellules Jurkat à la suite de la cytotoxicité. En général, les huiles essentielles obtenues à partir de feuilles jeunes et de feuilles adultes d'*Eucalyptus benthamii* présentent une cytotoxicité contre des lignées cellulaires tumorales étudiées qui confirme leur potentiel anti-tumoral.

## 9. ACTIVITÉ ANTI-OXYDANTE

### a) D'*Eucalyptus tereticornis* <sup>(78)</sup>

L'huile essentielle d'*Eucalyptus* peut aussi avoir des propriétés antioxydantes. La composition d'huiles essentielles hydrodistillées à partir de feuilles fraîches et de feuilles en décomposition d'*Eucalyptus tereticornis* a été analysée par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse. Un total de 68 constituants a été identifié.

L'activité antioxydante de ces huiles essentielles a été comparée aux activités antioxydantes du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil (DPPH), radical hydroxyle (OH<sup>·</sup>) ainsi que de l'anion superoxyde (O<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Les principaux constituants de l'huile essentielle de feuille fraîche étaient l' $\alpha$ -pinène (28,53%) et le 1,8-cinéole (19,48%), alors que dans l'huile essentielle de feuille en décomposition, le  $\beta$ -citronellal (14,15%), l'isopulégol (13,35%) et le (+)- $\beta$ -citronellol (10,73%) étaient les principaux composants. Les deux huiles essentielles ont montré une forte activité de piégeage des radicaux contre les radicaux DPPH avec des valeurs de CI<sub>50</sub> de 110 et 139,8  $\mu$ g/mL pour les huiles de feuilles fraîches et en décomposition (en comparaison la CI<sub>50</sub> du butylhydroxytoluène qui est un conservateur utilisé comme additif alimentaire est de 164,2 $\mu$ g/mL).

Fait intéressant, les constituants majeurs n'obtiennent pas de manière individuelle de résultats exceptionnels comparés à l'huile essentielle dans sa totalité, ce qui suggère une synergie d'action entre ces constituants.

**b) D' *Eucalyptus polyanthemos*, *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus periniana* <sup>(79)</sup>**

Les huiles essentielles de trois espèces (*Eucalyptus polyanthemos*, *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus periniana*) ont été testés vis-à-vis de leurs propriétés antioxydantes. *Eucalyptus polyanthemos* a montré une activité antioxydante comparable à l' $\alpha$ -tocophérol (forme de vitamine E ayant une activité anti-oxydante reconnue) en inhibant l'oxydation de l'hexanaldéhyde en acide hexanoïque pendant au moins 30 jours.

En effet, avec une concentration de 500  $\mu\text{g/mL}$ , *Eucalyptus polyanthemos*, *Eucalyptus globulus* et *Eucalyptus periniana* ont inhibé respectivement cette oxydation de 99%, de 55% et de 16%. En comparaison, à une dose de 50  $\mu\text{g/mL}$ , l' $\alpha$ -tocophérol inhibe cette oxydation de 98%.

## **10. ACTIVITÉ INSECTICIDE**

**a) Contre la mouche <sup>(80)</sup>**

L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été évaluée pour sa composition chimique et l'activité insecticide contre la mouche domestique, *Musca domestica* L. . La composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a révélé du 1,8-cinéole (33,6 %) , de l' $\alpha$ -pinène (14,2%) et le d-limonène (10,1%) comme principaux constituants, tandis que le profil de la vapeur d'huile *Eucalyptus globulus* déterminé par micro-extraction en phase solide (SPME) a montré du 1,8-cinéole (56,5%), de l' $\alpha$ -pinène (16,9%) , du d-limonène (5,5 %) et de l'acétate de linalol (3,4%) comme principaux composants. En phase vapeur on constate une augmentation dans les contenus de monoterpènes oxygénés.

L'activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a été évaluée contre les larves et les pupes de la mouche domestique, à travers deux essais biologiques différents : la toxicité de contact et la fumigation. La dose létale ( $LC_{50}$ ) par contact était comprise entre 2,73 et 0.60  $\mu\text{l/cm}^2$  et le temps léthal ( $LT_{50}$ ) était compris entre 1,7 et 6,0 jours pour les larves. En fumigation pour les larves de la mouche domestique, la dose létale était de 66,1 (en 24h) et 50.1  $\mu\text{l/l}$  (en 48h). Les larves traitées à l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* ont montré un rétrécissement de la surface, une prolifération des cellules épineuses et la formation de vésicules observés par microscopie électronique à balayage (MEB). L'activité « anti-pupe » a été mesurée en termes de pourcentage du taux d'inhibition (PIR), qui était de 36,0 à 93,0 % pour la toxicité de contact et de 67,9 à 100 % pour la fumigation.

Cette activité considérable de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* contre les larves et les pupes de la mouche domestique démontre son potentiel comme une option viable pour le développement de produits respectueux de l'environnement pour le contrôle de la prolifération de la mouche domestique.

**b) Contre des moustiques vecteurs de maladies** <sup>(81)</sup>

La présente étude visait à évaluer l'activité larvicide et pupicide des huiles essentielles d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de neem (*Azadirachta indica*) contre *Aedes aegypti* (espèce d'insecte diptère, moustique qui est le vecteur principal de la dengue, de l'infection à virus zika, du chikungunya et de la fièvre jaune) et *Aedes albopictus* (espèce d'insecte diptère appelé aussi moustique tigre) ainsi que leur stabilité dans différents types d'eau, leur dépendance au volume et à la surface de la masse d'eau et leur efficacité résiduelle.

Il a été constaté que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* était plus efficace contre les larves et les pupes à des concentrations plus faibles. C'est-à-dire que la concentration létale médiane (CL<sub>50</sub>) chez les larves et les chrysalides était de 93,3 et 144,5 ppm et la CL<sub>90</sub> était respectivement de 707,9 et 741,3 ppm, tandis que pour l'huile de neem, la CL<sub>50</sub> pour les larves et les pupes était de 7852 et 19054 ppm et la CL<sub>90</sub> de 10092 et 19952 ppm, respectivement. L'efficacité de l'huile d'eucalyptus dépend de la surface et non du volume d'eau, et l'efficacité résiduelle de l'huile d'eucalyptus peut aller jusqu'à 8 jours.

Par conséquent, on peut penser que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* pourrait être utilisée dans des masses d'eau artificielles et temporaires de petite taille, en tant que mesure de lutte antivectorielle respectueuse de l'environnement à l'ère de la résistance croissante aux insecticides chimiques.

## **B. DE L'ECORCE**

### **1. ACTIVITE CYTOTOXIQUE**

#### **a) *D'Eucalyptus exserta* <sup>(82)</sup>**

Deux nouveaux triterpènes, acide-3 $\beta$ -trans-isoferulate2 $\alpha$ -hydroxyurso-12-en-28-oïque (1) et l'acide 2 $\alpha$ ,3 $\alpha$ ,24-trihydroxyolean-18-en-28-oïque (2), ainsi que trois autres triterpènes connus (3-5) ont été isolés à partir d'une extraction au méthanol de l'écorce *d'Eucalyptus exserta*. Leurs structures ont été déterminées par spectrométrie RMN (Résonnance magnétique nucléaire).

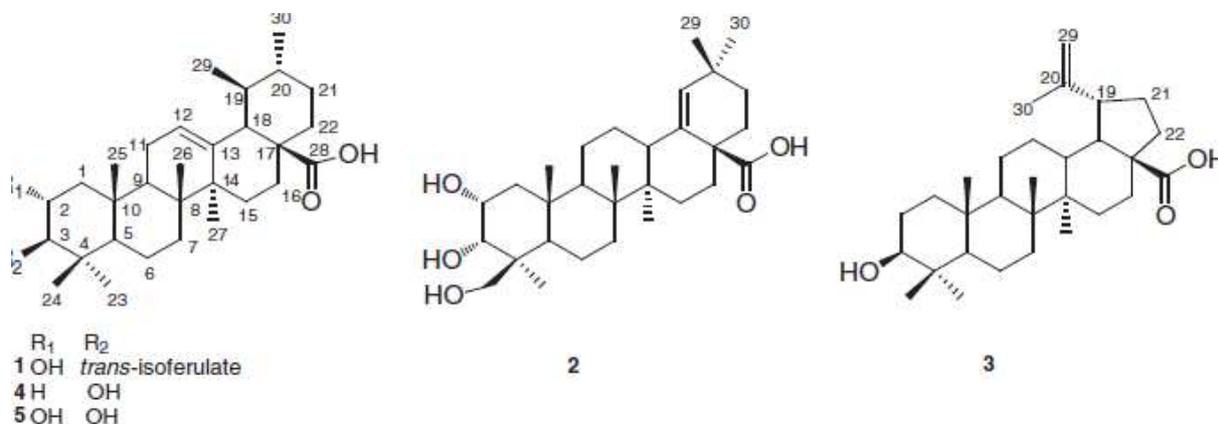


Fig. 1. Structures of compounds 1-5.

Les composés 1, 2 et 5 ont montré une activité molluscicide contre *Pomacea canaliculata* (ou escargot jaune d'eau douce élevé dans les aquariums dont la vente en France est interdite depuis le 8 novembre 2012 car étant considéré comme invasif).

Tous les composés isolés ont montré une activité cytotoxique significative *in vitro* contre des cellules de *Spodoptera litura* (ou Noctuelle orientale un lépidoptère de la famille des noctuidés, Ravageur polyphage, fréquemment observée sur luzerne, soja et légumes ; faisant l'objet d'une lutte obligatoire sur le territoire français et européen aboutissant à la destruction des plants contaminés).

### **b) *D'Eucalyptus camaldulensis* <sup>(83)</sup>**

L'objectif de cette étude est d'explorer l'effet cytotoxique in vivo de l'écorce d'*Eucalyptus camaldulensis* (sous forme d'extrait méthanolique de l'écorce (ME)) sur un modèle de type cancer ascitique d'Ehrlich (EAC) chez la souris albinos.

L'activité cytotoxique d'*Eucalyptus camaldulensis* a été étudiée en prenant en compte la détermination du nombre de cellules tumorales, par l'observation des changements morphologiques des cellules tumorales et des paramètres biochimiques et hématologiques des souris expérimentales après administration de différentes concentrations (25, 50 et 100 mg/kg/jour) pendant 5 jours).

L'extrait méthanolique a montré une inhibition de la croissance cellulaire de 96 % ( $p < 0,001$ ) et une réduction significative de la charge tumorale (81,4 %,  $p < 0,01$ ) par rapport aux souris témoins. Il a également permis l'augmentation de la durée de vie des souris EAC de manière significative (71,36 %,  $p < 0,01$ ). Il a également restauré, à un niveau normal, les paramètres hématologiques et biochimiques altérés. La valeur de  $DL_{50}$  élevée (1120 mg/kg) de l'extrait méthanolique montre sa faible toxicité.

Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique présente une activité antitumorale forte par apoptose et par stimulation de l'immunité de l'hôte.

## **2. UNE AUTRE UTILISATION : TRAITEMENT DES EAUX POLLUEES AUX METAUX**

### **a) *Le mercure***

#### *(1) Généralités sur le mercure*

Le mercure est un métal toxique et non biodégradable qui peut être généré par plusieurs sources entraînant la contamination des systèmes atmosphériques et aquatiques. L'intoxication au mercure est appelée hydrargisme, hydrargyrie ou hydrargyrisme. Le mercure tend à se lier aux protéines et touche principalement les systèmes rénal et nerveux. Chez l'homme, les symptômes initiaux incluent un engourdissement des lèvres et des membres. Au fur et à mesure que la maladie progresse, le système nerveux central subit des dommages permanents et la victime subit une constriction visuelle, une perte de coordination motrice et, au cours des étapes finales précédant la mort, une perte de mémoire, d'élocution, d'ouïe et de goût. De plus, le mercure est facilement absorbé par la peau, les voies respiratoires et les tissus gastro-intestinaux.

L'OMS (organisation mondiale de la santé) considère le mercure comme un polluant prioritaire et dangereux et définit une concentration maximale admissible du mercure total de 1 µg/L pour l'eau potable. <sup>(84)</sup>

Plusieurs méthodes peuvent être appliquées pour éliminer le mercure de solutions aqueuses telles que la précipitation, l'électrolyse, l'échange d'ions, adsorption. L'adsorption (phénomène de surface par lequel des atomes, des ions ou des molécules (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) depuis une phase gazeuse, liquide ou une solution solide) s'est révélée être la technique la plus prometteuse pour éliminer le mercure des courants aqueux. Cependant, le coût des sorbants à utiliser est le facteur le plus important pour limiter l'applicabilité du procédé d'adsorption.

## (2) *Elimination du mercure* <sup>(85)</sup>

Dans cette étude, l'écorce d'*Eucalyptus camaldulensis*, est proposé comme un nouveau matériau pour l'élimination du mercure (II) à partir de la phase aqueuse. Les variables opératoires étudiées étaient le dosage du sorbant, la force ionique, la vitesse d'agitation, la température, le pH de la solution, le temps de contact et la concentration initiale de métal. Les expériences de sorption ont indiqué que la capacité de sorption était dépendant des paramètres de fonctionnement et que le processus est fortement dépendant du pH.

Afin d'étudier le mécanisme de sorption, les données cinétiques ont été modélisées. Parmi les modèles cinétiques étudiés, l'équation pseudo-second ordre était le meilleur modèle applicable pour décrire le processus de sorption. Les données de l'équilibre isotherme ont été analysées en utilisant l'isotherme de Langmuir. Les courbes isothermes ont également été utilisées pour obtenir les paramètres thermodynamiques tels que l'énergie libre, enthalpie et l'entropie de sorption. La capacité d'adsorption maximale était 33.11 mg/g à 20 ° C et la valeur négative de variation d'énergie libre a indiqué le caractère spontané de l'adsorption. Ces résultats démontrent que l'écorce d'eucalyptus est très efficace dans l'élimination du Hg (II) à partir de solutions aqueuses.

## **b) Le chrome**

### *(1) Généralités sur le chrome*

Le chrome est un élément métallique naturel de la croûte terrestre. Seuls les composés trivalents (Chrome III) et hexavalents (Chrome VI) sont retrouvés de manière importante dans l'environnement.

Les rejets industriels sont la principale cause de présence du chrome VI. Le secteur de la sidérurgie représente 90% de l'usage du chrome pour la production d'aciers et d'alliages. En effet il améliore la dureté de l'acier et sa résistance à la corrosion. Le chrome est aussi utilisé dans l'industrie chimique, dans l'industrie du bois pour sa conservation, la fabrication de pigments et colorants, le tannage du cuir, la fabrication de bandes magnétiques ou encore la fabrication de vitamines K.

Le chrome VI est classé cancérigène certain pour l'Homme (groupe 1 du CIRC) depuis 1990, mais uniquement lors d'une exposition par inhalation. Cette classification s'est faite principalement à partir d'études effectuées sur des populations de travailleurs. Chez l'Homme, le cancer associé est celui des poumons. Certaines données supposent aussi une augmentation des cancers nasaux et des sinus. Les autres dérivés du chrome ne sont pas cancérigènes (le chrome III appartient au groupe 3 du CIRC).<sup>(86)</sup>

Chez l'Homme, une exposition chronique au chrome VI via l'eau de boisson entraîne des effets indésirables de type gastro-intestinaux (ulcérations buccales, diarrhées, douleurs abdominales, dyspepsies et vomissements) et de type hématologiques (anémies, leucocytoses...).

### *(2) Elimination du chrome<sup>(87)</sup>*

Plusieurs biomatériaux à faible coût tels que le bagasse (résidu fibreux de la canne à sucre passé au moulin pour en extraire le suc), la balle de riz (coproduit dérivé de la transformation des céréales, elle est constituée par l'ensemble des bractées ou glumelles qui renferment le grain), le charbon actif et d'écorce d'eucalyptus ont été testés pour l'élimination de chrome.

Toutes les expériences ont été réalisées par traitement de lots avec des échantillons préparés en laboratoire et des eaux usées. L'adsorbant qui a eu le taux le plus élevé de chrome (VI) était l'écorce d'eucalyptus. L'influence de la concentration du chrome, du pH, du temps de contact lors de l'enlèvement du chrome à partir de l'effluent a été étudiée. Les données d'adsorption ont été analysées par rapport à l'isotherme de Freundlich. Les données cinétiques ont été analysées en utilisant une cinétique de premier ordre Lagergren. L'énergie libre de Gibbs a été obtenue pour chaque système et s'est révélée être  $-1,879$  kJ/mol pour le Cr (VI) et  $-3,885$  kJ/mol pour le Cr (III) pour l'enlèvement de l'effluent. La valeur négative de l'enthalpie indique la faisabilité et la nature spontanée de l'adsorption. La capacité d'adsorption a été constatée que  $45$  mg/g d'adsorbant, pour une concentration de Cr (VI) de  $250$  mg/l. Un échantillon d'eau résiduaire contenant du Cr (VI), du Cr (III), du Magnésium, du Calcium et obtenu à partir de l'unité industrielle a montré l'élimination satisfaisante du chrome. Les résultats indiquent que l'écorce d'*Eucalyptus tereticornis* peut être utilisée pour l'élimination du chrome.

Des études ont été réalisées sur l'adsorption du Cr (VI) sur un adsorbant fabriqué à partir d'écorce d'eucalyptus. Les résultats ont révélé que la sorption de chrome sur l'écorce d'eucalyptus était de nature endothermique. Les paramètres thermodynamiques tels que l'entropie, l'enthalpie et l'énergie libre de Gibbs sont respectivement de  $100,97$  kJ/mol,  $33$  kJ/mol et  $-0,737$  kJ/mol. Les effluents de chrome industriel à différentes concentrations et différents pH ont été utilisés comme matière première pour les études d'adsorption. Lorsque l'effluent a été introduit dans la colonne à un faible pH de  $2$ , le volume de la percée a augmenté de façon significative par rapport à l'effluent à un pH plus élevé de  $4,85$ . Les propriétés de surface du sorbant ont été caractérisées par microscopie électronique à balayage, par diffraction des rayons X et par infrarouges. Il a été conclu que la colonne de sorbant avec l'écorce d'*Eucalyptus tereticornis* pourrait être utilisée efficacement pour le retrait de chrome à partir d'effluents industriels en réduisant le pH de l'effluent de chrome à deux et dans des conditions optimales de colonne.

## **C. DU KINO**

Les kinos sont une classe d'exsudats du bois qui se distinguent par leur forte teneur en tanins et l'astringence caractéristique qui en résulte. Le kino peut se former dans des poches, des "veines" dans tout le bois après des dommages du cambium (le cambium est le tissu qui est responsable de la formation du bois) causés par des insectes ravageurs, une invasion fongique, un incendie ou des dommages mécaniques. Les kinos d'eucalyptus sont riches en tanins, la plupart sont des exsudats de bois de couleur rouge. Ils ont joué un rôle important dans les médecines traditionnelles des peuples autochtones australiens et ont également une précieuse source d'agents antibactériens et astringents pour les premiers colons européens.

### **1. COMPARAISON DE DIFFERENTS KINOS D'EUCALYPTUS <sup>(88)</sup>**

Dix-neuf différents kinos d'eucalyptus ont été recueillis et analysés pour leurs composés phénoliques totaux et la teneur en tanin totale ainsi que leurs quantités relatives de tanins hydrolysables et condensés. Ils ont également été classés selon les catégories de kino traditionnels de Maiden. Un essai de diffusion sur plaque 96 puits à l'aide de trois bactéries Gram positif, de deux bactéries à Gram négatif et d'une espèce de levure ont été menées pour évaluer les propriétés antimicrobiennes.

Les échantillons de kino étudiés diffèrent fortement dans leur composition. Tous (sauf un) sont affectés à l'une des classes de kino traditionnels de Maiden. Les échantillons, en particulier ceux recueillis auprès de *Corymbia maculata* et *Eucalyptus ficifolia*, ont démontré une forte activité antibactérienne contre les bactéries à Gram positif, mais sont inactifs contre les souches à Gram négatif et la levure. Aucune corrélation évidente semble exister entre une classe de Maiden particulier et une activité antibactérienne, mais il existe une corrélation positive entre le rapport « teneur des composés phénoliques / tanin totaux » et effet antibactérien bien que deux des kinos étudiés (*Eucalyptus flocktoniae* et *Eucalyptus Sargentii*) ont dévié de cette tendance. Les quantités relatives de tanins hydrolysables et condensés dans un échantillon de kino ne semblent pas déterminer l'effet antibactérien.

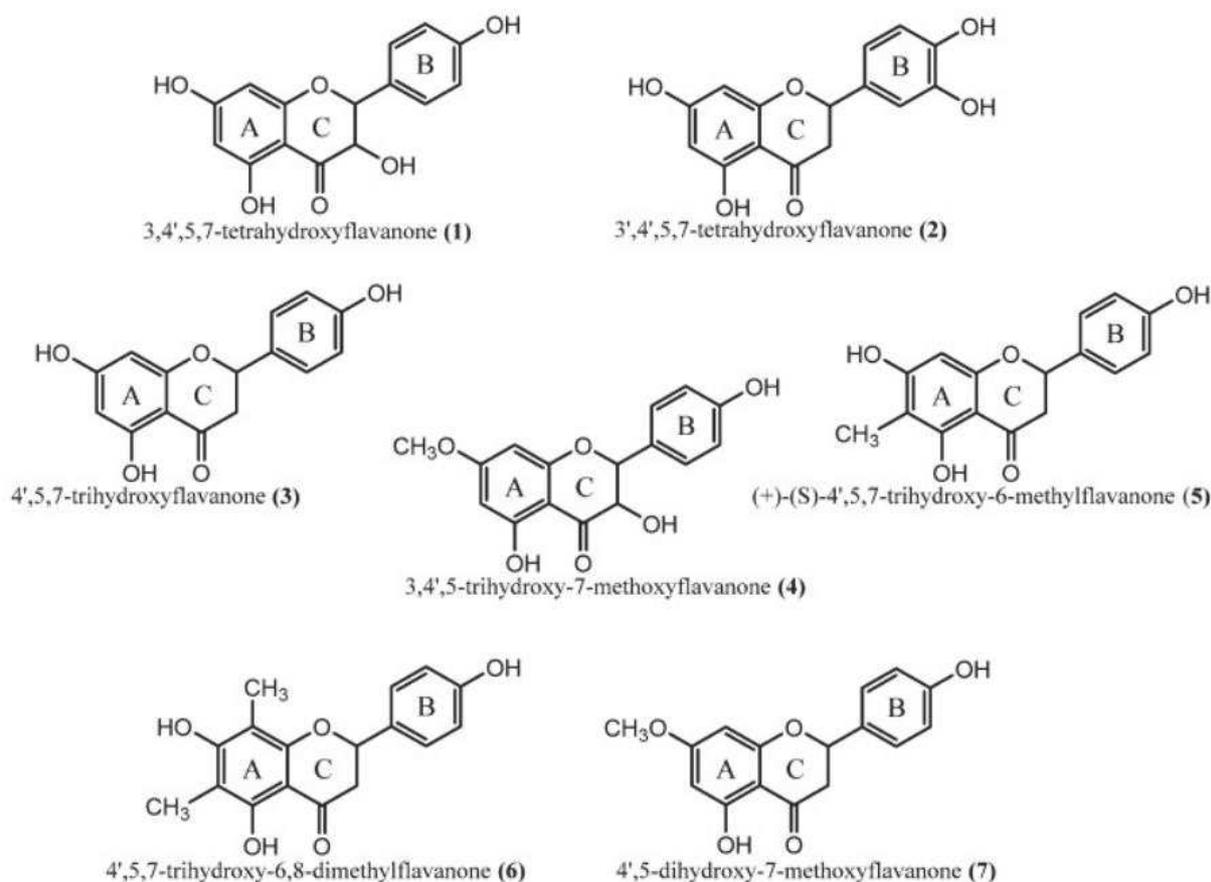
Les kinos d'Eucalyptus représente une classe intéressante de produits naturels qui doit être plus examinée, non seulement afin de contribuer au domaine en pleine croissance de la chimie des tanins mais aussi apprendre plus sur le rôle individuel joué par les différents tanins hydrolysables et condensés qui déterminent l'activité antibactérienne d'un kino et de contribuer à une meilleure compréhension de l'utilisation de certains de ces kinos dans les systèmes traditionnels de médecine. Certains échantillons comme le kino d'*Eucalyptus flocktoniae* ont enregistré une activité antibactérienne plus élevée que prévue (sur la base de la teneur en tanin totale) ce qui justifierait des analyses antimicrobiennes et chimiques plus détaillées.

## 2. LE KINO DE CORYMBIA TORELLIANA <sup>(89)</sup>

Les autochtones australiens utilisent depuis longtemps le kino provenant de troncs de l'arbre de *Corymbia citriodora*, en médecine traditionnelle. *Corymbia torelliana*, un eucalyptus étroitement apparenté, produit une résine de fruit aux propriétés antimicrobiennes très attrayante pour les méliponides (abeilles sans aiguillon). Il a été étudié l'activité antimicrobienne d'extraits de kino de *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora* et *Corymbia torelliana* contre trois bactéries à Gram négatif et deux à Gram positif et le champignon unicellulaire, *Candida albicans*.

Tous les extraits étaient actifs contre tous les microbes, l'activité la plus élevée ayant été observée contre *Pseudomonas aeruginosa*. Il a été testé l'activité de sept flavonoïdes du kino de *Corymbia torelliana* contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. Tous les flavonoïdes étaient actifs contre *Pseudomonas aeruginosa* et un composé, le (+)-(2S)-4',5,7-trihydroxy-6-méthylflavanone, était actif contre *Staphylococcus aureus*. Un autre composé, la 4',5,7-trihydroxy-6,8-diméthylflavanone, a considérablement augmenté la formation de biofilms par *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*. La présence ou l'absence de groupe méthyle aux positions 6 et 8 de l'anneau flavonoïde A déterminait leur activité anti-*Staphylococcus* et leur effet stimulant le biofilm.

La 3,4',5,7-tétrahydroxyflavanone, l'un des composés les plus abondants et les plus actifs, a été testé contre *Pseudomonas aeruginosa* et s'est révélé bactériostatique à sa concentration minimale inhibitrice (CMI) de 200 µg/mL. Ce flavanonol a réduit l'adhésion des cellules de *Pseudomonas aeruginosa* sans induire d'effets cytotoxiques sur les cellules Vero (lignée cellulaire utilisée pour les cultures cellulaires, isolée à partir de cellules épithéliales de rein extraites d'un singe vert africain).



Cette étude a démontré les propriétés antimicrobiennes des flavonoïdes dans le kino d'eucalyptus et a mis en évidence le fait que les connaissances médicinales traditionnelles et les signaux écologiques peuvent révéler des composés naturels précieux.

## **D. DES FEUILLES**

### **1. ACTIVITE FONGICIDE <sup>(90)</sup>**

La présente étude décrit la possibilité d'utiliser un fongicide à base d'extraits de n-hexane d'*Eucalyptus camaldulensis* (parties aériennes), de *Vitex agnus-castus* (feuilles) et de *Matricaria chamomilla* (fleurs) contre l'infestation de *Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani* et *Penicillium chrysogenum*.

Des échantillons de bois de *Melia azedarach* (espèce utilisée pour son bois confondu parfois avec le teck) séchés à l'air ont été préparés avec des dimensions de 0,5x1x2 cm et traités avec des extraits huileux à diverses concentrations (0, 1, 2 et 3%). Les huiles extraites au n-hexane d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Vitex agnus-castus* ont montré une activité antifongique prometteuse contre les trois champignons isolés: *Fusarium culmorum*, *Rhizoctonia solani* et *Penicillium chrysogenum*, tandis que *Matricaria chamomilla* a observé l'activité la plus faible sur les champignons étudiés.

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS) des huiles a révélé que les principaux composants d'*Eucalyptus camaldulensis* étaient le  $\beta$ -fenchol(25,51%), Cyclobuta[1,2:3,4]dicyclooctène-1,7(2H,6bH)-dione, dodécahydro(6 $\alpha$  $\beta$ ,6 $\beta$  $\alpha$ ,12 $\alpha\alpha$ ,12 $\beta\beta$ )-(17,05%), 1,8-cinéole (eucalyptol) (12,01%) et sabinène (9,45%); pour le *Vitex agnus-castus* se trouvaient le 1,8-cinéole (22,17%), le (E)- $\beta$ -caryophyllène (18,39%) et le  $\beta$ -sitostérol (12,44%); tandis que chez *Matricaria chamomilla* se trouvaient l'oxyde de bisabolol A (27,87%), le (Z)- $\beta$ -farnésène (16,11%), le D-limonène (14,18%) et le chamazulène (11,27%).

Les résultats suggèrent l'utilisation d'extraits huileux de n-hexane d'*Eucalyptus camaldulensis* et de *Vitex agnus-castus* en tant que biofongicide pour la protection du bois. Cette étude souligne l'importance de l'utilisation de fongicides bio-écologiques pour protéger le bois des moisissures les plus courantes.

## 2. ACTIVITE BACTERIOSTATIQUE IN VITRO <sup>(91)</sup>

Les extraits méthanoliques bruts de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* L., d'*Eucalyptus camaldulensis* var *obtusa* et d'*Eucalyptus gomphocephala* cultivés en Égypte ont été étudiés pour explorer leur composition chimique ainsi que leurs activités antibactérienne, antifongique et antioxydante. Les principaux composés phénoliques trouvés étaient l'acide ellagique, la quercétine 3-O-rhamnoside, la quercétine 3-O-b-D-glucuronide, l'acide caféique et l'acide chlorogénique.

Les activités antioxydantes ont été examinées par les dosages au 2,2'-diphénylpicrylhydrazyle (DPPH) et à l'acide  $\beta$ -carotène-linoléique. Les extraits d'*Eucalyptus camaldulensis* présentaient les activités phénoliques, antioxydantes et antimicrobiennes les plus élevées par rapport aux autres extraits.

La valeur de concentration minimale d'inhibition (CMI) trouvées pour l'activité antibactérienne d'*Eucalyptus camaldulensis* allaient de 0,08 $\mu$ g/mL (*Bacillus cereus*, bactérie Gram + fréquemment responsable d'intoxications alimentaires,) à 0,22 $\mu$ g/mL (*Staphylococcus aureus*, Gram +), tandis que les valeurs de concentration minimale bactéricide (CMB) allaient de 0,16  $\mu$ g/mL (*Bacillus cereus* et *Dickeya solani*, bactérie qui provoque chez les pommes de terre cultivées une maladie présentant les symptômes de jambe noire sur les tiges, de flétrissement du feuillage et de pourriture molle bactérienne des tubercules) à 0,40 $\mu$ g/mL (*Staphylococcus aureus*). Les activités inhibitrices de la croissance bactérienne et des champignons utilisées indiquent qu'*Eucalyptus camaldulensis* pourrait être une ressource utile pour la mise au point et la formulation de médicaments antibactériens et antifongiques.

## 3. ACTIVITE ANTIHELMINTHIQUE IN VITRO <sup>(92)</sup>

L'activité anthelminthique in vitro d'extraits aqueux et hydroalcooliques bruts des feuilles d'*Eucalyptus globulus* a été étudiée contre les œufs et les larves de moutons naturellement infectés. Dans les analyses phytochimiques, les tanins et les flavonoïdes étaient les principaux métabolites identifiés dans l'extrait. L'extrait aqueux d'*Eucalyptus globulus* a également été étudié pour déterminer l'activité anthelminthique in vivo chez des moutons infectés naturellement.

Divers paramètres sanguins, associés à des effets sur les enzymes marqueurs et sur le statut antioxydant, ont été évalués au cours de la période d'essai. La dose efficace médiane (DE<sub>50</sub>) est un indicateur quantitatif de la puissance d'une substance active, cet indicateur mesure la dose de substance provoquant une réponse thérapeutique chez 50 % de la population ayant reçu le traitement.

L'extrait méthanolique présentait de meilleures valeurs de DE<sub>50</sub> (3,756 mg/ml) et de DE<sub>99</sub> (33,809 mg/ml) en comparaison avec un extrait aqueux (DE<sub>50</sub>=1,502 et DE<sub>99</sub>=7,10 mg/ml) dans le test de l'éclosion d'œufs. L'inverse était vrai dans le développement larvaire et les tests de paralysie larvaire. La DE<sub>50</sub> de l'extrait aqueux =19,994 et la DE<sub>99</sub>=108,931mg/ml dans les tests de développement larvaire et la DE<sub>50</sub>=19,994 et DE<sub>99</sub>=108,931 mg ml dans le test de paralysie larvaire étaient plus puissantes que celles de son homologue méthanolique avec DE<sub>50</sub> = 15,595 et DE<sub>99</sub> = 94,493 mg / ml et DE<sub>50</sub> = 15,595 et DE<sub>99</sub> = 94,493 mg / ml, respectivement.

Une réduction significative de 66% du nombre d'œufs dans les selles a été observée in vivo en utilisant l'extrait aqueux au jour 21 après le traitement, bien qu'elle ait montré une efficacité de 58,0 et 80% aux stades initiaux aux jours 7 et 14 après le traitement. Bien que la réduction du nombre d'œufs présents dans les selles ait été légèrement inférieure à celle de l'albendazole (médicament antiparasitaire antihelminthique, commercialisé sous le nom de Zentel©), une réduction significative et prolongée a néanmoins été constatée. Aucun effet nocif n'a été trouvé sur aucun des paramètres hématologiques et biochimiques ce qui suggère que la plante pourrait être plus sûre pour une utilisation chez les ovins. D'après les résultats de la présente étude, on pourrait très bien en conclure que les feuilles d'*Eucalyptus globulus* possèdent un bon niveau d'efficacité anthelminthique des recherches supplémentaires sont donc nécessaires avant de recommander son utilisation dans le programme de lutte contre les nématodes chez les ovins.

#### 4. ACTIVITE INHIBITRICE DE LA CORROSION DE L'ACIER DOUX <sup>(93)</sup>

L'effet d'inhibition de l'extrait de feuilles d'*Eucalyptus* vis-à-vis de la corrosion de l'acier doux (acier dont la teneur en carbone varie de 0,15 % à 0,2 %, dont la résistance à la traction est de l'ordre de 400 MPa, il correspond aux aciers courants de construction et à certaines armatures de béton armé) dans une solution d'acide chlorhydrique a été examiné par des études combinées expérimentales et informatiques.

Le degré d'inhibition a été étudié par Spectroscopie d'impédance électrochimique (technique qui repose sur l'analyse de la réponse en courant à une perturbation de faible amplitude, souvent sinusoïdale, du potentiel du courant; la mesure s'effectue à potentiel de polarisation constant, dès que l'interface a atteint un état stationnaire, en faisant varier la fréquence d'analyse dans un large domaine de fréquences (souvent de 50 kHz à 0.001 Hz). On répète ensuite cette mesure tout au long de la courbe courant-tension dans le domaine de potentiel étudié) et test de polarisation. Les résultats de l'analyse par Spectroscopie d'impédance électrochimique ont montré que l'augmentation de la concentration en extrait de feuille d'*Eucalyptus* entraînait une augmentation significative de la résistance au transfert de charge.

Une inhibition d'environ 88% a été obtenue en utilisant 800 ppm d'extrait de feuilles d'*Eucalyptus* après 5h d'exposition. Les résultats des tests de polarisation ont indiqué les effets d'inhibition mixtes de l'extrait de feuille d'*Eucalyptus* avec une légère prévalence cathodique. Les valeurs  $i_{corr}$  pour les échantillons non inhibés et inhibés (avec un extrait de feuilles d'*Eucalyptus* de 800 ppm) étaient respectivement de 0,93  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  et 0,25  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ . L'adsorption des molécules de l'extrait de feuille d' *Eucalyptus* à la surface de l'acier doux a suivi un isotherme de Langmuir (le modèle de Langmuir a pour objectif de décrire de façon simple la formation d'une monocouche d'un adsorbat sur une surface, ce modèle considère que la surface comporte des sites d'adsorption qui sont tous identiques, et que l'adsorbat est présent en phase gazeuse sous la forme d'un gaz parfait). En outre, les résultats de la simulation moléculaire ont mis en évidence l'adsorption de composés de l'extrait de feuilles d'*Eucalyptus* sur la surface du fer.

## 5. ACTIVITE ANTI-TUMORALE <sup>(94)</sup>

Cette étude a évalué les propriétés anticancéreuses d'extraits aqueux et éthanoliques de plusieurs espèces d'*Eucalyptus* (dont *Eucalyptus microcorys*, *Eucalyptus saligna* et *Eucalyptus robusta*) à l'aide d'un dosage au MTT (méthode rapide de numération des cellules vivantes, réactif utilisé est le sel de tétrazolium MTT).

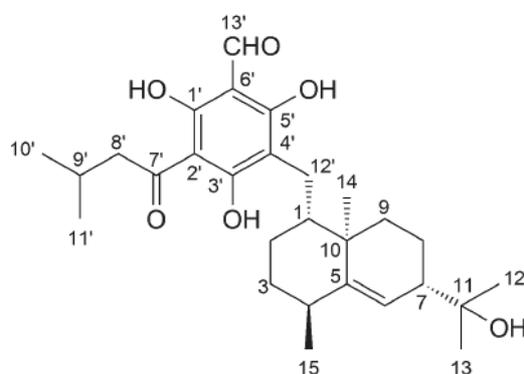
Les extraits les plus prometteurs ont ensuite été évalués à l'aide d'un dosage CCK-8 (kit de comptage des cellules CCK-8 permet un dosage colorimétrique sensible pour la détermination de la viabilité cellulaire et leur prolifération, sensibilité de détection du CCK-8 est supérieure à celle des autres sels de tétrazolium tels que le MTT). Des études apoptotiques ont été effectuées à l'aide d'un test caspase 3/7 dans des cellules MIA PaCa-2 (lignée cellulaire cancéreuse du pancréas). L'extrait aqueux de feuille d'*Eucalyptus microcorys* et l'extrait éthanolique de fruit d'*Eucalyptus microcorys* ont inhibé de plus de 80% la croissance de glioblastome, de neuroblastome, de cellules cancéreuses du poumon et du pancréas, à une concentration de 100 µg/mL.

Les extraits d'*Eucalyptus microcorys* et d'*Eucalyptus saligna* présentaient des valeurs de CI<sub>50</sub> inférieures à celles de l'extrait éthanolique d'*Eucalyptus robusta* dans des cellules MIA PaCa-2. Les extraits aqueux de fruits et de feuilles de *Eucalyptus microcorys* à 100 µg/mL ont exercé une inhibition de la croissance cellulaire significativement plus élevée dans les cellules MIA PaCa-2 que les autres extraits (p <0,05). Des valeurs de CI<sub>50</sub> statistiquement similaires (p > 0,05) ont été observées dans des extraits aqueux de feuilles d'*Eucalyptus microcorys* (86,05 ± 4,75 µg/mL), de fruits (64,66 ± 15,97 µg / mL) et de feuilles éthanoliques d'*Eucalyptus microcorys* (79,30 ± 29,45 µg/mL).

Cette étude a mis en évidence l'importance d'*Eucalyptus microcorys* en tant que source importante de composés phytochimiques efficaces contre les cellules cancéreuses du pancréas. Des études supplémentaires sont nécessaires pour purifier et identifier structurellement des composés individuels et pour élucider leurs mécanismes d'action afin de développer des agents chimiothérapeutiques plus puissants et spécifiques pour le cancer du pancréas.

## **E. DU FRUIT** <sup>(95)</sup>

Un nouveau dérivé du phloroglucinol, appelé eucalyptine B, ainsi que cinq composés apparentés, a été isolé des fruits d'*Eucalyptus globulus*. Leurs structures ont été élucidées par spectroscopie RMN (résonance magnétique nucléaire), la configuration absolue de l'eucalyptine B étant déterminée par détection de dichroïsme circulaire (qui permet de définir les structures secondaires telles que les hélices, les feuilletts ; en effet un matériau présente un dichroïsme circulaire s'il absorbe différemment la lumière selon que sa polarisation est circulaire droite ou circulaire gauche).



Tous les composés isolés ont été évalués pour leurs activités cytotoxiques contre les lignées de cellules de cancer du poumon (A549), du sein (4T1) et de la peau (B16F10). Sur la base du test de viabilité cellulaire, l'activité cytotoxique de l'eucalyptine B a encore été confirmée par le test d'apoptose. En outre, après traitement avec l'eucalyptine B, les taux de protéines du facteur d'apoptose (Bcl-2 et Bax) et de caspase-3 dans les cellules A549 ont également été déterminés par analyse Western-blot.

L'eucalyptine B a montré une cytotoxicité importante contre les cellules A549 avec une valeur de  $CI_{50}$  de 1,51  $\mu\text{m/L}$  et une apoptose dépendante de la concentration induite pouvant atteindre 49%. En outre, l'eucalyptine B a montré une diminution de la concentration de Bcl-2 de près de 5 fois et une augmentation de 10 fois de la concentration de Bax, respectivement. En outre, l'augmentation de la concentration de caspase-3 (11 fois) a confirmé la voie de l'apoptose dépendante de la caspase activée par l'eucalyptine B. En conclusion, le composé isolé eucalyptine B a une activité cytotoxique prometteuse dans les cellules tumorales, en particulier chez A549.

## **F. PHARMACOLOGIE CLINIQUE** <sup>(96)</sup>

Les données cliniques sur la pharmacologie de l'huile essentielle d'eucalyptus manquent, mais des études sur le 1,8-cinéole ont confirmé qu'il était bien absorbé par inhalation et par voie orale. Une application topique peut également entraîner l'absorption de composants volatils. En outre, une bonne absorption percutanée du 1,8-cinéole à partir d'huiles essentielles appliquées en application locale peut être considérée comme confirmée.

Malgré la longue utilisation en tant que décongestionnant nasal, peu de recherches ont été menées sur les effets de l'huile essentielle d'eucalyptus sur la congestion nasale. Une réduction du nombre de toux après l'application topique d'huile essentielle d'eucalyptus a été confirmée, mais une nette amélioration du débit nasal après l'inhalation n'a pas pu être démontrée chez les sujets en bonne santé. Des études comparables sur des patients souffrant de rhinosinusite sont manquantes.

Les études cliniques portant sur des patients atteints de rhinosinusite aiguë, de BPCO, de bronchite ou d'asthme n'ont été conduites que sur le 1,8 cinéole. Toutes les études avec une administration par voie orale de 100 à 200 mg de 1,8-cinéole (3 à 4 fois par jour) semble confirmer l'effet positif sur les symptômes du rhume et de la rhinosinusite.

Les huiles essentielles d'eucalyptus contiennent au moins 70% de son constituant principal le 1,8-cinéole, qui contribue vraisemblablement aux effets des préparations contenant de l'huile essentielle d'eucalyptus. La posologie orale traditionnelle rapportée de 100 à 200 mg d'huile essentielle d'eucalyptus 2 à 5 fois par jour (soit 200 à 1 000 mg/ jour) correspond à 140 à 700 mg/jour de 1,8-cinéole. Une dose orale quotidienne de 140-700 mg de 1,8-cinéole correspond à 47% à 88% des doses recommandées dans les études cliniques publiées pour le 1,8-cinéole (330-800 mg par jour). Par conséquent, un effet de l'huile essentielle d'eucalyptus sur les symptômes de la toux associés au froid est plausible.

La posologie topique traditionnelle va de 70 à 220 mg d'huile essentielle d'eucalyptus 2 à 3 fois par jour (soit 140 à 660 mg/ jour), ce qui correspond à environ 98 à 462 mg/jour de 1,8-cinéole.

Une inhalation de 1,8-cinéole entraînerait une sensation de relaxation accrue au niveau nasal ce qui pourraient favoriser une sensation de bien-être chez les patients souffrant de toux et de rhume et pourrait donc expliquer l'utilisation traditionnelle en dépit du manque de preuve scientifiques. Ainsi, les posologies traditionnelles rapportées ne sont pas étayées par des données cliniques mais reposent uniquement sur les données traditionnelles.

Aucune donnée clinique disponible ne permet d'appuyer l'utilisation de l'huile essentielle d'eucalyptus dans le traitement des affections rhumatismales, musculaires, articulaires.

## **G. PRECAUTIONS D'EMPLOI**

### **1. Augmentation du nombre d'intoxication au cours des dernières années**

Il est difficile de trouver des données officielles sur les doses toxiques exactes que ce soit pour les différentes huiles essentielles et les extraits issus des plantes d'eucalyptus. La conduite conseillée est de s'en tenir à l'utilisation préconisée par le fabricant et/ou après conseil auprès d'un professionnel de santé formé à l'aromathérapie (médecin ou pharmacien). Chaque année, le nombre d'intoxication aux huiles essentielles (particulièrement chez les enfants) augmente de façon régulière, et ce depuis les années 2000.

En effet, l'huile essentielle d'eucalyptus est un produit courant dans les foyers, généralement présenté sous la forme d'huile essentielle pure, de médicament, de produit de nettoyage, de liquide pour inhalation/vaporisation ou de préparation topique.

Les symptômes apparaissent dans les 30 minutes à 4 heures suivant l'ingestion. <sup>(97)</sup> Même de petites ingestions d'huile essentielle pure peuvent entraîner des symptômes graves. Dans une dose de 2 à 3 ml; on peut s'attendre à une légère dépression du système nerveux central accompagnée de somnolence et/ou de vertiges et d'ataxie. À une dose supérieure à 5 ml, on peut s'attendre à une dépression significative du système nerveux central avec coma. On peut aussi observer les symptômes suivants :

- au niveau cardiovasculaire : tachycardie, hypotension
- au niveau respiratoire: dépression, apnée, bronchospasme
- au niveau gastro-intestinal: nausées, vomissements, douleur épigastrique
- au niveau cutané: irritation, dermatite de contact.

### **2. Interactions médicamenteuses**

Pour l'huile essentielle d'eucalyptus, il n'existe pas de données suffisantes. Par conséquent, aucune déclaration sur la pharmacocinétique des préparations à base d'huile essentielle d'eucalyptus ne peut être faite. Malgré cela, les données publiées sur le 1,8-cinéole doivent être prises en compte. Le 1,8-cinéole, constituant principal de l'huile essentielle d'eucalyptus, est rapidement absorbé par la peau et les muqueuses. Bien qu'aucune étude d'interaction n'ait été publiée, un certain nombre d'études animales in vitro et in vivo indiquent que le 1,8-cinéole affecterait l'activité des enzymes hépatiques (telles que les cytochromes P450). Mais les concentrations testées sont beaucoup plus élevées que les concentrations que la dose humaine traditionnelle peut atteindre. <sup>(96)</sup>

### **3. Toxicité aiguë**

Les données de toxicité aiguë sur l'huile essentielle d'eucalyptus ne sont disponibles que chez les rongeurs. Les tests adéquats sur la mutagénicité, la cancérogénicité et la toxicité pour la reproduction manquent. Les résultats pour le 1,8-cinéole ne sont pas complets et ne peuvent en outre avoir qu'une valeur limitée pour tirer des conclusions.

### **4. Contre indications <sup>(96)</sup>**

Hypersensibilité à la substance active ou au 1,8-cinéole.

Enfants ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non).

Les enfants de moins de 30 mois, car il existe un risque que les préparations contenant du 1,8-cinéole, comme les autres huiles essentielles, puissent induire laryngospasme (contraction musculaire involontaire ayant pour conséquence le rapprochement des cordes vocales et donc une obstruction totale des voies respiratoires).

### **5. Effets indésirables**

Le système de pharmacovigilance en Allemagne répertoriait les effets indésirables suivants des médicaments à base d'huile d'eucalyptus (pour adultes) <sup>(96)</sup> :

- par voie orale : réaction allergique cutanée, tremblements, diminution de la pression artérielle et augmentation du pouls, sueurs froides, vertiges, fatigue, coordination anormale, ataxie, aphasie, syncope, vomissements, urticaire
- par voie topique : troubles cutanés tels que l'éruption pustuleuse, irritation de la peau, allergie de contact, éruption bulleuse, vomissements (après surdosage).

### **6. Grossesse et allaitement**

L'innocuité pendant la grossesse et l'allaitement n'a pas été établie <sup>(96)</sup> ; seules des études sur des animaux indiquent que le 1,8-cinéole peut franchir la barrière placentaire, mais pas la barrière lactière. En raison du manque de données adéquates: «L'innocuité pendant la grossesse et l'allaitement n'a pas été établie. En l'absence de données suffisantes, l'utilisation pendant la grossesse et l'allaitement n'est pas recommandée.»



# V. UTILISATION THERAPEUTIQUE

## A. LES HUILES ESSENTIELLES

### 1. HUILE ESSENTIELLE D'*EUCALYPTUS GLOBULUS*

- Molécules aromatiques : 1,8-cinéole (70-85%)
- Partie distillée : la feuille

#### a) Propriétés organoleptiques

- Aspect : liquide mobile limpide. Peut troubler légèrement.
- Couleur : jaune
- Odeur : fraîche, caractéristique de l'eucalyptol (1,8-cinéole)

#### b) Principaux composants

- Monoterpènes :  $\alpha$ -pinène, limonène, para-cymène
- Oxyde terpénique : 1,8-cinéole

#### c) Principales propriétés pharmacologiques

- Anticatarrale, expectorante et mucolytique
- Antiseptique
- Antimicrobienne et antibactérienne
- Antifongique
- Antivirale

#### d) Indications thérapeutiques

- Affections des voies respiratoires
- Calme la toux et fluidifie les expectorations bronchiques
- Adénites d'origine infectieuse
- Dermite bactérienne, dermite candidosique

**e) Posologies conseillées**

- Voie interne : 1 à 2 gouttes H.E.C.T. dans un peu de miel, 3 fois par jour pour les affections respiratoires.
- Voie externe : 2 à 4 gouttes H.E.C.T. + 3 gouttes H.V. noisette sur la gorge, sur les sinus, sur le thorax et le dos, sur l'affection cutanée et autour de l'oreille en fonction des pathologies à traiter.

**f) Précautions d'emploi**

- Ne pas utiliser pendant les trois premiers mois de la grossesse et pendant l'allaitement, ni chez les enfants de moins de 6 ans.
- Déconseillée chez les sujets asthmatiques en raison de la forte teneur en 1,8-cinéole (surtout en inhalation ou diffusion).
- Privilégier l'usage cutané (massages au regard de l'organe concerné, le long de la colonne vertébrale, ou sur les voûtes plantaires) ou en diffusion / inhalation, la voie orale est peu appropriée pour cette huile essentielle.
- Irritante à forte dose, toujours bien diluer pour une application cutanée.
- Interactions possibles avec les médicaments (en raison de sa teneur en 1,8-cinéole, qui a un effet inducteur sur certaines enzymes), ne pas utiliser par voie orale sans avis médical simultanément à un traitement médicamenteux.
- Très puissante, elle peut irriter certains sujets en diffusion. Dans ce cas, la mélanger avec des huiles essentielles plus douces (Lavande vraie, Sapin baumier...) ou lui préférer l' *Eucalyptus smithii* ou radié.
- Tenir hors de portée des enfants.
- Le limonène est un composé naturel contenu dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE))

**g) Synergies** <sup>(98)</sup>

(1) Pin : *Pinus sylvestris* <sup>(99)</sup>

- Molécules aromatiques : pinènes, limonène
- Partie distillée : l'aiguille
- Principales propriétés pharmacologiques: antibactérienne / analgésique percutanée / fongicide /décongestionnante / antiseptique / expectorante.
- Indications thérapeutiques : bronchites, catarrhes, sinusites, toux, laryngites / sciatique, lumbago, arthrites, crampes, rhumatismes / hypotension / asthénie profonde / peaux ternes, psoriasis, eczémas, ...

(2) Romarin : *Rosmarinus officinalis* CT cinéole <sup>(100)</sup>

- Molécules aromatiques : 1,8 cinéole
- Partie distillée : la sommité fleurie
- Principales propriétés pharmacologiques : antibactérienne / fongicide / anticatarrhale, expectorante, mucolytique.
- Indications thérapeutiques : Infections des voies respiratoires avec encombrement muqueux : sinusite, catarrhe bronchique; congestion pulmonaire / cystites et candidoses / dyspepsie, entérocolites / fatigue chronique.

(3) Girofle : *Syzygium aromaticum* <sup>(101)</sup>

- Molécules aromatiques : eugénol, acétate d'eugényle
- Partie distillée : le bouton floral
- Principales propriétés pharmacologiques : antibactérienne / fongicide / vermifuge / carminative / antivirale / stimulante immunitaire / anesthésiante.
- Indications thérapeutiques : infections bactériennes et virales respiratoires : bronchites aiguës ou chroniques, sinusite, bronchite asthmatiforme / amibiases / zona, herpès / arthrite, rhumatismes / infections urinaires et intestinales : fermentation, diarrhée, cystite, mycoses cutanées et parasitoses / infections buccales : abcès, aphtes.

(4) Sarriette : *Satureja montana* <sup>(102)</sup>

- Molécules aromatiques : carvacrol, thymol, paracymène
- Partie distillée : la sommité fleurie
- Principales propriétés pharmacologiques : antibactérienne puissante à large spectre d'action / antivirale / stimulante immunitaire / fongicide / antiparasitaire / tonique et stimulante générale (nerveuse, circulatoire, sexuelle, digestive).
- Indications thérapeutiques : infections pulmonaires virales ou bactériennes /infections intestinales parasitaires ou bactériennes : amibiases, dysenteries, entérite; cystites, urétrites, prostatites / hypotension / asthénies nerveuses, physiques et sexuelles

#### **g) Exemple d'utilisations**

- Usage externe :

Diffusion pour désinfection atmosphérique (10 minutes / heure)

Frictions sur le thorax, le dos, le plexus solaire et la nuque (10 à 20 gouttes)

Inhalations : 10 gouttes d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* dans un bol d'eau chaude (3 à 7 minutes deux fois par jour).

- Bronchite catarrhale bactérienne chez l'adulte : voie cutanée à visée mucolytique, expectorante et anti-infectieuse (dans les mêmes proportions) : <sup>(103)</sup>

HE *Eucalyptus globulus* ; HE *Eucalyptus dives* à pipéritol ; HE Niaouli

Onctions thoraciques 2 à 3 fois par jour pendant 5 à 10 jours selon l'évolution

## **2. HUILE ESSENTIELLE D'*EUCALYPTUS RADIATA***

- Molécules aromatiques : 1,8 cinéole,  $\alpha$ -terpinéol
- Partie distillée : la feuille

### **a) Propriétés organoleptiques**

- Aspect : liquide mobile limpide
- Couleur : incolore à jaune pâle
- Odeur : douce, fraîche et caractéristique.

### **b) Principaux constituants**

- Monoterpènes : limonène,  $\alpha$ -pinène
- Monoterpénols :  $\alpha$ -terpinéol
- Esters terpéniques : acétate d' $\alpha$ -terpényle
- Oxydes terpéniques : 1,8-cinéole

### **c) Principales propriétés pharmacologiques**

- Antiviral, immunomodulant, antibactérien
- Expectorant, anticatarrhale, mucolytique
- Décongestionnant nasal et respiratoire puissante
- Stimulant des glandes à mucines de l'épithélium bronchique et digestif
- Energisante
- Inducteur des enzymes des microsomes hépatiques
- Rafraîchissant

### **d) Indications thérapeutiques**

- Infections respiratoires : bronchites, rhino-pharyngites, sinusites...
- Otites
- Maladies virales et gripes
- Pertes d'énergie et fatigues chroniques, déficience immunitaire
- Toux "grasses"
- Acnés infectées, dermatoses bactériennes

**e) Posologies conseillées**

- Voie orale : 2 gouttes H.E.C.T. dans du miel, de l'huile d'olive ou sur un sucre de canne, sous la langue, 3 fois par jour.
- Voie externe : 3 à 4 gouttes H.E.C.T. + 3 gouttes H.V. noisette, trois fois par jour, en onctions sur le thorax et le dos.

**f) Précautions**

- Ne pas utiliser pendant les trois premiers mois de la grossesse et pendant l'allaitement, ni chez les enfants de moins de 6 ans (sauf sur avis médical).
- Déconseillée chez les sujets asthmatiques en inhalation ou diffusion, du fait de sa teneur en eucalyptol (1,8-cinéole).
- Privilégier l'usage cutané ou en diffusion / inhalation, la voie orale est moins appropriée pour cette huile essentielle.
- Interactions possibles avec les médicaments (en raison de sa teneur en 1,8-cinéole, qui a un effet inducteur sur certaines enzymes), ne pas utiliser par voie orale sans avis médical simultanément à un traitement médicamenteux.
- Huile essentielle plus douce pour les voies respiratoires que l' *Eucalyptus globulus*. A privilégier chez les sujets sensibles par rapport à l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, plus irritant.
- Tenir hors de portée des enfants.
- Eviter tout contact avec les yeux.
- Le limonène, le linalol, le citral, le géraniol sont des composés naturels contenus dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE))
-

## g) Synergies <sup>(104)</sup>

### (1) Antiviral

- Ravintsara : *Cinnamomum camphora* CT cinéole <sup>(105)</sup>
- Molécules aromatiques : sabinène, 1,8 cinéole,  $\alpha$ -terpinéol
- Partie distillée : la feuille
- Principales propriétés pharmacologiques : antivirale / stimulante immunitaire / antibactérienne / anticatarrhale, expectorante / neuro tonique.
- Indications thérapeutiques : infections virales de tout type / déficience immunitaire / bronchite, rhinopharyngite, sinusite, rhume / insomnie, dépression, angoisse / fatigue profonde nerveuse et physique.

### (2) Antibactérien

- Girofle : *Syzygium aromaticum*
  
  - Tea-tree : *Melaleuca alternifolia* <sup>(106)</sup>
  - Molécules aromatiques : terpinéol 1 ol 4,  $\gamma$ -terpinène
  - Partie distillée : la feuille
  - Principales propriétés pharmacologiques: antibactérienne puissante à large spectre d'action / fongicide / parasiticide / antivirale / stimulante immunitaire
  - Indications thérapeutiques : infections buccales (aphtose, stomatite, abcès, gingivite) / infections bactériennes ou virales des voies respiratoires supérieures et inférieures / infections urinaires et gynécologiques / mycoses cutanées, unguéales et sous-unguéales / oedème lymphatique / varices, jambes lourdes, hémorroïdes / parasitoses cutanées ou intestinales.
- 
- Niaouli : *Melaleuca quinquenervia* CT cinéole <sup>(107)</sup>
  - Molécules aromatiques : 1,8 cinéole, viridiflorol
  - Partie distillée : la feuille
  - Principales propriétés pharmacologiques: antibactérienne / fongicide ; antimycobactérienne / anticatarrhale, expectorante / décongestionnante veineuse / antivirale / tonique cutanée.

- Indications thérapeutiques : infections respiratoires catarrhales bactériennes ou virales / zona, varicelle, herpès buccal / infections gynécologiques / varices, stases veineuses, hémorroïdes / acnés.
  
- Thym à thujanol : *Thymus vulgaris* CT thujanol <sup>(108)</sup>
  - Molécules aromatiques : thujanol
  - Partie distillée : la sommité fleurie
  - Principales propriétés pharmacologiques : antibactérienne / antivirale puissante / stimulante immunitaire / tonique et régénératrice hépatocytaire/ activatrice sanguine / fongicide.
  - Indications thérapeutiques : infections respiratoires / otite, rhinites, grippe / stomatite, amygdalite, aphtes / cystites, vulvites, vaginites, salpingites, urétrite / herpès / mycoses cutanées, unguéales et gynécologiques / extrémités froides (doigts, pieds...) / asthénie nerveuse.
  
- Cajeput : *Melaleuca cajeputi*
  - Molécules aromatiques : 1,8 cinéole, limonène
  - Partie utilisée : Feuille
  - Origine : Vietnam

### **(3) *Mucolytique***

- Inule odorante : *Inula graveolens*
  - Molécules aromatiques : Acétate de bornyle, lactone, bornéol
  - Partie utilisée : Sommités fleuries
  - Origine : France

## h) Exemples d'utilisation

- Pathologies de la sphère ORL et des voies respiratoires avec infection bactérienne et encombrement muqueux chez l'adulte: 6 à 8 gouttes 4x/jour sur le thorax et le dos <sup>(110)</sup>

HE *Eucalyptus radiata* : 4 ml / HE *Rosmarinus officinalis* à cinéole : 1 ml

HE *Thymus vulgaris* à thujanol : 2 ml / HE *Cinnamomum camphora* à cinéole : 3 ml

- Grippe chez l'adulte : 6 gouttes du mélange suivant sur le thorax et le haut du dos 6 fois par jour pendant 2 à 3 jours <sup>(109)</sup>

HE *Eucalyptus radié*: 2 gouttes / HE Laurier Noble: 1 goutte

HE Niaouli: 1 goutte / HE Ravintsara: 2 gouttes

- Encombrement bronchique chez l'adulte : 8 gouttes du mélange sur le thorax et le haut du dos en massage pénétrant 4 fois par jour pendant 7 jours <sup>(109)</sup>

HE *Eucalyptus radié*: 3 gouttes / HE Ravintsara: 3 gouttes / HE Niaouli: 2 gouttes

HE Romarin à verbénone: 2 gouttes / HE Inule odorante: 2 gouttes

- Faiblesse immunitaire, asthénie chez l'adulte: 6 gouttes à masser au niveau des surrénales, 3 fois par jour <sup>(110)</sup>

HE *Eucalyptus radiata*: 3 ml / HE *Cinnamomum camphora* à cinéole: 3 ml

HE *Cymbopogon martinii*: 3 ml / HE *Eugenia caryophyllus*: 1 ml

- Rhume des foins, rhinite allergique: 3 à 4 gouttes sur les zones sinusales à répéter au besoin <sup>(110)</sup>

HE *Eucalyptus radiata*: 2 ml / HE *Eucalyptus dives*: 2 ml

HE *Mentha piperita*: 1 ml / HE *Litsea citrata*: 1 ml

- Catarrhe nasale chez l'enfant (de plus de 6 ans et sur avis médical): appliquez 8 gouttes du mélange sur le thorax et le haut du dos matin et soir pendant 5 jours <sup>(111)</sup>

HE Ravintsara: 3 ml / HE *Eucalyptus radiata*: 2 ml.

HE Bois de rose : 1 ml / HV Noisette complément à 18 ml

### **3. HUILE ESSENTIELLE D'*EUCALYPTUS CITRIADORA***

- Molécules aromatiques : citronellal, citronellol, isopulégol
- Partie distillée : la feuille

#### **a) Propriétés organoleptiques**

- Aspect: liquide mobile limpide
- Couleur : jaune
- Odeur : aromatique, fraîche, citronnée

#### **b) Principaux constituants chimiques**

- Monoterpénols: citronnellol, isopulégol, isopulégol-iso
- Aldéhydes terpéniques : citronellal

#### **c) Principales propriétés pharmacologiques**

- Anti-inflammatoire et antirhumatismale puissante
- Antalgique remarquable, apaisante cutanée
- Calmante, sédative, hypotensive
- Antispasmodique efficace
- Fongicide
- Répulsive des moustiques

#### **d) Indications thérapeutiques**

- Tendinites, tennis elbow
- Sciatique
- Péricardites, coronarites, hypertension
- Zona, prurit, irritations cutanées, démangeaisons
- Cystites, vaginites, leucorrhées
- Pied d'athlète, mycoses cutanées

#### **e) Posologies conseillées**

- Voie interne : 2 gouttes H.E.C.T., 3 fois par jour, dans du miel, de l'huile d'olive, sous la langue.
- Voie externe : 4 gouttes H.E.C.T., en onction et massage, aux endroits arthrosiques et arthritiques douloureux et le long de la colonne vertébrale.

#### **f) Précautions**

- Ne pas utiliser pendant les trois premiers mois de la grossesse.
- Peut être irritante pour la peau, toujours bien diluer pour l'application cutanée.
- Tenir hors de portée des enfants.
- Le citronnellol, le linalol et le limonène sont des composés naturels contenus dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE)).

#### **g) Exemples d'utilisation**

- Usage externe :
  - Application de quelques gouttes sur les régions inflammatoires articulaires ou cutanées
  - Diffusion atmosphérique pour éloigner les moustiques
- Tennis-elbow chez l'adulte: Appliquez sur la zone douloureuse plusieurs fois par jour<sup>(103)</sup>

HE *Eucalyptus citriodora*: 9 ml / HE *Gaultheria procumbens*: 1 ml

- Elongation et déchirure musculaire chez l'enfant (de plus de 6 ans et sur avis médical): Appliquez localement 4 à 6 gouttes du mélange 4 fois par jour<sup>(111)</sup> :

HE *Helichrysum italicum* : 2 ml / HE *Tanacetum annuum* : 0,5 ml

HE *Lavandula super acétate* : 2 ml / HE *Eucalyptus citriodora* : 2 ml

HE *Pinus ponderosa*: 1 ml / HV *Arnica* : 2 ml / HV *Noisette*: 15 ml

- Moustiques<sup>(109)</sup> :
  - Répulsif : appliquez localement sur les membres exposés 10 à 12 gouttes du mélange 4 à 5 fois par jour
  - Curatif : appliquez 1 à 2 gouttes sur la piqûre

HE *Géranium rosat*: 3 ml / HE *Citronnelle de java*: 1 ml / HE *Eucalyptus citriodora*: 2ml

- Eczéma variqueux : 2 à 3 applications par jour, localement sur l'eczéma <sup>(109)</sup>

HE *Mentha piperita*: 0,5 ml / HE *Pistacia lentiscus* : 1 ml / HE *Eucalyptus citriodora* : 4 ml

HE *Cupressus sempervirens*: 2 ml / HE *Laurus nobilis*: 2 ml

HE *Thymus vulgaris* CT thujanol: 2 ml / HE *Melaleuca alternifolia*: 4 ml

HV *Calophyllum Inophyllum* : 10 ml / HV *Triticum vulgare* : complément à 100 ml

- Allergie cutanée / prurit : 2 ou 3 applications locales par jour jusqu'à amélioration complète <sup>(109)</sup>

HE *Matricaria recutita*: 0.5 ml / HE *Lavandula latifolia spica*: 1 ml

HE *Eucalyptus citriodora*: 1 ml / HE *Mentha x piperita* : 1 ml

Talc ou argile verte : complément à 100 g dans un flacon poudreux

- Névralgies: 4 à 6 fois par jour localement <sup>(109)</sup>

HE Gaulthérie : 1 goutte / HE *Eucalyptus citronné* : 2 gouttes

HE Genévrier commun : 1 goutte

#### **4. HUILE ESSENTIELLE DE *EUCALYPTUS POLYBRACTEA CRYPTONIFERA***

- Molécules aromatiques : cryptone, spathulénol, paracymène, 1,8 cinéole
- Partie utilisée : Feuille
- Origine : France

##### **a) Propriétés organoleptiques**

- Aspect : liquide limpide, fluide et mobile
- Couleur : jaune foncé à orangé
- Odeur : boisée et épicée (note de cumin)

##### **b) Principaux composants chimiques**

- Monoterpènes : para-cymène
- Sesquiterpénols : spathulénol
- Aldéhydes : cuminaldéhyde
- Cétones : cryptone
- Oxydes terpéniques : 1,8-cinéole

##### **c) Principales propriétés pharmacologiques**

- Anticatarrale, expectorante, mucolytique
- Antivirale
- Anti-infectieuse
- Anti-bactérienne
- Antiamibienne, antipaludéenne
- Anti-inflammatoire
- Décongestionnante prostatique

##### **d) Indications thérapeutiques <sup>(112)</sup>**

- Infections gynécologiques et urinaires d'origine virale : condylomes, dysplasies du col utérin, chlamydioses, prostatites virales et congestives, urétrites, cystites.
- Amibiases, dysenteries, kystes amibiens, parasitoses intestinales.
- Rhinopharyngite, bronchite aiguës et chroniques
- Paludisme (en complément des traitements)

### e) Précautions

- Ne pas utiliser chez les femmes enceintes ou allaitantes, les sujets épileptiques et les enfants de moins de 6 ans (en raison de sa teneur en cétones, composés présentant des risques neurotoxiques et abortifs à fortes doses).
- Pas d'utilisation prolongée sans avis thérapeutique.
- Pas d'usage oral.
- Peut être irritante pour la peau à forte dose : à utiliser toujours bien diluée dans une huile végétale, à hauteur de 20% maximum. En règle générale, faites toujours un test d'application de votre préparation, dans le pli du coude, au moins 48h avant de l'utiliser.
- Tenir hors de portée des enfants.
- Le limonène et le linalol sont des composés naturels contenus dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE))
- Dangereux. Respecter les précautions d'emploi. Liquide et vapeurs inflammables. Nocif en cas d'ingestion. Peut provoquer une allergie cutanée. Provoque une irritation cutanée (risque lié au produit sous forme pure). Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires (si le produit est avalé accidentellement, ne pas faire vomir). Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme (en cas de déversement massif du produit dans un cours d'eau).

### f) Exemples d'utilisations

- Usage externe : En frictions diluée dans une huile végétale
- Parasitose intestinale chez l'adulte : 2 gouttes du mélange dans une cuillère à café d'huile d'olive ou dans un peu de mie de pain 3 fois par jour pendant 15 jours. <sup>(109)</sup>

HE Ajowan : 1 ml / HE Cannelle: 0,5 ml / HE Eucalyptus à cryptone : 1 ml

HE Camomille romaine : 1 ml / HE Verveine citronnée : 0,5 ml

- Amibiase chez l'adulte: dans une cuillère à café d'huile d'olive 3 fois par jour <sup>(109)</sup>

HE Clou de Girofle : 1 goutte / HE Cannelle écorce : 1 goutte

HE Eucalyptus à cryptone : 1 goutte

- Infection à cytomégalovirus chez l'adulte: en application cutanée sur le thorax et sur le dos 3 à 4 fois par jour pendant 15 jours. A répéter selon les besoins. <sup>(109)</sup>

HE Ravintsara: 3 gouttes / HE Eucalyptus à cryptone : 3 gouttes

HE Palmarosa: 2 gouttes / HE Thym CT thymol : 1 goutte

- Fièvre tropicale chez l'adulte : 4 gouttes du mélange sur chaque membre exposé 6 fois par jour pendant toute la durée du voyage, et 2 gouttes du mélange 3 fois par jour sur 1/4 de sucre à sucer. <sup>(113)</sup>

HE Ajowan: 3 ml / HE Bois de rose: 1 ml

HE Eucalyptus à cryptone : 2 ml / HE Eucalyptus citronné : 2 ml

## **5. HUILE ESSENTIELLE D'*EUCALYPTUS DIVES***

- Molécules aromatiques : pipéritone,  $\alpha$ -phéllandrène
- Partie distillée : la feuille

### **a) Propriétés organoleptiques**

- Aspect : liquide limpide, fluide et mobile
- Couleur : jaune très pâle à transparent
- Odeur : fraîche et épicée

### **b) Principaux constituants chimiques**

- Cétones : pipéritone
- Monoterpènes :  $\alpha$ -phéllandrène, para-cymène, alpha-thujène
- Monoterpénols : terpinène-4-ol

### **c) Principales propriétés pharmacologiques**

- Anticatarrhale et mucolytique
- Lipolytique (destruction des graisses)
- Drainante hépatique et rénale, diurétique
- Antibactérienne
- Néphroprotectrice

### **d) Indications thérapeutiques <sup>(114)</sup>**

- Sinusite, otite, bronchite
- Toux grasse
- Rétentions hydrolipidiques, adiposités, cellulite
- Acné, ulcère, plaie atone, peaux grasses
- Néphrite, cystite, vaginite leucorrhéique

### **e) Posologies conseillées**

- Voie interne : toujours diluer : 1 goutte H.E.C.T., 3 fois par jour, dans du miel, de l'huile d'olive, sous la langue.
- Voie externe : toujours diluer : 2 gouttes H.E.C.T. + 2 gouttes H.V. noisette, 3 fois par jour, sur le thorax (infection respiratoire) ou sur le bas ventre (infections urinaires et rénales) ou sur la zone cutanée à traiter.

#### **f) Précautions**

- Ne pas utiliser chez les femmes enceintes ou allaitantes, les sujets épileptiques et les enfants de moins de 6 ans (en raison de sa teneur en cétones, composés présentant des risques neurotoxiques et abortifs à fortes doses).
- Pas d'utilisation prolongée sans l'avis d'un professionnel.
- Usage interne réservé aux thérapeutes.
- Toujours bien diluer pour l'usage cutané.
- Sensibilisation allergique possible.
- Tenir hors de portée des enfants
- Le limonène est le linalol sont des composés naturels contenus dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE)).

#### **g) Exemples d'utilisations**

- Usage externe en frictions localisées, diluée à 50% dans une huile végétale:
  - . thorax et dos pour les infections respiratoires
  - . sinus (en évitant bien les yeux) pour les sinusites
  - . sur le bas ventre et le dos pour les infections urinaires, gynécologiques et rénales
  - . autour de l'oreille pour les otites

- Acné / comédons: Quelques gouttes du mélange point par point 2 fois par jour <sup>(109)</sup>

HE Eucalyptus mentholé: 1 ml / HE Lavande aspic 1 ml

HE Tea tree: 2 ml / HE Romarin à verbénone: 1 ml

- Cellulite / rétentions hydrolipidiques : Appliquez en massages légers matin et soir, juste après la toilette. <sup>(115)</sup>

HE Hélichryse italienne: 2 ml / HE Eucalyptus mentholé : 2 ml / HE Romarin à cinéole : 5 ml

HE Cèdre de l'Atlas : 5 ml / HE Cyprès vert : 2 ml / HE Gaulthérie couchée : 2 ml

HE Genévrier : 3 ml / HE Thym à linalol : 2 ml / HV Noisette : 20 ml

Lait corporel hydratant et raffermissant : Qsp 100 ml

- Sinusite : 2 gouttes du mélange en application locale cutanée sur le front 4 fois par jour pendant 3 jours et 2 gouttes sur 1/4 de sucre 2 fois par jour <sup>(109)</sup>

HE Tea tree: 2 ml / HE Eucalyptus mentholé 2 ml

HE Ravintsara 2 ml / HE Menthe poivrée 1 ml

## **6. HUILE ESSENTIELLE D'*EUCALYPTUS SMITHII***

- Molécules aromatiques : 1,8 cinéole, limonène,  $\alpha$ -pinène
- Partie utilisée : Feuille
- Origine : Australie

### **a) Propriétés organoleptiques**

- Aspect : liquide limpide, mobile
- Couleur : jaune clair
- Odeur : assez douce, typique de l'eucalyptus

### **b) Principaux constituants chimiques**

- Monoterpènes : alpha-pinène, limonène, gamma-terpinène, bêta-pinène, myrcène,  $\alpha$ -phellandrène
- Oxyde terpénique : 1,8-cinéole
- Monoterpénols : alpha-terpinéol, terpinène-4-ol
- Sesquiterpénols : bêta-eudesmol,  $\gamma$ -eudesmol

### **c) Propriétés principales**

- Anti-infectieuse, antibactérienne
- Antivirale, stimulante immunitaire
- Anti-catarrhale, expectorante, antitussive, dégage le nez et les bronches
- Anti-inflammatoire

### **d) Indications thérapeutiques <sup>(116)</sup>**

- Rhinites, rhino-pharyngites, gripes, rhumes
- Otites, sinusites, bronchites asthmatiformes, toux
- Conjonctivite
- Cystites, vaginites
- Acné
- Asthénie, frilosité

### e) Précautions

- Ne pas utiliser pendant les trois premiers mois de la grossesse et pendant l'allaitement, ni chez les enfants de moins de 6 ans (sauf sur avis médical).
- Déconseillée chez les sujets asthmatiques (surtout en inhalation ou diffusion) en raison de sa teneur en 1,8-cinéole.
- Privilégier l'usage cutané ou en diffusion / inhalation, la voie orale est moins appropriée pour cette huile essentielle.
- Interactions possibles avec les médicaments (en raison de sa teneur en 1,8-cinéole, qui a un effet inducteur sur certaines enzymes), ne pas utiliser par voie orale sans avis médical simultanément à un traitement médicamenteux.
- Huile essentielle plus douce pour les voies respiratoires que l'*Eucalyptus globulus*. A privilégier chez les sujets sensibles par rapport à l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, plus irritant.
- Tenir hors de portée des enfants.
- Le limonène qui est un composé naturel contenu dans cette huile essentielle pouvant présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles (selon le 7ème Amendement de la Directive Européenne relative aux produits cosmétiques (2003/15/CE)).

### f) Posologies

L'huile essentielle d'*Eucalyptus smithii* est souvent considérée comme la plus douce des huiles essentielles d'eucalyptus, ce qui rend son emploi plus facile, notamment auprès des personnes sensibles.

### g) Exemples d'utilisations

Usage externe :

- En frictions ou applications locales, diluée dans une huile végétale ou pure pour des applications très localisées sur le thorax et le dos pour les infections respiratoires
- En diffusion aérienne également pour les infections respiratoires

## **B. LES MEDICAMENTS, COMPLEMENTS ALIMENTAIRES, DISPOSITIFS MEDICAUX A BASE D'EUCALYPTUS**

### **1. REGLEMENTATION**

#### **a) Définition du médicament**

Le code de la Santé publique (article L.5111-1) <sup>(117)</sup> définit ainsi le médicament :  
*« toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou chez l'animal ou pouvant leur être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier leurs fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique. »*

Il existe plusieurs catégories de médicaments, parmi lesquelles figurent notamment :

- les spécialités pharmaceutiques
- les préparations magistrales, hospitalières ou officinales

#### **b) Les plantes dans les préparations magistrales ou officinales <sup>(118)</sup>**

Les préparations sont des médicaments préparés en pharmacie pour les besoins spécifiques d'un ou plusieurs patients. On distingue deux types de préparations réalisées à partir de plantes médicinales, d'extraits ou d'huiles essentielles :

- Les préparations magistrales : réalisées pour un patient particulier selon une prescription médicale, en raison de l'absence de spécialité disponible ou adaptée. Elles sont préparées par une pharmacie d'officine ou par une pharmacie à usage intérieur d'un établissement de santé (pharmacie hospitalière...).
- Les préparations officinales : inscrites à la pharmacopée ou au formulaire national, elles sont préparées en pharmacie d'officine et destinées à être dispensées directement aux patients de cette pharmacie.
- Cas particulier : les tisanes, les pharmaciens d'officine peuvent réaliser des mélanges pour tisanes sous forme de préparations officinales, selon les conditions décrites dans la monographie du Formulaire national.

### **c) Définition d'un médicament à base de plante**

Une spécialité pharmaceutique est un médicament préparé à l'avance, présenté sous un conditionnement particulier et caractérisé par une dénomination spéciale. Une spécialité pharmaceutique à base de plante(s) est un médicament dont la substance active est d'origine végétale c'est-à-dire fabriquée à partir d'une ou plusieurs plantes. La substance active peut être concentrée, sous la forme d'extrait par exemple, fabriquée à partir d'une partie de la plante (feuilles, racines ...) ou de la plante entière.

Les médicaments à base de plantes ne peuvent être commercialisés sans une autorisation délivrée par l'ANSM. L'autorisation garantit leur qualité, leur innocuité (sécurité) et leur intérêt thérapeutique (efficacité) dans les indications revendiquées. Un médicament à base de plantes peut être autorisé selon trois modalités.<sup>(119)</sup> A chaque modalité correspond un dossier de demande. Son contenu varie suivant les caractéristiques de la plante et son ancienneté d'usage. Les monographies de l'Union Européenne publiées par l'Agence européenne du médicament (European Medicines Agency) facilitent et harmonisent le processus d'autorisation entre les différents états membres.

- **Demande d'autorisation de mise sur le marché sur la base d'un dossier complet**

La sécurité et l'efficacité du médicament sont démontrées sur la base d'essais non cliniques et cliniques. Les résultats des essais pharmaceutiques et non-cliniques sont fournis. (*Art. R 5121 et R 5121-25 CSP*).

- **Demande d'autorisation de mise sur le marché sur la base de l'usage médical bien établi : dossier bibliographique**

Le niveau de sécurité est considéré comme acceptable et l'efficacité est reconnue sur la base de l'usage. Le demandeur démontre, par référence à une documentation bibliographique appropriée, que la demande porte sur une spécialité dont la ou les substances actives :

- sont d'un usage médical bien établi depuis au moins 10 ans en France, dans l'Union européenne ou dans l'Espace économique européen
- et présentent une efficacité reconnue
- ainsi qu'un niveau acceptable de sécurité

- **Demande d'enregistrement pour les médicaments traditionnels à base de plantes**

L'efficacité est considérée comme plausible sur la base de la longue utilisation et de l'expérience. La sécurité est documentée sur la base d'un rapport d'expert et de données de sécurité. Le cas échéant des essais supplémentaires peuvent être demandés.

Cette procédure d'autorisation simplifiée est prévue pour les médicaments qualifiés de "médicaments traditionnels à base de plantes" lorsqu'ils satisfont aux 5 critères cumulatifs suivants :

- avoir des indications exclusivement appropriées à des médicaments traditionnels à base de plantes conçus et destinés à être utilisés sans la surveillance d'un médecin à des fins de diagnostic, de prescription ou de suivi du traitement ;
- être exclusivement destinés à une administration selon un dosage et une posologie spécifiés ;
- être destinés à une administration par voie orale, externe et/ou par inhalation ;
- la durée de l'usage traditionnel à des fins médicales est d'au moins 30 ans avant la date de la demande, dont au moins 15 ans dans l'Union européenne ;
- les données sur l'usage traditionnel du médicament sont suffisantes : en particulier, l'innocuité du produit doit être démontrée dans les conditions d'emploi spécifiées et les effets pharmacologiques ou l'efficacité du médicament doivent être plausibles du fait de l'ancienneté de l'usage et de l'expérience. (*Art. L. 5121-14-1 et R.5121-107-3 et suivants CSP*).

Il doit fournir

- des éléments bibliographiques et des rapports d'expert établissant que le médicament a fait l'objet d'un usage médical depuis au moins 30 ans au moment de la demande, dont au moins 15 ans dans l'Union européenne ou l'Espace économique européen,
- une étude bibliographique des données de sécurité accompagnée d'un rapport d'expert,
- et le cas échéant les données nécessaires à l'évaluation de la sécurité du médicament.

Le contenu du dossier de demande d'enregistrement est défini par l'article R5121-107-4.

#### **d) Définition d'un complément alimentaire**

D'après le Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires :  
*« on entend par : " Compléments alimentaires ", les denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés, commercialisés sous forme de doses, à savoir les formes de présentation telles que les gélules, les pastilles, les comprimés, les pilules et autres formes similaires, ainsi que les sachets de poudre, les ampoules de liquide, les flacons munis d'un compte-gouttes et les autres formes analogues de préparations liquides ou en poudre destinées à être prises en unités mesurées de faible quantité ».*<sup>(120)</sup>

Dans notre cas on s'appuiera aussi sur cette définition présente dans ce même décret :  
*« Plantes et préparations de plantes », les ingrédients composés de végétaux ou isolés à partir de ceux-ci, [...] possédant des propriétés nutritionnelles ou physiologiques, à l'exclusion des plantes ou des préparations de plantes possédant des propriétés pharmacologiques et destinées à un usage exclusivement thérapeutique. ».*

#### **e) Définition d'un dispositif médical**

D'après la directive européenne 93/42/CEE : *« Est considéré comme dispositif médical : tout instrument, appareil, équipement, logiciel, matière ou autre article, utilisé seul ou en association, y compris le logiciel destiné par le fabricant à être utilisé spécifiquement à des fins diagnostique et/ou thérapeutique, et nécessaire au bon fonctionnement de celui-ci. Le dispositif médical est destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins de :*

- *diagnostic, prévention, contrôle, traitement ou d'atténuation d'une maladie,*
- *diagnostic, contrôle, traitement, d'atténuation ou de compensation d'une blessure ou d'un handicap,*
- *d'étude ou de remplacement ou modification de l'anatomie ou d'un processus physiologique,*
- *maîtrise de la conception,*

*et dont l'action principale voulue dans ou sur le corps humain n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens. »*<sup>(121)</sup>

## 2. LES POMMADES

### a) Vicks Vaporub pommade© <sup>(122)</sup>

- **Composition qsp 100g**

- Substances actives : Essence d'Eucalyptus 1,5g ; Essence de térébenthine 5g ; Camphre 5g ; Levomenthol 2,75g ; Thymol 0,25g.
- Excipients : Vaseline ; Essence de Cèdre.

- **Indications :** Ce médicament est indiqué dans le traitement d'appoint à visée décongestionnante au cours des affections respiratoires banales.

- **Statut administratif : Médicament non soumis à prescription médicale.**

Code UCD13 : 3400892207087 / Code UCD7 : 9220708

Code identifiant spécialité : 64072763

Laboratoire titulaire de l'AMM : PROCTER ET GAMBLER PHARMACEUTICALS FRANCE

- **Posologie et administration : La durée maximale du traitement est de 3 jours.**

- Application cutanée : Ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 6 ans. Appliquer la valeur d'une cuillère à café une à deux fois par jour sur la poitrine ou le cou de préférence après la toilette. Ne jamais dépasser 2 applications par jour.
- En inhalation par fumigation : Ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 12 ans. 1 à 3 fois par jour, faire fondre le volume d'une à deux cuillères à café dans un bol d'eau chaude (attention ne pas utiliser d'eau portée à ébullition (bouillante)) et inhaler les vapeurs par le nez et la bouche.

- **Contre-indications :** Hypersensibilité à l'un des constituants, dermatoses et lésions cutanées en évolution. En raison de la présence de terpènes et de leur effet convulsivant, ce médicament ne doit jamais être administré chez l'enfant de moins de 6 ans et chez l'enfant ou l'adulte ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non).

- **Précautions d'emploi :** Ce médicament contient des substances volatiles inflammables : ne jamais exposer à une flamme. Lors de l'inhalation du produit par fumigation, rester à une distance suffisante de la préparation afin d'éviter une brûlure du visage suite au contact de vapeurs chaudes. En cas d'antécédents de convulsions, tenir compte de la présence de dérivés terpéniques.

- **Grossesse et allaitement**

- Grossesse : En clinique, aucun effet malformatif ou foetotoxique particulier n'est apparu à ce jour. Toutefois, le suivi de grossesses exposées à ce médicament est insuffisant pour exclure tout risque. En conséquence, par mesure de précaution, il est préférable de ne pas utiliser ce médicament pendant la grossesse.
  - Allaitement : il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait de l'absence de données cinétiques sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait, de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson, de l'exposition par voie respiratoire du nourrisson en raison de la proximité du site d'application. Dans tous les cas, ne pas appliquer sur les seins des femmes qui allaitent.
- **Effets indésirables** : Au niveau du site d'application, il y a possibilité d'érythème, de prurit, d'éruption, de réaction allergique ou irritative de la peau ou des yeux (lors de l'inhalation). Dans ce cas, interrompre le traitement. Si la sensation de chaleur après application devient trop vive, suspendre le traitement. En cas de surdosage une sensation de cuisson intense peut être ressentie. En raison de la présence de dérivés terpéniques (camphre, menthol, thymol, eucalyptus) et, en particulier, en cas d'administration supérieure aux doses préconisées ou de non respect des conseils d'utilisation, agitation, confusion peuvent survenir chez les sujets âgés, ainsi que des convulsions chez l'enfant.

**b) Bronchodermine©<sup>(123)</sup>**

- **Composition qsp 100g**

- Substances actives : Essence de Pin sylvestre 1g ; Eucalyptol 1g ; Gaïacol créosote (mélange de gaïacol (60 %) et de créosote de hêtre (40%)) 1,55g
  - Excipients : Eau purifiée 56,75g ; huile d'archide 14 g
  - Excipients à effet notoire par voie orale : mélange de stéarate de propylène glycol et de glycérol (EGEPE-60) (stéarate de propylène glycol, stéarate d'éthyl, stéarate de glycol, stéarate de glycéryle, acide stéarique) 25,75g
- **Indications** : Ce médicament est indiqué dans le traitement d'appoint à visée décongestionnante au cours des affections respiratoires banales.

- **Statut administratif : Médicament non soumis à prescription médicale.**

Code UCD13 : 3400890135016 / Code UCD7 : 9013501

Code identifiant spécialité 6 178 611 2

Laboratoire titulaire de l'AMM : SERP

- **Contre-indications :** Hypersensibilité à l'un des constituants, enfant ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non), ne pas appliquer sur les seins en cas d'allaitement, peau lésée, enfant de moins de 30 mois.
- **Précautions d'emploi :** Cette spécialité contient des dérivés terpéniques (cinéole, huile de pin) qui peuvent entraîner à doses excessives des accidents neurologiques à type de convulsions chez l'enfant et le nourrisson, respecter les posologies et les durées de traitement préconisées, ne pas appliquer sur une surface étendue du corps, ne pas appliquer sur les seins en cas d'allaitement, ne pas appliquer chez l'enfant de moins de 30 mois, respecter la posologie en fonction de l'âge et utiliser le dispositif doseur, en cas de réaction cutanée de type allergique ou irritatif, interrompre le traitement, suspendre le traitement si la sensation de chaleur devient trop vive, en cas d'antécédent d'épilepsie, tenir compte de la présence de dérivés terpéniques, si les symptômes persistent et/ou s'accompagnent de signes de surinfection, il conviendra de réévaluer la conduite thérapeutique, éviter tout contact avec les yeux, les muqueuses et les plaies, bien se laver les mains après usage.
- **Grossesse :** en clinique, aucun effet malformatif ou foetotoxique particulier n'est apparu à ce jour. Toutefois, le suivi de grossesses exposées à ce médicament est insuffisant pour exclure tout risque. En conséquence, par mesure de précaution, il est préférable de ne pas administrer ce médicament pendant la grossesse.
- **Allaitement :** en raison de la toxicité neurologique potentielle des dérivés terpéniques chez le nourrisson, éviter l'administration de ce médicament chez la femme qui allaite.
- **Effets indésirables :** il y a possibilité de réaction allergique ou irritative. En raison de la présence de dérivés terpéniques (eucalyptol, huile essentielle de pin) et en cas de non-respect des doses préconisées il y a possibilité d'agitation et de confusion chez le sujet âgé et risque de convulsions chez l'enfant et le nourrisson.

### 3. LES INHALATIONS

#### a) Calyptol inhalant© <sup>(124)</sup>

- **Composition qsp une ampoule de 5ml**
  - Substances actives : Eucalyptol 250mg ; Terpeneol 25 mg ; Essence de pin sylvestre 50mg ; Essence de Thym 50mg ; Essence de Romarin 50mg.
  - Excipients : Macrogol Glycerol Hydroxystearate ; mélange Octyphenol/Nonyphenol ethoxyle; Eau purifiée.
- **Indications :** Traitement d'appoint dans les états congestifs des voies aériennes supérieures.
- **Posologie :** Ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 12 ans. 1 à 3 inhalations par jour : verser le contenu d'une ampoule dans un bol d'eau très chaude, mais non bouillante, et inhaler les vapeurs. L'indication ne justifie pas un traitement prolongé au-delà de 5 jours sans avis médical.
- Statut administratif : Médicament non soumis à prescription médicale.
  - Code UCD13 : 3400890154116 / Code UCD7 : 9015411
  - Code identifiant spécialité : 6 025 360 6
  - Laboratoire titulaire de l'AMM : TECHNI PHARMA
- **Contre-indications :** l'utilisation de ce médicament est contre indiqué chez les enfants de moins de 12 ans, enfants ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non) ou en cas d'hypersensibilité au cinéole ou à l'un des constituants.
- **Précautions d'emploi :** Respecter les conseils d'utilisation et la posologie, en particulier: ne jamais dépasser les doses recommandées. En cas de persistance des symptômes au-delà de 5 jours et/ou de fièvre associée, la conduite à tenir doit être réévaluée. En cas d'antécédent d'épilepsie, tenir compte de la présence de terpènes.
- **Allaitement :** en cas d'allaitement, il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait : de l'absence de donnée cinétique sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait, et de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson.
- **Effets indésirables :** en raison de la présence de dérivés terpéniques et en cas de non-respect des doses préconisées : risque de convulsions chez l'enfant ; possibilité d'agitation et de confusion chez les sujets âgés.

**b) Essence algérienne®** <sup>(125)</sup>

- **Composition pour 100g de solution** : Substances actives : Eucalyptol 97,80 g ; Menthol 1,20 g ; Gaïacol 1,00 g
- **Indications** : Traitement d'appoint dans les états congestifs des voies aériennes supérieures.
- **Posologie** : Ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 12 ans. 1 à 3 inhalations par jour: verser le contenu d'une ampoule dans un bol d'eau très chaude, mais non bouillante, et inhaler les vapeurs.
- Statut administratif : Médicament non soumis à prescription médicale.
  - Code identifiant spécialité : 6 586 024 3
  - Laboratoire titulaire de l'AMM : GERDA
- **Contre-indications** : l'utilisation de ce médicament est contre indiqué chez les enfants de moins de 12 ans, enfants ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non) ou en cas d'hypersensibilité au cinéole ou à l'un des constituants.
- **Précautions d'emploi** : Respecter les conseils d'utilisation et la posologie, en particulier: ne jamais dépasser les doses recommandées.
- **Allaitement** : en cas d'allaitement, il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait : de l'absence de donnée cinétique sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait, et de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson.
- **Effets indésirables** : en raison de la présence de dérivés terpéniques et en cas de non-respect des doses préconisées : risque de convulsions chez l'enfant ; possibilité d'agitation et de confusion chez les sujets âgés.

**c) Balsolene®** <sup>(126)</sup>

- **Composition**
  - Substances actives : Essence d'Eucalyptus 1,165g ; Essence de Niaouli 0,72g ; Levomenthol 0,72g ; Benjoin du Laos 1,35g.
  - Excipients : Alcool éthylique (titre alcoolique (V/V) : 60%), Eau purifiée.

- **Indications** : Traitement d'appoint dans les états congestifs des voies aériennes supérieures.
- **Posologie** : Ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 12 ans et est utilisé pour de inhalation par fumigation. Il faut verser une cuillère à café de solution dans un bol d'eau très chaude mais non bouillante et inhaler les vapeurs. A renouveler si nécessaire 3 fois par 24 heures.
- **Statut administratif**
  - *Médicament non soumis à prescription médicale.*
  - Code UCD13 : 3400893263877 / Code UCD7 : 9326387
  - Code identifiant spécialité : 6 961 052 9
  - Laboratoire titulaire de l'AMM : COOPERATION PHARMACEUTIQUE FRANCAISE
- **Contre-indications** : Hypersensibilité au produit, enfant de moins de 12ans, liées à la présence de dérivés terpéniques : enfants ou adulte ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non).
- **Précautions d'emploi** : Cette spécialité contient des dérivés terpéniques (eucalyptol, niaouli, lévomenthol) qui peuvent entraîner à doses excessives : des accidents neurologiques à type de convulsions, chez le nourrisson et chez l'enfant ; des pauses respiratoires et des collapsus chez le nourrisson. Respecter les conseils d'utilisation et les posologies, en particulier : ne jamais dépasser les doses recommandées. Réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 12 ans. Si les symptômes persistent et/ou s'accompagnent de signes de surinfection, la conduite thérapeutique devra être réévaluée. En cas de réaction allergique, suspendre le traitement. En cas d'antécédent d'épilepsie, tenir compte de la présence de dérivés terpéniques.
- **Allaitement** : en cas d'allaitement, il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait : de l'absence de donnée cinétique sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait, et de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson.
- **Effets indésirables** : possibilité d'irritation locale, d'allergie. En raison de la présence de dérivés terpéniques et en cas de non-respect des doses préconisées : risque de convulsions chez l'enfant ; possibilité d'agitation et de confusion chez les sujets âgés.

## 4. LES SUPPOSITOIRES

### a) Trophires<sup>©</sup> (127)

- **Composition QSP un suppositoire**

- TROPHIRES ADULTES SUPPOSITOIRES 3,00g :

- Substances actives : Essence d'Eucalyptus 0,110g ; Tenoate sodique 0,285g

- Excipient : Glycérides hémissynthétiques solides

- TROPHIRES ENFANTS SUPPOSITOIRES 2,00g :

- Substances actives : Essence d'Eucalyptus 0,075g ; Tenoate sodique 0,190g

- Excipient : Glycérides hémissynthétiques solides

- **Indications** : Traitement d'appoint au cours des affections bronchiques aiguës bénignes pour TROPHIRES.

- **Posologie**

- TROPHIRES ADULTES : RESERVE A L'ADULTE : 1 suppositoire matin et soir. Le choix de la voie rectale n'est déterminé que par la commodité d'administration du médicament. L'utilisation de la voie rectale doit être la plus courte possible, en raison du risque de toxicité locale surajouté aux risques par voie orale.

- TROPHIRES ENFANTS : Réservé à l'enfant de plus de 12 kg (soit environ 30 mois). 1 suppositoire matin et soir. Le traitement devra être limité à 3 jours.

- **Statuts administratifs**

- TROPHIRES ADULTES : Médicament non soumis à prescription médicale.

- Code UCD13 3400890954563 / Code UCD7 : 9095456

- Code identifiant spécialité : 6 579 503 0

- Laboratoire titulaire de l'AMM : SANOFI AVENTIS France

- TROPHIRES ENFANTS : Médicament non soumis à prescription médicale.

- Code UCD13 : 3400890955164 / Code UCD7 : 9095516

- Code identifiant spécialité : 6 852 245 3

- Laboratoire titulaire de l'AMM : SANOFI AVENTIS France

- **Contre-indications** : hypersensibilité à l'un des constituants, liée à la voie d'administration: antécédents récents de lésions ano-rectales.

- **Précautions d'emploi :** ces spécialités contiennent des dérivés terpéniques (eucalyptus) qui peuvent entraîner, à doses excessives, des accidents neurologiques à type de convulsions chez le nourrisson et chez l'enfant. En cas d'antécédent d'épilepsie, tenir compte de la présence de dérivés terpéniques. L'excrétion du paracétamol et de ses métabolites s'effectue essentiellement dans les urines. En cas d'insuffisance rénale sévère, les prises doivent être espacées d'au moins 8 heures.
- **Grossesse :** en clinique, un recul important et une étude épidémiologique prospective portant sur quelques centaines de femmes semblent exclure un effet malformatif ou foetotoxique du paracétamol. Toutefois, le nombre de grossesses exposées à ce médicament est insuffisant pour exclure tout risque. En conséquence, par mesure de précaution, il est préférable de ne pas utiliser ce médicament au cours de la grossesse.
- **Allaitement :** il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait de l'absence de donnée cinétique sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait et de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson.
- **Effets indésirables :** quelques rares cas d'accidents allergiques se manifestent par de simples rashes cutanés avec érythème ou urticaire et nécessitent l'arrêt du traitement. De très exceptionnels cas de thrombopénies ont été signalés. En raison de la présence de dérivés terpéniques et en cas de non-respect des doses préconisées : risque de convulsions chez l'enfant et le nourrisson. Possible irritation rectale en raison de la forme pharmaceutique.

**b) Bronchodermine© Adulte et Enfant <sup>(128)</sup>**

- **Composition qsp 1 suppositoire 3g (Adulte) et 2g (Enfant) :**
  - Substances actives : Amyléine chlorhydrate (Adulte : 5mg et Enfant : 2.5mg), Cinéole (Adulte : 40mg et Enfant : 20 mg), Gaïacol (Adulte 200mg et Enfant : 100mg), huile essentielle de pin (Adulte : 50mg et Enfant : 25mg).
  - Excipients : Rocou (E160b), triglycérides semi-synthétiques.
- **Indications :** Ce médicament est indiqué dans le traitement d'appoint des affections bronchiques aiguës bénignes.
- **Statut administratif : Médicament non soumis à prescription médicale.**

Code UCD13 : 3400930158067 (Adultes) et 3400930158128 (Enfant)

Laboratoire titulaire de l'AMM : SERP (SOCIETE D'ETUDES ET DE RECHERCHES PHARMACEUTIQUES).

- **Contre-indications** : Hypersensibilité à l'un des constituants, enfant de moins de 30 mois (forme enfant) et de moins de 15 ans (forme adulte), personne ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non), antécédents récents de lésions ano-rectales, sujets allergiques aux anesthésiques locaux (amyléine).
- **Précautions d'emploi** : Cette spécialité contient des dérivés terpéniques (cinéole, huile de pin) qui peuvent entraîner à doses excessives des accidents neurologiques à type de convulsions chez l'enfant et le nourrisson. Ne pas prolonger la durée de traitement au-delà de 3 jours en raison : du risque d'accumulation des dérivés terpéniques dans les tissus et le cerveau, et en particulier, risque de troubles neurologiques ; du risque d'irritations ano-rectales à type de brûlure. Ne pas dépasser les doses recommandées en raison de l'augmentation du risque de survenue d'effets indésirables et de troubles liés à un surdosage. Les dérivés terpéniques étant inflammables, ne pas approcher cette spécialité d'une flamme. En cas d'expectoration grasse et purulente, en cas de fièvre ou de maladie chronique des bronches et des poumons, il conviendra de réévaluer la conduite thérapeutique. Ne pas utiliser en même temps que d'autres produits (médicaments ou cosmétiques) contenant des dérivés terpéniques quelle que soit la voie d'administration (orale, rectale, cutanée ou pulmonaire).
- **Grossesse** : en clinique, aucun effet malformatif ou foetotoxique particulier n'est apparu à ce jour. Toutefois, le suivi de grossesses exposées à ce médicament est insuffisant pour exclure tout risque. En conséquence, par mesure de précaution, il est préférable de ne pas administrer ce médicament pendant la grossesse.
- **Allaitement** : en raison de la toxicité neurologique potentielle des dérivés terpéniques chez le nourrisson, éviter l'administration de ce médicament chez la femme qui allaite.
- **Effets indésirables** : il y a possibilité de réaction allergique ou irritative. En raison de la présence de dérivés terpéniques (eucalyptol, huile essentielle de pin) et en cas de non-respect des doses préconisées il y a possibilité d'agitation et de confusion chez le sujet âgé et risque de convulsions chez l'enfant et le nourrisson. Possibilité de troubles digestifs (nausées, vomissements).

## 5. LES SIROPS

### a) Euphonyll Expectorant Adulte© et Terpone Sirop© <sup>(129)</sup>

- **Composition qsp 100ml**

- Substances actives : Terpene 200mg ; Essence de Pin de Sibérie 45mg ; Essence de Niaouli 45mg ; Essence d'Eucalyptus 45mg.
- Excipients : Saccharose 56500mg ; Polysorbate 80, Ammonium glycyrrhizinate, Jaune de quinoleine ; Bleu patente V sodique ; Alcool éthylique 5ml ; Eau purifiée.
- Aromes : Essence d'orange, Essence de menthe ; Essence de lavande ; Carvone ; Eucalyptol ; Limonène ; Aldéhyde caprylique
- 1 cuillère à soupe contient 8,5g de saccharose et 0,6g d'alcool ; le titre alcoolique (V/V) est de 5°.

- **Indications** : traitement d'appoint des troubles de la sécrétion bronchique.

- **Posologie** : Voie orale. RESERVE A L'ADULTE. 1 cuillère à soupe, 4 fois par jour.

- **Statut administratif**

- *Euphonyll expectorant adulte* : Médicament non soumis à prescription médicale.

- Code UCD13 : 3400893687536 / Code UCD7 : 9368753

- Code identifiant spécialité : 6 915 078 5

- Laboratoire titulaire de l'AMM : MAYOLY SPINDLER

- *Terpone sirop* : Médicament non soumis à prescription médicale.

- Code UCD13 : 3400891454215 / Code UCD7 : 9145421

- Code identifiant spécialité : 6 634 732 9

- Laboratoire titulaire de l'AMM : ROSA PHYTOPHARMA

- **Précautions d'emploi** : en cas d'expectoration grasse et purulente, en cas de fièvre ou en cas de maladie chronique des bronches et des poumons, il conviendra de réévaluer la conduite thérapeutique. Tenir compte de la teneur en alcool (0,6 g par cuillère à soupe) et éviter la prise de boissons alcoolisées. Ce médicament contient du saccharose. Son utilisation est déconseillée chez les patients présentant une intolérance au fructose, un syndrome de malabsorption du glucose et du galactose ou un déficit en sucrase/isomaltase. Il faut en tenir compte dans la ration journalière en cas de régime pauvre en sucre ou de diabète.

- **Interactions médicamenteuses du fait de la teneur en alcool (0,6 g par cuillère à soupe) il y a des associations à prendre en compte :**
  - les médicaments provoquant une réaction antabuse avec l'alcool (chaleur, rougeur, vomissement, tachycardie): disulfirame, céfamandole, céfopérazone, latamoxef (antibactériens-céphalosporines), chloramphénicol (antibactérien-phénicolé), chlorpropamide, glibenclamide, glipizide, tolbutamide (antidiabétiques-sulfamides hypoglycémiantes), griséofulvine (antifongique), nitro-5-imidazolés (métronidazole, ornidazole, secnidazole, tinidazole), kétoconazole, procarbazine (cytostatique).
  - les déprimeurs du système nerveux central à cause de la majoration de l'effet sédatif.
- **Grossesse :** en l'absence de données cliniques et animales, il est préférable de ne pas administrer ce médicament pendant toute la durée de la grossesse. Cependant, à ce jour, aucun effet malformatif particulier n'a été rapporté chez la femme enceinte.
- **Allaitement :** par prudence, en raison du manque de données cliniques et cinétiques, éviter l'administration pendant l'allaitement.
- **Effets indésirables :** possibilité de troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales).

**b) Pulmofluide©<sup>(130)</sup>**

- **Composition qsp 100ml**
  - Substances actives: Terpène 0,25 g ; Benzoate de sodium 2,00 g ; Cinéole 0,01 g ; Guaifénésine 0,20 g
  - Excipients : Acide benzoïque (E 210), saccharose\*, éthanol 96 %, propylène glycol, bleu patenté (E131), jaune orangé S (E110), eau purifiée.
  - 1 cuillère à soupe (15 ml) contient 3,6 g de saccharose, 48 mg de sodium et 2,24 g d'éthanol. Titre alcoolique : 18,9 % (V/V).
- **Indications :** traitement d'appoint des troubles de la sécrétion bronchique.
- **Posologie :** Voie orale. RESERVE A L'ADULTE. 1 cuillère à soupe, 3 fois par jour.
- **Statut administratif**
  - *Médicament non soumis à prescription médicale.*
  - Code identifiant spécialité : 6 448 281 2
  - Laboratoire titulaire de l'AMM : GERDA

- **Précautions d'emploi** : en cas d'expectoration grasse et purulente, en cas de fièvre ou en cas de maladie chronique des bronches et des poumons, il conviendra de réévaluer la conduite thérapeutique. Tenir compte de la teneur en alcool (2,24 g par cuillère à soupe) et éviter la prise de boissons alcoolisées. Ce médicament contient du saccharose. Son utilisation est déconseillée chez les patients présentant une intolérance au fructose, un syndrome de malabsorption du glucose et du galactose ou un déficit en sucrase/isomaltase. Il faut en tenir compte dans la ration journalière en cas de régime pauvre en sucre ou de diabète.
- **Interactions médicamenteuses du fait de la teneur en alcool (2,24 g par cuillère à soupe) il y a des associations à prendre en compte** :
  - les médicaments provoquant une réaction antabuse avec l'alcool (chaleur, rougeur, vomissement, tachycardie): disulfirame, céfamandole, céfopérazone, latamoxef (antibactériens-céphalosporines), chloramphénicol (antibactérien-phénicolé), chlorpropamide, glibenclamide, glipizide, tolbutamide (antidiabétiques-sulfamides hypoglycémiantes), griséofulvine (antifongique), nitro-5-imidazolés (métronidazole, ornidazole, secnidazole, tinidazole), kétoconazole, procarbazine (cytostatique).
  - les déprimeurs du système nerveux central à cause de la majoration de l'effet sédatif.
- **Grossesse** : en l'absence de données cliniques et animales, il est préférable de ne pas administrer ce médicament pendant toute la durée de la grossesse. Cependant, à ce jour, aucun effet malformatif particulier n'a été rapporté chez la femme enceinte.
- **Allaitement** : par prudence, en raison du manque de données cliniques et cinétiques, éviter l'administration pendant l'allaitement.
- **Effets indésirables** : possibilité de troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales).

## 6. Solution buccale : Glyco-Thymoline 55 <sup>(131)</sup>

- **Composition pour 100g de solution buccale**
  - Substances actives: Benzoate de sodium 2.040 g; Salicylate de sodium 0.090 g; Borax 2.000 g ; Thymol 0.037 g ; Cinéole 0.075 g ; Lévométhol 0.037 g
  - Excipients : Huile essentielle de pin sylvestre, bicarbonate de sodium, glycérol, alcool, polysorbate 80, rouge cochenille A (E 124), eau purifiée.

- **Indications** : Traitement local d'appoint des affections de la cavité buccale.
- **Posologie** : Réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 6 ans. Usage buccal, 2 à 3 fois par jour. Ne pas avaler, ne pas appliquer sur la peau ou les muqueuses autres que la muqueuse buccale. Application du produit non dilué sur les zones à traiter, à l'aide de compresses ou d'un coton. Ce produit, peut s'employer en bains de bouche : utiliser le produit dilué pour moitié avec de l'eau chaude.
- **Statut administratif**
  - *Médicament non soumis à prescription médicale.*
  - Code identifiant spécialité : 6 198 940 8
  - Laboratoire titulaire de l'AMM : SERP
- **Précautions d'emploi** : En cas d'antécédents d'épilepsie, tenir compte de la présence de terpènes. Dès l'ouverture du conditionnement, une contamination microbienne est possible.
- **Interactions médicamenteuses**: L'utilisation conjointe de médicaments proconvulsivants, ou abaissant le seuil épiléptogène, devra être soigneusement pesée en raison de la sévérité du risque encouru. Ces médicaments sont représentés notamment par la plupart des antidépresseurs (imipraminiques, inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine), les neuroleptiques (phénothiazines et butyrophénones), la méfloquine, la chloroquine, le bupropion, le tramadol. L'utilisation simultanée ou successive d'autres antiseptiques est à éviter compte tenu des interférences possibles (antagonisme, inactivation...).
- **Grossesse** : en l'absence de données cliniques et animales, il est préférable de ne pas administrer ce médicament pendant toute la durée de la grossesse.
- **Allaitement** : par prudence, en raison du manque de données cliniques et cinétiques, éviter l'administration pendant l'allaitement.
- **Effets indésirables** : Risque de sensibilisation à l'acide salicylique ; en raison de la présence de terpènes (eucalyptol, menthol, thymol) et en cas de non respect des doses préconisées : possibilité d'agitation et de confusion chez les sujets âgés, risque de convulsions chez l'enfant ; possible irritation locale.

## 7. EXEMPLES DE DISPOSITIFS MEDICAUX

### a) Humex 0,04% solution nasale © <sup>(132)</sup>

- **Composition qsp 100ml**

- Substance active : Chlorure de Benzalkonium 0,04g
- Excipients : Chlorure de Sodium 0,84g ; Eucalyptol 0,10g ; Polysorbate 80 0,10g ; Eau purifiée.

- **Indications** : traitement local d'appoint des infections de la muqueuse rhinopharyngée.

- **Posologie** : ce médicament est réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 30 mois.

- Adulte: 1 à 2 pulvérisations dans chaque narine 4 à 5 fois par jour.
- Enfant de plus de 30 mois : 1 pulvérisation dans chaque narine 3 à 4 fois par jour.

- **Statut administratif** : médicament non soumis à prescription médicale.

- Code UCD13 : 3400892048048 / Code UCD7 : 9204804
- Code identifiant spécialité : 6 644 391 1
- Laboratoire titulaire de l'AMM : URGO SOINS ET SANTE

- **Contre-indications** : Hypersensibilité à l'un des constituants, en particulier aux ammoniums quaternaires. Lié à la présence de cinéole en tant qu'excipient : enfants de moins de 30 mois et enfants ayant des antécédents de convulsions (fébriles ou non).

- **Précautions d'emploi** : cette spécialité contient du cinéole (dérivé terpénique) en tant qu'excipient, qui peut abaisser le seuil épileptogène. A doses excessives, risque d'accidents à type de convulsions, chez le nourrisson et chez l'enfant ; de pauses respiratoires et de collapsus chez le nourrisson. Respecter les conseils d'utilisation et les posologies, en particulier: ne jamais dépasser les doses recommandées. Dès l'ouverture du conditionnement, et à fortiori dès la première utilisation d'une préparation à usage nasal, une contamination microbienne est possible. L'indication ne justifie pas de traitement prolongé. Devant des signes cliniques généraux associés, un traitement par voie générale doit être envisagé. En cas d'antécédent d'épilepsie, tenir compte de la présence de dérivés terpéniques en tant qu'excipient.

- **Grossesse et Allaitement** : il est préférable de ne pas utiliser ce médicament du fait de l'absence de donnée cinétique sur le passage des dérivés terpéniques dans le lait et de leur toxicité neurologique potentielle chez le nourrisson.
- **Effets indésirables** : les effets indésirables possibles sont des réactions allergiques et des problèmes d'irritations locales. En raison de la présence de cinéole en tant qu'excipient et en cas de non-respect des doses préconisées : il y a risque de convulsions chez l'enfant et possibilité d'agitation, de confusion chez les sujets âgés.

**b) Pediakid® spray nez gorge** <sup>(133)</sup>

- **Composition** : Eau distillée d'Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), eau de mer à base de sel de la mer morte, eau purifiée, eau distillée de Romarin (*Rosmarinus officinalis*), extrait d'Echinacée (*Echinacea angustifolia*), extrait de Propolis, épaississant : gomme xanthane, conservateur : sorbate de potassium, extrait d'Aloès (*Aloe vera barbadensis*), gluconate de cuivre, correcteur d'acidité : acide citrique.
- **Indication** : Dispositif Médical de Classe 1 - Ce dispositif Médical est un produit de santé réglementé qui porte, au titre de cette réglementation, le marquage CE. « PEDIKID® Spray Nez-Gorge associe une solution d'eau de mer légèrement hypertonique pour nettoyer les voies aériennes supérieures et faciliter l'évacuation des mucosités ainsi que des microbes. L'Aloe vera forme un film sur la muqueuse et la protège des irritations, pour apaiser les maux de gorge et limiter la progression des infections. Le Spray Nez-Gorge PEDIKID® contient également des extraits d'Echinacée, de Propolis et de Cuivre, ainsi que des hydrolats d'Eucalyptus et de Romarin aux propriétés décongestionnantes. »
- **Conseils d'utilisation** :
  - Pour le Nez : 2 pulvérisations dans chaque narine 2 à 3 fois par jour pendant 5 jours. Convient aux nourrissons.
  - Pour la Gorge : 2 pulvérisations au fond de la gorge dès 30 mois, 3 à 4 fois par jour pendant 5 jours.

c) **Prorhinel extra eucalyptus**© <sup>(134)</sup>

- **Composition** : eau de mer (hypertonique concentrée à 2,2% en sel), huile essentielle d'*Eucalyptus globulus*, extrait de *Mentha arvensis*, sans conservateur, sans gaz propulseur.
- **Propriétés et utilisation** :
  - décongestionne rapidement le nez ;
  - procure un soulagement naturel de la congestion nasale (nez bouché ou congestionné) due aux rhumes et rhinosinusites, en réduisant le gonflement nasal ;
  - aide à prévenir l'extension d'infections :
    - par son action purifiante qui libère les voies nasales ;
    - en aidant à éliminer du nez les bactéries et virus piégés dans le mucus ;
  - procure une sensation immédiate de soulagement et de fraîcheur ;
  - a un effet non desséchant : hydrate les fosses nasales.
- **Posologie** : Réservé aux enfants de plus de 6 ans et aux adultes. 1 pulvérisation dans chaque narine jusqu'à six fois par jour.
- **Précautions d'emploi** : ne pas utiliser ce produit en cas d'allergie à l'un des ingrédients ; après une opération du nez ou une blessure, consulter un médecin avant d'utiliser le spray ; ne pas utiliser ce produit chez un enfant de moins de 6 ans ; ne pas utiliser ce produit durant la grossesse ou l'allaitement ; si les symptômes persistent plus de 10 jours, consulter un médecin ou un pharmacien.
- **Modalités de conservation** : conserver dans l'emballage d'origine à une température comprise entre 0 °C et 25 °C ; *après la 1<sup>re</sup> utilisation* : ne pas utiliser plus de 6 mois.

## 8. L'HOMÉOPATHIE

### a) L52© du laboratoire LEHNING <sup>(135)</sup>

- **Composition**

- Substances actives : Eupatorium perfoliatum 3DH ; Aconitum napellus 4DH ; Bryonia 3DH ; Arnica montana 4DH; Gelsemium 6DH; China rubra 4DH ; Belladonna 4DH ; Drosera 3DH ; Senega 3 DH ; Eucalyptus globulus 1DH

- Excipient à effet notoire: éthanol.

- **Indications** : médicament homéopathique traditionnellement utilisé dans les états grippaux, les courbatures fébriles, les toux non productives.

- **Posologie** : à prendre dans un peu d'eau, de préférence en dehors des repas. Voie orale. Prévention : 20 gouttes, 2 fois par jour. Etat grippal : 20 gouttes, 5 à 8 fois par jour.

Traitement post-grippal : 20 gouttes, 3 fois par jour. Enfant à partir de 2 ans : 1/4 dose ou 1/2 dose selon l'âge. L 52 peut également être inhalé à raison de 10 gouttes sur un mouchoir en papier, 3 fois par jour.

### b) Infludo© du laboratoire WELEDA® <sup>(136)</sup>

- **Composition qsp 100g de solution buvable**

- Substances actives : *Aconitum napellus* 3DH 30 g ; *Bryonia radix* 2DH 6 g ; *Eucalyptus globulus* 2DH 5 g ; *Eupatorium perfoliatum* 2DH 4 g ; *Ferrum phosphoricum* 6DH 10 g ; *Sabadilla officinarum* 3DH 10 g

- Excipient : Alcool à 65 % V/V

- **Indications** : médicament homéopathique traditionnellement utilisé dans l'état grippal (inflammation des muqueuses ORL, céphalées, myalgies) du premier stade jusqu'à la disparition des symptômes.

- **Posologie** : médicament pour l'adulte et l'enfant à partir de 2 ans. Adultes et enfants de plus de 12 ans : 5 à 8 gouttes toutes les unes à deux heures, puis 3 fois par jour. Enfant de 6 à 12 ans : 3 à 5 gouttes 3 fois par jour. Enfant de 2 à 6 ans : 1 à 2 gouttes par prise, 3 fois par jour. Chez l'enfant de moins de 12 ans, respecter un intervalle d'au moins 4 heures entre deux prises. La durée du traitement ne doit pas dépasser 5 jours. Au-delà un avis médical est nécessaire.

## 9. EXEMPLES DE COMPLEMENTS ALIMENTAIRES

### a) Arkogélules Eucalyptus© du laboratoire ARKOPHARMA <sup>(137)</sup>

- **Composition :** Poudre de feuille d'Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) ; huile essentielle d'Eucalyptus encapsulée (*Eucalyptus globulus* Labill.) (1,5 % mis en œuvre à la fabrication) ; stéarate de magnésium ; dioxyde de silicium ; enveloppe d'origine végétale (hydroxypropylméthylcellulose).
- **Posologie :** Voie orale. À partir de 12 ans. Prendre 3 à 6 gélules par jour avant les repas avec un grand verre d'eau.
- **Précautions d'emploi :** Déconseillé aux femmes enceintes ou allaitantes. Un complément alimentaire ne doit pas se substituer à une alimentation variée et équilibrée et à un mode de vie sain. Ne pas dépasser la dose journalière recommandée. Ne pas laisser à la portée des jeunes enfants. À conserver à l'abri de la lumière, de la chaleur et de l'humidité.

### b) Capsules bronches© du laboratoire PHYTOSUN <sup>(138)</sup>

- **Composition :** huiles essentielles d'Eucalyptus globuleux, Romarin ABV, Marjolaine, Serpolet, Lavande fine.
- **Posologie :**
  - Phase d'attaque : 1 capsule matin, midi et soir avant le repas pendant 10 jours. A renouveler selon le besoin.
  - Phase d'entretien : prendre 2 capsules le matin avant le repas pendant 1 semaine. A renouveler selon le besoin.
- **Précautions d'emploi :** Ne pas dépasser la dose journalière recommandée. Tenir hors de portée des jeunes enfants. Ne pas utiliser chez les femmes enceintes ou qui allaitent ainsi que chez les enfants de moins de 12 ans. Ne pas utiliser en cas de problèmes à l'estomac. Ne pas utiliser chez les personnes épileptiques. A éviter en cas d'allergie connue à l'un des composants. Complément alimentaire à prendre en complément d'une alimentation variée et équilibrée et d'un mode de vie sain. A conserver dans un endroit frais et sec.

c) **Actirub© comprimés du laboratoire SANTE VERTE** <sup>(139)</sup>

- **Composition pour 3 comprimés:** Extrait sec de parties aériennes d'*Echinacea purpurea* titré à 4 % de polyphénols 900mg ; Extrait sec de parties aériennes d'*Andrographis paniculata* titré à 5 % d'Andrographolides 450mg ; Extrait sec de racines d'*Astragalus membranaceus* titré à 16 % de polysaccharides 450mg ; N-acétyl-cystéine 355mg ; Vitamine C 240 mg; Extrait sec de feuilles de *Verbascum thapsus* ratio 4/1 225mg ; Extrait sec de feuilles de *Thymus vulgaris* ratio 2/1 210mg ; Extrait sec d'écorce de *Salix Alba* titré à 25 % de salicine 60mg ; Extrait sec de fleurs de *Tanacetum parthenium* titré à 0,8 % de parthénolides 49,5mg ; Jus concentré déshydraté de baies de *Sambucus nigra* 30mg ; Zinc 15mg ; Huile essentielle de rameaux feuillés d'*Eucalyptus radiata* 15mg.
- **Posologie :** Prendre 2 à 3 comprimés par jour, à avaler avec un verre d'eau ou de jus de fruit.
- **Précautions d'emploi :** Ce produit n'est pas un médicament et ne peut se substituer à un régime alimentaire varié, équilibré et à un mode de vie sain. Ne pas dépasser la dose journalière recommandée. Réservé à l'adulte. Déconseillé aux femmes enceintes ou allaitantes, aux personnes sous traitement antidiabétique ou anticoagulant, ou souffrant d'allergie aux dérivés salicylés ou en cas d'antécédents personnels ou familiaux de cancer du sein. Demandez conseil à un professionnel de santé en cas de traitement antiépileptique ou d'antécédent de convulsion. Ne pas dépasser un mois de prise.

## 10. EXEMPLES DE PASTILLES A L'OFFICINE

### a) Pâte Suisse Pin & Eucalyptus © du laboratoire LEHNING <sup>(140)</sup>

- **Composition**

- Substances actives : Huile essentielle de *Pinus sylvestris* (0,12 %) ; Huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* (0,06 %).
- Arômes : huile essentielle d'*Illicium verum* (badiane), menthol cristallisé, édulcorant : extrait de Stévia.

- **Indications** : les huiles essentielles d'eucalyptus et de pin sont réputées pour leurs bienfaits sur les voies respiratoires.

- **Posologie**

- ADULTES : 8 à 12 pastilles à sucer par jour.
- Enfants de 6 à 15 ans : 4 à 6 pastilles à sucer par jour.

### b) Pastilles Valda® <sup>(141)</sup>

- **Composition** :

- Substances actives : Menthol, Eucalyptol, Thymol, Gaïacol, Terpinol
- Excipients : Gomme arabique (E414), Xylitol (E967), Sorbitol (E420), Sorbitol (E420), Glycérol (E422), Jaune de quinoléine (E104), Bleu patenté V (E131), Eau potable

- **Indication** : soulager les irritations de la gorge.

- **Posologie** :

- Adulte : sucer 1 pastille 10 à 15 fois par jour, en les répartissant.
- Enfant de plus de 6 ans : sucer 1 pastille 5 à 10 fois par jour, en les répartissant.

La durée totale du traitement ne doit pas dépasser 5 jours.

## 11. EXEMPLES D'INFUSIONS A L'OFFICINE

### a) Eucalyptus feuilles pour infusion 100g Vitaflor <sup>(144)</sup>

- **Composition** : Feuilles coupées d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) 100 %.
- **Conseils d'utilisation** : Dans une tasse, ajouter une eau bouillante à quelques feuilles d'eucalyptus. Laisser infuser environ 10 minutes puis filtrer. Boire plusieurs fois par jour (jusqu'à 4 tasses).

### b) Infusion Bio Nutrisanté Respiratoire <sup>(142)</sup>

« L'infusion Bio Nutrisanté Respiratoire à l'eucalyptus aide à apaiser les voies respiratoires et à adoucir la gorge. Elle associe :

- l'eucalyptus (espèce non spécifiée) qui est reconnu pour ses propriétés apaisantes sur les voies respiratoires,
- la menthe poivrée qui aide à renforcer les défenses naturelles ».
- **Conseils d'utilisation** : Mettre 1 sachet dans une tasse et verser de l'eau frémissante. Laisser infuser 3 minutes pour permettre aux plantes de libérer pleinement leur saveur, et jusqu'à 5 minutes selon l'intensité désirée. A conserver dans un endroit frais et sec.

### c) Tisane confort respiratoire Vitaflor <sup>(143)</sup>

- **Composition pour un sachet de 1.5g** : Cynorrhodon (*Rosa sp.*) 39%, feuilles de thym (*Thymus vulgaris* / *Thymus zygis*) 17%, feuilles et fleurs de mauve (*Malva sylvestris*) 17%, baies et fleurs de sureau (*Sambucus nigra*) 14%, feuilles d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) 7%, arôme naturel.

« Le cynorrhodon et le sureau contribuent à stimuler les défenses naturelles de l'organisme. La mauve et l'eucalyptus aident à adoucir la gorge et les cordes vocales irritées, le thym contribue à dégager les voies aériennes. »

- **Conseils d'utilisation** : Plongez un sachet dans de l'eau chaude frémissante et laissez infuser 5 minutes pour libérer pleinement les saveurs et bienfaits des plantes. Boire 3 à 4 tasses tout au long de la journée en complément d'une alimentation variée et équilibrée, et d'un mode de vie sain.



## Conclusion

A travers cette étude, on a pu constater que les plantes du genre *Eucalyptus* sont très utilisées, notamment dans la pratique officinale qui nous intéresse plus particulièrement.

Ces plantes peuvent devenir une ressource essentielle dans le contexte actuel. En effet le retour aux médecines dites « naturelles », en opposition à la chimie représentée par l'allopathie « traditionnelle », montre une augmentation de l'utilisation des huiles essentielles et des compléments alimentaires à base de plante. L'utilisation de ces plantes pourrait ainsi s'inscrire dans une démarche basée sur des plantations responsables ouvrant ainsi un cercle de production vertueux permettant de développer des procédés industriels plus respectueux de l'environnement.

Pourtant, malgré de nombreuses recherches scientifiques, les données cliniques sur l'efficacité des huiles essentielles et des préparations à bases d'eucalyptus sont peu fournies. En effet son utilisation s'appuie principalement sur les usages traditionnels qui ont prouvé une efficacité certaine depuis très longtemps.

Il ne faut pas non plus oublier que l'usage de ces plantes notamment de leurs huiles essentielles doit être encadré en raison de leur potentielle toxicité en cas de mésusage. Un travail de conseil doit être mené avec en première ligne le pharmacien d'officine.

A ce jour, on peut dire que les plantes du genre *Eucalyptus* n'ont pas encore révélé tous leurs secrets et restent d'important sujet d'études pour des recherches scientifiques. La recherche scientifique doit démontrer les bienfaits de l'Eucalyptus déjà mis à jour par les usages traditionnels. Ces recherches permettront d'approfondir mais aussi de découvrir des propriétés utilisables dans de nombreuses applications.



## Bibliographie

1. Banks, Sir Joseph. *The Endeavour Journal of Sir Joseph Banks*. s.l. : MacMay, 2010.
2. Pelt, Jean Marie. *Joseph Banks : kangourous et Eucalyptus*. s.l. : éditions Fayard, 1999.
3. Gilbert, L.A. *Daniel Solander (1733-1782), Australian Dictionary of Biography*. 1967.
4. Stafleu, Frans A. *L'Héritier de Brutelle: the man and his work*. s.l. : Hunt Botanical Library, 1963.
5. Brutelle, Charles Louis L'Héritier de La. *Sertum Anglicum, seu, Plantae rariores quae in hortis juxta Londinum : imprimis in horto regio Kewensi excoluntur, ab anno 1786 ad annum 1787 observatae*. Paris : Petri Francisci Didot, 1786.
6. Kennett, Tom. *The Lord Treasurer of Botany. Sir James Edward Smith and the Linnean Collections*. 2016.
7. Pelt, Jean Marie. *La Cannelle et le panda : les grands naturalistes explorateurs autour du Monde « La Billardière, un botaniste révolutionnaire »*. s.l. : Fayard, 1999.
8. *Citizen Labillardière: A Naturalist's Life in Revolution and Exploration (1755-1834)*. Duyker, Edward. Melbourne : Melbourne University Press, 2003.
9. Krichauff, F E H W. Interview with F E H W Krichauf. s.l. : South Australian Register, 12 octobre 1896.
10. Wright, Ed. *Lost Explorers*. s.l. : Murdock Books, 2008.
11. *Relief from duties of minor importance: the removal of Baron von Mueller from the directorship of the Melbourne Botanic Gardens*. Maroske, Helen M Cohn et Sara. 67, 1996, Vol. Victorian Historical Journal.
12. Lucas, A. M. Zoological eponyms honouring the botanist, Ferdinand von Mueller. *Archives of Natural History*. 2013.

13. Picamilh, E. Lonchamp et Ch de. *Bulletin des lois de la République française*. 1844.
14. Micheau, Pierre. Prosper Ramel. *Floure*. [En ligne] [Citation : 27 octobre 2019.] <http://www.floure.fr/cadre-de-vie/prosper-ramel>.
15. Cesalpino, Andrea. *De plantis libris XVI*. Florence : s.n., 1583.
16. Ray, John. *Historia plantarum*. 1686.
17. Magnol, Pierre. *Prodromus Historiae generalis plantarum in qua familiae per tabulas disponuntur*. 1689.
18. Tournefort, Joseph Pitton de. *Institutiones rei herbariae*. 1700.
19. Quesné, Fr.-A. *Philosophie botanique de Charles Linné*. s.l. : Leboucher, 1788.
20. Darwin, Charles. *First Notebook on Transmutation of Species*. 1837.
21. Hennig, Willi. *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik (Fondements d'une théorie de la systématique phylogénétique)*. Berlin : s.n., 1950.
22. The Angiosperm Phylogeny Group,. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016.
23. *Angiosperm Phylogeny Website*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] <http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APWeb/orders/myrtalesweb2.htm#Myrtaceae>.
24. Blakely, William Faris. *A Key to the Eucalypts*. 1934.
25. Hill, K. D. and Johnson. L. A. S. Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6. 1995.
26. Carr, D.J. Carr & S.G.M. *Les cahiers du naturaliste N°41*. 2012.
27. Brooker. *Australian Systematic Botany*. 2000, 13.

28. *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus* . *Euclid*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] [http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus\\_globulus\\_subsp.\\_globulus.htm](http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_globulus_subsp._globulus.htm).
29. *Corymbia citriodora*. *Euclid*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] [http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/euclid3/euclidsample/html/Corymbia\\_citriodora.htm](http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/euclid3/euclidsample/html/Corymbia_citriodora.htm).
30. *Eucalyptus radiata* subsp. *radiata* . *Euclid*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] [http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus\\_radiata\\_subsp.\\_radiata.htm](http://keyserver.lucidcentral.org:8080/euclid/data/02050e02-0108-490e-8900-0e0601070d00/media/Html/Eucalyptus_radiata_subsp._radiata.htm).
31. Nicolle, Dean. *Native Eucalypts of South Australi*. 2013.
32. María A. Gandolfo, Elizabeth J. Hermsen, María C. Zamaló, Kevin C. Nixon, Cynthia C. González, Peter Wilf, N. Rubén Cúneo, Kirk R. Johnson. Oldest Known Eucalyptus Macrofossils Are from South America. *PloS One*. Juin 2011, Vol. 6.
33. Martin, Bernard. L'Eucalyptus: un arbre forestier stratégique. *Revue Forestière Française*. 2003, 2.
34. Fraval, Alain. Le longicorne de l'Eucalyptus. *Insectes*. 2005, 136.
35. Richard T. Baker, Henry G. Smith. *A Research On The Eucalypts Especially In Regard To Their Essential Oils*. s.l. : Authority of The Government Of The State Of New South Wales, 1920.
36. Overbeek, Winnie. Un eucalyptus OGM autorisé au Brésil. *inf'OGM*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] <https://www.infogm.org/6665-eucalyptus-ogm-autorise-au-bresil>.
37. Un nouveau biocarburant à base d'eucalyptus pourrait voir le jour. *Euro assurance*. [En ligne] [Citation: 27 octobre 2019.] <https://www.euro-assurance.com/actualites-assurance/nouveau-biocarburant-eucalyptus.html>.

38. Smale, P.E., Nelson, M.A., Porter, N.G. Essential Oil of *Eucalyptus olida* L. Johnson et K. Hill 1: Variability of Yield and Composition in Foliage from a Seedling Population. *Journal of Essential Oil Research*. 2000, Vol. 12, 5.
39. Coste, Gérard. De la fibre à la pâte à papier : 2000 ans d'évolution. *Cerig*. [En ligne] [Citation : 28 octobre 2019.] <http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/histoire-metiers/fibre-pate/page09.htm>.
40. La fabrication. *Cerig*. [En ligne] [Citation : 28 octobre 2019.] <http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/icg/Dossiers/Papier/chap2-fab.html>.
41. Esson, ID Hume et C. Nutrients, Antinutrients and Leaf Selection by Captive Koalas. *Australian Journal of Zoology*. 1993, 41.
42. Smith, M. Behaviour of the Koala, *Phascolarctos cinereus* (Goldfuss), in Captivity VI. *Australian Wildlife Research*. 1980, Vol. 7, 2.
43. *Pharmacopée européenne*. 2011. 7. 07/2010 :0390 pages 1219-1220 et 01/2008:1329 pages 1218-1219
44. Catherine Desmares, Anne Laurent, Céline Delerme. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles. *ANSM*. [En ligne] mai 2008. [Citation: 29 octobre 2019.] [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/\(offset\)/3](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/(offset)/3).
45. Catherine DESMARES, Anne LAURENT, Céline HUYNH-DELERME. Produits cosmétiques à base de terpénoïdes: camphre, eucalyptol, menthol. *ANSM*. [En ligne] Août 2008. [Citation: 29 octobre 2019.] [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/\(offset\)/3#](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/(offset)/3#).
46. MARANINCHI, Dominique. Contre-indication des suppositoires contenant des dérivés terpéniques chez les enfants de moins de 30 mois. *ANSM*. [En ligne] Novembre 2011. [Citation: 29 octobre 2019.] [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/\(offset\)/3#](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/(offset)/3#).

47. Boland, D.J., Brophy, J.J. et A.P.N. House. *Eucalyptus Leaf Oils*. 1991.
48. Heinrich Worth, Christian Schacher, Uwe Dethlefsen. Concomitant therapy with Cineole (Eucalyptole) reduces exacerbations in COPD: A placebo-controlled double-blind trial. *Respiratory research*. 2009.
49. EMA. Assessment report on *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus polybractea* R.T. Baker and/or *Eucalyptus smithii* R.T. Baker, aetheroleum. EMA. [En ligne] [Citation : 29 octobre 2019.] [https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/draft-assessment-report-eucalyptus-globulus-labill-e-polybractea-rt-baker-e-smithii-rt-baker\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/draft-assessment-report-eucalyptus-globulus-labill-e-polybractea-rt-baker-e-smithii-rt-baker_en.pdf).
50. Millot, D.B.J.L. *Histoire pharmacologique du camphre*. Strasbourg : s.n., 1837.
51. Jonnès, Alexandre Moreau de. Moyens curatifs et hygiéniques opposés au Choléra-Morbus pestilentiel. *Revue des Deux Mondes*. 1831, 3.
52. Gangolli, S. *The Dictionary of Substances and Their Effects: C, volume 2*. s.l. : Royal Society of Chemistry, 1999.
53. Günther Ohloff, Wilhelm Pickenhagen, Philip Kraft. *Scent and chemistry : the molecular world of odors*. s.l. : Verlag Helvetica Chimica Acta, 2011.
54. IARC. Some Chemicals that Cause Tumours of the Kidney or Urinary Bladder in Rodents and Some Other Substances. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. 1999, Vol. 73.
55. Annalucia Serafino, Paola Sinibaldi Vallebona, Federica Andreola, Manuela Zonfrillo, Luana Mercuri, Memmo Federici, Guido Rasi, Enrico Garaci, Pasquale Pierimarchi. Stimulatory effect of *Eucalyptus* essential oil on innate cell-mediated immune response. *BMC Immunology*. 2008, Vol. 9.
56. Uwe R. Juergens, Tanja Engelen, Kurt Racké, Meinolf Stöber, Adrian Gillissen, Hans Vettera. Inhibitory activity of 1,8-cineol (eucalyptol) on cytokine production in cultured human lymphocytes and monocytes. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics*. 2004, Vol. 17, 5.

57. Lu XQ, Tang FD, Wang Y, Zhao T, Bian RL. Effect of Eucalyptus globulus oil on lipopolysaccharide-induced chronic bronchitis and mucin hypersecretion in rats. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2004.
58. Juergens UR, Stöber M, Schmidt-Schilling L, Kleuver T, Vetter H. Antiinflammatory effects of euclyptol (1.8-cineole) in bronchial asthma: inhibition of arachidonic acid metabolism in human blood monocytes ex vivo. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 1998.
59. U. R. JUERGENS, U.DETHLEFSEN, G.STEINKAMP, A.GILLISSEN, R.REPGES, H.VETTER. Anti-inflammatory activity of 1.8-cineol (eucalyptol) in bronchial asthma: a double-blind placebo-controlled trial. *Respiratory Medecine*. 2003, Vol. 97.
60. Wolfgang Kehrl, Uwe Sonnemann, Uwe Dethlefsen. Therapy for Acute Nonpurulent Rhinosinusitis With Cineole: Results of a Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *The Laryngoscope*. 2004, Vol. 114, 4.
61. Heinrich Worth, Christian Schacher, Uwe Dethlefsen. Concomitant therapy with Cineole (Eucalyptole) reduces exacerbations in COPD: A placebo-controlled double-blind trial. *Respiratory Research*. 2009, Vol. 10.
62. Jeane Silva, Worku Abebe, S.M Sousa, V.G Duarte, M.I.L Machado, F.J.A Matos. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. *Journal of Ethnopharmacology*. 2003, Vols. 2-3, 89.
63. Santos FA1, Rao VS. Antiinflammatory and antinociceptive effects of 1,8-cineole a terpenoid oxide present in many plant essential oils. *Phytotherapy Research*. 2000.
64. Ferreira-da-Silva FW, Barbosa R, Moreira-Júnior L, dos Santos-Nascimento T, de Oliveira-Martins MD, Coelho-de-Souza AN, Cavalcante FS, Ceccatto VM, de Lemos TL, Magalhães PJ, Lahlou S, Leal-Cardoso JH. Effects of 1,8-cineole on electrophysiological parameters of neurons of the rat superior cervical ganglion. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2009, Vol. 36, 11.

65. CHUNG KYONG-HWAN, KI-SOOK YAN<sup>2</sup>, JIN KIM, JIN-CHUL KIM, KI-YOUNG LEE. Antibacterial activity of essential oils on the growth of *Staphylococcus aureus* and measurement of their binding interaction using optical biosensor. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2007, Vol. 17, 11.
66. I Rasooli, S Shayegh, SDA Astaneh. The effect of *Mentha spicata* and *Eucalyptus camaldulensis* essential oils on dental biofilm. *International Journal of Dental Hygiene*. Vol. 7, 3.
67. Ashour, Hossam M. Antibacterial, antifungal, and anticancer activities of volatile oils and extracts from stems, leaves, and flowers of *Eucalyptus sideroxylon* and *Eucalyptus torquata*. *Cancer Biology and Therapy*. 2008, Vol. 7, 3.
68. Claudio Cermelli, Anna Fabio, Giuliana Fabio, Paola Quaglio. Effect of *Eucalyptus* Essential Oil on Respiratory Bacteria and Viruses. *Current microbiology*. 2008, Vol. 56, 1.
69. Akram Astani, Jürgen Reichling, Paul Schnitzler. Comparative study on the antiviral activity of selected monoterpenes derived from essential oils. *Phytotherapy Research*. 2010, Vol. 24, 5.
70. YunLi, Yu-ling Xu, Yan-ni Lai, Shang-hui Liao, Ni Liu, Pei-ping Xu. Intranasal co-administration of 1,8-cineole with influenza vaccine provide cross-protection against influenza virus infection. *Phytomedecine*. 2017, Vol. 34.
71. Iara Tersia Freitas Macedo, Claudia Maria Leal Bevilaqua, Lorena Mayana Beserra de Oliveira, Ana Lourdes Fernandes Camurça-Vasconcelos, Luiz da Silva Vieira, Sthenia dos Santos Albano Amóra. Evaluation of *Eucalyptus citriodora* essential oil on goat gastrointestinal nematodes. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*. 2011, Vol. 3.
72. Martin Muthee Gakuubi, Angeline W. Maina, John M. Wagacha. Antifungal Activity of Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. against Selected *Fusarium* spp. *International Journal of Microbiology*. 2017.
73. Pedrotti C, Marcon ÂR, Delamare APL, Echeverrigaray S, Da Silva Ribeiro RT, Schwambach J. Alternative control of grape rots by essential oils of two *Eucalyptus* species. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 2019, Vol. 99, 14.

74. Vishnu Agarwal, Priyanka Lal, Vikas Pruthi. Prevention of *Candida albicans* biofilm by plant oils. *Mycopathologia*. 2008, Vol. 165, 1.
75. Livia Noronha Coelho-de-Souza, José Henrique Leal-Cardoso, Francisco José de Abreu Matos, Saad Lahlou, Pedro Jorge Caldas Magalhães. Relaxant Effects of the Essential Oil of *Eucalyptus tereticornis* and its Main Constituent 1,8-Cineole on Guinea-Pig Tracheal Smooth Muscle. *Planta Medica*. 2005, Vol. 71, 12.
76. Bastos VP, Brito TS, Lima FJ, Pinho JP, Lahlou S, Abreu Matos FJ, Santos AA, Caldas Magalhães PJ. Inhibitory effect of 1,8-cineole on guinea-pig airway challenged with ovalbumin involves a preferential action on electromechanical coupling. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2008, Vol. 36, 11.
77. Patrícia Mathias Döll-Boscardin, Adilson Sartoratto, Beatriz Helena Lameiro de Noronha Sales Maia, Josiane Padilha de Paula, Tomoe Nakashima, Paulo Vitor Farago, Carla Cristine Kanunfre. In Vitro Cytotoxic Potential of Essential Oils of *Eucalyptus benthamii* and Its Related Terpenes on Tumor Cell Lines. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012.
78. Harminder P. Singh, Sunil Mittal, Shalinder Kaur, Daizy R. Batish, Ravinder K. Kohli. Characterization and Antioxidant Activity of Essential Oils from Fresh and Decaying Leaves of *Eucalyptus tereticornis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, Vol. 57, 15.
79. Hajer Naceur Ben Marzoug, Mehrez Romdhane, Ahmed Lebrihi, Florence Mathieu, François Couderc, Manef Abderraba, Mohamed Larbi Khouja, Jalloul Bouajila. *Eucalyptus oleosa* Essential Oils: Chemical Composition and Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Oils from Different Plant Parts (Stems, Leaves, Flowers and Fruits). *Molecules*. 2011, Vol. 16, 2.
80. Peeyush Kumar, Sapna Mishra, Anushree Malik, Santosh Satya. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). *Acta Tropica*. 2012, Vol. 122, 2.

81. Taruna Kaura, Abhishek Mewara, Kamran Zaman, Amit Sharma, Sonu Kumari Agrawal, Vandana Thakur, Anil Garg, Rakesh Sehgal. Utilizing larvicidal and pupicidal efficacy of Eucalyptus and neem oil against Aedes mosquito: An approach for mosquito control. *Tropical Parasitology*. 2019, Vol. 9, 1.
82. Jingjing Li, Han-Hong Xu, Wenwei Tang, Zhijun Song. Two new triterpenoids from the bark of Eucalyptus exserta and their molluscicidal and cytotoxic activities. *Fitoterapia*. 2011, Vol. 83, 2.
83. Farhadul Islam, Hasina Khatun, Mahbuba Khatun, Shaikh Mohummad Mohsin Ali, Jahan Ara Khanam. Growth inhibition and apoptosis of Ehrlich ascites carcinoma cells by the methanol extract of Eucalyptus camaldulensis. *Pharmaceutical Biology*. 2014, Vol. 52, 3.
84. Comparaison de normes sur l'eau potable UE/OMS. *Lenntech*. [En ligne] [Citation : 1 novembre 2019.] <https://www.lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.htm#ixzz3KjoIKpec>.
85. Ilhem Ghodbane, Oualid Hamdaoui. Removal of mercury(II) from aqueous media using eucalyptus bark: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*. 2008, Vol. 160, 2-3.
86. CHROME VI et ses composés. *Cancer environnement*. [En ligne] [Citation : 1 novembre 2019.] <https://www.cancer-environnement.fr/493-Chrome-VI-et-ses-composes.ce.aspx>.
87. Indu Sharma, Dinesh Goyal. Chromium Removal from Industrial Effluent by Eucalyptus tereticornis Bark. *Materials Science*. 2011.
88. S. von Martius, K.A. Hammer, C.Locher. Chemical characteristics and antimicrobial effects of some Eucalyptus kinos. *Journal of Ethnopharmacology*. 2012, Vol. 144, 2.
89. Motahareh Nobakht, Stephen J. Trueman, Helen M. Wallace, Peter R. Brooks, Klrissa J. Streeter, Mohammad Katouli. Antibacterial Properties of Flavonoids from Kino of the Eucalypt Tree, *Corymbia torelliana*. *Plants*. 2017, Vol. 6, 3.

90. M.Z.M. Salem, S.I. Behiry, M. El-Hefny. Inhibition of *Fusarium culmorum*, *Penicillium chrysogenum* and *Rhizoctonia solani* by n-hexane extracts of three plant species as a wood-treated oil fungicide. *Journal of Applied Microbiology*. 2019, Vol. 126, 6.
91. Hosam O Elansary, Mohamed Z.M. Salem, Nader Ashmawy, Kowiyou Yessoufou, Ahmed A.A. El-Settawy. In vitro antibacterial, antifungal and antioxidant activities of *Eucalyptus* spp. leaf extracts related to phenolic composition. *Natural Product Research*. 2017, Vol. 31, 24.
92. Dharmendra Kanojiya, Daya Shanker, Vikrant Sudan, Amit Kumar Jaiswal, Rahul Parashar. In vitro and in vivo efficacy of extracts of leaves of *Eucalyptus globulus* on ovine gastrointestinal nematodes. *Parasitology Research*. 2015, Vol. 114, 1.
93. Ali Dehghani, Ghasem Bahlakeh, Bahram Ramezanzadeh. Green *Eucalyptus* leaf extract: A potent source of bio-active corrosion inhibitors for mild steel. *Bioelectrochemistry*. 2019, Vol. 130.
94. Deep Jyoti Bhuyan, Jennette Sakoff, Danielle R. Bond, Melanie Predebon, Quan V. Vuong, Anita C. Chalmers, Ian A. van Altna, Michael C. Bowyer, Christopher J. Scarlett. In vitro anticancer properties of selected *Eucalyptus* species. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*. 2017, Vol. 53, 7.
95. Thi-Anh Pham, Imran Shair Mohammad, Van-Tuan Vu, Xiao-Long Hu, Chaurasiya Birendra, Aftab Ulah, Cui Guo, Xian-Yu Lü, Wen-Cai Ye, Hao Wang. Phloroglucinol Derivatives from the Fruits of *Eucalyptus globulus* and Their Cytotoxic Activities . *Chemistry and Biodiversity*. 2018, Vol. 15, 6.
96. Assessment report on *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus polybractea* R.T. Baker and/or *Eucalyptus smithii* R.T. Baker, aetheroleum. *European Medicines Agency*. [En ligne] 2013. [Citation : 02 novembre 2019.] [https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/draft-assessment-report-eucalyptus-globulus-labill-e-polybractea-rt-baker-e-smithii-rt-baker\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/draft-assessment-report-eucalyptus-globulus-labill-e-polybractea-rt-baker-e-smithii-rt-baker_en.pdf).

97. Eucalyptus Oil Poisoning. *The Royal Children's Hospital Melbourne*. [En ligne] 2017. [Citation: 2 novembre 2019.] [https://www.rch.org.au/clinicalguide/guideline\\_index/Eucalyptus\\_Oil\\_Poisoning/](https://www.rch.org.au/clinicalguide/guideline_index/Eucalyptus_Oil_Poisoning/).
98. Huile essentielle d'Eucalyptus globulus. *Aromazone*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] [https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-globulus-bio-aroma-zone?page=library#recipes\\_formulas](https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-globulus-bio-aroma-zone?page=library#recipes_formulas).
99. Huile essentielle de Pin sylvestre. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-pin-sylvestre-aroma-zone?page=library>.
100. Huile essentielle de Romarin à cinéole. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-romarin-cineole-bio-aroma-zone?page=library>.
101. Huile essentielle de Clous de Girofle. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-girofle-clous-bio-aroma-zone?page=library>.
102. Huile essentielle de Sarriette des montagnes. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-sarriette-des-montagnes-bio-aroma-zone?page=library>.
103. Pierre Franchomme, Daniel Penoël. *L'aromathérapie exactement*. s.l. : Roger Jollois, 2011.
104. Huile essentielle d'Eucalyptus radié. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-radie-bio-aroma-zone?page=library>.
105. Huile essentielle de Ravintsara (Ravintsare). *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-ravintsara-ravintsare-bio-aroma-zone?page=library>.

106. Huile essentielle de Tea tree. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-tea-tree-arbre-bio-aroma-zone?page=library>.
107. Huile essentielle de Niaouli. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-niaouli-aroma-zone?page=library>.
108. Huile essentielle de Thym à thujanol. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-thym-thujanol-bio-aroma-zone?page=library>.
109. Baudoux, Dominique. *L'aromathérapie - Se soigner par les huiles essentielles*. s.l. : Amyris, 2008.
110. LETTRE D'INFORMATION DE N.A.R.D.: NATURAL AROMATHERAPY RESEARCH AND DEVELOPMENT. *Eucalyptus radiata*. *Aroma News*. 1997, 1.
111. Baudoux, Dominique. *Les cahiers pratiques de l'aromathérapie française - Pédiatrie*. s.l. : Amyris.
112. Huile essentielle d'Eucalyptus à cryptone. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-cryptone-bio-aroma-zone?page=library>.
113. D.Baudoux, M.L. Breda, A. Zhiri. *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies*. s.l. : Pranarom.
114. Huile essentielle d'Eucalyptus mentholé. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-menthole-bio-aroma-zone?page=library>.
115. Festy, Danièle. *Mes 1000 ordonnances huiles essentielles*. s.l. : Leduc.S.

116. Huile essentielle d'Eucalyptus smithii. *Aroma-zone*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-technique/huile-essentielle-eucalyptus-smithii-bio-aroma-zone?page=library>.

117. Code de la santé publique - Article L5111-1 . *Légifrance*. [En ligne] [Citation: 02 novembre 2019.]  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006689867&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20070227>.

118. Médicaments à base de plantes. *ANSM*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.]  
[https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-medicaments-a-base-de-plantes/\(offset\)/0](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-medicaments-a-base-de-plantes/(offset)/0).

119. Comment un médicament à base de plantes est-il autorisé ? *ANSM*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Comment-un-medicament-a-base-de-plantes-est-il-autorise/\(offset\)/1](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Comment-un-medicament-a-base-de-plantes-est-il-autorise/(offset)/1).

120. Décret n°2006-352 du 20 mars 2006 relatif aux compléments alimentaires. *Légifrance*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.]  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000638341>.

121. Glossaire D. *ANSM*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.]  
[https://ansm.sante.fr/Glossaire/\(filter\)/D](https://ansm.sante.fr/Glossaire/(filter)/D).

122. VICKS VAPORUB, pommade - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=64072763&typedoc=R>.

123. Brochodermine pommade. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 février 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/extrait.php?specid=61786112#>.

124. CALYPTOL INHALANT, émulsion pour inhalation par fumigation - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=60253606&typedoc=R>.

125. ESSENCE ALGERIENNE, solution pour inhalation par fumigation - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=65860243&typedoc=R>.

126. BALSOLENE, solution pour inhalation par fumigation - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=69610529&typedoc=R>.

127. TROPHIRES ADULTES, suppositoire - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation : 2 février 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=65795030&typedoc=R>.

128. BRONCHODERMINE ADULTES, suppositoire - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=60916357&typedoc=R>.

129. EUPHONYLL EXPECTORANT ADULTES, sirop - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=69150785&typedoc=R>.

130. PULMOFLUIDE SIMPLE, solution buvable - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de donnée publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=64482812&typedoc=R>.

131. GLYCO-THYMOLINE 55, solution buccale - Résumé des caractéristiques du produit. *Base de données publique des médicaments*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <http://base-donnees-publique.medicaments.gouv.fr/affichageDoc.php?specid=61989408&typedoc=R>.
132. HUMEX RHUME solution nasale. *Vidal*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://eurekasante.vidal.fr/medicaments/vidal-famille/medicament-jhufsn01-HUMEX-RHUME-solution-nasale.html>.
133. PEDIKID® Spray Nez-Gorge. *Pediakid*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.pediakid.com/fr/pediakid-spray-nez-gorge-defenses--240.html>.
134. ProRhinel Extra Eucalyptus. *Prorhinel*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.prorhinel.fr/produits/prorhinel-extra.html>.
135. Médicament homéopathique dans les états grippaux. *Lehning*. [En ligne] [Citation : 2 novembre 2019.] <https://www.lehning.com/fr/solutions/hiver/produit/l52>.
136. Infludo®. *Weleda*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.weleda.fr/product/i/infludo>.
137. Arkogélules® Eucalyptus. *Arkopharma*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.arkopharma.com/fr-FR/arkogelules-eucalyptus>.
138. Capsules bronches. *Phytosun Aroms*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.phytosunaroms.com/capsules-bronches>.
139. Actirub® Comprimés. *Laboratoires Santé Verte*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.sante-verte.com/fr/produits/actirub-comprimes/>.
140. Pâte Suisse Pin & Eucalyptus. *Lehning*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.lehning.com/fr/solutions/hiver/produit/pate-suisse-pin-eucalyptus>.
141. VALDA . *Doctissimo*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.] <https://www.doctissimo.fr/medicament-VALDA-IRRITATION-DE-GORGE-S-S.htm>.

142. RESPIRATOIRE. *Laboratoires Nutrisanté*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.]  
<https://www.nutrisante.fr/fr/produit/respiratoire/>.
143. Tisane confort respiratoire. *Vitaflor*. [En ligne] [Citation: 2 novembre 2019.]  
<http://www.vitaflor.fr/les-tisanes/86-tisane-confort-respiratoire.html>.
144. Eucalyptus feuilles pour infusion 100g Vitaflor. *Notice sur la boîte*.
145. Species in Eucalyptus. *The Plant List*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Myrtaceae/Eucalyptus/>.
146. CAS Content. *CAS*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
<https://www.cas.org/about/cas-content>.
147. Frequently Asked Questions. *FEMA*. [En ligne] [Citation: 2 février 2019.]  
<https://www.femaflavor.org/frequently-asked-questions>.
148. Glossaire: GRAS FEMA. *Atmosphere diffusion*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
<https://www.atmospherediffusion.com/fr/glossaire/gras-fema.html>.
149. Frequently Asked Questions on NFPA 704 . *NFPA*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
[https://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/704/704\\_FAQs.pdf](https://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/704/704_FAQs.pdf).
150. SYSTÈME GÉNÉRAL HARMONISÉ DE CLASSIFICATION ET D'ÉTIQUETAGE DES PRODUITS CHIMIQUES (SGH) Cinquième édition révisée. *UNECE (Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies)*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
[https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs\\_rev05/French/ST-SG-AC10-30-Rev5f.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev05/French/ST-SG-AC10-30-Rev5f.pdf).
151. A propos du CIRC. *IARC (Centre International de Recherche sur le Cancer)*. [En ligne] [Citation: 3 novembre 2019.]  
<https://www.iarc.fr/fr/a-propos-du-circ/>.
152. Sources pour les précautions d'emploi des molécules (paragraphe III-C) :  
« <http://www.merckmillipore.com/FR/fr> » et « [https://www.carlroth.com/en/en/Chemicals/A-Z-Chemicals/c/000000000000cf3100020023\\_en](https://www.carlroth.com/en/en/Chemicals/A-Z-Chemicals/c/000000000000cf3100020023_en) » [Citation: 3 novembre 2019.]

## Bibliographie des illustrations

Figure 1: « <https://antiqueprintmaproom.com/eucalyptus-obliqua-pierre-joseph-redout> »  
[Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 2: « <http://www.plantgateway.com/globalflora/> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 3: *Pharmacopée européenne 7.0* [Citation: 14 décembre 2011.]

Figure 4: « <https://et.wikipedia.org/wiki/Eukal%C3%BCpt> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 5:

«[https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus\\_globulus#/media/Fichier:E.\\_globulus.JPG](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_globulus#/media/Fichier:E._globulus.JPG)»

[Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 6: *Image hors ligne Consultée sur*

«[https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus\\_globulus](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_globulus)» [Citation: 5 avril 2014.]

Figure 7: « <https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 8: « <https://www.herbal-supplement-resource.com/eucalyptus-globulus.html> »

[Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 9: » <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/e/eucaly14.html> » [Citation: 5 avril 2014.]

Figure 10 et 11: « [https://fr.wikipedia.org/wiki/Corymbia\\_citriodora](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corymbia_citriodora)» [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 12: Image hors ligne actuellement « <https://www.passeportsante.net/> » [Citation: 5 avril 2014.]

Figure 13a, 13b ,14, 15, 16: « [https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus\\_radiata](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eucalyptus_radiata) » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 17: « <https://oliarius.com/huiles-essentielles/91-295-huile-essentielle-eucalyptus-radiata-.html> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 18: « <https://www.earthangel oils.com/eucalyptus-polybractea-organic.php> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 19: « <http://www.huileessentielle-bio.com/huile-essentielle-eucalyptus-cryptone/> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 20: « <http://www.sunshine-seeds.de/Eucalyptus-polybractea-54717p.html?language=en> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 21: « [https://www.wikiwand.com/fr/Eucalyptus\\_dives](https://www.wikiwand.com/fr/Eucalyptus_dives) » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 22 : « <http://biosimples.com/huile-essentielle-deucalyptus-smithii-p-573.html> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 23: María A. Gandolfo, Elizabeth J. Hermsen, María C. Zamalao, Kevin C. Nixon, Cynthia C. González, Peter Wilf, N. Rubén Cúneo, Kirk R. Johnson. Oldest Known Eucalyptus Macrofossils Are from South America. *PloS One*. Juin 2011, Vol. 6.

Figure 24, 25, 26, 27, 28,29, 30, 31,32: Fraval, Alain. Le longicorne de l'Eucalyptus. *Insectes*. 2005, 136.

Figure 33: « <https://www.leffingwell.com/menthol4/menthol4.htm> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 34: « <https://fr.wikipedia.org/wiki/Koala> » [Citation: 3 novembre 2019.]

Figure 35: *Pharmacopée européenne 7.0* ;,01/2008 :1329, page 1218 [Citation: 14 décembre 2011.]

Figure 36: « <http://industrielectronique.blogspot.com/2017/08/extraction-des-huiles-essentielles-par.html> » [Citation: 3 novembre 2019.]

## Annexe I : Plantes du genre *Eucalyptus* décrites par Ferdinand von Mueller <sup>(145)</sup>

*Eucalyptus abergiana* F.Muell., (1878) / *Eucalyptus albicans* F.Muell., (1869) /  
*Eucalyptus angustissima* F.Muell., (1863) / *Eucalyptus aspera* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus aurantiaca* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus baileyana* F.Muell., (1878) /  
*Eucalyptus bauerlesii* F.Muell., (1890) / *Eucalyptus behriana* F.Muell., (1855) /  
*Eucalyptus bigalerita* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus bosistoana* F.Muell., (1895) /  
*Eucalyptus bowmanii* F.Muell. (1867) / *Eucalyptus brachyandra* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus brevifolia* F.Muell., J (1858) / *Eucalyptus buprestium* F.Muell., (1862) /  
*Eucalyptus cajuputea* F.Muell. ex Miq., (1859) /  
*Eucalyptus cinerea* F.Muell. ex Benth., (1867) / *Eucalyptus cladocalyx* F.Muell., (1853) /  
*Eucalyptus cloeziana* F.Muell., (1878) / *Eucalyptus colossea* F.Muell., (1869) /  
*Eucalyptus confertiflora* Kippist ex F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus cooperiana* F.Muell., (1880) / *Eucalyptus cosmophylla* F.Muell., (1855) /  
*Eucalyptus costata* F.Muell., (1855) / *Eucalyptus crebra* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus decurva* F.Muell., (1863) / *Eucalyptus dichromophloia* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus diversicolor* F.Muell., (1861) / *Eucalyptus doratoxylon* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus drepanophylla* F.Muell. (1867) / *Eucalyptus elaeophora* F.Muell., (1864) /  
*Eucalyptus erythrocalyx* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus erythrocorys* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus eudesmoides* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus exserta* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus fasciculosa* F.Muell., (1855) / *Eucalyptus fibrosa* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus ficifolia* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus firma* F.Muell. ex Miq., (1856) /  
*Eucalyptus floribunda* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus foelscheana* F.Muell., (Nov. 1882) /  
*Eucalyptus fruticetorum* F.Muell. ex Miq., (1859) / *Eucalyptus gamophylla* F.Muell., (1878) /  
*Eucalyptus goniocalyx* F.Muell. ex Miq., (1856) / *Eucalyptus gracilis* F.Muell., (1855) /  
*Eucalyptus grossa* F.Muell. ex Benth., (1867) / *Eucalyptus gunnii* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus hemilampra* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus hemiphloia* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus hookeri* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus howittiana* F.Muell., /  
*Eucalyptus kirtoniana* F.Muell., (1879) sub *E. resinifera*; et. (1880), sub *E. robusta* /  
*Eucalyptus kruseana* F.Muell., (1895) / *Eucalyptus lamprocarpa* F.Muell. ex Miq., (1859) /  
*Eucalyptus lansdowneana* F.Muell. (1890) / *Eucalyptus largiflorens* F.Muell., (1855) /  
*Eucalyptus latifolia* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus leptophleba* F.Muell., (1858) /

*Eucalyptus leptophylla* F.Muell. ex Miq., (1859) / *Eucalyptus leucoxydon* F.Muell., (1855) /  
*Eucalyptus longicornis* F.Muell., / *Eucalyptus longirostris* F.Muell. ex Miq., (1859) /  
*Eucalyptus luehmanniana* F.Muell., (1878) /  
*Eucalyptus macrandra* F.Muell. ex Benth., (1867) /  
*Eucalyptus macrorhyncha* F.Muell., (1853) / *Eucalyptus mahagoni* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus maidenii* F.Muell., (1890) / *Eucalyptus megacarpa* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus melanophloia* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus melissiodora* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus micranthera* F.Muell. ex Benth., (1867) / *Eucalyptus microcorys* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus microtheca* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus naudiniana* F.Muell., (Jul 1886) /  
*Eucalyptus nervosa* F.Muell. ex Miq., (1859) / *Eucalyptus nutans* F.Muell., (1863) /  
*Eucalyptus ochrophloia* F.Muell., (1880) / *Eucalyptus odontocarpa* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus oldfieldii* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus oleosa* F.Muell. ex Miq., (1859)  
*Eucalyptus oleosa* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus orbifolia* F.Muell., (1865) /  
*Eucalyptus pachyphylla* A.Cunn. ex F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus pachypoda* F.Muell., (1869) / *Eucalyptus pallidifolia* F.Muell., (1863) /  
*Eucalyptus papuana* F.Muell., (1875) / *Eucalyptus parviflora* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus patellaris* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus patentiflora* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus patentiflora* F.Muell. ex Miq., (1859) / *Eucalyptus pellita* F.Muell., (1864) /  
*Eucalyptus phlebophylla* F.Muell. ex Miq., (1859) / *Eucalyptus phoenicea* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus planchoniana* F.Muell., (1878) / *Eucalyptus platyphylla* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus plurilocularis* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus polycarpa* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus polysciada* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus populnea* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus ptychocarpa* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus rameliana* F.Muell., (1876) /  
*Eucalyptus raveretiana* F.Muell., (1877) / *Eucalyptus regnans* F.Muell., (1870) /  
*Eucalyptus salmonophloia* F.Muell., (1878) / *Eucalyptus salubris* F.Muell., (1878) /  
*Eucalyptus santalifolia* F.Muell., (1855) / *Eucalyptus semicorticata* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus sepulcralis* F.Muell., (1882) / *Eucalyptus sieberiana* F.Muell., (1879) /  
*Eucalyptus signata* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus socialis* F.Muell. ex Miq., (1859) /  
*Eucalyptus spectabilis* F.Muell., (1865) / *Eucalyptus spodophylla* F.Muell., (1860) /  
*Eucalyptus staigeriana* F.Muell. ex Bailey /  
*Eucalyptus stuartiana* F.Muell. ex Miq., (1859) /  
*Eucalyptus sylvicultrix* F.Muell. ex Benth., (1867) / *Eucalyptus tectifera* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus terminalis* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus tessellaris* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus tetragona* F.Muell., (1864) / *Eucalyptus tetradonta* F.Muell., (1858) /

*Eucalyptus thozetiana* F.Muell. ex R.T.Baker / *Eucalyptus todtiana* F.Muell., (1882) /  
*Eucalyptus torelliana* F.Muell., (1877) / *Eucalyptus trachyphloia* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus turbinata* Behr & F.Muell. (1859) / *Eucalyptus undulata* F.Muell., (1858) /  
*Eucalyptus variegata* F.Muell., (1858) / *Eucalyptus watsoniana* F.Muell., (1877) /  
*Eucalyptus woollsii* F.Muell., (1860) / *Eucalyptus youngiana* F.Muell., (1876).

## Annexe II : Différents systèmes de classification et de signalisation

### I. Identification

#### A. LE NUMERO CAS <sup>(146)</sup>

Le numéro CAS (*CAS number* ou *CAS registry number* en anglais) d'un produit chimique, polymère, séquence biologique et alliage est son numéro d'enregistrement unique auprès de la banque de données de Chemical Abstracts Service (CAS), une division de l'American Chemical Society (ACS). Le CAS assigne ces numéros à chaque produit chimique qui a été décrit dans la documentation. De plus, CAS maintient et commercialise une base de données de ces substances, le *CAS Registry*.

Environ 30 millions de composés ont reçu un numéro CAS jusqu'à présent. Environ 4 000 nouveaux numéros sont ajoutés chaque jour. Le but est de faciliter les recherches dans les bases de données, vu que les produits chimiques ont souvent différents noms. Presque toutes les bases de données de molécules actuelles permettent une recherche par numéro CAS.

Les numéros CAS sont attribués dans un ordre croissant et n'ont pas de signification particulière. Une entrée se décline en trois parties séparées par un tiret. La première peut contenir jusqu'à sept chiffres, la deuxième contient deux chiffres, alors que la troisième contient un chiffre pour la somme de contrôle. La somme de contrôle se calcule en prenant le 1<sup>er</sup> chiffre fois 1, le 2<sup>e</sup> fois 2, et ainsi de suite en partant de l'avant dernier (de droite à gauche). La somme de ces résultats intermédiaires est ensuite additionnée modulo 10.

Les différents isomères d'une molécule ont un numéro CAS différent.

#### B. LE CONCEPT GRAS (NUMERO FEMA) <sup>(147)</sup>

Le concept GRAS (Generally Recognized As Safe) créé en 1958 par la Food and Drug Administration (FDA) permet la régulation de substances ou extraits ajoutés aux aliments et qui sont considérés comme sans danger par un panel d'expert. Ces composés sont exemptés de l'habituelle loi fédérale sur les additifs pour les aliments, médicaments et cosmétiques.

Les arômes alimentaires qui sont considérés comme des additifs aux États-Unis (en UE les arômes ne sont pas inclus aux additifs), sont traités différemment. Dès 1960, la FEMA (Flavor and Extract Manufacturers Association), crée le "Flavour EXpert PANel" (FEXPAN), historiquement le premier groupe d'experts à pratiquer l'évaluation des substances.

Le FEXPAN est composé d'experts toxicologues, pharmacologues, biochimistes, indépendants du secteur des arômes. Ceux-ci travaillent en appliquant le concept GRAS. Voici quelques critères utilisés par le FEXPAN pour arriver au statut GRAS :

- La "clause de grand-père" (en droit, une clause de grand-père est une disposition légale permettant que, lors de l'adoption d'une nouvelle loi, les conditions de l'ancienne loi puissent s'appliquer à ceux qui en bénéficiaient déjà, généralement pour une période limitée) : les composés présents dans les aliments que l'homme consomme depuis toujours sans risque apparent sont tenus pour non nocifs à leurs concentrations naturelles.
- Les composés présents dans les tissus humains de l'homme bien portant sont tenus pour non nocifs à leurs concentrations naturelles.
- La toxicité d'une substance est une caractéristique de celle-ci ; c'est une propriété moléculaire, inhérente à la structure. L'unité est la quantité de composé en grammes par kg de poids corporel de l'individu consommateur. Pour tout produit chimique, "c'est la dose qui fait le poison" : c'est donc l'exposition qui est déterminante.
- La toxicité et risque ne sont pas synonymes. Le risque est la probabilité pour qu'une substance provoque des lésions compte tenu de ses propriétés physiques, de sa toxicité, de la quantité utilisée et de son mode d'emploi.
- La toxicité d'un membre d'une série d'homologues peut en général être déduite de la toxicité de ses congénères adjacents ; par exemple, la toxicité d'un alcool primaire est similaire à celle des homologues dans la même série.
- Souvent le métabolisme d'une substance laisse entrevoir s'il existe d'éventuelles voies de détoxification et/ou d'excrétion.

La labellisation FEMA GRAS garantit que la fragrance respecte la législation pour les parfums et pour les arômes et qu'elle respecte le code de bonne conduite de l'IFRA (garantie de non toxicité sur le plan humain). Une fragrance FEMA GRAS ne présente aucune toxicité sur le plan alimentaire si par mégarde elle entre en contact avec un aliment. <sup>(148)</sup>

## II. PRECAUTIONS

### A. SIGNALISATION DES SUBSTANCES DANGEREUSES

Le système de signalisation des substances dangereuses se base sur l'usage de symboles standardisés en forme de pictogrammes qui identifient les risques entraînés par la mise en marché ou l'usage de certaines substances chimiques. Le système européen d'étiquetage des substances dangereuses est défini dans l'annexe II de la directive 67/548/EEC (27 juin 1967).

### B. PHRASES DE RISQUE

Les phrases de risque ("phrases R") sont des annotations présentes sur les étiquettes de produits chimiques qui indiquent les risques encourus lors de leur utilisation, de leur contact, de leur ingestion, de leur inhalation, de leur manipulation ou de leur rejet dans la nature ou l'environnement. Elles se présentent sous la forme d'un R suivi d'un ou de plusieurs nombres, chacun correspondant à un risque particulier. Elles sont définies dans l'annexe III de la directive européenne 67/548/EEC : *Nature of special risks attributed to dangerous substances and preparations*. La liste a été complétée et publiée de nouveau dans la directive 2001/59/CE.

### C. CONSEILS DE PRUDENCE

Les **conseils de prudence** ("phrases S") sont des indications présentes sur les étiquettes de produits chimiques, qui conseillent l'utilisateur quant aux précautions à prendre lors de leur manipulation ou utilisation. Elles se présentent sous la forme d'un S suivi d'un ou de plusieurs nombres, chacun correspondant à un conseil particulier. Elles sont définies dans l'annexe IV de la directive européenne 67/548/EEC : *Safety advice concerning dangerous substances and preparations*. La liste a été complétée et publiée de nouveau dans la directive 2001/59/EC.

#### D. LE NFPA 704 <sup>(149)</sup>

Le NFPA 704 est un standard créé par l'organisation américaine *National Fire Protection Association*. Plus familièrement connu sous le nom de « diamant du feu », cet étiquetage définit les principaux risques liés à chaque produit. Cette norme est surtout utilisée dans le monde anglo-saxon, mais il n'est pas rare de le retrouver dans d'autres pays que les États-Unis.

Cet étiquetage permet à la personne qui manipule un produit d'en connaître rapidement le niveau de dangerosité grâce à un code couleur et un échelonnage du risque en 5 niveaux. Dans le cas où des produits se trouvent stockés dans un lieu en proie à un incendie par exemple, cet étiquetage permet également aux équipes d'intervention d'identifier rapidement les risques propres à chaque substance, et de choisir l'équipement d'intervention en conséquence.

Les quatre losanges ont un code couleur : le bleu correspond au risque pour la santé, le rouge à l'inflammabilité du produit, le jaune à la réactivité chimique et le blanc est une case spéciale qui contient les codes pour les risques particuliers. Chacune des trois premières cases est échelonnée de 0 (pas de danger ; substance inerte) à 4 (risque majeur).

#### E. SYSTEME GENERAL HARMONISE <sup>(150)</sup>

Le **système général harmonisé** ou **SGH** (en anglais : *Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS*) est un système international d'étiquetage des matières dangereuses. Il est destiné à unifier les différents systèmes nationaux en vigueur. Son développement a commencé au sommet de la Terre de Rio en 1992, lorsque l'Organisation internationale du travail, l'OCDE et différents gouvernements et parties prenantes se sont réunis aux Nations-Unies. Il remplace le précédent étiquetage européen avec le règlement CLP. <sup>(150)</sup>

Le système général harmonisé comprend un ensemble de pictogrammes de danger qui remplace les anciens pictogrammes de danger européens de couleur orange et leurs équivalents américains. Les symboles sont similaires aux symboles européens, avec des exceptions, mais les symboles sont en forme de losange, ont une limite rouge, et le pictogramme est noir sur fond blanc.

Le système général harmonisé répartit les produits en « classes de danger » (nature du danger). Celui-ci peut être un danger physique, un danger pour la santé ou pour l'environnement. Cette classe de danger peut être elle-même divisée en « catégories de danger ».

Il existe 27 classes de danger:

- **Classes de danger physique** : matières et objets explosifs, gaz inflammables, aérosols inflammables, gaz comburants, gaz sous pression, liquides inflammables, matières solides inflammables, matières auto-réactives, liquides pyrophosphoriques, matières solides pyrophosphoriques, matières auto-échauffantes, matières qui au contact de l'eau dégagent des gaz inflammables, liquides comburants, matières solides comburantes, peroxydes organiques, matières corrosives pour les métaux.
- **Classes de danger pour la santé** : toxicité aiguë, corrosion cutanée, lésions oculaires graves, sensibilisation respiratoire, mutagène, cancérigène, toxicité pour la reproduction, toxicité systémique pour certains organes cibles (exposition unique), toxicité systémique pour certains organes cibles (exposition répétées), danger par aspiration
- **Classes de danger pour l'environnement** : danger pour le milieu aquatique, danger pour la couche d'ozone.

## F. LE CIRC <sup>(151)</sup>

Le **Centre international de recherche sur le cancer (CIRC)**, en anglais *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, est une agence intergouvernementale de recherche sur le cancer, créée en 1965 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) des Nations unies. Ses bureaux sont situés à Lyon, en France.

Le CIRC classe les agents, mélanges et expositions en cinq catégories :

- Catégorie 1 : cancérigène pour l'homme.
- Catégorie 2A : cancérigène probable pour l'homme.
- Catégorie 2B : cancérigène possible pour l'homme.
- Catégorie 3 : inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme.
- Catégorie 4 : probablement non cancérigène pour l'homme. Une seule substance, le caprolactame, a été classée dans cette catégorie après évaluation de sa cancérigénicité par le CIRC.

## SERMENT DE GALIEN

*Je jure, en présence de mes maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des pharmaciens et de mes condisciples :*

- ❖ D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*
- ❖ D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.*
- ❖ De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.*
- ❖ En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre, méprisé de mes confrères, si j'y manque.*