



HAL
open science

La vanille

Angélique Lerosier

► **To cite this version:**

| Angélique Lerosier. La vanille. Médecine humaine et pathologie. 2016. dumas-01319831

HAL Id: dumas-01319831

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01319831>

Submitted on 23 May 2016

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.

UNIVERSITE DE ROUEN
UFR DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Année 2016

N°

THESE

pour le DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement le 16/03/2016

par

LEROSIER Angélique

Né(e) le 25/10/1987 à Sainte-Adresse

La Vanille

Président du jury : *SEGUIN, Elisabeth, Professeur*

Membres du jury : *GROULT, Marie-Laure, Maître de Conférences*

CRISTOL, Sophie, Docteur en Pharmacie

Remerciements

Un grand merci à Mesdames Seguin et Groult pour les conseils qu'elles m'ont apportés, le temps consacré pour me recevoir et pour corriger ma thèse.

Un merci tout particulier pour Madame Cristol d'avoir accepté d'être membre de mon jury. Mais surtout pour m'avoir acceptée et formée comme stagiaire de 6ème année au sein de son officine et de toujours veiller sur moi depuis.

Je tiens à remercier également Niloufar et Mélanie de la Pharmacie Cristol pour le soutien et la formation qu'elles m'ont apportés, et m'apportent toujours !

Merci à Amélie et Marie-Hélène pour l'aménagement de mon temps de travail pour réussir à finir cette thèse et pour leurs soutiens.

Merci aux équipes de la Pharmacie Danel et de la Pharmacie Zolli de m'avoir accueillie les bras ouverts.

Merci à Monsieur et Madame Decrouez de m'avoir fait confiance pendant ces années au sein de leur officine.

Enfin un grand merci à tout ceux qui m'ont entourée depuis le début, je pense évidemment à ma famille : mes parents Jacques et Béatrice; mon frère Maxime; mes grands-parents Mamie Monique, Papi, Mamie Christiane; Rose ; à ceux qui m'entourent depuis mon enfance : Tonton Gérard et Tata Gismonde, Philippe et Chantal ; et plus récemment à ma belle-famille.

Une pensée également à ces êtres chers qui nous ont quitté depuis le début des études : Andrée, « Madelon », Charles, Léone, Laurence, Mamie Christiane et aussi ceux que j'ai moins connus : Yvette et Gérard.

Sans eux je n'en serais pas là.

Merci à nos amis. En particulier à Mathilde, sur qui je peux toujours compter, pour son écoute, nos fous rires... Merci notamment pour la relecture attentive de la thèse qu'elle a réalisée.

Pour finir, mais pas des moindres, un énorme merci à mon soutien de tous les jours : Théophile. Depuis près de 7 ans, toujours auprès de moi, présent dans les coups durs mais aussi les bons moments. Merci pour certains détails de mise en page de cette thèse.

Maintenant place à nos projets, il est temps de vivre !!

Merci à l'équipe Boiron, Charroin Corinne et Géraldine Garayt, pour m'avoir aidé dans mes recherches.

Merci à Luc Marlier pour avoir répondu à quelques-unes de mes questions.

Merci à tout ceux qui m'ont autorisé à utiliser leurs photographies, notamment la belle-soeur de Mathilde.

En parlant de photographies, un grand merci à Michel Grisoni et Séverine Bory, d'avoir accepté que j'utilise leurs photographies et leurs travaux. Merci de m'avoir permis d'entrer en contact avec le parc Emmanuel-Liais.

Merci au directeur du parc Emmanuel-Liais de Cherbourg de m'avoir autorisée à visiter les serres. Un merci particulier à Frédéric Galbadon pour m'avoir si chaleureusement accueilli et de m'avoir consacré du temps pour la visite. A bientôt, lors de Presqu'île en fleurs ! Je viendrai voir s'il a été opté pour des Hoyas au final !

**L'université de Rouen et l'UFR de Médecine et de Pharmacie de Rouen n'entendent
donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans cette thèse.**

Ces opinions sont propres à leurs auteurs.

ANNEE UNIVERSITAIRE 2015 - 2016
U.F.R. DE MEDECINE ET DE-PHARMACIE DE ROUEN

DOYEN : **Professeur Pierre FREGER**

ASSESEURS : **Professeur Michel GUERBET**
Professeur Benoit VEBER
Professeur Pascal JOLY
Professeur Stéphane MARRET

I - MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Jean-Paul BESSOU	HCN	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme Françoise BEURET-BLANQUART (<i>surnombre</i>)	HCN	Commission E.P.P. D.P.C. Pôle Qualité
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE	HCN	Médecine interne (gériatrie)
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Pierre CZERNICHOW	HCH	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mme Danièle DEHESDIN (<i>surnombre</i>)	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Frédéric DI FIORE	CB	Cancérologie
Mr Fabien DOGUET	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire

Mr Jean DOUCET	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard DUBRAY	CB	Radiothérapie
Mr Philippe DUCROTTE	HCN	Hépatogastro-entérologie
Mr Frank DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologie
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand DUREUIL	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Thierry FREBOURG	UFR	Génétique
Mr Pierre FREGER	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
Mr Michel GODIN (<i>surnombre</i>)	HB	Néphrologie
M. Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Philippe GRISE (<i>surnombre</i>)	HCN	Urologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mr Olivier GULLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Didier HANNEQUIN	HCN	Neurologie
Mr Fabrice JARDIN	CB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato - Vénérologie
Mme Annie LAQUERRIERE	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques
Mr Vincent LAUDENBACH	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Joël LECHEVALLIER	HCN	Chirurgie infantile
Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HB	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HB	Médecine interne
Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
Mr Bertrand MACE	HCN	Histologie, embryologie, cytogénétique
M. David MALTETE	HCN	Neurologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle MARIE	HB	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc MARPEAU	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie

Mme Véronique MERLE	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
Mr Jean-François MUIR	HB	Pneumologie
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophthalmologie
Mr Philippe MUSETTE	HCN	Dermatologie - Vénérologie
Mr Christophe PEILLON	HCN	Chirurgie générale
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Me Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Bernard PROUST	HCN	Médecine légale
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace ROMAN	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie - Pathologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie
Mr Michel SCOTTE	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Réanimation Médicale
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Christian THUILLEZ	HB	Pharmacologie
Mr Hervé TILLY	CB	Hématologie et transfusion
Mr Olivier TROST	HCN	Chirurgie Maxillo Faciale
Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Jean-Pierre VANNIER	HCN	Pédiatrie génétique
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	HB	Service Santé Réadaptation
Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HB	Rhumatologie
Mr Jacques WEBER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie CHASTAN	HCN	Physiologie
Mme Sophie CLAEYSSENS	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Stéphanie DERREY	HCN	Neurochirurgie
Mr Manuel ETIENNE	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie
Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOUCHE	UFR	Biologie cellulaire
Mme Rachel MARION-LETELLIER	UFR	Physiologie
Mr Thomas MOUREZ	HCN	Virologie
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Christine RONDANINO	UFR	Physiologie de la Reproduction
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN	HCN	Anatomie

PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE

Mme Dominique LANIEZ	UFR	Anglais
Mr Thierry WABLE	UFR	Communication

II - PHARMACIE

PROFESSEURS

Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Jean-Jacques BONNET	Pharmacologie
Mr Roland CAPRON (PU-PH)	Biophysique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mme Isabelle LEROUX - NICOLLET	Physiologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mme Elisabeth SEGUIN	Pharmacognosie
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEUIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Jérémy BELLIEN	Pharmacologie
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER	Statistiques
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie
Mr Eric DITTMAR	Biophysique
Mme Nathalie DOURMAP	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mme Dominique DUTERTE- BOUCHER	Pharmacologie

Mr Abdelhakim ELOMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie Organique
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie
Mme Najla GHARBI	Chimie analytique
Mme Marie-Laure GROULT	Botanique
Mr Hervé HUE	Biophysique et mathématiques
Mme Laetitia LE GOFF	Parasitologie - Immunologie
Mme Hong LU	Biologie
Mme Sabine MENAGER	Chimie organique
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mme Christine THARASSE	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric ZIEGLER	Biochimie

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mr Jean-François HOUIVET	Pharmacie officinale

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANT HOSPITALO-UNIVERSITAIRE

Mme Sandrine DAHOT	Bactériologie
---------------------------	---------------

ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE

Mr Souleymane ABDOUL-AZIZE	Biochimie
Mme Hanane GASMI	Galénique
Mme Caroline LAUGEL	Chimie organique
Mr Romy RAZAKANDRAINIBE	Parasitologie

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Roland CAPRON	Biophysique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mr Jean-Jacques BONNET	Pharmacodynamie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mr Michel GUERBET	Toxicologie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mme Isabelle LEROUX-NICOLLET	Physiologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mme Elisabeth SEGUIN	Pharmacognosie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR

Mr Jean-Loup **HERMIL** UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine Générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH** UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD** UFR Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

Mme Marie Thérèse **THUEUX** UFR Médecine générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Serguei FETISSOV (med)	Physiologie (ADEN)
Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil ADRIOUCH (med)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (med)	Neurosciences (Néovasc)
Mme Pascaline GAILDRAT (med)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mr Nicolas GUEROUT (med)	Chirurgie Expérimentale
Mr Antoine OUVRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Isabelle TOURNIER (med)	Biochimie (UMR 1079)

CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS : Mme Véronique DELAFONTAINE

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation

SJ - Saint Julien Rouen

Table des matières

1. Étude botanique	13
1.1. Historique nomenclatural	13
1.2. Classification	16
1.2.1. Division : Angiospermes ou Magnoliophyta	16
1.2.2. Euangiospermes monoaperturées	16
1.2.3. Classe : Monocotylédones ou Liliopsida	16
1.2.4. Sous-classe : Liliidées	17
1.2.5. Ordre : Asparagales	17
1.2.6. Famille : Orchidaceae	17
1.2.7. Genre : Vanilla	25
1.3. Espèces	33
1.3.1. Caractéristiques de <i>Vanilla planifolia</i> B.D.Jacks. ex Andrews	33
1.3.2. Caractéristiques de <i>Vanilla pompona</i> Schiede	36
1.3.3. Caractéristiques de <i>Vanilla tahitensis</i> J.W. Moore	37
1.4. Hybridation	39
1.5. Visite du parc Emmanuel-Liais à Cherbourg	41
2. De la plantation des vanilliers à la commercialisation des capsules	53
2.1. Difficultés de culture : de la fécondation assistée à la préparation des fruits	53
2.2. Culture de la vanille	57
2.2.1. Les méthodes de culture actuelle (plantations, espèces utilisées, fécondation)	57
2.2.1.1. Ecologie	58
2.2.1.2. Répartition mondiale actuelle des zones de culture	61
2.2.1.3. Les différents types de culture	62
2.2.2. Les étapes indispensables pour l'obtention de gousses de qualité	69
2.2.3. La préparation des « gousses »	76
2.2.4. Les pathologies	82
2.2.5. Statistiques sur les productions	91
2.2.6. Le commerce équitable	94

2.2.7. Les différents « gages de qualité »	95
2.2.8. Fraudes, tests effectués pour les rechercher	96
2.2.9. Importateurs majeurs	97
3. Les composés de la vanille	98
3.1. Formation des composés au sein de la gousse	98
3.2. La vanilline	102
3.2.1. Un composé non spécifique à la vanille	102
3.2.2. Givre sur les capsules	102
3.2.3. Monographie de la vanilline	103
3.2.4. Etude toxicologique	104
3.2.5. Synthèse de la vanilline	107
3.2.6. Autres composés contenus dans la « gousse » de vanille préparée	110
4. Utilisations de la vanille et de ses dérivés	114
4.1. Utilisations de la vanille	114
4.1.1. Les différents extraits de la vanille commercialisés	114
4.1.2. Usage dans le domaine médical	114
4.1.2.1. Utilisations thérapeutiques dans les médecines traditionnelles	114
4.1.2.2. Propriétés attribuées à la vanille une fois rapportée sur notre territoire	116
4.1.2.3. Propriétés pharmacologiques de la vanille	116
4.1.2.4. Emplois de la vanille	126
4.1.2. Parfumerie, Cosmétologie	137
4.1.3. Alimentaire	140
4.2. Utilisations de la vanilline	146
4.2.1. Propriétés pharmacologiques	146
4.2.1.1. Effet antimicrobien	146
4.2.1.2. Effet antioxydant de la vanilline	148
4.2.1.3. Effet protecteur vis à vis des agents mutagènes	149
4.2.1.4. Effet aphrodisiaque de la vanilline (Maskeri et al., 2012)	149
4.2.1.5. Action sur l'épilepsie	150
4.2.1.6. Inhibiteur d'acétylcholinestérase	150
4.2.1.7. Action de la vanilline dans la drépanocytose	150
4.2.1.8. Effet sur les adipocytes	152
4.2.2. Usages dans l'alimentation et en parfumerie	152
4.3. L'éthylvanilline	153
4.3.1. Description physique et chimique	153
4.3.2. Etude toxicologique	153
4.3.3. Utilisation alimentaire	154

4.4.L'acide vanillique	154
4.5.Le cyclovalone	155
4.6.MX-1520, un espoir dans le traitement de la drépanocytose	157
5. Références bibliographiques	159
6. Références sitographiques	168
7. Annexes	175

Liste des figures

Figure 1. Extrait du *Rerum medicarum* (Hernandez, 1571).

Figure 2. Monographie de la Vanille aromatique (Ratier, 1827).

Figure 3. Tubercules d'*Orchis morio* (Carbone *et al.*, 1999).

Figure 4. Organisation schématisée d'une fleur d'Orchidaceae [2].

Figure 5. Photographie de *Neottia nidus avis* [3].

Figure 6. *Vanilla planifolia* cultivée au sein de la coopérative de Bras-Panon sur l'île de La Réunion (Brasseur, 2014).

Figure 7. Diversité morphologique des feuilles au sein du genre *Vanilla* (Bory, 2007).

Les légendes des photographies sont les suivantes :

- a : *V. sp.* SP0102
- b : *V. pompona* PO0047
- c : *V. humblotii* HU0108
- d : *V. sp.* SP0117
- e : *V. sp.* SP0682
- f : *V. imperialis* IM0104
- g : *V. barbellata* SP0081
- h : *V. bahiana* BA0086
- i : *V. africana* AF0103
- j : *V. planifolia* PL0035
- k : *V. pompona* PO0018

Figure 8. Diversité morphologique des fleurs de genre *Vanilla* (Bory, 2007).

Les légendes des photographies sont les suivantes :

- a : *V. africana* AF0103
- b : *V. albida* AL0059
- c : *V. aphylla*
- d : *V. bahiana* BA0086
- e : *V. barbellata*
- f : *V. claviculata*
- g : *V. cribbiana*
- h : *V. humblotii*
- i : *V. imperialis*
- j : *V. inodora*
- k : *V. insignis*
- l : *V. madagascariensis*
- m : *V. odorata*
- n : *V. palmarum* PA0083
- o : *V. perrieri*
- p : *V. planifolia*
- q : *V. polylepis*
- r : *V. pompona* PO0047
- s : *V. sp.* SP0091
- t : *V. tahintensis* TA0017

Figure 9. Schéma reprenant les caractéristiques de la fleur du genre *Vanilla* (Aimar et Meze, 2010).

Figure 10. Coupe longitudinale d'une fleur de vanille [4].

- Figure 11.** Section de capsules vertes (Aimar et Meze, 2010).
- Figure 12.** Répartition des différentes espèces du genre *Vanilla* (Odoux et Grisoni, 2011).
- Figure 13.** *Vanilla planifolia* (Roguenant *et al.*, 2005).
- Figure 14.** Carte d'Amérique Centrale [6].
- Figure 15.** *Vanilla pompona* [7].
- Figure 16.** *Vanilla tahitensis* [8].
- Figure 17.** Composition du substrat des orchidées des serres du parc Emmanuel Liais (Lerosier, 2015).
- Figure 18.** Fleur de *V.madagascariensis* [9].
- Figure 19.** *V.humblotii* (Lerosier, 2015).
- Figure 20.** *Vanilla roscheri* [11].
- Figure 21.** *Vanilla lepieurii* [12].
- Figure 22.** *Vanilla africana* [13].
- Figure 23.** *Vanilla crenulata* [14].
- Figure 24.** *Vanilla imperialis* au parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015).
- Figure 25.** *Vanilla imperialis* en fleurs [15].
- Figure 26.** *Vanilla palmarum* au parc Emmanuel Liais (Lerosier, 2015).
- Figure 27.** *Vanilla bahiana* au parc Emmanuel Liais (Lerosier, 2015).
- Figure 28.** *Vanilla trigonocarpa* dans les serres du parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015).
- Figure 29.** *Vanilla planifolia* en pot à Cherbourg (Lerosier, 2015).
- Figure 30.** *Euglossa viridissima* [16].
- Figures 31 et 32.** Grappes de *Vanilla planifolia* après pollinisation (Brasseur, 2014).
- Figure 33.** *Gliricidia septum* [21].
- Figure 34.** *Jatropha curcas* [21].
- Figure 35.** *Casuarina equisetifolia* [21].

Figure 36. Dégagement des stigmates (Cailler et Pralus, 2008).

Figure 37. Soulèvement du rostelum (Cailler et Pralus, 2008).

Figure 38. Mise en contact des pièces fertiles (Cailler et Pralus, 2008).

Figure 39. Balai de « gousses » de vanille (Cailler et Pralus, 2008).

Figure 40. « Gousses » de vanille préparées ayant été marquées [23].

Figure 41. Séchage des « gousses » de vanille à l'ombre (Brasseur, 2014).

Figure 42. « Gousses » en train de sécher (Brasseur, 2014).

Figure 43. Mosaïque sur des feuilles de vanillier [24].

Figure 44. Givre en aiguille sur une capsule (Aimar et Meze, 2010).

Figure 45. Formule chimique de la vanilline (Pharmacopée Européenne, 2014).

Figure 46. Baume respiratoire de Pranarôm [41].

Figure 47. Carbocistéine 2% enfants (Lerosier, 2015).

Figure 48. Fortimel Crème Vanille [34].

Figure 49. Fresubin 2kCal Drink Vanille [35].

Figure 50. Mes Premières Céréales Vanille à partir de 4 mois [36].

Figure 51. Mes Premières Céréales Nuit Calme [37].

Figure 52. Cyclotelia [39].

Figure 53. Shalimar [42].

Figure 54. Huile revitalisante [45].

Figure 55. Le bain moussant Vanille Épicée [46].

Figure 56. Synthèse de l'éthylvanilline selon la méthode de Reimer et Riemann [21].

Figure 57. Vanilone infantile [50].

Figure 58. Formule chimique du cyclovalone [51].

Figure 59. Vanilone.

Liste des tableaux

Tableau 1. Récapitulatif des durées d'épanouissement de quelques fleurs d'Orchidaceae (Roguenant *et al.*, 2005).

Tableau 2. Récapitulatif des espèces présentes sur le site de Cherbourg et leur provenance (Galbadon, 2015).

Tableau 3. Rendement dans les plantations selon l'âge des plants [19].

Tableau 4. Prix pratiqués en Afrique en commerce équitable [28].

Tableau 5. Composition typique d'une « gousse » verte mature de *Vanilla planifolia* (Odoux et Grisoni, 2011).

Tableau 6. Composition chimique d'une capsule séchée de *Vanilla planifolia* [52].

Tableau 7. Tableau présentant tous les composés volatils présents au sein d'un extrait de « gousses » préparées de *V. planifolia* (Pérez-Silva *et al.*, 2006).

Tableau 8. Représentations graphiques autorisées selon le type d'arôme [48].

Liste des annexes

ANNEXE 1. Glossaire des termes botaniques.

ANNEXE 2. Les 12 espèces de vanilles décrites en 1840 (Lindley, 1840).

ANNEXE 3. Extrait de la monographie de la vanilline (Pharmacopée Européenne, 2014).

ANNEXE 4. Fiche Rhodia de la vanilline [31].

ANNEXE 5. Spécialités contenant l'excipient père vanille [18].

Liste des abréviations

APG3 : Angiosperms Phylogeny Group, 3ème édition

CGIAR : Groupes consultatifs pour la Recherche Agricole Internationale

CH : Centésimale Hahnemannienne

CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

°C : degré Celsius

cm : centimètre

CMV : Cucumber Mosaic Virus

CymMV : Cymbidium Mosaic Virus

DL50 : Dose Létale médiane

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl, C₁₈H₁₂N₅O₆

ELISA : Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay

€ : Euro

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

g : gramme

GC : Chromatographie en phase gazeuse

h : heure

HbS : hémoglobine S (S pour sickle)

HPLC : Chromatographie en Phase Liquide Haute Performance

IRMS : Isotope Radio Mass Spectrometry

kg : kilogramme

km : kilomètre

L : litre

mg : milligramme

mL : millilitre

mm: millimètre

mM : millimolaire

M_R: Masse moléculaire relative

M : mol.L⁻¹

nm : nanomètre

IGP : Indication Géographique Protégée

pH : potentiel Hydrogène

ppm : partie par million

RMN : Résonance Magnétique Nucléaire

SAVA : Sambava, Andapa, Vohémar, Antalaha

SCR : Substance Chimique de Référence

USD, \$: Dollar des Etats-Unis

V. : Vanilla

μL : microlitre

Introduction

La vanille...

Cette orchidée lianescente aurait été découverte par les colons espagnols dans la région de Vera Cruz au Mexique. Les conquistadores ont ramené sur notre continent les premières « gousses » de vanille après que Hernando Cortes ait dégusté un « tchocolatl », offert par l'empereur aztèque Moctezuma, accompagné de pâte de « tlilxochitl ». Ce « tlilxochitl » n'était autre que le nom aztèque donné à la vanille. Dès 1604, la vanille circule alors sur le territoire français. Louis XIV publia même en 1692 un édit fixant un monopole à Rouen et Marseille pour le commerce du café, du thé, du chocolat et de la vanille, ces épices ne devaient être vendues que par ceux qui en avaient obtenu l'autorisation.

Louis XIV souhaita développer l'implantation de la culture de la vanille sur l'île Bourbon. Cependant cette tentative se solda pendant près de trois siècles par un échec. En effet une faune particulière du sol américain manquait sur notre continent.

Depuis cette orchidée n'a cessé de fasciner des générations que ce soit pour ses qualités gustative, médicinale, ou encore aromatique. Encore de nos jours, elle est source de recherches médicales, que ce soit la plante en elle-même, ses composés ou bien même des dérivés de ceux-ci. Cette thèse a pour but d'étudier le périple de la culture de cette épice depuis l'Amérique jusqu'aux îles, son utilisation d'antan et enfin les débouchés que la vanille nous laisse entrevoir.

Pour se faire, une étude botanique de la plante sera réalisée dans une première partie.

Puis, dans une deuxième partie, nous développerons les méthodes de culture ainsi que la commercialisation de la vanille.

Ensuite, dans une troisième partie, nous étudierons les différents composés chimiques la constituant.

Et enfin, dans la quatrième et dernière partie, nous nous intéresserons aux différentes utilisations, d'antan, actuelles et à venir, de la vanille, de certains de ses composés et de quelques dérivés de ceux-ci.

Dans cette thèse nous nous intéresserons en particulier aux trois espèces de vanilles cultivées de nos jours soient *Vanilla planifolia* B.D. Jacks. ex Andrews, *Vanilla pompona* Schiede et *Vanilla tahitensis* J.W.Moore.

1. Étude botanique

1.1. Historique nomenclatural

Les différents noms donnés à la vanille locale par les indigènes sont les suivants :

- Mayas : *Zizbic*
- Totonagues : *Xanath* ou *Caxixanath*
- Aztèques : *Tlilxochitl*

Une fois que la vanille fut arrivée sur le vieux continent, le nom donné par les indigènes « *Tlilxochitl* » fut évincé peu à peu. Ce terme aztèque signifiait en fait « fleur noire » car à l'époque on pensait que la « gousse » était la fleur et non le fruit.

Le botaniste français Clusius, ou Charles de l'Escluse, en 1605 rédigea les premiers écrits botaniques sur la plante qu'il nomme alors : « *Lobus oblongus aromaticus* » dans son *Exoticorum Libri Decem* (Kull et al., 2009). Il avait reçu quelques capsules de vanille par l'apothicaire de la reine Elizabeth d'Angleterre, Hugo Morgan.

En 1651, Francisco Hernandez la nomme *Araco aromatico*.

Puis en 1658, William Piso la nomma « *Vaynilla* » signifiant « petite gaine » en Espagnol, terme issu du latin « vagina » en référence à la capsule de vanille.

Il faut attendre 1703, époque à laquelle Charles Plumier décrit 3 espèces des Antilles qu'il classa dans un nouveau genre : *Vanilla*. Ainsi furent étudiées *Vanilla rubra* Urban, *Vanilla fragrans* Ames et *Vanilla inodora* Schiede (Aimar et Meze, 2010).

Cependant en 1753, Carl Von Linne, regroupe la totalité des espèces sous un unique binôme dans un autre genre : *Epidendrum vanilla* dans son « *Species plantarum* » (Lamarck et Poiret, 1808).

En 1775, Aublet, apothicaire-botaniste du Roy de Guyane, décrit 3 espèces de vanilles différentes dans son mémoire « Nature de la vanille, manière de la cultiver et moyens de la préparer pour la rendre commercable ». Au sein de cet ouvrage, il différencie donc la grosse vanille, la petite vanille et la vanille longue (Aimar et Meze, 2010).

Figure 1. Extrait du *Rerum medicarum* (Hernandez, 1571)



En 1799, Swartz rétablit la vanille dans le genre *Vanilla*. *Vanilla fragrans* prend alors le nom de *Vanilla aromatica*.

Figure 2. Monographie de la Vanille aromatique (Ratier, 1827)

VANILLE AROMATIQUE. (*Vanilla aromatica*. Sw. Willd. *Epidendron Vanilla*. L. *Vanilla flore viridi et albo, fructu nigricante*. Plum.)

Capsules, appelées vulgairement *siliques*, comprimées, de la grosseur d'une forte plume à écrire, d'un noir brunâtre, d'une saveur aromatique, d'une odeur fort agréable, et contenant une pulpe remplie de semences très-petites : elles sont fournies par plusieurs espèces de vanille. Très-souvent leur surface est parsemée d'aiguilles brillantes d'acide benzoïque.

[C'est à tort que quelques personnes ont pensé que cette plante croissait sans culture sur les rochers les plus escarpés; tous les auteurs et les voyageurs s'accordent à dire qu'on la cultive avec le plus grand soin au Mexique, et que la récolte s'en fait aussi avec beaucoup de précaution. Lorsque les gousses sont très-recouvertes d'efflorescences, il faut craindre qu'on ne les ait recouvertes, à dessein, d'acide benzoïque; ce que l'on a soin de faire quand la vanille un peu ancienne a perdu une partie de son odeur.]

En 1840, John Lindley répertorie et étudie les 12 espèces de vanilles connues jusqu'alors (ces espèces sont citées en ANNEXE 2) (Lindley, 1840).

Rolfe en 1896, en distingue 52 espèces.

De nos jours 118 espèces de vanilles sont répertoriées. Leur répartition géographique est détaillée en fin de paragraphe 1.2.7.

Un glossaire des termes botaniques est présenté en annexe 1 à la fin du document.

1.2. Classification

En ce qui concerne la classification, nous avons suivi la classification phylogénétique actuelle basée sur les travaux de recherche du groupe anglo-saxon APG3 (Angiosperms Phylogeny Group, 3^{ème} édition).

1.2.1. Division : Angiospermes ou Magnoliophyta

Les Angiospermes se distinguent des Gymnospermes par la présence d'une fleur constituée d'un périanthe entourant les organes sexuels, d'anthères constituées de quatre sporanges ou sacs polliniques et d'un ovaire protégeant les ovules. Mais surtout la différence principale consiste en la double fécondation qui conduit à un zygote diploïde et un albumen nourricier triploïde.

Chez les Angiospermes des vaisseaux parfaits servent à la conduction de la sève à travers les différents organes. Le xylème est constitué de vaisseaux permettant la circulation de la sève brute contenant de l'eau et des sels minéraux alors que le phloème permet la conduction de la sève élaborée contenant les sucres (Spichiger *et al.*, 2002).

1.2.2. Euangiospermes monoaperturées

Ce sont des Angiospermes ayant conservé des caractères archaïques comme un pollen monoaperturé, des fleurs trimères, des fleurs homoïochlamydes (ou bien même achlamydes) et/ou dont les pièces sont à disposition spiralée.

1.2.3. Classe : Monocotylédones ou Liliopsida

Les Monocotylédones présentent en général un port herbacé pas ou peu ramifié. Leur appareil végétatif comporte un système racinaire fasciculé ; des feuilles alternes, parallélinervurées et engainantes. Concernant l'appareil reproducteur, la fleur est le plus souvent trimère et pentacyclique. Cette fleur est porteuse de pollen monoaperturé. La fécondation donne lieu à une graine généralement albuminée. En général, puisque dans le

cas de notre genre *Vanilla* cette graine ne comporte pas d'albumen. Un embryon à un seul cotylédon croît alors.

Les Monocotylédones sont caractérisées au niveau histologique par leur absence de cambium et par la présence de nombreux faisceaux libéro-ligneux.

1.2.4. Sous-classe : Liliidées

Ce sont des Monocotylédones supérieures : homoïochlamydes, angustifoliées, à vaisseaux absents (ou imparfaits), à perforations scalariformes, généralement euanthiales.

La fleur typique est trimère de formule florale $3+3T, 3+3E, (3C)$.

Cette fleur comporte des loges pluriovulées à placentation axile qui donnent ensuite des fruits capsulaires ou bacciformes.

1.2.5. Ordre : Asparagales

Les plantes de cet ordre présentent généralement des organes souterrains de type rhizome ou bulbe. Les fleurs sont entomophiles, c'est à dire qu'elles sont dotées d'attraits pour les insectes tels un périanthe coloré, un dégagement de parfum ou encore la présence de nectaires.

Les graines formées après la fécondation renferment en général des phytomélanines et sont donc noires.

1.2.6. Famille : Orchidaceae

Cette famille est constituée par plus de 25 000 espèces divisées en 800 genres. Elle représente la deuxième famille en nombre après les Asteraceae. En France, on dénombre environ 150 espèces à l'état naturel de cette famille.

Son nom est dû au genre *Orchis* (du grec ὄρχις : testicule) nommé ainsi à cause de sa partie souterraine constituée de deux pseudotubercules.

Figure 3. Tubercules d'*Orchis morio* (Carbone *et al.*, 1999)



L'appareil végétatif des plantes de la famille est varié mais deux caractères majeurs les définissent toutes : ce sont des êtres vivaces et mycotrophes.

L'appareil végétatif

* Dans les régions tempérées, les Orchidaceae sont des plantes terrestres, vivaces par un rhizome sympodique, visible par exemple dans le genre *Listera*, constituant souvent de nombreuses hampes florales.

Concernant le genre *Orchis*, les pousses de ce rhizome sont très courtes voire pratiquement nulles, mais produisent un pseudo-tubercule formé par l'enchevêtrement des racines adventives tubérisées.

* Dans les régions tropicales, ce sont parfois des lianes grimpantes, comme le genre *Vanilla* qui nous intéresse, munies de racines adventives aériennes s'enroulant comme des vrilles, mais se développant sur les arbres en épiphytes, l'arbre n'étant qu'un support. Ces racines aériennes sont entourées d'un voile absorbant l'humidité : le *velamen*, et sont généralement chlorophylliennes.

* Quelques rares espèces annuelles (du genre *Zeuxine*) et des plantes entièrement souterraines (dans le genre *Appendicula*) existent dans cette famille (Botineau, 2010).

Concernant les feuilles des plantes appartenant à la famille des Orchidaceae, elles sont simples, entières, allongées, pendantes, alternes, plus ou moins charnues, engainantes à la base et présentent des nervures parallèles (Pelt, 2008). L'insertion de ces feuilles est spiralée ou distique. Rarement, elles peuvent être, non pas alternes, mais opposées ou verticillées.

Concernant les caractères anatomiques, les Orchidaceae présentent, comme la plupart des Asparagales, des raphides d'oxalate de calcium dans les cellules de leur épiderme.

L'appareil reproducteur

S'agissant de l'appareil reproducteur des Orchidaceae, la fleur est généralement hermaphrodite. Pour la plupart des orchidées, la floraison a lieu une fois par an, avec des fleurs s'épanouissant de quelques heures à quelques mois (Roguenant *et al.*, 2005). Les fleurs sont insérées en grappe, en panicule ou en épi, plus rarement solitaires.

Tableau 1. Récapitulatif des durées d'épanouissement de quelques fleurs d'Orchidaceae (Roguenant *et al.*, 2005)

Durée de l'épanouissement de quelques fleurs d'orchidées	
<i>Paphiopedilum</i> , diverses espèces	1 à 3 mois
<i>Oncidium ornithorhynchum</i>	Environ 2 semaines
<i>Dendrobium crumenatum</i>	9 jours
<i>Bulbophyllum ecornutum</i>	Environ 1 semaine
<i>Catasetum maculatum</i>	Fleurs femelles : 6 jours
<i>Stanhopea</i> , diverses espèces	2 à 5 jours
<i>Sobralia</i> , la plupart des espèces	1 jour
<i>Vanilla planifolia</i>	1 jour
<i>Bulbophyllum</i> , certaines espèces	Moins de 1 jour
<i>Stelis</i> , certaines espèces	Moins de 1 jour
<i>Dendrobium appendicula</i>	5 minutes

Le périanthe est dialypétale et zygomorphe.

La formule florale de base des Orchidaceae est $\Phi 3S + 3P$ ou $(3+3)T / 1 (-3) E / 3C$.

Le périanthe est composé de 6 pièces pétaloïdes dont un grand tépale dorsal : le labelle. Ce labelle est plus développé, plus ornementé, muni d'une bosse ou d'un éperon nectarifère. Il a un rôle attractif mais il sert aussi d'« aire d'atterrissage » pour l'insecte pollinisateur.

La fleur d'orchidée attire les pollinisateurs par un jeu de couleurs, de parfums, mais aussi dans certains cas par mimétisme de forme, et l'émanation de phéromones d'insectes femelles dans le but d'attirer les mâles.

La fleur peut subir une torsion de 180° : les pétales, dorsaux initialement, se retrouvent donc en position ventrale ; ce phénomène est nommé résupination. Parfois cette torsion n'est appliquée qu'à l'ovaire, qui sera alors qualifié du terme « résupiné ».

Le gynécée est constitué de trois carpelles. Il comprend :

- Un ovaire infère, généralement uniloculaire à placentation pariétale, parfois axile, contenant de nombreux ovules anatropes, bitégumentés. Cet ovaire est très long et se finit par un petit pédicelle attachant la fleur à l'axe de l'inflorescence.
- Un style
- 3 stigmates : lorsqu'il n'y a qu'une étamine fertile, le stigmate situé sous celle-ci prend un aspect en forme de bec, d'où son nom de *rostellum* (petit bec) et se rabat vers l'avant devenant non fonctionnel. Le *rostellum* s'interpose donc entre la seule étamine fertile et les 2 autres stigmates fertiles : la pollinisation directe est alors impossible.

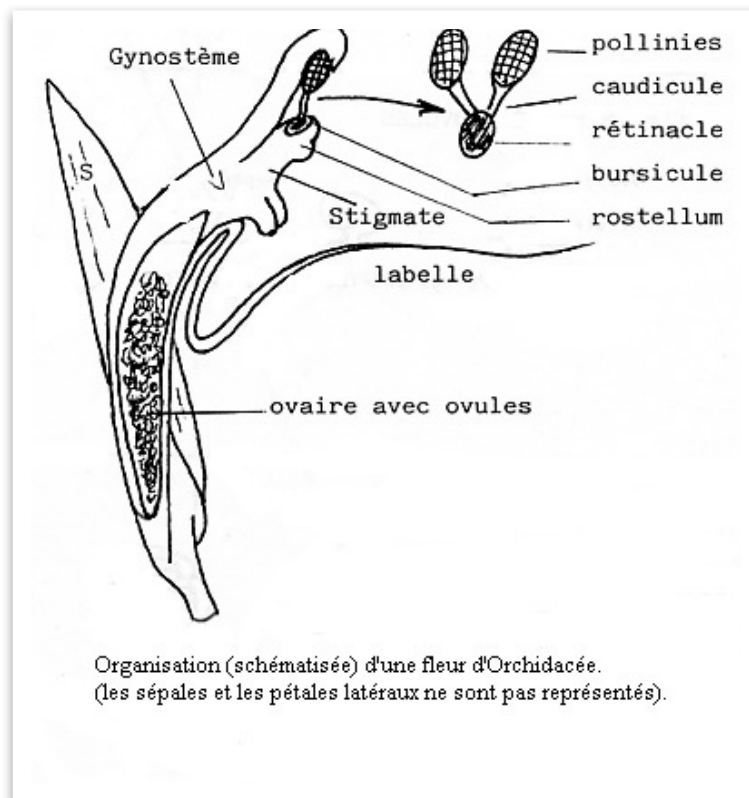
Deux types d'androcées sont présents au sein de cette famille [1].

- soit 2 cycles d'étamines formant un androcée dit diplostémone
- soit 2 étamines fertiles accompagnées d'un staminode (formant le groupe des diandrées) ou 1 étamine fertile accolée au stigmate (groupe des monandrées auquel appartient le genre *Vanilla*).

Le pollen est généralement agglutiné en 2 masses appelées pollinies qui se collent sur les parties antérieures du pollinisateur. Ces pollinies sont granuleuses, en forme de massues, et présentent un pédicelle visqueux, le caudicule, qui les rattache au *rostellum* par l'intermédiaire d'une masse gluante, le rétinacle, sécrétée par des bursicules.

Chez les Orchidaceae, l'anthère, le stigmate et le style sont soudés en un gynostème.

Figure 4. Organisation schématisée d'une fleur d'Orchidaceae [2]



La pollinisation

La pollinisation est entomophile ou ornithophile chez la plupart des Orchidaceae.

Quand l'agent pollinisateur vient visiter la fleur, il butte sur le *rostellum*, et donc sur le rétinacle des pollinies, qui se collent alors à lui. En allant visiter une autre fleur il transporte les pollinies au niveau des stigmates assurant une pollinisation croisée efficace.

Le fruit obtenu est une capsule à déhiscence paraplacentaire présentant 6 fentes et 3 valves. Exceptionnellement, comme dans le cas de la vanille, il n'y a que 2 fentes d'où le nom impropre de « gousse » donné au fruit.

Cette capsule renferme des milliers de graines minuscules anémochores. Ces graines présentent un très mince tégument translucide et sont exalbuminées.

La mycotrophie

La symbiose avec un champignon permettrait le développement de l'embryon pendant la germination, compensant ainsi l'absence de réserve dans la graine. Le champignon envahit la graine afin d'apporter les éléments nécessaires à sa germination, on parle alors d'endomycorhize. L'agent fongique en cause dans la famille des Orchidaceae appartiendrait au genre *Rhizoctonia*.

3 types de symbioses sont observés :

- Symbiose obligatoire à certains stades : germination, élaboration de bourgeons.
- Symbiose permanente, la plante peut alors ne présenter aucune feuille et se nourrir exclusivement par le biais du champignon. Dans le cas de la vanille, *Rhizoctonia* permettrait au niveau des racines une meilleure absorption des nutriments et de l'eau, le champignon gagnant en échange des glucides produits par la plante (Odoux et Grisoni, 2011). Mais cela n'a pas encore été réellement démontré (Bory *et al.*, 2014).
- Dans le cas d'orchidées non chlorophylliennes, par exemple *Neottia nidus-avis*, il existe une triple association avec un arbre appartenant au genre *Sebacina*.

Figure 5. Photographie de *Neottia nidus-avis* [3]



5 sous-familles sont distinguées au sein des Orchidaceae:

- Apostoasioideae
- Cyripedioideae
- Spiranthoideae
- Orchidioideae
- Epidendroideae à laquelle appartient la tribu des Vanilleae, contenant le genre *Vanilla*

Beaucoup des orchidées appartenant aux Vanilleae sont en grave danger d'extinction à cause de la destruction de leur habitat (Odoux et Grisoni, 2011).

1.2.7. Genre : *Vanilla*

Selon Rolfe ce genre serait divisible en 2 sections (Rolfe, 1896):

- les vanilles présentant des feuilles : « Foliosae ».

Ce groupe est lui-même divisible en 3 sous-sections: les Papilloseae, les Lamellosae et les Membranaceae. Certains auteurs fusionnent Lamellosae et Papillosae (Soto Arenas, 2003). Les espèces composant les sous-groupes présentent des ornements complexes sur leurs labelles comme de minces lamelles, des poils ou encore des brins (Odox et Grisoni, 2011).

- les vanilles dont les feuilles ont été réduites à des écailles : les « Aphyllae ». Les espèces d'Aphyllae connues jusqu'à présent ne présentent pas de fruits aromatiques.

Les espèces de vanilles nous intéressant dans cette thèse appartiennent toutes trois aux Foliosae. Les caractéristiques développées plus loin concernant les feuilles seront celles de ce groupe sauf indication contraire.

Appareil végétatif

Figure 6. *Vanilla planifolia* cultivée au sein de la coopérative de Bras-Panon sur l'île de La Réunion (Brasseur, 2014)



Les vanilles sont des lianes pérennes à croissance monopodiale présentant une longue tige mince cylindrique pouvant aller jusque 35 mètres de longueur (exception faite de *Vanilla dietschiana* qui n'est pas une liane et ne mesure que 35 centimètres). Ces tiges sont plutôt minces et présentent de nombreuses racines adventives aériennes au niveau des noeuds.

Laissées à l'état naturel les tiges de *Vanilla planifolia* peuvent couvrir 0,2 hectare. Elles sont porteuses de feuilles plus ou moins ovales charnues, alternes et glabres de couleur vert clair à vert foncé selon les espèces. Ces feuilles sont portées par un court pétiole vert clair à vert foncé. Plusieurs espèces ne possèdent pas de feuilles à proprement parler mais des écailles, voire même dans quelques cas une absence totale de celles-ci témoin d'une adaptation à un climat plus sec.

Figure 7. Diversité morphologique des feuilles au sein du genre *Vanilla* (Bory, 2007)



Légendes : a. *V. sp.* SP0102 b. *V. pompona* PO0047 c. *V. humblotii* HU0108 d. *V. sp.* SP0117 e. *V. sp.* SP0682 f. *V. imperialis* IM0104 g. *V. barbellata* SP0081 h. *V. bahiana* BA0086 i. *V. africana* AF0103 j. *V. planifolia* PL0035 k. *V. pompona* PO0018

Appareil reproducteur :

L'inflorescence, en grappe ou panicule, naît à l'aisselle des feuilles.

Figure 8. Diversité morphologique des fleurs du genre *Vanilla* (Bory, 2007)



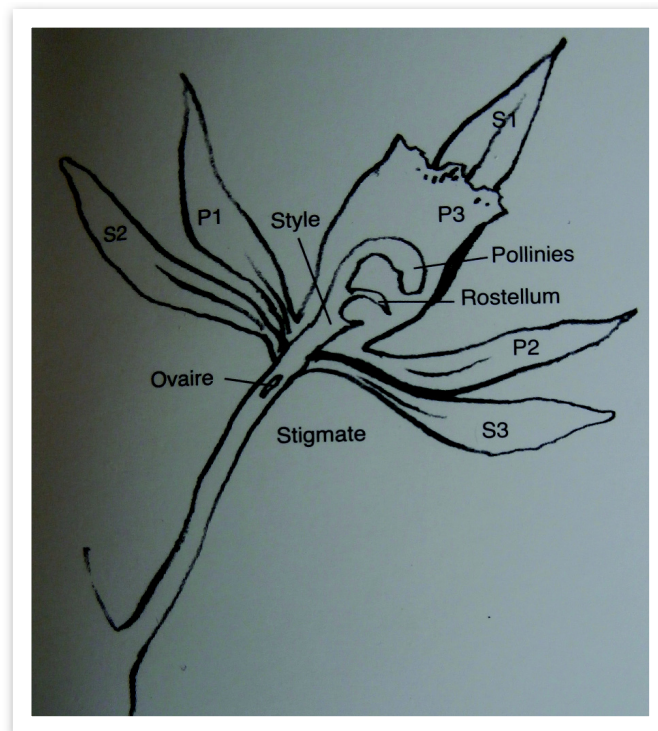
Légendes : a. *V. africana* AF0103 b. *V. albida* AL0059 c. *V. aphylla* d. *V. bahiana* BA0086 e. *V. barbellata* BA0086 f. *V. claviculata* g. *V. cribbiana* h. *V. humblotii* i. *V. imperialis* j. *V. inodora* k. *V. insignis* l. *V. madagascariensis* m. *V. odorata* n. *V. palmarum* PA0083 o. *V. perrieri* p. *V. planifolia* q. *V. polylepsis* r. *V. pompona* PO0047 s. *V. sp.* SP0091 t. *V. tahintensis* TA0017

Les fleurs délicates sont composées de trois pétales et de trois sépales, semblables aux pétales, portant le nom de tépales, présentant des coloris allant de blanc crème à jaune verdâtre, d'un diamètre de 5 centimètres environ et laissant se répandre un doux parfum (Bois, 1893). Il est toutefois à noter que cette odeur n'a rien de comparable avec celle des gousses.

Ces fleurs sont éphémères. En effet leur durée de vie n'est que de 12 heures en l'absence de pollinisation. Mais les gamètes restent actifs pendant 48 heures (Bory, 2007).

L'un des tépales a pris la forme d'un cornet à bord frangé : c'est le labelle (noté P3 sur le schéma suivant).

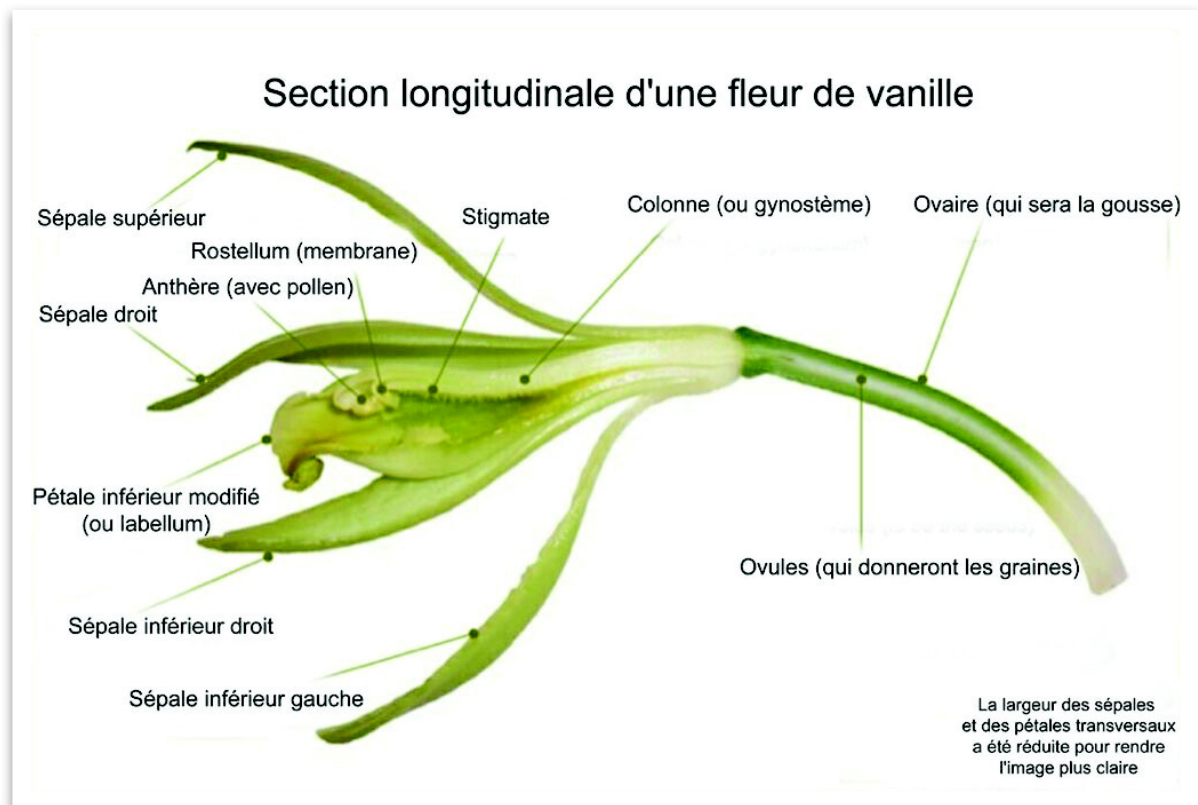
Figure 9. Schéma reprenant les caractéristiques de la fleur du genre *Vanilla* (Aimar et Meze, 2010)



Légendes : P1, P2, P3 : Pétales / S1, S2, S3 : Sépales

La fleur hermaphrodite reprend les caractéristiques des fleurs de sa famille à la différence que les 3 carpelles ne s'ouvrent que par 2 valves (Pelt, 2008).

Figure 10. Coupe longitudinale d'une fleur de vanille [4]



Cent fleurs sur une même grappe peuvent être dénombrées mais en moyenne l'on n'en compte qu'une vingtaine.

Les pollinisateurs sont attirés par les tissus nourriciers présents sur la face interne du labelle de la fleur (Roguenant *et al.*, 2005).

Modes de multiplication naturelle de la vanille :

- Végétative : si une tige se trouve rompue, par le biais des racines aériennes, cette tige pourra donner naissance à un individu (Odoux et Grisoni, 2011).
- La pollinisation spontanée est impossible sauf pour deux espèces : *Vanilla palmarum* et *Vanilla inodora* (Soto Arenas, 2003).
- Reproduction sexuée : qui entraîne une diversification génétique importante par le biais des pollinisateurs. Mais à l'état sauvage moins de 1% des fleurs sont pollinisées.

Anatomie du fruit :

Ce fruit est une capsule issue de la fusion de trois carpelles. Cependant le genre *Vanilla* ne présente que deux fentes de déhiscence au niveau dorsal (ou aucune déhiscence comme *Vanilla tahitensis*). Le fruit relargue de l'éthylène augmentant son taux de déhiscence.

La capsule est uniloculaire c'est à dire qu'elle possède une unique cavité centrale contenant toutes les graines.

Le fruit, plus ou moins cylindrique, mesure de 10 à 20 centimètres de long et contient des milliers de graines.

Les graines sont ensuite dispersées par le biais des chauves-souris et des abeilles (Odoux et Grisoni, 2011).

Figure 11. Section de capsules vertes (Aimar et Meze, 2010)



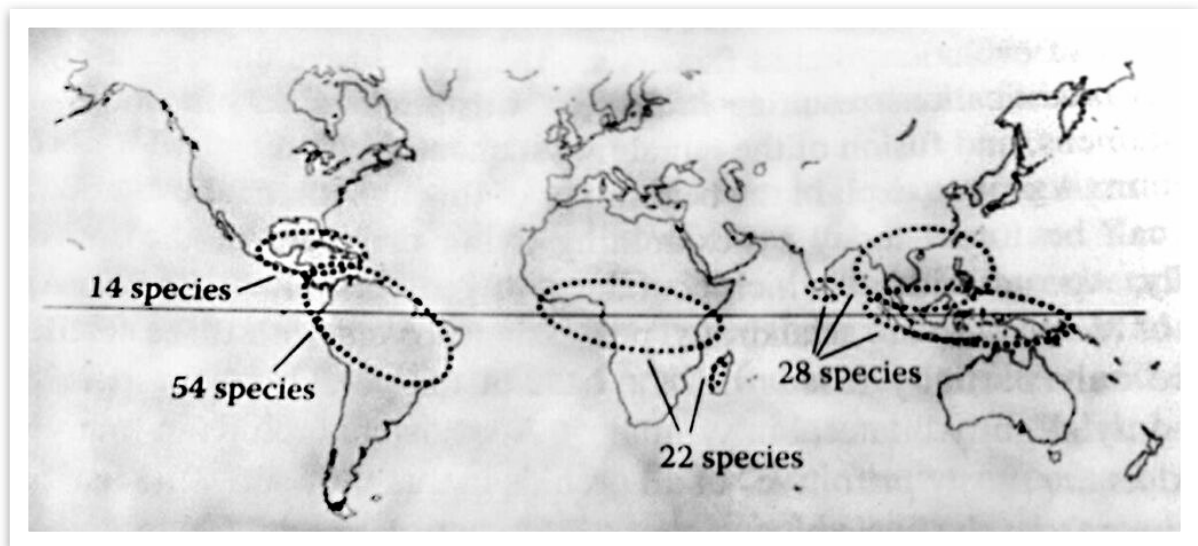
La répartition naturelle du genre *Vanilla* à travers le monde

Le genre est présent sur tous les continents, sauf l'Australie, entre les 27^{ème} parallèles nord et sud. Selon Portères, en 1954, les espèces étaient à l'époque réparties comme telles (Bory *et al.*, 2014) :

- 52 espèces en Amérique tropicale
- 31 dans le Sud-Est de l'Asie et la Nouvelle-Guinée
- 17 en Afrique
- 7 sur les îles de l'Océan Indien
- 3 dans les îles du Pacifique

Voici une proposition de répartition actuelle du genre :

Figure 12. Répartition des différentes espèces du genre *Vanilla* (Odoux et Grisoni, 2011)



1.3. Espèces

1.3.1. Caractéristiques de *Vanilla planifolia* B.D.Jacks. ex Andrews

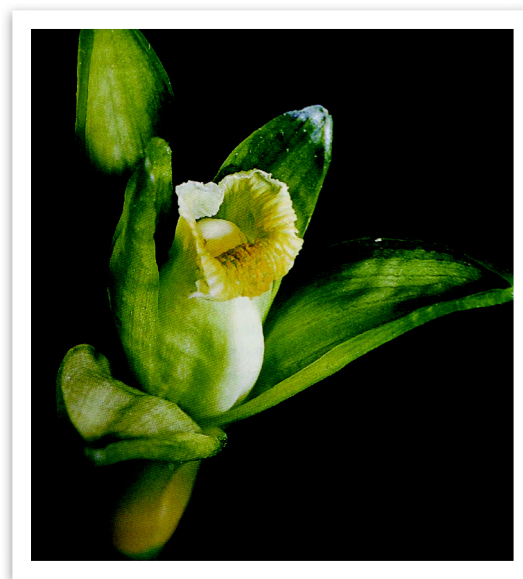
Synonyme : *Vanilla fragrans* Ames

Vanilla planifolia est une liane de plusieurs dizaines de mètres, possédant une tige charnue et flexueuse, formant des angles de 135° au moins vers le sommet. Des racines aériennes permettent sa fixation sur le support.

Les feuilles sont planes, d'où son nom, ovales, épaisses, charnues et plus longues que les entre-nœuds. Ces feuilles peuvent mesurer jusqu'à 20 centimètres de long sur 8 centimètres de large. Elles sont disposées de manière alterne, la tige étant un peu renflée au point d'insertion. A l'opposé de chacune d'elles se développent une ou deux racines aériennes. Les feuilles et la tige renferment un suc visqueux [5].

Les fleurs vert pâle à jaune verdâtre s'épanouissent par une ou deux à la fois. Les tépales étroits peuvent faire jusqu'à 7 centimètres de longueur. Le labelle est souvent plus jaune, et mesure jusqu'à 4 centimètres, possédant un limbe triangulaire et tronqué. Par grappe, 15 à 20 fleurs peuvent s'épanouir au total. Cinq à six grappes par liane sont observées [5].

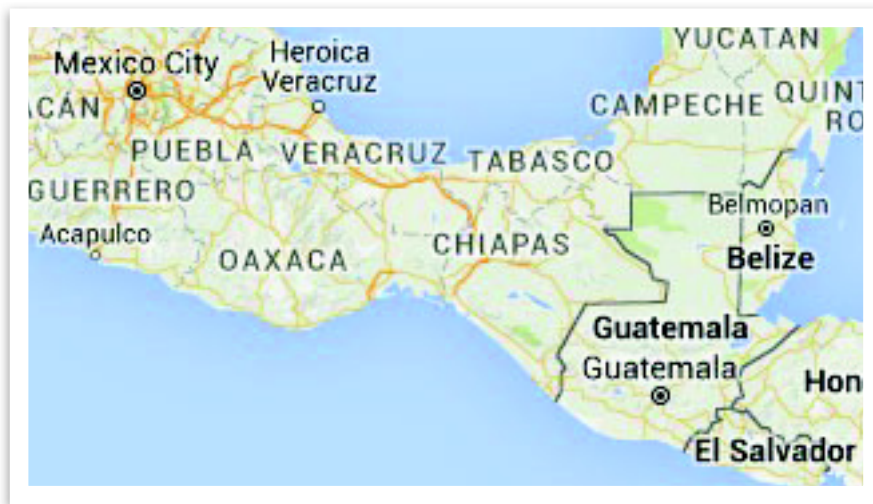
Figure 13. *Vanilla planifolia* (Roguenant *et al.*, 2005)



Le fruit est une capsule plus ou moins cylindrique de 20 à 22 centimètres de long (Feldmann et Barré, 2001) renfermant les graines (Boullard, 2001).

Vanilla planifolia aurait probablement pour origine les forêts tropicales de l'Est du Mexique. Son habitat naturel serait situé sur une bande reliant l'état d'Oaxaca jusqu'au Guatemala et Belize.

Figure 14. Carte d'Amérique Centrale [6]



La densité de population naturelle est faible : 1 plant pour 4 km² dans l'Oaxaca (Soto Arenas, 1999).

A l'état sauvage il reste peu de *Vanilla planifolia*, et on ne peut savoir si les plants que l'on va trouver dans des zones non cultivées sont réellement sauvages ou bien naturalisés.

Au sein de cette espèce plusieurs variants sont observés tant au niveau de leur apparence que de leur mode de reproduction. A l'heure actuelle, l'origine de ces variations phénotypiques est encore floue : peut-être due à une accumulation des mutations lors de la multiplication végétative, ou bien à des différences selon les périodes d'introduction dans les différents pays, ou encore un rôle possible de la rare mais existante reproduction sexuée. Enfin peut-être que des hybrides de *Vanilla planifolia* ont été réalisés par les planteurs avec d'autres espèces.

Ainsi selon les continents, des individus appartenant à la même espèce, *Vanilla planifolia*, peuvent présenter de nombreux caractères distincts.

Quelques exemples de ces différents phénotypes :

Vanilla planifolia au Mexique

Soto Arenas, spécialiste du genre *Vanilla*, distingue 4 types de *V. planifolia* différant de par leur apparence (Soto Arenas, 2003).

- « Mansa » ou « Fina » : le type le plus répandu, composé lui-même de 2 sous-types : « Amarilla » et « Verde » selon la couleur des feuilles et des tiges.
- « Acamaya » ou « Rayada » ou encore « Variegata » : ces plantes portent des stries jaunes sur leurs feuilles et leurs tiges.
- « Albomarginata » : les feuilles des plants de ce type présentent une marge blanche.
- « Oreja de Burro » ou « Mestiza » : semblable au niveau morphologique au type « Mansa » mais ne peut pas être pollinisé directement contrairement à Mansa. Castillo Martinez a quand même trouvé quelques différences d'apparence que ne confirme pas Soto Arenas (Martinez et Engleman, 1993). Le type « Oreja de Burro » serait plus ramifié, aurait des internoeuds plus longs ainsi que des feuilles plus larges avec une légère striation sur la face supérieure. Soto Arenas lui concède cependant une croissance plus rapide et une meilleure résistance vis à vis des champignons (Soto Arenas, 1999).

Vanilla planifolia sur l'île de La Réunion

2 types majeurs sont présents sur l'île ainsi que plusieurs variants mineurs.

- « Classique » : de couleur vert clair, à feuilles plates et de fines gousses.
- « Mexique » ou « Bleue » : une vanille plus foncée, avec des feuilles présentant un certain aspect bleuté.

Concernant les variants mineurs, on peut citer les variants « Aiguille » (aux feuilles et gousses plus fines), « Grosse Vanille » (forte ressemblance avec *Vanilla pompona*), « Variegata » (portant des stries couleur crème) et « Stérile type » (pollinisation indirecte).

1.3.2. Caractéristiques de *Vanilla pompona* Schiede

Vanilla pompona Schiede aurait pour origine les Antilles. Elle est notamment cultivée en Guadeloupe, où elle est nommée Vanillon ou encore Vanille banane.

Ce vanillier se présente comme la plupart des vanilliers sous forme de liane. Il est doté d'une tige robuste et droite.

Les feuilles sont charnues et plus longues que les entre-nœuds. Elles peuvent mesurer jusqu'à 25 centimètres de long et 10 centimètres de large.

Figure 15. *Vanilla pompona* [7]



Les fleurs successives sont jaune verdâtre avec un labelle plutôt jaune orangé. Les tépales peuvent atteindre 8 centimètres de long. Elles sont groupées par deux ou plus à l'aisselle des feuilles (Boullard, 2001). Le labelle peut faire jusqu'à 8 centimètres de long et 4 centimètres de large, et porte une touffe de lamelles orangées. La période de floraison en Guadeloupe s'étend de juin à août.

Les fruits sont plus courts et beaucoup plus larges que ceux de *Vanilla planifolia*, atteignant 15 centimètres de long au maximum (Feldmann et Barré, 2001).

1.3.3. Caractéristiques de *Vanilla tahitensis* J.W. Moore

Cultivée dans quelques pays du Pacifique, surtout dans les Îles-Sous-Le-Vent (Raiatea, Tahaa, Huaninée), mais aussi à Tahiti (où un plan de relance de la production a d'ailleurs été mis en place en septembre 2013), en Nouvelle-Guinée, en Polynésie Française dans la vallée de « Faaroa Bay » et en Indonésie. D'origine peu claire, on a pensé un temps qu'elle était peut-être un hybride entre *Vanilla planifolia* et *Vanilla pompona*, mais les travaux de S. Bory laissent à penser que *Vanilla tahitensis* serait plutôt une sous-espèce de *Vanilla planifolia* (Bory, 2007).

Les tiges de cette liane sont plus fines que celles de *Vanilla planifolia*, avec des entrenœuds plus longs, de 13 à 19 centimètres, en zigzag également. Le diamètre de la tige est de 8 millimètres.

Les feuilles sont elles aussi plus fines, lancéolées, 3 à 7 fois plus longues que larges, et de couleur vert foncé, de longueur de 16 à 25 centimètres et de largeur de 2 à 5 centimètres. Le pétiole quant à lui mesure 15 millimètres de long. Une fine gouttière est présente à la base des feuilles (Odoux et Grisoni, 2011).

Figure 16. *Vanilla tahitensis* [8]



Les fleurs sont blanc verdâtre avec des parties plus jaunes que *Vanilla planifolia*. Le labelle est plus petit que les autres tépales. La fleur mesure 9,2 centimètres de long. Les pétales elliptiques sont longs de 50 à 74 millimètres et larges de 7 à 13 millimètres. Les sépales sont quant à eux longs de 55 à 77 millimètres et larges de 9 à 16 millimètres. Le labelle en forme d'entonnoir mesure 46 à 49 millimètres de long. Il est parsemé de petites lignes orange à sa surface interne avec une marge roulée et crénelée.

Les capsules sont non déhiscentes à la différence des 2 espèces précédentes, ce qui permet de les cueillir à maturité une fois qu'elles ont développé tout leur arôme. Ceci permet d'éviter l'étape de l'échaudage. Après cueillette, elles sont exposées 2 à 3 heures au soleil par jour pendant 3 à 5 mois. A la différence de *Vanilla planifolia*, les fruits seront plus riches en eau, de l'ordre de 40%.

La différence de *Vanilla tahitensis* provient surtout de son parfum particulier dû à la présence d'héliotropine (acide *para*-hydrobenzoïque) en forte proportion.

On distingue 14 cultivars de *Vanilla tahitensis*, dont les cinq principaux sont Tahiti, Haapape, Read rea, Tahiti long et Papahurahu.

1.4. Hybridation

Dans le cas de la vanille, peu déclinée pour la culture ornementale, mais plutôt pour la culture agricole, l'hybridation a pour but de permettre une meilleure résistance, une meilleure qualité et enfin des performances agronomiques optimales. L'hybridation peut donner naissance à des vanilles aux parfums et nuances gustatives originales.

Pendant un temps, les savants pensaient qu'il pouvait exister des barrières à la reproduction entre des espèces du genre *Vanilla* trop divergentes. Cependant en 2006, il a été montré que toutes les espèces du genre, même distantes, pouvaient se reproduire entre elles (Divakaran *et al.*, 2006).

Soto Arenas préconise la mise en place de collections afin de conserver les plants originels naturels ou bien les hybrides avant que ceux-ci ne subissent de mutations. En effet, à cause de la mise en place de l'agriculture intensive, du changement de climat, de l'augmentation de la population ou d'autres causes encore inconnues, une diminution de la diversité des espèces est constatée (Soto Arenas et Dressler, 2010).

Ceci permet avant tout d'établir une collection d'origines géographiques diverses, de préserver les ressources génétiques, de déterminer les caractéristiques morphologiques, agronomiques, biochimiques et moléculaires de chaque accession, de perpétuer les géotypes existant et surtout de pouvoir travailler à la création d'hybrides (Grisoni *et al.*, 2007). Depuis les années 1970, une sauvegarde de toutes les espèces végétales a été mise progressivement en place. Une banque internationale de gènes a été instaurée par les CGIAR (Groupes Consultatifs pour la Recherche Agricole Internationale) pour préserver et disséminer celles-ci.

Cette sauvegarde a lieu de deux manières :

- *In situ* : la sauvegarde est tentée dans le milieu naturel de l'espèce au sein de parcs nationaux ou régionaux. Mais cette méthode dépend fortement de l'implication des populations locales. De plus ces actions ne protègent pas la plante vis à vis des conditions climatiques ni des agents pathogènes ou des espèces invasives.
- *Ex situ* : en dehors de l'habitat naturel, des fragments de plantes sont conservés à basse température dans de l'azote liquide afin de pouvoir régénérer une plante entière si besoin. Des graines et des pollens sont également conservés à basse température et sous humidité contrôlée. Sans oublier les herbiers, éléments capitaux pour les études taxonomiques et les individus entiers au sein de collections professionnelles ou d'amateurs.

Plusieurs collections existent ainsi, éparpillées en plusieurs points du globe, mais les plus importantes sont situées en Inde et en France :

- the Indian Institute of Spices Research
- l'établissement Vanille de Tahiti en Polynésie Française
- sur l'île de La Réunion, le CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) compte plus de 500 plants
- le Centre d'investigations tropicales de l'université de Veracruz qui a initié la création d'un jardin botanique
- le parc du muséum Emmanuel-Liais à Cherbourg
- divers jardins botaniques

A partir de ces échantillons, les chercheurs peuvent travailler à la création d'hybrides résistants aux maladies, capables de porter plus de fruits, moins dépendants vis à vis de la photopériode sur l'induction de la floraison, ayant un taux en vanilline plus élevé, présentant des métabolites utiles du point de vue aromatique ou médicinal, résistant à la sécheresse ou encore présentant des fruits non déhiscent.

1.5. Visite du parc Emmanuel-Liais à Cherbourg

Ce parc était la propriété, dans le courant du XIXème siècle, d'Emmanuel Liais, un astronome féru de voyages et de botanique. De ces voyages, il ramena de nombreuses espèces végétales qu'il mit en culture dès son retour en France, dans le parc lui-même ou l'une des serres. Il rapporta également des espèces animales, ornant aujourd'hui le Muséum d'Histoire Naturelle au sein du parc.

Le 11 mars 2015, il m'a été offert de visiter ce parc dont les serres contiennent l'une des collections de vanilliers les plus importantes de la Métropole. En effet 21 espèces différentes la composent dont 12 sont identifiées avec certitude.

Tableau 2. Récapitulatif des espèces présentes sur le site de Cherbourg et leur provenance (Galbadon, 2015)

ESPÈCES	DATE D'INTRODUCTION	PROVENANCE
<i>Vanilla aemulata</i>	mars 1983	MNHN
<i>Vanilla planifolia</i>	1993	Costa Rica
<i>Vanilla trigonocarpa</i>	1995	Brésil
<i>Vanilla bahiana</i>	1995	Brésil
<i>Vanilla bahiana</i>	1995	?
<i>Vanilla bahiana</i>	1995	Brésil
<i>Vanilla sp.</i>	1996	Mr Pignal
<i>Vanilla sp.</i>	août 1996	Mr Bellone
<i>Vanilla madagascarensis</i>	1996	Madagascar
<i>Vanilla sp.</i>	1997	Seychelles
<i>Vanilla palmarum</i>	1997	Cayenne
<i>Vanilla sp.</i>	1997	Guyane
<i>Vanilla sp.</i>	1997	Cayenne
<i>Vanilla bahiana</i>	septembre 1997	Brésil
<i>Vanilla sp.</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla sp.</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla imperialis</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla crenulata</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla africana</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla humblotii</i>	?	Grande Comore
<i>Vanilla leuprieurii</i>	2000	Afrique
<i>Vanilla sp.</i>	2000	Guyane
<i>Vanilla sp.</i>	septembre 2000	Guyane
<i>Vanilla sp.</i>	2000	Libéria
<i>Vanilla sp.</i>	2000	Paraguay
<i>Vanilla roscheri</i>	2000	?
<i>Vanilla sp.</i>	1999	?
<i>Vanilla sp.</i>	novembre 1997	Sumatra

Cette visite guidée par Monsieur Frédéric Galbadon, responsable des serres municipales de la ville de Cherbourg, m'a permis de constater la diversité au sein du genre *Vanilla* et de m'enrichir quant à la culture des vanilliers ainsi que de celle de ses voisines de serres !

Quatre climats différents sont composés au sein des serres.

- * Un climat chaud et humide allant de 21°C jusque 27-28°C en été.
- * La serre de galerie où la température est maintenue à 15-16°C.
- * La serre à cactées où la température peut descendre jusque -5°C en hiver.
- * La serre d'orangerie à température modérée.

Les serres accueillent donc les collections d'antan, mais aussi celles offertes par des collectionneurs amateurs, des achats, mais aussi des plantes saisies par les douanes et en attente du jugement.

Les vanilliers sont majoritairement situés dans la serre chaude. Quelques essais de culture de doublons sont effectués dans la serre d'orangerie.

Les vanilliers sont cultivés soit directement sur tablette, ou dans des pots. Le substrat est uniquement constitué de sphaigne et l'apport en nutriments est apporté par de la corne broyée comme on peut le voir sur la photographie suivante.

Figure 17. Composition du substrat des orchidées des serres du parc Emmanuel Liais (Lerosier, 2015)



Les espèces composant la collection sont les suivantes :

- Espèces aphyllés :

- *Vanilla madagascariensis* Rolfe

Ce vanillier possède une tige charnue, large de 1,5 centimètres. Les tiges des vanilles malgaches endémiques sont utilisées comme aphrodisiaque et anabolisant. À force d'être récoltés en grande quantité ces vanilliers sont devenus rares et doivent être protégés (Boiteau et Allorge-Boiteau, 1993).

Figure 18. Fleur de *V. madagascariensis* [9]



- *Vanilla humblotii* Rchb.f. ou Vanille de Humblot

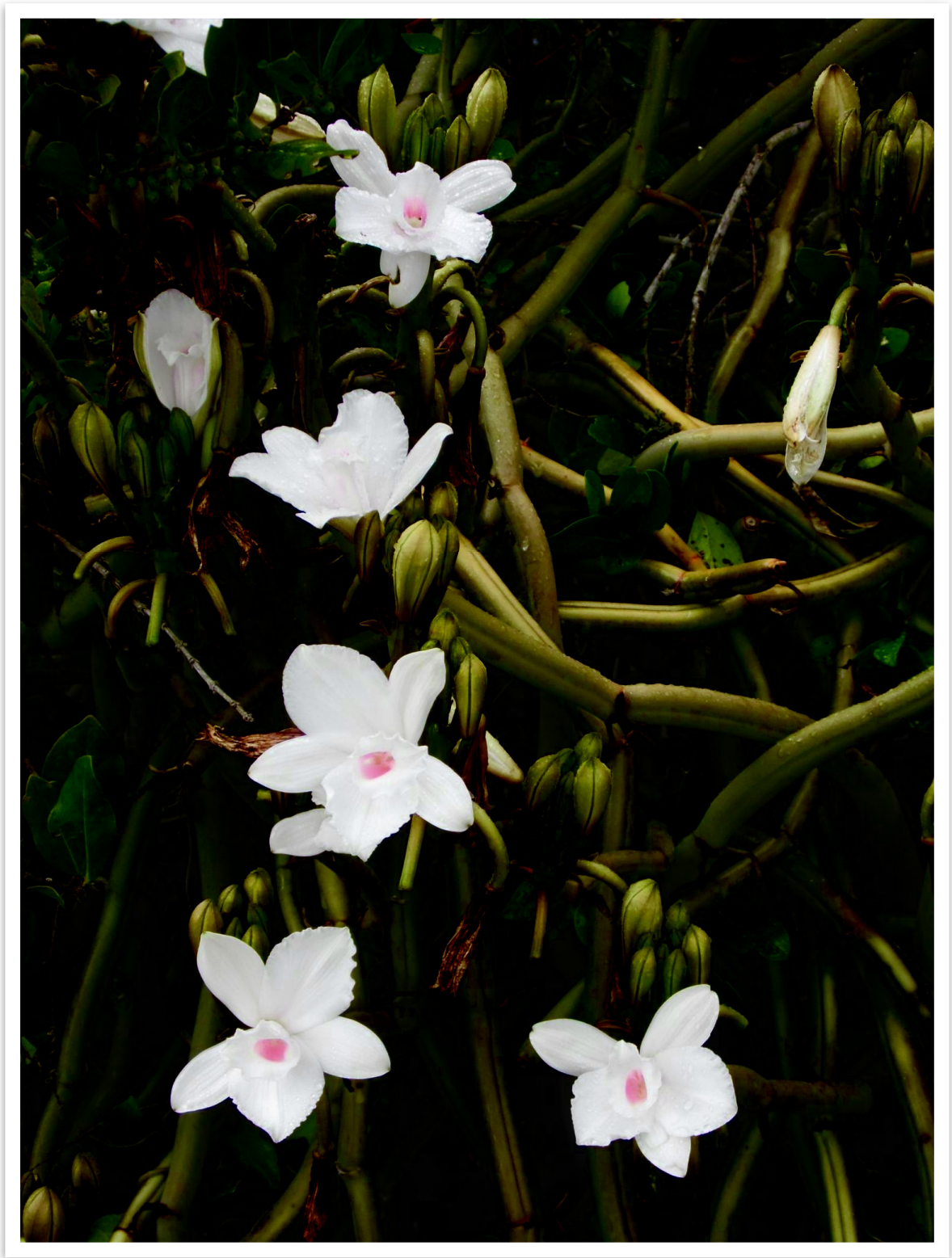
Pousse naturellement à Mayotte mais cette espèce y est dorénavant menacée de par la compétition avec une autre plante : la Corbeille d'or (nom vernaculaire donné localement, le nom latin ne nous est pas connu) [10].

Figure 19. *V. humblotii* (Lerosier, 2015)



- *Vanilla roscheri* Rchb.f.

Figure 20. *Vanilla roscheri* [11]



- Espèces avec feuilles

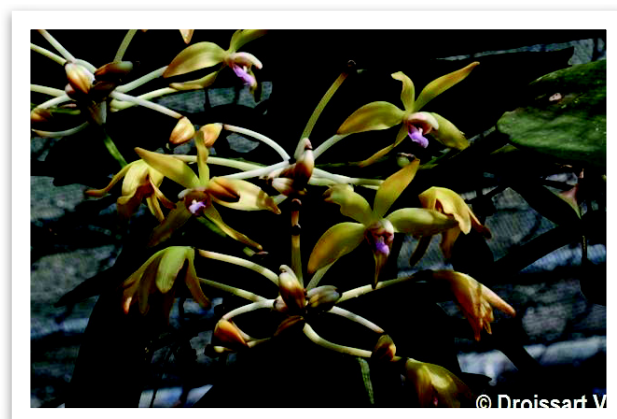
- *Vanilla lepriourii* Portères ou *Vanilla hartii* Rolfe

Figure 21. *Vanilla lepriourii* [12]



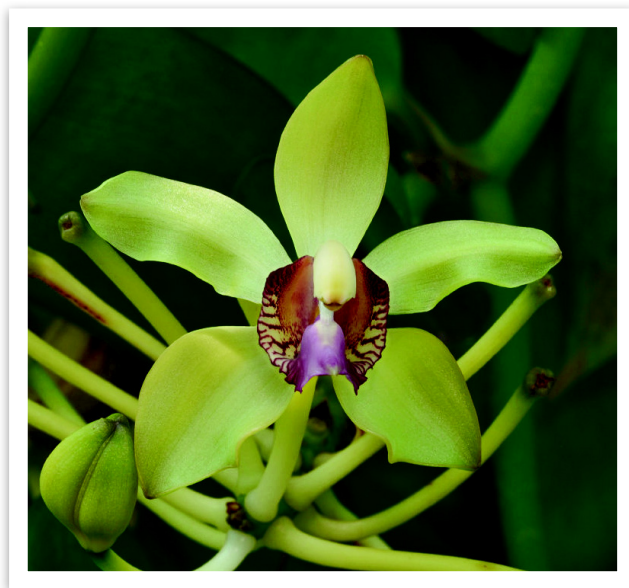
- *Vanilla africana* Lindl.

Figure 22. *Vanilla africana* [13]



- *Vanilla crenulata* Rolfe

Figure 23. *Vanilla crenulata* [14]

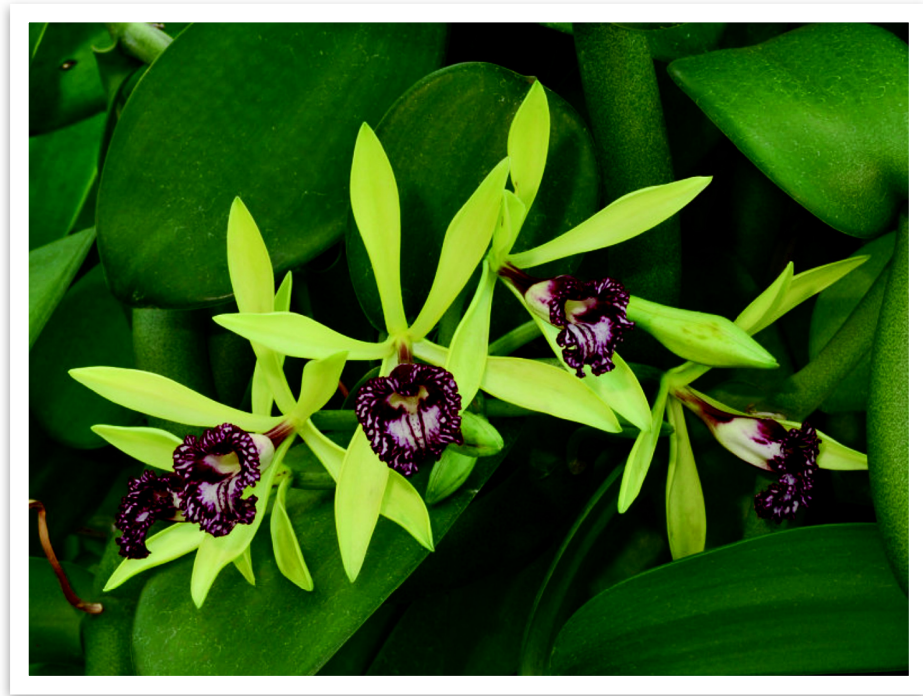


- *Vanilla imperialis* Kraenzl.

Figure 24. *Vanilla imperialis* au parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015)



Figure 25. *Vanilla imperialis* en fleurs [15]



- *Vanilla palmarum* Salzm. ex Lindl.

Figure 26. *Vanilla palmarum* au parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015)



- *Vanilla bahiana* Hoehne

Figure 27. *Vanilla bahiana* au parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015)



- *Vanilla trigonocarpa* Hoehne

Figure 28. *Vanilla trigonocarpa*, dans les serres du parc Emmanuel-Liais (Lerosier, 2015)



- Et enfin *Vanilla planifolia* B.D. Jacks. ex Andrews

Figure 29. *Vanilla planifolia* en pot à Cherbourg (Lerosier, 2015)



2. De la plantation des vanilliers à la commercialisation des capsules

2.1. Difficultés de culture : de la fécondation assistée à la préparation des fruits

Les agents de pollinisation

Les premières cultures françaises furent tentées sur l'île de La Réunion (anciennement île Bourbon). Cependant plusieurs tentatives d'introduction furent nécessaires : les boutures périssaient pendant le voyage, et celles qui survivaient ne fructifiaient pas.

Diverses variétés provenant de plusieurs pays furent implantées : de Manille aux Philippines, de Cayenne, de Guyane... mais toutes amenèrent au même constat : aucune fructification malgré le caractère hermaphrodite de la plante, et la présence d'organes matures.

La plante fut alors utilisée uniquement comme plante d'ornement.

Un vecteur de pollinisation manquait à *Vanilla planifolia* : une abeille du genre *Melipona* et peut-être une espèce de colibri. Ces espèces sont exclusivement présentes en Amérique Centrale (Bouriquet *et al.*, 1954). En Guadeloupe, ce sont des abeilles du genre *Trigona* qui assureraient la pollinisation (Stehle, 1952).

Soto Arenas après avoir observé les vanilles mexicaines, propose les agents de pollinisation suivants (Soto Arenas, 1999) :

- pour l'espèce *Vanilla inodora*, les abeilles du genre *Xylocopa*.
- sur *Vanilla pompona*, *Vanilla hameri* et *Vanilla cribbiana* : les abeilles mâles du genre *Euglossa* qui viennent y chercher du nectar.
- sur *Vanilla planifolia*, *Vanilla odorata* et *Vanilla insignis* ce serait l'espèce *Euglossa viridissima* et peut-être également *Eulaema sp.* Les mâles et femelles viennent attirés par la

plante de manière indifférenciée. A l'état naturel, *Vanilla planifolia* est pollinisée de l'ordre de 1% à 1‰.

Figure 30. *Euglossa viridissima* [16]



Une légende ancienne, la légende de Xanath, permettait d'expliquer la pollinisation de la vanille.

Xanath, d'une beauté éblouissante, était la fille aînée d'une famille noble de Totonagues. Un jour qu'elle faisait une offrande dans le temple de Tajin, elle entendit une douce mélodie provenant de la cour intérieure. Elle s'approcha et rencontra Tzarahuin, un jeune homme beau et fort à la fois musicien et peintre. Malheureusement Tzarahuin étant issu d'une famille d'agriculteurs, leur amour était donc impossible. Les deux amants se retrouvaient régulièrement dans le temple. Mais un jour, le gros Dieu du bonheur aperçut la jeune fille qu'il voulut à tout prix. Par trois fois il lui déclama sa flamme, mais celle-ci refusa. Le dieu du bonheur s'adressa alors aux parents, qu'il couvrit de richesses, jusqu'à ce que son père oblige Xanath à se marier avec le dieu. Xanath refusa alors de quitter Tzarahuin. Sous l'effet de la colère, le dieu transforma Xanath en plante délicate : la vanille. Quand Tzarahuin l'apprit, il se donna la mort au pied de la plante.

La légende dit que Tzarahuin revient chaque printemps sous la forme d'une abeille mélipone, passant des heures autour des pétales, afin de témoigner sa tendresse à Xanath [17].

La fécondation artificielle

Il fallut attendre Robert Brown, en 1831, dans « On the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae », puis en 1836 Charles Morren, pour établir un moyen de polliniser « artificiellement » la plante. Dans sa note « Sur la fructification de la vanille obtenue au moyen de la fécondation artificielle », Morren dit appliquer les mêmes principes que ceux découverts sur d'autres orchidées par M. de Mirbel et Adolphe Brongniart, sur *Vanilla planifolia* (Académie des Sciences, 1838).

Voici la technique employée :

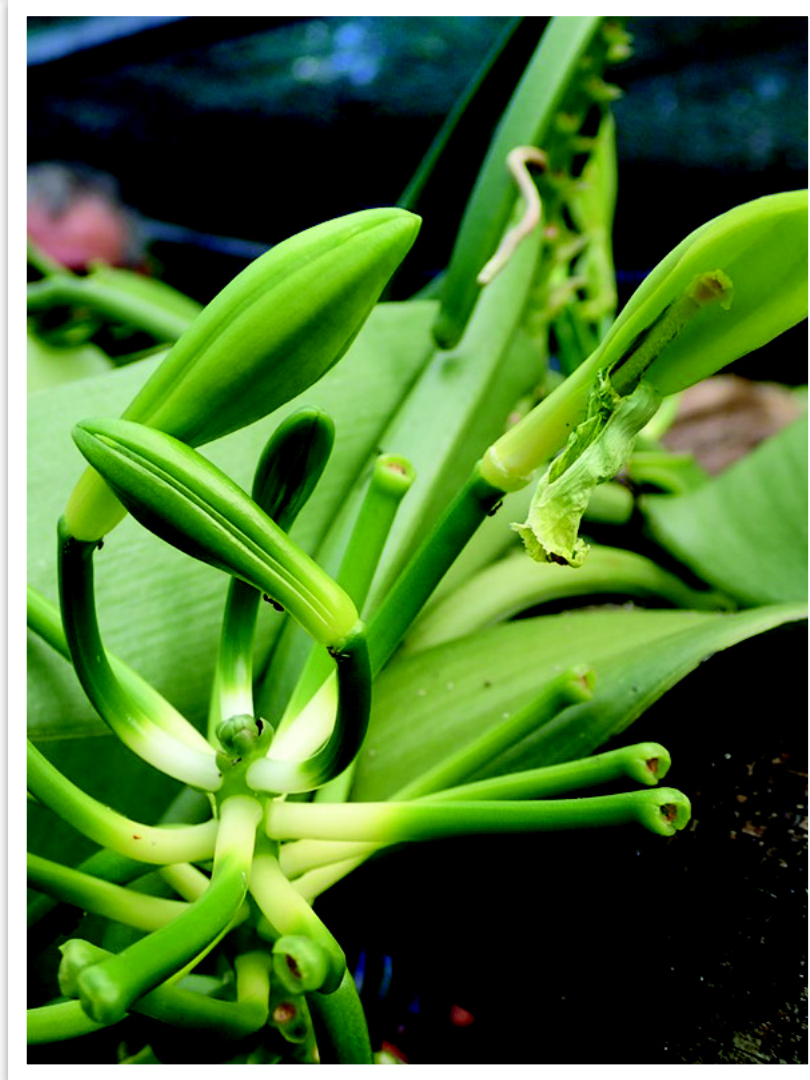
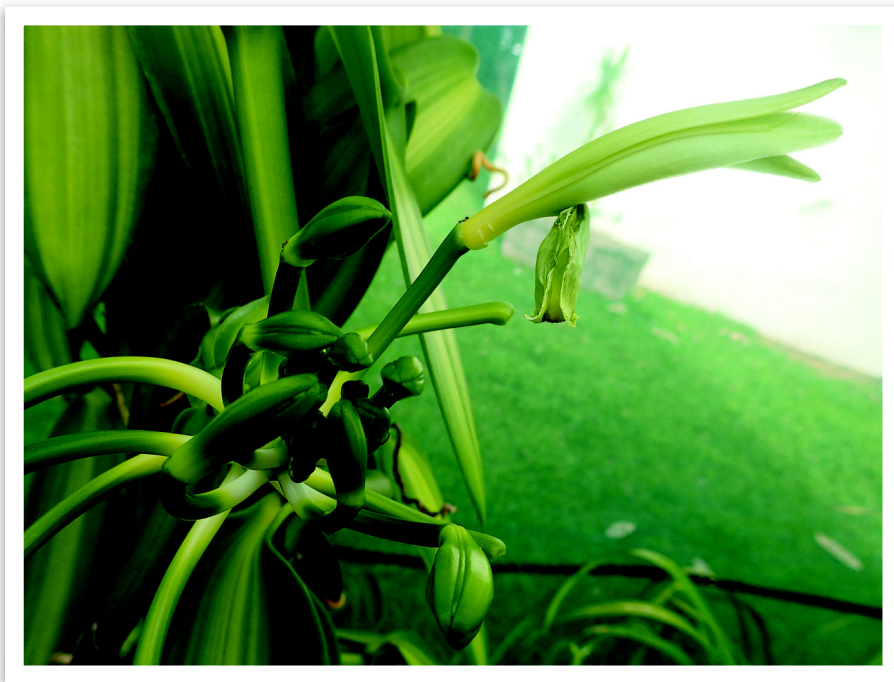
« Le labellum est soudé à la colonne jusqu'au haut de celle-ci, dont l'opercule mobile est séparé de la surface stigmatique par un voile, pendant ainsi au-devant de la partie femelle ; il faut ou soulever ce voile charnu, ou le couper pour que la fécondation se fasse, quoique, si l'opercule est couvert d'une gouttelette d'eau, de manière à ce que les masses pulvérulentes de pollen puissent se gonfler et leur boyaux franchir les bords du voile en question, la fécondation naturelle peut avoir lieu » (Académie des Sciences, 1838).

Dans les plantations à La Réunion ce fut un jeune esclave d'une dizaine d'années, Edmond Albius, qui mit au point, en 1841, la méthode de fécondation du vanillier pratiquée par l'homme. En effet, ce jeune garçon était un habitué au côté de son maître M. Bellier Beaumont, de la fécondation artificielle de diverses espèces. C'est donc tout naturellement qu'il procéda : il suffit de soulever le rostellum avec un instrument et avec le pouce et l'index de rabattre l'anthère portant les pollinies sur le stigmate du pistil.

L'instrument préconisé est un instrument aminci au bout arrondi afin de ne pas blesser la fleur. Une épine de citronnier, une pointe de bambou ou encore une aiguille peuvent être utilisées.

A La Réunion, les fleurs s'épanouissent de septembre à décembre. Selon de Floris, la fécondation devait avoir lieu à partir de 8 à 9 heures du matin, et pouvait s'étendre jusqu'à 15 heures voire 17 heures (mais les capsules tardivement fécondées ne seront pas aussi belles que les autres). En pratique la fécondation est pratiquée jusqu'à 11 heures (Floris, 1874).

Figures 31 et 32. Grappes de *Vanilla planifolia* après pollinisation (Brasseur, 2014)



Cette méthode, demandant de la dextérité, est toujours utilisée de nos jours par les femmes et les enfants dans les plantations. Ces femmes sont appelées à La Réunion « les Marieuses » (Pelt, 2008).

Maintenant que les plants produisaient des fruits, il fallait rendre ceux-ci commercialisables. En effet arrivés à maturité les fruits se fendent en deux laissant s'écouler une pâte noire et collante d'odeur agréable mais entêtante : le « baume » de vanille. Ces fruits fendus ne sont alors plus présentables et ne peuvent être vendus.

Toute une préparation pour rendre les capsules non déhiscentes est nécessaire. Celle-ci sera décrite en fin de paragraphe 2.2.1.

Nous ne savons pas si les Indigènes préparaient les fruits à l'époque ou si les espèces utilisées étaient non déhiscentes.

2.2.Culture de la vanille

Nous parlerons ici des plantations à visée alimentaire et non pour la culture ornementale. De la plantation au commerce des fruits, plusieurs corps de métiers interviennent : les planteurs, les femmes, et parfois les enfants, effectuant la pollinisation des fleurs en général, les préparateurs, les conditionneurs-stockeurs et les exportateurs. Le plus souvent les collecteurs interviennent aussi, avec une marge sur le produit relativement importante [18].

2.2.1.Les méthodes de culture actuelle (plantations, espèces utilisées, fécondation)

Chaque planteur a son mode de culture particulier selon les conditions climatiques et l'écologie du terrain. Les informations suivantes ont été extraites en majorité des recommandations d'un agent du CIRAD, Fabrice Le Bellec, agronome [19].

Actuellement 3 espèces sont cultivées : *Vanilla planifolia*, *Vanilla tahitensis* et à moindre échelle *Vanilla pompona*.

2.2.1.1. Ecologie

Un jeu d'ombre et de lumière

Les vanilliers sont très sensibles à l'ombre et la lumière, qui peuvent grandement interférer sur leur production.

Si la plante est trop à l'ombre, elle risque d'être en croissance végétative et de ne pas développer de floraison.

Si elle est trop au soleil, la plante va fleurir jusqu'à s'épuiser. Le soleil risque en plus de brûler les feuilles, les fruits et la tige.

L'ombrage moyen idéal serait de 60%. Techniquement les périodes sèches avec ensoleillement intense devraient être couplées avec un taux d'ombre de 50 à 70 % et les périodes pluvieuses avec un taux d'ombre de 30 à 35% (Odoux et Grisoni, 2011).

Dans les cultures en ombrières, cet ombrage peut être instauré à l'aide de feuilles de palmiers ou un filet d'ombrage en polyéthylène.

Les feuilles de palmiers sont certes plus économiques mais moins maniables que le filet. Celui-ci possède de plus une durée de vie plus en adéquation avec celle probable de la plantation, soit une dizaine d'années.

Climat ambiant

La culture des vanilliers nécessite un climat tropical chaud et humide.

La température la plus favorable au développement du vanillier est comprise entre 21°C et 32°C, au-delà, la plante à force de végéter risque de périr. Des températures inférieures à 20°C risqueraient d'inhiber la croissance, ainsi que d'amoindrir la floraison alors que des températures supérieures à 32°C provoqueraient un jaunissement des parties végétatives et une perte prématurée des fruits.

Une bonne circulation de l'air est indispensable afin d'éviter le développement de maladies, dû à une humidité trop importante entraînant une asphyxie racinaire. Cependant il faut protéger la plantation des vents par l'ajout de brise-vents. En effet le vent risque d'assécher le sol ce qui entraînerait la faiblesse suivie de la mort des plants. De plus, les

vents violents pourraient abîmer les vanilliers qui ne sont fixés au sol que par des racines superficielles.

Les besoins hydriques du vanillier sont situés entre 2 000 et 3 000 mm par an avec 45 à 60 jours de carence à partir de la troisième année de la plante, indispensable à l'initiation florale. Plus de 3 000 mm expose la plante à des risques d'attaque fongique, et moins de 2 000 mm nécessite la mise en place d'un système d'irrigation.

Il est à noter qu'une pluie trop importante durant la floraison pourrait diminuer le succès des pollinisations. C'est pourquoi, quand cela est possible, l'apport d'eau durant cette période devrait se faire par irrigation à la base de la plante (Odoux et Grisoni, 2011).

Une humidité de 80% dans l'air est propice à la culture des vanilliers.

Une irrigation est donc nécessaire si les précipitations n'excèdent pas 2 000 mm d'eau par an ou si celles-ci sont mal réparties.

Sol

Concernant le sol, celui-ci doit être bien drainé et riche en matières organiques en ses couches superficielles. En effet le vanillier, en association au champignon symbiotique *Rhizoctonia*, va prélever la matière organique issue de la décomposition du substrat.

D'après Gilbert Bouriquet, le pH optimal serait légèrement acide, de l'ordre de 6. Les sols trop acides favorisent la prolifération des pathogènes fongiques (Bouriquet *et al.*, 1954).

Un rapport Carbone/Azote de 25-30 est l'idéal pour Le Bellec, un compost de ce rapport-ci pouvant être obtenu avec des broussailles fraîches non aoûtées et des mauvaises herbes [19].

Choix du site d'implantation de la vanilleraie

D'après les recommandations précédentes, le site doit donc être dans un lieu au climat chaud et humide, protégé des vents et de sol riche. Si ces critères ne sont pas remplis il faudrait une disponibilité :

- en eau, facilement accessible,
- en matières organiques (proximité d'une cocoteraie, de déchets d'usinage de canne à sucre, de café, de composts de forêts..).

Des canaux de drainage doivent également être creusés.

Si la parcelle est en pente, des haies anti-érosives devront être mises en place.

Une altitude maximale de 1 000 mètres est de plus préconisée [20]. Cependant certaines plantations en Inde sont parfois cultivées jusqu'à 1 500 mètres (Odoux et Grisoni, 2011).

Les lieux ayant déjà été auparavant cultivés avec des vanilliers doivent être évités car ils peuvent contenir des rémanences de populations ayant été contaminées par des virus ou des champignons.

Au niveau de l'orientation le lieu doit pouvoir recevoir le lever du soleil et l'après-midi ne doit pas bénéficier d'un ensoleillement trop intense (Odoux et Grisoni, 2011).

Les différents pays d'exploitation

Dans les années 1700 les tentatives de plantations aux Antilles commencèrent et s'intensifièrent surtout à partir de la seconde moitié du 19^{ème} siècle. En effet, à partir des années 1850, des plants de vanilliers furent envoyés à Java, à La Réunion, sur l'île Maurice et en 1891 à Madagascar afin d'y être cultivés.

Ainsi, à la fin du 19^{ème} siècle, la production de vanille était encore intégralement de provenance mexicaine alors qu'en 1930 seulement 86% de la production mondiale avait lieu dans les colonies françaises (Hélat, 2011) !

2.2.1.2. Répartition mondiale actuelle des zones de culture

Selon la variété de vanille cultivée on observe la répartition géographique suivante :

- *Vanilla planifolia* B.D.Jacks. ex Andrews

- À Madagascar sur la côte Est surtout au Nord (Descheemacker, 1990) dans les régions de Sambava, Andapa, Vohémar et Antalaha (qui sera abrégée SAVA par la suite) (Cailler et Pralus, 2008). Cette région SAVA est souvent sujette aux cyclones et alizés.
- Sur l'île de La Réunion, et l'île Maurice
- Au Mexique
- En Indonésie
- En Afrique : Ouganda
- En Chine
- Dans les îles Comores
- En Turquie

- *Vanilla pompona* Schiede en Guadeloupe principalement

- *Vanilla tahitensis* J.W.Moore sur l'île de Tahiti

2.2.1.3. Les différents types de culture

Trois grands types de culture de la vanille se distinguent : la plantation en sous-bois, la culture semi-intensive et enfin la culture intensive.

La culture en sous-bois

A établir de préférence dans l'une des aires écologiques naturelles de la vanille, puisque l'on ne peut pas influencer sur tous les critères nécessaires.

Cette culture est adaptée pour les plantations à vocation agro-touristique et/ou de productions « naturelles » (agriculture biologique, certains labels..) car elle nécessite une gestion importante de la plantation.

Effectivement selon les saisons, les conditions climatiques, les critères de culture (ombrage, hygrométrie) varient fortement.

Les tuteurs vivants des boutures de vanillier sont fonction des espèces composant le sous-bois de base. Ils seront choisis selon leur forme (nécessité d'une fourche pour porter le vanillier) ; leur densité d'ombrage ; leur enracinement (devant résister aux vents violents, la présence d'une racine pivotante étant préférable) ; la présence ou non d'une écorce lisse et permanente et enfin de la non phytotoxicité de son humus envers le vanillier.

Un défrichage partiel du sous-bois peut s'avérer intéressant si celui-ci est très dense obstruant une bonne circulation de l'air.

La densité obtenue selon le nombre d'arbres « exploitables » comme tuteurs est d'environ 500 à 1 000 arbres-supports/hectare.

La culture semi-intensive

Ce genre de plantation permet une meilleure maîtrise de l'ombrage, permettant le choix de tuteur adapté. Un défrichage préalable est indispensable afin de pouvoir planter les tuteurs aux localisations précises permettant la densité souhaitée.

Le choix du tuteur vivant est fonction de sa multiplication aisée par bouturage, d'un enracinement profond, de sa robustesse, de sa vigueur malgré des tailles excessives et répétées. De plus, cette espèce ne doit pas apporter de maladies ou de nuisibles transmissibles au vanillier. Le tuteur doit être planté au début de la saison des pluies, 6 mois à 1 an avant les plants de vanilliers.

Les tuteurs doivent être de hauteur suffisante de 1,5 à 2 mètres et de diamètre supérieur à 5 centimètres. Afin de pouvoir supporter les vanilliers ils doivent être enterrés avec une profondeur de 30 à 40 centimètres.

Le genre choisi dans la plupart des vanilleraies est *Gliricidia* (famille des Fabaceae), notamment l'espèce *Gliricidia maculata* aussi appelée *Gliricidia sepium* (à Madagascar, Tonga, Inde, Indonésie, La Réunion et en Polynésie Française).

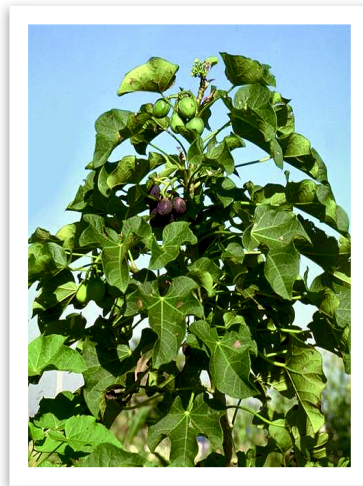
Figure 33. *Gliricidia sepium* [21]



D'autres tuteurs vivants sont encore utilisés :

- Le Pignon d'Inde : *Jatropha curcas* L. de la famille des Euphorbiaceae (Madagascar, Ouganda, Tonga, La Réunion, Polynésie Française)

Figure 34. *Jatropha curcas* [21]



- Le Filao : *Casuarina equisetifolia* L. de la famille des Casuarinaceae (Madagascar, Tonga, La Réunion, Inde)

Figure 35. *Casuarina equisetifolia* [21]



- *Erythrina sp.* de la famille des Fabaceae : Mexique, Costa Rica, Inde, Indonésie
- *Plumeria alba* L. de la famille des Apocynaceae : Inde
- *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit de la famille des Mimosaceae : Tonga, Indonésie
- Le Bois chandelle : *Dracoena tessellata* Willd. de la famille des Asparagaceae
- Le Dragonnier : *Dracoena draco* L. de la famille des Asparagaceae

La densité finale de boutures de vanilliers est de 4 000 boutures/hectare.

La culture intensive

Cette culture s'effectue sous des « ombrières » qui sont des structures métalliques recouvertes d'un filet permettant un ombrage maîtrisé. La taille de ces structures est en moyenne de 25 sur 40 mètres mais certaines peuvent couvrir jusqu'à un hectare. Ce type de plantation nécessite un système d'irrigation. Les tuteurs utilisés sont des tuteurs morts.

C'est un type de culture « hors-sol » les plants étant cultivés dans des bacs à substrat.

Irrigation :

Elle permet non seulement une augmentation de la croissance et du développement mais aussi une augmentation du rendement en fruit et en qualité. L'irrigation permet de plus un prolongement de la durée de vie des plants.

Deux méthodes d'irrigation sont possibles :

- Par aspersion d'eau au-dessus du filet : cette technique est la moins coûteuse, d'installation rapide, facile, et ne nécessite pas de système de filtration.

Les gouttes d'eau traversant le filet créent alors une pluie fine sur les plants.

Par contre en zone ventée et non protégée par les brise-vents cette méthode est moins efficace.

- L'autre procédé consiste en une micro-aspersion de l'eau sous le filet. Ce moyen est plus coûteux de par sa nécessité de système de filtration, d'installation plus longue, mais exige moins de pression hydrique (4 bars au lieu de 6) et reste efficace même en cas de vents.

La densité de boutures par hectare convoitée est de 6 600 à 7 700 selon l'espacement entre les tuteurs.

Plantation

Le substrat

Dans les années 1950-1960, Alphonse Fritz, dans un cours sur les produits tropicaux, indiquait qu'il ne fallait pas labourer le sol mais le biner afin d'ameublir et nettoyer tout en laissant l'humus à la surface, accessible aux racines superficielles du vanillier (Aimar et Meze, 2010).

D'après Fabrice Le Bellec, le substrat devrait être composé en culture de sous-bois et en semi-intensive de 40% de matériaux à dégradation rapide et de 60% à dégradation plus lente [19]. Alors qu'en culture intensive il préconise d'ajouter des matériaux inertes permettant un meilleur drainage et une aération optimale du sol, la composition devenant alors : 30% de matériaux à dégradation lente, 30% de matériaux à dégradation rapide et enfin 40% de matériaux inertes.

Les différents types de matériaux qu'ils distinguent sont les suivants:

* Les matériaux nourriciers :

- à dégradation rapide : il s'agit de compost de déchets verts, c'est-à-dire de paille de canne à sucre, de branchages de légumineuses broyés, d'herbes et de feuilles.

- à dégradation lente : ils forment le « corps » du substrat. Ils peuvent être du compost partiel de bourre de coco, de bagasse de canne à sucre, de racine de vétiver ou de litière de sous-bois (issue de la décomposition de branchages et de feuilles).

* Les matériaux inertes : pour aérer et drainer le sol, peuvent être utilisés de la pouzzolane, ou encore de la scorie de charbon.

A savoir qu'il ne faut pas composter les mauvaises herbes qui sont en graines, les branchages non broyés préalablement, les plantes présentant des symptômes de maladies et enfin aucun déchet de vanilliers.

Un paillis doit être réparti sur 10 centimètres d'épaisseur. Il permet le maintien de l'humidité. C'est un substrat poreux aidant à l'aération, permettant un bon développement des racines, maintenant une température adéquate (empêche la sécheresse et l'échauffement du sol) et diminuant la croissance des mauvaises herbes.

Le paillis permet l'apport en nutriments. En Inde les cultivateurs considèrent un apport par plante annuel de :

- 40 à 60 grammes d'azote
- 20 à 30 grammes d'anhydride phosphorique
- 60 à 100 grammes d'oxyde de potassium

Ils appliquent pour se faire mensuellement un spray d'engrais triple 17 (17% d'azote, 17% de phosphore et 17% de potassium) afin de stimuler la croissance et la floraison.

L'organisation de la plantation

La plantation des pieds de vanilliers s'effectue n'importe quand dans l'année mais dans un substrat humide durant une période chaude. Un plus fort taux de réussite est obtenu durant les mois secs précédant la saison des pluies.

Deux plants de vanilliers sont plantés par tuteur.

Une rigole de 5 à 10 centimètres au pied du tuteur est effectuée, on y couche les trois entrenœuds, on couvre et on tasse. La partie aérienne est attachée au tuteur avec un lien (naturel et biodégradable comme par exemple le raphia, ou encore des feuilles de bananiers ou du sisal) et on laisse pendre le sommet. En conditions optimales les racines se formeront sous une semaine.

Les lignes de plantations doivent être espacées selon la fertilité des sols. Des moyennes de 200 cm sur la même rangée et de 150 cm en interligne sont observées.

Des associations avec d'autres plantes sont souvent effectuées, en plus des tuteurs vivants :

- des plantes brise-vents pour protéger les plants comme *Artocarpus heterophyllus*, *Acacia auriculiformis*, *Casuarina equisetifolia* ou *Gliciridia sepium*.
- des plantes de couverture afin de contrôler l'érosion en cas de fortes pluies, et de conserver l'humidité en cas de sécheresse : on citera notamment *Arachis pintoï*, *Stenotaphrum* et *Axonopus*.
- des associations culturales, mais qui ne doivent pas être trop proches des vanilliers, pour ne pas entrer en concurrence : au minimum 2 mètres d'écart sont nécessaires. Ces cultures peuvent être des cocotiers, de la canne à sucre ou du vétiver dont les restes formeront un bon compost pour les vanilliers. Si le sol est pauvre en matières organiques, on privilégiera des légumineuses comme : *Cajanus cajan*, *Flemingia congeotata* ou *Calliandra calothyrsus* (plantes fourragères et mellifères pour les deux dernières citées).

Des canaux de drainage sont obligatoires pendant la saison des pluies.

Entretien de la plantation

- Nettoyage : lors de la saison des pluies, il faut couper l'herbe et la laisser en paillis.
- En début de saison sèche, un bon binage doit être effectué en prenant soin de ne pas abîmer les racines superficielles des vanilliers.
- Les canaux de drainage sont à reformer régulièrement.
- Remplacement des tuteurs et lianes morts.
- Elagage des arbres d'ombrage et tuteurs vivants : les tuteurs sont taillés en plusieurs fois pour éviter d'enlever trop d'ombre d'un coup.
- Le bouclage ou looping : lorsque la liane est suffisamment grande (environ 2 mètres), on fait passer la liane, sans enlever de feuilles, dans le substrat permettant un nouvel enracinement de celle-ci : le vanillier est alors plus productif et plus résistant aux

maladies. Cette méthode permet également de la maintenir à taille humaine, ce qui est notamment plus facile pour les étapes de fécondation assistée et la cueillette.

La taille est peu pratiquée sauf aux Comores.

Concernant l'apport d'engrais, le compost sera privilégié. Il est réparti en couche de 3 centimètres une à deux fois par an (à ajuster selon les conditions et l'état de décomposition).

2.2.2. Les étapes indispensables pour l'obtention de gousses de qualité

- La multiplication des plants

Comme vu précédemment, la reproduction sexuée est rare, et de plus les graines des vanilliers germent rarement en condition naturelle. Les graines sont composées, entre autres tissus, de téguments durs contenant des inhibiteurs de germination (Dequaire, 1976). De plus, la germination nécessite des conditions idéales de température, humidité et nutrition. *In vitro* la germination des graines nécessite une incubation à 32°C avec addition de benzyladénine (hormone végétale appartenant au groupe des cytokinines) et d'un hydrolysate de protéine.

Arditti et Ghani suggèrent notamment que les graines soient endoornithochores, c'est à dire que les fluides digestifs des oiseaux aideraient à la germination de celles-ci (Arditti et Ghani, 2000).

Les graines supposées anémochores comme la plupart de celles des orchidées, sont proposées comme adaptées à la dispersion par les chauves-souris à cause de la présence de fruits aromatiques (Bory *et al.*, 2014).

La multiplication végétative est donc le mode de reproduction prédominant concernant les espèces cultivées. Celle-ci peut se faire par le biais de boutures à partir d'un individu ou par propagation *in vitro*.

- Les boutures peuvent être effectuées à partir de n'importe quelle partie de la liane sachant qu'une bouture de 20 centimètres mettra 3 à 4 ans avant de fleurir tandis qu'une plus

longue fleurira plus tôt. En général les boutures sont produites par un autre cultivateur ou une entité agricole gouvernementale à partir d'individus hautement productifs et vigoureux. Le prélèvement se fait en général par cassage, l'utilisation d'outil pouvant être contaminant, au niveau d'un nœud. Elle doit comporter au minimum 3 nœuds et présenter des bourgeons axillaires. La plante mère ne doit pas porter de fleurs, et doit être exempte de dommages ou de symptômes de maladie. En pratique les boutures utilisées sont composées de 6 à 8 nœuds, mesurent 80 à 120 centimètres de long et de un centimètre diamètre. Celles-ci doivent être saines, vigoureuses, sans taches brunes ni décoloration. Des tests sérologiques peuvent être effectués afin de détecter la présence éventuelle de virus. Les lianes sont alors enroulées en couronne et transportées par dizaines sur un bois non blessant comme le bambou par exemple.

Concernant la plantation, les 3 à 4 feuilles les plus basses sont retirées. Les feuilles et racines sont coupées, à l'aide d'outils qui sont désinfectés à l'eau de Javel entre chaque bouture, 5 millimètres avant leur insertion sur la tige. Enfin, la base de la bouture, sectionnée à 1 centimètre sous le dernier nœud, est trempée dans une solution fongique pendant 2 à 5 minutes. Cette solution fongique est composée de 10g de carbendazime et de 25g de Fosétyl-al® du laboratoire Bayer, dilués dans 10 litres d'eau d'après les recommandations du Dr Le Bellec, agent du CIRAD, en 2002 [19]. Or le 31 décembre 2008, la carbendazime a été interdite d'utilisation pour les produits agricoles en France, étant un agent cancérigène, mutagène et toxique. La bouillie bordelaise (mélange d'eau de chaux et de sulfate de cuivre) peut être utilisée en remplacement, bien que celle-ci soit moins efficace. Le second avantage étant qu'elle est autorisée en culture biologique.

Puis la liane est mise à « mûrir » pendant une quinzaine de jours à l'ombre et au frais, afin de réduire sa turgescence ce qui facilite ensuite la manipulation et donc évite les blessures que l'on pourrait lui occasionner [5].

- La propagation *in vitro* à partir du méristème apical permet l'obtention d'un individu exempt de maladies et génétiquement stable. Les propagules obtenues sont plantées dès qu'elles atteignent les 30 centimètres. Elles mettront un an avant de fleurir. Même si ce

mode de multiplication est d'un coût élevé, les individus sont de phénotypes identiques, en bonne santé et de meilleur rendement.

- La floraison :

Elle a lieu dans l'hémisphère Nord de Mars à Mai avec un pic majoritaire en Avril, et dans l'hémisphère Sud de Septembre à Décembre.

Techniques de déclenchement de floraison :

Quatre méthodes peuvent être utilisées. En général elles sont effectuées après la 3^{ème} année lorsque le vanillier est suffisamment vigoureux :

- Un stress hydrique de 45 à 60 jours peut être effectué afin d'initier la floraison.
- Une suppression totale de l'ombrage.
- Une taille de fructification, c'est à dire la taille du bourgeon terminal (technique utilisée en Inde).
- L'utilisation d'engrais retard de type « Basacote® 6 mois » à utiliser deux fois par an.

Si des fleurs apparaissent avant trois ans, il est préférable de les supprimer pour laisser le vanillier croître végétativement.

Les fleurs sont au nombre de 10 à 20 par pied.

- La fécondation assistée:

Elle doit être effectuée le matin, le jour même de la floraison. Le stigmate serait plus réceptif, les conditions climatiques étant optimales.

Les personnes fécondant les plantes, appelées « les marieuses », s'occupent de 1 000 à 1 500 fleurs chaque matin. Environ 15 fleurs par inflorescence sont pollinisées.

Le procédé est identique à celui employé par Edmund Albius :

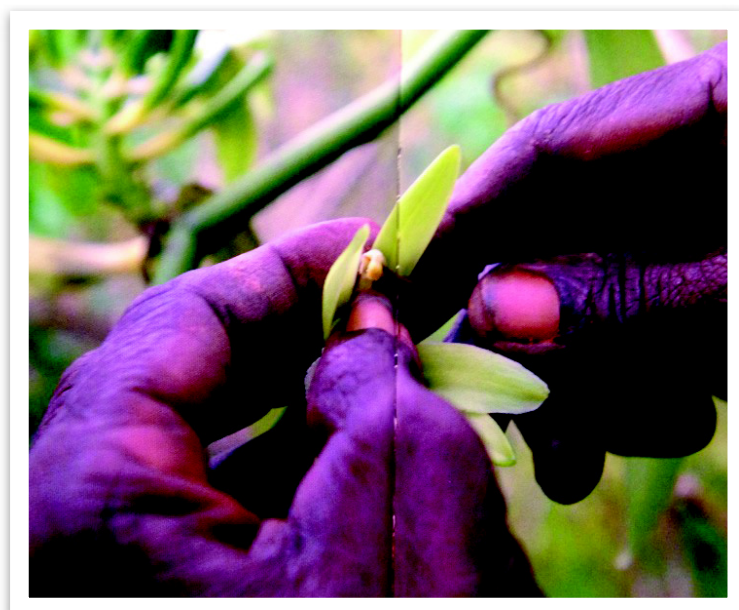
- on dégage la tête stigmatique en rabattant le labelle

Figure 36. Dégagement des stigmates (Cailler et Pralus, 2008)



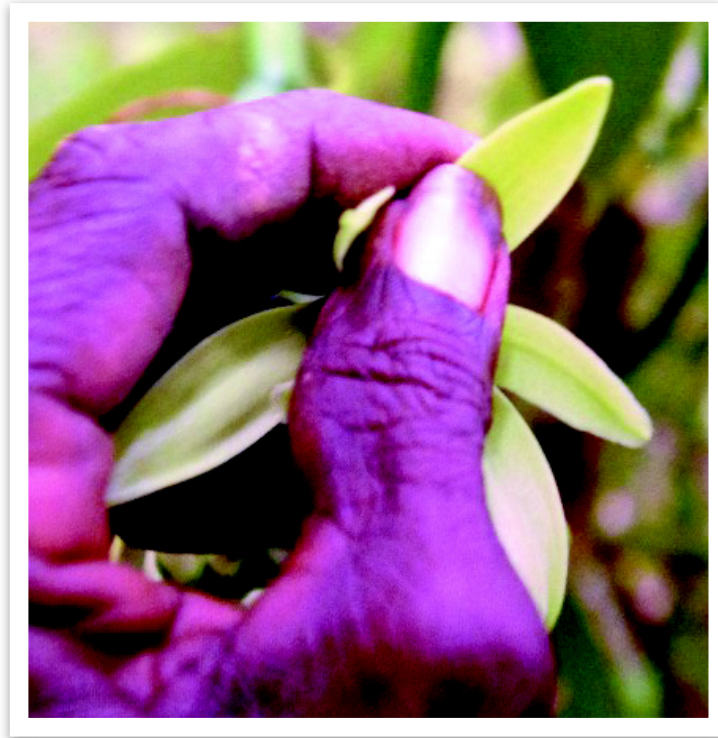
- avec une épine de bigaradier (par exemple) on relève le rostellum

Figure 37. Soulèvement du rostellum (Cailler et Pralus, 2008)



- avec un doigt on rabat l'anthere en opérant une légère pression qui fait jaillir les pollinies et les met en contact avec le stigmatte.

Figure 38. Mise en contact des pièces fécondes (Cailler et Pralus, 2008)



La fécondation se pratique pendant 4 à 5 mois.

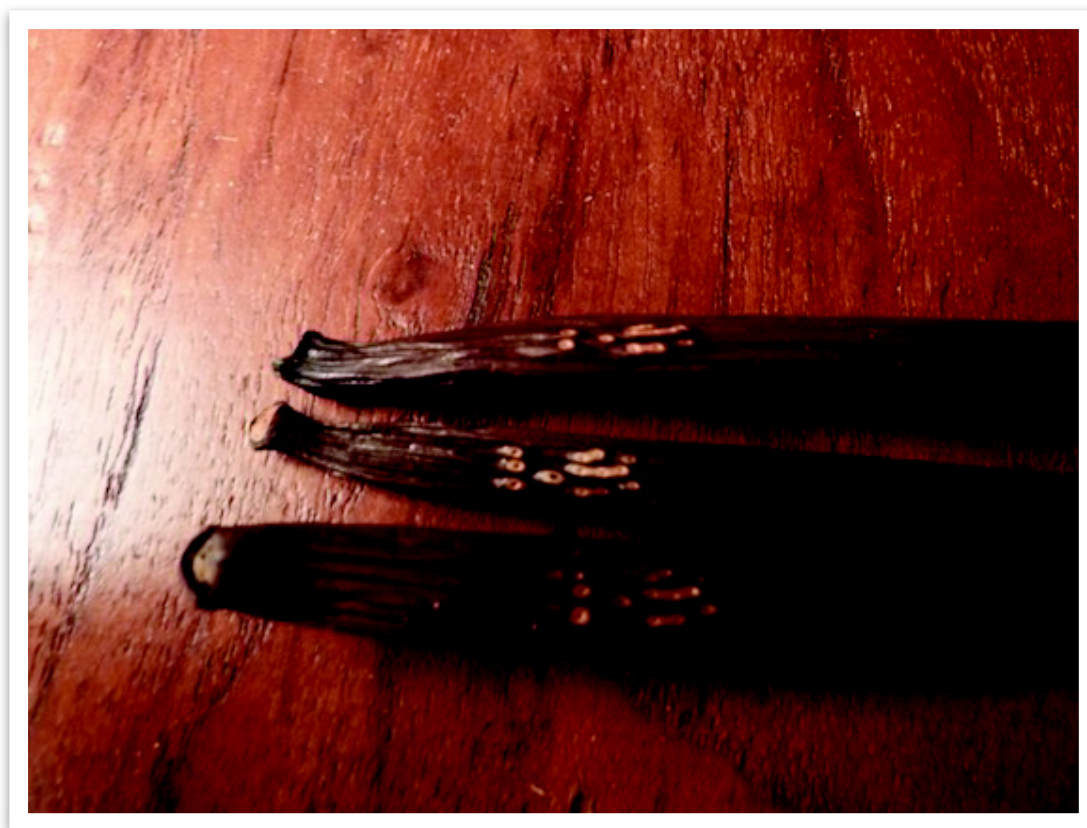
Six à huit semaines après la fécondation, les « gousses » mal formées ou abîmées sont supprimées afin d'obtenir 10 à 12 fruits par inflorescence ou « balai ».

Figure 39. Balai de « gousses » de vanille (Cailler et Pralus, 2008)



Entre novembre et février (dans l'hémisphère Sud) les jeunes capsules sont poinçonnées au niveau du tiers inférieur. Chaque poinçon est propre au planteur et identifiera ses « gousses » [22].

Figure 40. « Gousses » de vanille préparées ayant été marquées [23]



- La récolte :

La taille et le poids définitifs du fruit sont généralement obtenus vers 15 semaines après pollinisation, mais les capsules mettent 7 à 9 mois pour arriver à maturité.

Lorsque le fruit passe d'un vert glauque à un vert plus mat, plus clair, plus terne ; l'extrémité légèrement jaune, appelée en « queue de serin », et les lignes de séparation des carpelles deviennent apparentes, celui-ci devient alors prêt à être cueilli.

Si les « gousses » sont cueillies trop vertes : elles sècheront difficilement et seront donc plus sujettes aux moisissures. Certaines peuvent même devenir blanches et donc ne présentent plus aucun intérêt, car le produit manquera d'arôme avec une saveur plus boisée, et présentera un manque de souplesse.

La récolte devrait durer de 3 à 4 mois. Au début elle s'effectue tous les 3 jours puis tous les jours. A Madagascar elle a lieu de juin à août, mais elle n'est effectuée que deux fois par mois suivant un calendrier réglementant les marchés.

Rendements dans des plantations soignées:

Une vanilleraie peut avoir une durée de vie d'une vingtaine d'années mais en général elle ne sera rentable que 8 à 10 ans, présentant un meilleur rendement au cours de ses 5 à 7 années de vie [5].

Voici un extrait du tableau de Mr Le Bellec présentant les rendements des tuteurs selon les différents types de culture :

Tableau 3. Rendement dans les plantations selon l'âge des plants [19]

Mode de culture	Kilogramme de capsules vertes obtenues par pied	
	3 ^{ème} année	7 ^{ème} année
Sous-bois	0,1	1
Semi-intensive	0,2	1,2
Intensive	0,375	2,8

2.2.3. La préparation des « gousses »

Un kilogramme de vanille préparée sera obtenu à partir de 3,2 kg à 4 kg de vanille verte. Après la récolte, les capsules sont triées entre les fendues et les non fendues saines.

Le traitement traditionnel comporte 4 grandes étapes : l'échaudage, l'étuvage, le séchage et enfin l'affinage. Les méthodes varient selon les conditions locales.

Echaudage :

- L'échaudage réalisé à Madagascar, aux Comores ou encore à La Réunion, consiste à placer les gousses venant d'être cueillies, donc vertes, dans un panier. Puis ce panier est plongé dans une eau chauffée à 63°C - 65°C pendant 2 à 3 minutes ou à 90°C pendant 20 secondes. Ces temps sont théoriques car dans la pratique il n'y a pas de véritable contrôle effectué, les cultivateurs ne possédant, pour la plupart, pas de moyen de contrôle de température ou du temps. De plus la quantité de « gousses » à traiter influe sur le résultat.

Ce traitement thermique a pour but d'empêcher la déhiscence des fruits en bloquant le processus métabolique normal. Les capsules changent alors de couleur et deviennent plus souples. Les espèces non déhiscentes comme *Vanilla tahitensis* ne subissent pas cet échaudage.

- A Mexico, deux méthodes sont utilisées.

* Les gousses sont triées puis étalées sur des claies dans un local, puis exposées au plein soleil vers midi, près d'un mur blanc. En début d'après-midi, vers 14-15 heures (quand elles sont chaudes), il faut presser les gousses légèrement avec les doigts afin de les aplatir un peu et de répartir de manière homogène l'huile afin de lustrer et rendre souple les gousses.

Le soir, la vanille est roulée dans des couvertures de laine. Ces couvertures sont ensuite mises en caisses, lesquelles sont elles-mêmes exposées au soleil le lendemain toute la journée. Alors la vanille « sue ». Les gousses deviennent brun foncé. L'arôme se développe. Ensuite vient l'étape du séchage à l'ombre.

* La méthode « Horneado » : l'exposition au soleil est remplacée par un passage au four à 60°C. La vanille y est bottelée par 100, enveloppée de couvertures et reste dans le four pendant 24 heures. Les couvertures sont arrosées abondamment et régulièrement.

- Pour *Vanilla pompona* dans les Antilles françaises, les fruits sont égratignés à l'aide d'objet tranchant.

Étuvage :

- L'étape suivante, l'étuvage, consiste à laisser « suer » la vanille. Les capsules égouttées sont placées encore chaudes dans des caisses capitonnées de couvertures de jute pour conserver le plus longtemps possible la chaleur obtenue au cours de la première étape. La

température à l'intérieur des couvertures se maintient environ à 50°C. En théorie, ici encore, l'étuvage doit durer entre 48 et 72 heures, mais il peut être augmenté de plusieurs jours selon les conditions climatiques.

A la fin de ces deux premiers traitements, les capsules ressortent brunes et souples (ayant perdu de leur turgescence).

Ces étapes permettraient également la mise en contact des différents substrats avec les enzymes, permettant leurs hydrolyses, produisant ainsi le produit aromatique majoritaire : la vanilline. Ces réactions chimiques seront étudiées plus en détail par la suite.

Séchage :

Vient ensuite le séchage des « gousses » visant à diminuer la teneur en eau de celles-ci contribuant à éviter le développement des micro-organismes.

Les capsules sont étalées sur des couvertures et placées au soleil le matin puis l'après-midi elles sont roulées dans ces mêmes couvertures et mises à l'ombre en tas dans un bâtiment, ceci pendant environ 2 semaines.

Les « gousses » sèches sont retirées au fur et à mesure des étales afin d'être mises à sécher à l'ombre. Les fruits sont déposés à l'ombre dans un bâtiment sur des claies de bambou en une seule couche jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment secs. Cela peut nécessiter jusqu'à 3 mois. Le niveau de séchage est déterminé par toucher de l'opérateur, il faut donc que celui-ci ait une certaine expérience. Le principal problème du séchage est qu'il est très dépendant des conditions climatiques. En plus cela correspond souvent à la saison des pluies à Madagascar par exemple. Il varie également selon les matériaux de toiture des bâtiments de séchage utilisés.

Figure 41. Séchage des « gousses » à l'ombre (Brasseur, 2014)



Cette étape de séchage peut être effectuée par plusieurs procédés plus rapides, mais pas forcément adaptés au contexte socio-économique.

Le séchage peut ainsi se dérouler à l'aide d'un four à 65°C, 3 heures par jour durant une semaine.

La préparation des « gousses » peut elle-même être réduite de 6 mois à 10 jours par le biais d'extraits microbiens dont les enzymes vont reproduire plus rapidement les réactions chimiques se déroulant tout au long du processus de préparation. On peut citer notamment l'utilisation d'*Aspergillus niger* (Sreedhar *et al.*, 2009).

Figure 42. « Gousses » en train de sécher (Brasseur, 2014)



Les teneurs maximales en eau devant être obtenues sont de l'ordre de 38 à 25 % d'humidité.

L'industrie agroalimentaire va préférer des teneurs de 18-20%.

Durant le séchage, les réactions enzymatiques se poursuivent probablement [20].

L'affinage.

Les « gousses » sont triées et calibrées selon leur qualité et leur taille, puis elles sont réunies en paquets de 50 fruits ou « bottes » à l'aide de raphia. Ces paquets sont alors placés dans des malles dont l'intérieur est recouvert de papier paraffiné, afin d'éviter une dessiccation trop importante, pendant 8 mois. De manière hebdomadaire, ces boîtes sont ouvertes afin de contrôler l'absence de développement de moisissures (Agostino, 2010).

Selon la qualité désirée, plusieurs matières de boîtes sont utilisées. Ainsi pour une qualité « gourmet », les « gousses » seront placées dans des boîtes en fer recouvertes de papier paraffiné ; pour une qualité industrielle de simples boîtes en carton dotées de film plastique et de papier paraffiné seront alors employées.

Une fois sèche, c'est à dire quand il n'y a plus aucune humidité au niveau de la crosse, qui est la partie du fruit qui sèche en dernier lieu, les capsules sont choisies, triées et mises en boîte.

Selon David de Floris, le givre, alors considéré comme des cristaux d'acide benzoïque se forme après 3 à 4 mois d'emballage (Floris, 1874).

Préparation de *V. tahitensis* :

Un traitement a été établi par les Polynésiens concernant cette espèce de vanille.

Les « gousses » sont cueillies quand elles sont totalement mures et goûteuses. Il s'ensuit alors un brunissement naturel.

Après la cueillette les capsules sont exposées à l'ombre jusqu'à présenter un brunissement uniforme et une amorce de parfum.

Puis elles sont arrosées et séchées à nouveau, au soleil cette fois-ci, quelques heures par jour pendant plusieurs semaines.

L'humidité initiale de 80% baisse à 50-55%.

Quand les « gousses » sont encore chaudes, elles sont enveloppées dans des linges en coton appelés « faraoiti », et mises dans des caisses en bois.

Les fruits deviennent alors flexibles et brillants. L'épiderme est recouvert d'huile. Les « gousses » sont alors massées une à une afin de la répartir de manière homogène.

Puis une dernière étape de séchage à l'ombre afin de stabiliser la teneur en eau est effectuée. Les « gousses » deviennent, tout au long du processus, parfumées, à la saveur anisée et de texture attrayante.

2.2.4. Les pathologies

Dues à un environnement inadapté

En cas d'excès de lumière, une chlorose peut se former, c'est à dire une décoloration plus ou moins prononcée par défaut de chlorophylle.

Dues à des champignons

Anthraxnose

La maladie est due à *Colletotrichum gloeosporioides*.

D'après Correll, le champignon sécrèterait une toxine dans le sol qui envahirait toutes les parties en contact. Une pourriture molle brun-noir finit par atteindre la totalité de la plante. Sous conditions humides, des conidies se développent laissant des spores rose saumon sur les tissus malades. Afin de distinguer cette maladie de la fusariose, un examen des tissus internes des zones atteintes est nécessaire (Odoux et Grisoni, 2011).

Cette maladie est favorisée par un milieu humide, un mauvais drainage du sol ou encore un temps pluvieux prolongé.

Peu de traitements sont efficaces. Le cuivre était utilisé autrefois, mais on préférerait éliminer les plants au plus tôt et les brûler, ainsi que réduire l'ombrage si le sol était trop humide (Correll, 1953; Dequaire, 1976).

Depuis 1989, les recherches se tournent vers des agents biologiques pour éviter l'utilisation de produits chimiques.

En 2009, des chercheurs de Thaïlande, ont étudié un antagoniste de *Colletotrichum gloeosporioides* : *Emericella nidulans*. Ils ont ainsi montré qu'un extrait de cet actinomycète dans de l'hexane inhibe à 97,34% la croissance du mycélium et empêche la sporulation de *Colletotrichum* à 68,67% (Talubnak et Soyong, 2010).

Le piétin des boutures

Cette pathologie est due à *Corticium rolfsii* renommé en 1978 sous le nom *d'Athelia rolfsii*. Ce champignon attaque surtout les parties enterrées des boutures lors de fortes pluies. Des filaments de mycélium blanc recouvrent les parties infestées avec des nodules blanc-jaunâtre. Cette affection atteint rarement les feuilles. Par contre, une fois l'organe infecté celui-ci pourrit rapidement (Dequaire, 1976).

De petites structures sphériques brun-clair appelées « sclérotés » de 0,5 à 2 millimètres de diamètre sont souvent associées au mycélium. Ce sont des structures dormantes qui persistent dans le sol pendant plusieurs années.

Afin de lutter contre ce champignon un contrôle régulier des plantes est nécessaire pour détecter l'infection. Les plants atteints ainsi qu'une partie du sol ayant pu être contaminé sont éliminés.

Un fongicide naturel peut être utilisé : l'eugénol (autrefois des fongicides synthétiques étaient courants mais ceux-ci ont été interdits au sein de l'Union Européenne car classés cancérigènes: la carbendazime, le benomyl ou encore le mancozèbe).

Maladie des taches brunes des tiges

L'agent fongique en cause est *Nectria vanillae*.

La tige brune pourrit, se dessèche et finit par mourir. On note dans un premier temps l'apparition de pustules jaunâtres puis en un second temps de périthèces rouges visibles à l'œil nu.

Cette maladie se rencontre principalement sur des vanilliers en état de faiblesse : âgés, déjà infectés par d'autres pathologies, en situation de sécheresse ou au contraire en excès d'eau.

Mais des attaques de pieds apparemment sains ont été observées sur *Vanilla pompona*.

Le traitement consiste uniquement à éliminer les parties du vanillier atteintes (Dequaire, 1976).

Fusariose ou la maladie des racines

Le champignon mit en cause est *Fusarium batatatis var. vanillae*. Les plus graves cas de la maladie surviennent au niveau des racines provoquant la nécrose du parenchyme cortical. Privé de ses racines le vanillier en développe alors d'autres, mais il advient au final que celles-ci seront également atteintes. La plante ne peut alors plus s'alimenter ni en eau ni en sels minéraux et finit donc par mourir (Dequaire, 1976). De même lorsque la tige est atteinte.

Le champignon peut également toucher les fruits et les feuilles. Les parties atteintes prennent une coloration brun sombre puis se dessèchent et pour finir se nécrosent. L'atteinte de fusariose est difficile à distinguer de l'antracnose.

Les symptômes surviennent sur des plants de tout âge et à n'importe quel moment de l'année. Cependant l'humidité favorise la propagation de l'infection. L'application de benomyl, carbendazime ou mancozèbe serait efficace, mais interdite dans l'Union Européenne.

Des recherches d'hybrides résistants sont la seule solution (Dequaire, 1976). C'est ainsi qu'a été obtenue par croisement l'espèce « Tsy taitra » (*Vanilla planifolia* x *Vanilla pompona*) x *Vanilla planifolia* qui serait résistante à la fusariose (Odoux et Grisoni, 2011). D'autres hybrides verront sans doute le jour, surtout quand on sait que trois espèces de vanilles sont résistantes naturellement à ce champignon. Il s'agit de *Vanilla phaeantha*, *Vanilla aphylla* et *Vanilla andamanica*.

Mildiou ou pourriture noire

Les parties de la plante sont atteintes par *Phytophthora sp.*, et se colorent alors en jaune-brun pâle puis se nécrosent. Les organes atteints peuvent se couvrir d'une légère efflorescence blanche. Cette pathologie est souvent due à un excès d'humidité et d'ombre. Trois espèces sont impliquées : *Phytophthora palmivora* (en Polynésie), *Phytophthora capsici* (en Indonésie, progression uniquement sur les parties jeunes) et *Phytophthora meadii* (en Inde).

La pourriture des bourgeons

Celle-ci peut être provoquée par *Fusarium batatatis var. vanillae*, ou *Nectria vanillae* ou bien encore par des piqûres d'insectes.

Dues à des virus

Vingt-cinq virus peuvent atteindre la famille des Orchidaceae, heureusement seuls onze d'entre eux infectent le genre *Vanilla* (Bory, 2007). Voici ceux susceptibles d'être néfastes aux orchidées du genre.

Cymbidium mosaic virus (CymMV)

Ce virus appartient au genre *Potexvirus*.

Sur les orchidées ornementales autres que la vanille : se traduit par une chlorose, une nécrose, des stries sur les feuilles et les fleurs.

Sur la vanille l'atteinte est en général asymptomatique. Elle peut être symptomatique sur les feuilles par la présence de taches chlorotiques et de taches nécrotiques.

L'infection augmente le risque d'infection par d'autres pathogènes et ralentit la croissance (Odoux et Grisoni, 2011).

Il n'y a pas de vecteur connu de la maladie. L'infection serait inoculée par action mécanique lors de la taille et de la pollinisation, et peut-être par le biais des solutions dans le système d'irrigation. Les graines ne seraient pas porteuses de la pathologie [24]. Le diagnostic peut être fait par diverses méthodes technologiques mais nécessite un matériel de pointe.

Il n'existe pas encore de moyen curatif, ni de variétés résistantes pour le moment.

En prophylaxie, la certification phytosanitaire et l'application de bonnes pratiques sont les seules solutions (Odoux et Grisoni, 2011).

Odontoglossum ringspot virus

Ce *Tobamovirus* provoque une mosaïque et une possible nécrose des feuilles et des fleurs. L'incidence et la prévalence sur la vanille restent très limitées.

La transmission se fait par les outils de taille. Le pollen des plants contaminés est lui aussi infecté.

Vanilla necrosis potyvirus, Vanilla mosaic potyvirus et 5 autres potyvirus

Les *potyvirus* représentent le deuxième genre de virus pathogènes pour les plantes.

Les symptômes observés chez la vanille sont une distorsion des feuilles, qui présentent une mosaïque plus ou moins prononcée quelquefois associée à des lésions nécrotiques. Ceci est surtout spectaculaire sur les feuilles jeunes et plus atténué sur les anciennes. Sur l'île de La Réunion, les symptômes sont plus courants durant les mois froids avec une rémission en période chaude.

Figure 43. Mosaïque sur des feuilles de vanillier [24]



Cette infection induit une diminution de la croissance de la plante.

Le vecteur présumé serait le puceron *Myzus persicae*. L'infection peut également être introduite par plantation de plants contaminés ou par inoculation mécanique par les outils de taille.

Le diagnostic se fait par des tests ELISA et par l'observation visuelle (des lianes symptomatiques peuvent donner des tests ELISA négatifs).

Le moyen d'empêcher la prolifération de ce virus est de planter des matériaux exempts de virus (Odoux et Grisoni, 2011).

Cucumber mosaic virus (CMV)

Ce virus a été identifié sur la vanille dans les années 2000. Il appartient au genre *Cucumovirus*.

Les symptômes peuvent être une mosaïque avec parfois une nécrose, une déformation sévère des feuilles et des pousses. Les plantes peuvent présenter une phyllotaxie anormale (Odoux et Grisoni, 2011).

Sur l'île de La Réunion, l'infestation se traduit uniquement par une élongation des feuilles alors que dans les autres pays la plante infestée devient rabougrie et tordue, avec des fleurs stériles (Berger, 2007).

Les plants infestés sont souvent stériles. En effet les fleurs ne se développent pas correctement et ne présentent pas de pollen viable.

Le vecteur probable serait le puceron (Odoux et Grisoni, 2011).

Le génome de ce virus a été étudié et il fut montré que selon la localisation géographique du virus il y avait des différences de séquençage (Farreyrol *et al.*, 2010).

Un rhabdovirus

L'espèce n'est pas identifiée. Ce virus a été mis en évidence au détour d'une enquête effectuée en 1993 dans les îles du Pacifique. Des taches nécrotiques avaient été retrouvées sur les feuilles.

La transmission des rhabdoviridae se fait par les arthropodes.

Cependant cette infection était anecdotique et n'a pas été retrouvée depuis l'enquête (Odoux et Grisoni, 2011).

Le cas de l'île de La Réunion

Depuis 1994, un phénomène viral a envahi l'île de La Réunion. En effet en 1990 une baisse du prix des gousses de vanille donna lieu à un projet de production intensive sur l'île. Les vanilliers n'étaient plus cultivés à l'air libre mais sous ombrières.

Dès 1995, une vague de dépérissement des vanilliers sur l'île est survenue après des affections virales de *Cymbidium mosaic virus* et des *potyvirus*, les vanilliers les plus sévèrement touchés étant ceux cultivés sous ces édifices.

Ainsi la production de gousses vertes est passée de 80 tonnes en 1992 à 13 tonnes en 1995.

Le CymMV offre des symptômes plus sévères que dans les îles du Pacifique : on observe des nécroses de la tige et une croissance désordonnée des tissus entraînant des déformations des organes.

À l'inverse, les *potyvirus* ont provoqué des symptômes moins agressifs (Leclercq-Le Quillec *et al.*, 2001).

Prévention contre les virus

Il a donc été recommandé :

- d'utiliser une solution inactivant les virus pour nettoyer les outils (comme du phosphate trisodique) et de stériliser les pots et le substrat (Zettler *et al.*, 1990),
- d'enlever et détruire chaque plant symptomatique,
- de se laver les mains et de nettoyer les outils de taille ou de pollinisation entre chaque vanillier,
- d'enlever les mauvaises herbes à proximité des ombrières pour limiter la propagation de virus et de pucerons,

- d'éviter de planter d'autres espèces végétales sous les ombrières (afin d'éviter une contamination éventuelle).

Et surtout de vérifier l'absence de contamination de chaque bouture avant de la planter par la technique d'indexage ELISA (Leclercq-Le Quillec *et al.*, 2001).

L'arrêté du 31 juillet 2000, consolidé le 22 septembre 2013, établit la liste des nuisibles dont la lutte est obligatoire en France Métropolitaine et dans les départements d'Outre-Mer.

Ainsi en Guyane et à La Réunion la lutte est obligatoire et permanente contre *Vanilla mosaic potyvirus* et *Vanilla necrotic potyvirus*. De plus, la lutte est obligatoire en Guyane, à La Réunion mais aussi en Martinique et Guadeloupe sous certaines conditions contre CymMV, *Cucumber mosaic virus* et *Odontoglossum ringspot virus* [25].

Dues à des algues

« Lèpre »

Due à l'algue *Cephaleuros virescens* qui parasite également les caféiers, les théiers, les avocatiers, les manguiers et enfin les cacaoyers. Au début l'algue reste en superficie, puis pénètre peu à peu dans l'épiderme des feuilles ou des fruits. Cette pathologie se caractérise par des petites taches arrondies de couleur rouge brique sur les caféiers et théiers.

Dues à des insectes nuisibles :

Hémiptères

- *Halyomorpha*

Les nymphes et les adultes sucent la sève du vanillier à la base des pédoncules et sur les bourgeons floraux. Les parties deviennent nécrosées et meurent.

Cette attaque survient généralement lorsque les vanilliers sont dans une plantation contenant des palmiers à bétel (*Areca catechu*).

- *Nezara viridula*

Les nymphes sucent la sève des bourgeons floraux et des tiges.

- *Riptortus pedestris*

Les nymphes et les adultes sucent la sève des gousses et des feuilles (Odoux et Grisoni, 2011).

- La cochenille du vanillier : *Conchaspis angraeci*

Présente sur l'île de La Réunion, à Mayotte et en Polynésie française (Richard et Rivière, 2003).

- *Memnia vicina*

Punaise de 15mm dont les larves et les adultes piquent les faces inférieures des feuilles et des boutons floraux (Richard et Rivière, 2003).

- *Dyscerdus flavidus*

C'est à la base un parasite du cotonnier, qui fait quelques dégâts sur les vanilliers à Madagascar (Aimar et Meze, 2010).

Coléoptères

- *Sipalus sp.* : provoque la nécrose au niveau du site de dépôt des œufs dans les lianes tendres. Les larves creusent ensuite des tunnels qui aboutissent également à la nécrose des tissus. Le seul moyen de lutte est un ramassage à la main du coléoptère (Odoux et Grisoni, 2011).

- *Perissoderes oblongus*, *Perissoderes ruficollis* : à Madagascar. La femelle pond ses œufs à l'intérieur des lianes. La prévention contre les insectes nuisibles consiste en un ramassage manuel régulier des larves afin d'éviter leur multiplication (Aimar et Meze, 2010).

- *Saula ferriginea* : ce coléoptère mange l'intégralité des feuilles sauf la cuticule de l'épiderme de la face supérieure. Une application de Malathion 0,1% peut être réalisée (Odoux et Grisoni, 2011) (utilisation du Malathion interdite en France depuis 2008).

- *Holotrichia sp.* : endommage les racines. Application de Chlorpyriphos 0,05% au mois de mai.

Lépidoptères

- *Archips sp* : Spray de Monocrotophos à 0,1% (produit phytopharmaceutique interdit dans l'Union Européenne et aux Etats-Unis).
- *Nemoria sp* : Spray de Monocrotophos à 0,075% ou de λ - cyhalothrine 0,004% (en France usage non autorisé dans la culture des vanilliers).

Autres

- Mites : *Tyrophagus sp*
- Mollusques : *Achatina sp*
- Poulets qui abîment les racines.
- Gale des vanilles : formations longitudinales subéreuses sur les gousses qui pourraient être dues simplement à des blessures mécaniques. Par exemple l'ongle sur l'ovaire pendant la pollinisation.

2.2.5.Statistiques sur les productions

Deux pays apparaissent clairement comme les producteurs majoritaires de vanille : l'Indonésie et Madagascar. Ils se battent pour le rang de leader mondial d'une année à l'autre.

2.2.5.1. L'Indonésie

Les gousses d'Indonésie sont nommées « gousses de Java ».

D'après les données de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), l'Indonésie pourrait produire autant, voire plus selon l'année, de vanille que Madagascar. En effet en 2011, 3 500 tonnes de vanille ont été produites par l'Indonésie selon les données officielles, alors qu'à Madagascar d'après une estimation de la FAO seulement 3 000 tonnes l'auraient été [26].

En 2012 l'Indonésie a produit 34,5% de la production mondiale, quasi à égalité avec Madagascar qui elle, en a produit 35,5%.

Cependant les conditions climatiques ne sont souvent pas optimales. Les engrais, insecticides et fongicides ne sont en général pas utilisés vu leurs coûts. Les agriculteurs cultivent plusieurs denrées alimentaires (mangue, papaye, patate douce...) et ne sont donc pas spécialisés en ce qui concerne la vanille, d'où une faible qualité des gousses.

2.2.5.2. Madagascar

Le marché malgache reste le marché référent pour les producteurs de vanille. Mais celui-ci n'est pas assez transparent. Par exemple en 2001 la FAO estimait à 5 400 tonnes produites, alors que les professionnels du secteur l'estimaient à 2 300 tonnes [20].

Avant toute chose il paraît nécessaire de préciser que les conditions climatiques, l'environnement politique et agronomique influent beaucoup sur toute culture.

Ainsi après le cyclone en 2000 qui toucha Madagascar, les prix furent augmentés. De plus, avec la mise sur le marché d'une nouvelle boisson à base de vanille « Coke vanille », la demande en vanille fut plus importante et donc la flambée des prix s'ensuivit : entre 2000 et 2003 le kilogramme de vanille s'éleva à 400€ !

Mais avec l'apparition sur le marché de vanilline de synthèse moins onéreuse, et même de la vanilline obtenue par voie fermentaire à partir de l'acide férulique du riz ou de la betterave, et donc classée comme naturelle, la demande a beaucoup baissé et les prix se sont effondrés [20].

En 2004, la valeur de la vanille ne permettait pas aux producteurs d'être décentement rémunérés. Les producteurs se sont alors tournés vers d'autres cultures, ou alors ont privilégié la quantité à la qualité.

Certains vont alors féconder toutes les fleurs, certes plus de gousses seront obtenues mais de taille moins importante. En 2012, plus de 60% des gousses étaient inférieures à 16 centimètres.

D'autres vont mettre sous vide les gousses de manière prématurée, ne laissant plus alors la période d'affinage nécessaire au développement des arômes.

De plus, Madagascar a traversé une crise car en 2007-2008 il restait un stock invendu de vanille. Cela occasionna une baisse considérable des prix. Il resta 4 300 tonnes disponibles à l'exportation.

La demande en produits biologiques, dont la vanille, aurait dû relancer l'économie due à la vanille. Mais la réputation des producteurs de Madagascar, ayant dénigré la qualité au profit de la quantité, était passée par là.

L'industrie agro-alimentaire privilégia dès 2012 l'achat de vanille « verte », non préparée certes, mais beaucoup moins onéreuse. La préparation de certains producteurs n'étant plus alors faite dans les normes recommandées [27].

Les prix moyens au kilogramme lors des dernières années de la vanille préparée, étaient donc les suivants :

2012 : 120 000 Ariary, soit 35,32€

2013 : 70 000 Ariary, soit 20,60€

Alors que la vanille verte était vendue au kilogramme 22 000 Ariary, soit 6,48€.

En 2015, les cyclones survenus à Madagascar ont fait perdre énormément de capsules, une pénurie de vanille est en cours, provoquant une forte augmentation des prix à l'importation.

2.2.5.3. Les autres producteurs de vanille

Par ordre de production, le pays suivant les deux leaders est la Chine avec 1 350 tonnes de vanille produite en 2012. La production chinoise est réalisée dans les provinces de Yunnan et Hainan.

Ensuite, on passe en dessous de la barre des 500 tonnes avec dans l'ordre la Papouasie-Nouvelle-Guinée (400 tonnes en 2012), le Mexique (390 tonnes en 2012), la Turquie (290 tonnes en 2012) et enfin l'Ouganda (170 tonnes en 2012).

Les régions productrices au Mexique sont Veracruz, Oaxaca et Puebla.

Les pays et régions producteurs de l'Afrique de l'Est sont l'Ouganda, la Tanzanie, le Kenya, l'Est de la République du Congo, autour du lac Victoria et dans l'Albertine Rift Valley. Un commerce s'effectue entre les différents pays. Le séchage a lieu en Ouganda et les gousses sont donc quasi toutes exportées comme vanille d'Ouganda. Cette vanille est surtout utilisée pour les poudres et les extraits (Odoux et Grisoni, 2011).

Puis les producteurs mineurs mais non sans renom : la Polynésie Française, les îles Comores, la Guadeloupe et enfin l'île de La Réunion.

2.2.6. Le commerce équitable

Maxhavelaar, marque réputée du commerce équitable, propose un prix minimum d'achat aux producteurs ainsi qu'une prime en fonction de ce qu'ils fournissent. Ce système permet de pallier aux divers problèmes que peuvent rencontrer les petits producteurs dus à la fluctuation des prix, aux conditions politiques instables, à l'intervention de plusieurs intermédiaires dans la chaîne d'approvisionnement...

Le prix minimum du commerce équitable est « le prix le plus bas possible qu'un acheteur peut payer un produit à des producteurs pour être certifié selon les standards du commerce

équitable. Quand le prix du marché est supérieur au prix minimum du commerce équitable c'est au moins le prix du marché qui doit être payé ».

Ainsi le site maxhavelaar.com donne les prix minima, ce qui permet d'avoir une idée du prix du kilogramme de vanille, notamment de la différence de prix importante entre la vanille verte et la vanille préparée.

Au 22 octobre 2014, voici un exemple de prix pratiqués en Afrique (donc à Madagascar) [28] :

Tableau 4. Prix pratiqués en Afrique en commerce équitable [28]

Biologique	Préparée	45 USD
Biologique	Verte	5,60 USD
Conventionnelle	Préparée	41 USD
Conventionnelle	Verte	5,10 USD

A ces prix minima s'ajoute une prime de commerce équitable destinée à l'investissement dans les activités commerciales des producteurs et dans leurs communautés (ces primes sont respectivement de 6,50 USD pour la vanille préparée et de 0,50 USD pour la vanille verte).

Cela nous permet d'avoir un ordre d'idée des prix pratiqués au sein des plantations.

2.2.7. Les différents « gages de qualité »

- Le label Vanille Bourbon :

C'est un label de renommée mondiale. Il a été créé en 1964 pour faire face à la concurrence de la vanilline synthétique. Trois pays sont regroupés : Madagascar, les Comores et enfin La Réunion. A l'époque eux trois représentaient 85% de la production. Ce label a permis d'organiser la production, de promouvoir le produit aux Etats-Unis et en Europe, de stabiliser les prix en fixant des quotas d'importation et de combattre la contrefaçon en concevant un logo identifiant la vanille naturelle.

Toutefois beaucoup de détaillants jouent sur les ambiguïtés des termes. Ainsi en Indonésie est apparue une vanille « style Bourbon ».

Les producteurs de l'île de La Réunion veulent se démarquer par une IGP : Indication Géographique Protégée.

- IGP de la Vanille de l'île de La Réunion

C'est une désignation officielle reconnue par l'Union Européenne. Elle définit très précisément les conditions de production et de traitement.

Cette désignation ne concerne que les gousses de l'espèce *Vanilla planifolia* (les poudres et extraits ne sont pas couverts par la IGP).

Les gousses doivent mesurer au minimum 14 centimètres de long et ne pas être déhiscentes sur plus de 3 centimètres. Elles doivent être entières, souples, pleines, de parfum caractéristique et de couleur uniforme brun à brun chocolat. La marque du producteur doit y être appliquée sur le tiers inférieur.

Le taux d'humidité maximale toléré est de 38%. Le taux de vanilline en poids frais doit être d'au moins 2%. Une maturation minimale de 7 mois pour développer leur arôme est requise.

L'aire géographique couverte par la IGP est la côte Est de l'île de La Réunion.

Une traçabilité à chaque étape du processus doit être établie.

2.2.8. Fraudes, tests effectués pour les rechercher

Pierre Pomet relate comment, déjà à l'époque des conquistadores, les indigènes fraudaient. Les capsules étaient laissées sur la liane jusqu'à maturité et des petits pots de terre étaient placés en dessous afin de récupérer le baume noir et odorant qui s'écoulait des « gousses ». Les « gousses » étaient ensuite cueillies et remplies avec un petit bâton ou quelque chose d'approchant puis recousues (Pomet, 1694).

L'une des usurpations aujourd'hui joue sur la qualité de la vanilline.

En effet la vanilline naturelle vaut en moyenne cent fois plus que la vanilline synthétique.

L'une des fraudes consiste à répandre sur des gousses vieillottes ou de qualité moindre des cristaux de vanilline synthétique. Pour cela les fruits sont trempés dans une solution aqueuse additionnée de vanilline de synthèse (Cailler et Pralus, 2008). Un œil averti peut facilement repérer la supercherie, puisque cet ajout est uniforme sur la « gousse » alors qu'à l'état naturel la vanilline est inégalement répartie (Pelt, 2008).

Des méthodes spécifiques permettent de vérifier la présence de différents composés et le ratio entre eux pour juger de l'authenticité des composés de la « gousse ». Ces méthodes sont la GC, l'HPLC, l'IRMS et la RMN.

Ceci est mis en place afin de protéger les consommateurs mais aussi les fabricants alimentaires.

2.2.9. Importateurs majeurs

Les importateurs principaux étant les Etats-Unis, la France et l'Allemagne qui transforment la vanille. Les produits secondaires représentent 80% du commerce mondial de la vanille.

En 2013 Madagascar a fourni 798 tonnes de vanille à la France, 454 tonnes aux Etats-Unis et 366 tonnes à l'Allemagne. Ces statistiques ne montrent cependant pas la proportion de vanille verte [29].

3. Les composés de la vanille

3.1. Formation des composés au sein de la gousse

Quand la gousse non préparée est mature (8 à 9 mois après la pollinisation) l'humidité passe de 90-92% à 82-85%.

Il y a peu de données sur la composition des gousses mures. Les données sont très variables d'un auteur à l'autre.

Tableau 5. Composition typique d'une gousse verte mature de *Vanilla planifolia* (Odoux et Grisoni, 2011)

	Pourcentage en poids frais (g/100g)	Pourcentage en poids sec (g/100g)
Eau	83,0	0
Fibres	7,6	45
Sucres	1,7	10
Lipides	2,0	12
Protéines	0,5	3
Acides organiques	0,9	5
Éléments minéraux	1,7	10
Glucovanilline	1,7	10

Le fruit de la vanille contient moins de sucres que la plupart des fruits, et des protéines et fibres en moins grande quantité que les autres fruits et légumes.

La gousse de vanille contient un taux élevé de lipides par rapport aux autres fruits et légumes (mis à part les oléagineux). Les éléments minéraux principaux sont le potassium (470 mg) et le calcium (170 mg).

Développement de la qualité aromatique :

La qualité aromatique de la gousse de vanille dépend de plus de 150 molécules appartenant à de nombreuses classes chimiques. On retrouve des alcanes, des alcools, des aldéhydes, des cétones, des esters, des lactones, des acides aliphatiques et aromatiques, des terpènes, des hétérocycles et des phénols.

La composition en ces composants varie selon l'origine géographique et botanique.

La plupart des composés aromatiques sont présents dans la gousse verte sous forme glycosylés. La « gousse » verte ne présente à ce stade aucune propriété olfactive.

C'est par hydrolyse de la glucovanilline que la vanilline est obtenue. Après la méthode de préparation traditionnelle des gousses, la concentration finale en vanilline ne dépasse pas 40% du potentiel initial. Cette vanilline est instable ce qui explique sa concentration finale faible (Odoux, 2004).

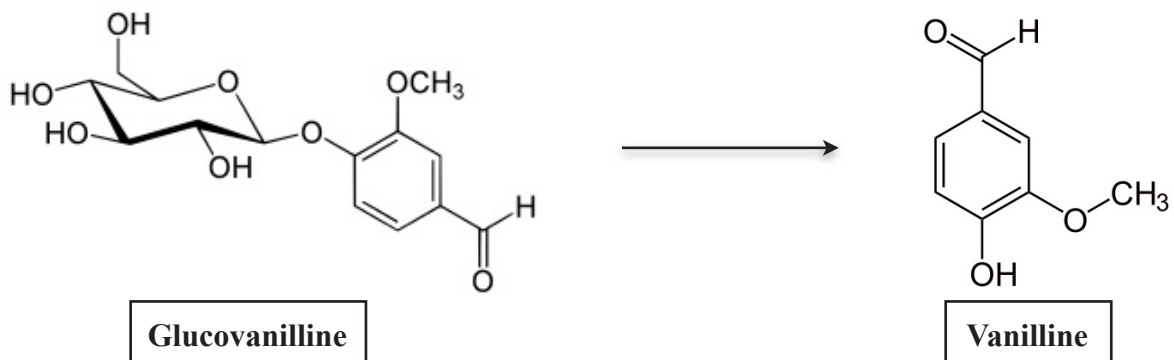


Tableau 6. Composition chimique d'une capsule séchée de *Vanilla planifolia* [52]

Composants	Quantités
Eau	24 %
Sucres (fructose et glucose)	20 %
Matières grasses	11 à 15%
Sels minéraux	4 à 5%
Composés aromatiques	Plus de 150 composés

Les composés aromatiques majoritaires de la capsule préparée seront :

- la vanilline, composant aromatique majoritaire (la glucovanilline représente 1,7% du fruit frais),
- l'acide vanillique (environ 1 000 ppm dans la matière sèche),
- le *para*-hydroxybenzaldéhyde,
- l'acide *para*-hydroxybenzoïque (environ 100 mg/kg de matière sèche).

Anatomie de la capsule:

Elle est composée de trois couches (en allant de l'extérieur vers l'intérieur) :

- l'épicarpe : c'est une couche de cellules contigües ayant un rôle de protection. Les cellules réagissent au réactif de Schiff.
- le mésocarpe : ce sont des cellules parenchymateuses, ce tissu est de plus vascularisé.
- l'endocarpe : au centre il existe des cellules spécialisées les « *papillae* » qui stockent les lipides.

La qualité aromatique dépend étroitement de l'hydrolyse des précurseurs glycosylés par la (ou les) β -glucosidase(s) présente(s) dans le fruit.

Plusieurs recherches ont été effectuées afin d'identifier dans quels tissus on retrouvait les précurseurs, les enzymes et dans quels tissus a lieu l'activité glucosidase.

Mais les résultats varient selon la méthode de recherche utilisée.

Odoux et Grisoni indiquent que la dernière recherche effectuée par Odoux et Brillouet, montre que 92,2% de la glucovanilline se trouve dans le placenta, 7% dans les *papillae* et 0,8% dans le mésocarpe (Odoux et Grisoni, 2011).

Concernant les enzymes la seule chose que l'on sait avec certitude c'est que l'activité glucosidase augmente à partir du 3^{ème}-4^{ème} mois après la pollinisation jusqu'à atteindre un pic maximal d'activité au cours du 5^{ème} mois. Une β -glucosidase endogène aurait été isolée par Odoux *et al.*

Le traitement par la chaleur au cours de la préparation des gousses aurait un impact sur l'intégrité cellulaire et permettrait la mise en contact des composés glycosylés et des enzymes.

Il est à noter la composition chimique particulière de *Vanilla tahitensis* :

La vanilline reste présente, mais la grande différence par rapport à *Vanilla planifolia* est la composition majoritaire en composés phénoliques.

Notamment quatre composés caractéristiques :

- l'alcool anisique
- l'acide anisique
- le *para*-anisaldéhyde
- le méthylanisate

L'héliotropine est toujours source de débat quant à sa teneur (Odoux et Grisoni, 2011).

3.2.La vanilline

3.2.1.Un composé non spécifique à la vanille

Ce composé est présent à l'état naturel dans plusieurs végétaux comme les salsifis, la reine des prés, les asperges, les betteraves, l'écorce de tilleul...(Héjal, 2011).

Un prix Nobel fut même attribué en 2007 à Mayo Yamamoto, pour l'extraction de vanilline à partir de bouse de vache (Kumar *et al.*, 2012).

Plusieurs auteurs ont proposé des suggestions afin d'augmenter le taux de vanilline présent dans les gousses. Certaines d'entre elles sont utilisées en Ouganda et par un groupe industriel au Madagascar.

La préparation de purée de « gousses » faciliterait la mise en contact des différents composés utiles à la réaction enzymatique. Cette purée serait de plus chauffée pendant 48h à 50-55°C avec injection d'air puis séchée à 60°C jusqu'à un taux d'humidité inférieur à 80% (Odoux et Grisoni, 2011).

A ce mélange de gousses de vanille mixées, une étude a montré que l'addition d'un extrait d'enzymes de feuilles de thé provoquerait une augmentation du taux de vanilline à 4,2% (Naidu *et al.*, 2012) ! L'extrait de vanille obtenu présenterait même un arôme plus intense et de qualité supérieure.

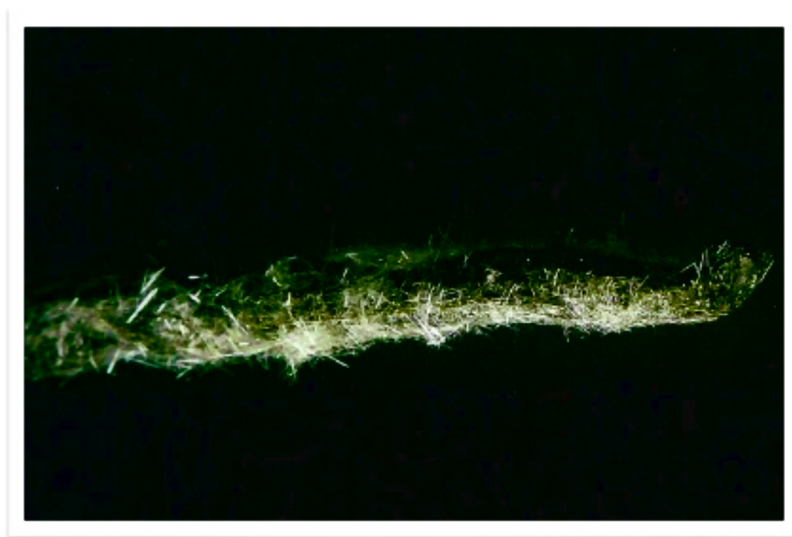
Pour le moment les industriels utilisent le Viscozyme qui est un complexe enzymatique utilisé pour faciliter les extractions à partir de milieu végétal. Celui-ci permet d'obtenir un taux à 2,4% de vanilline (Naidu *et al.*, 2012). De même l'application d'ultrasons sur les capsules vertes augmenterait le taux de vanilline.

3.2.2.Givre sur les capsules

Ce givre est situé plutôt à l'opposé du point d'attache de la « gousse » (Cailler et Pralus, 2008). Il est dû à la cristallisation de la vanilline. C'est un signe de qualité supérieure et de très bonne conservation.

Afin de le distinguer d'éventuelles moisissures il est à noter que la lumière se réfléchit dans les cristaux de vanilline.

Figure 44. Givre en aiguille sur une capsule (Aimar et Meze, 2010)



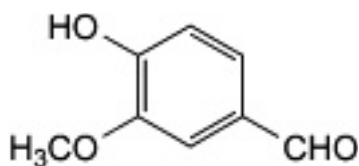
3.2.3. Monographie de la vanilline

Selon la huitième édition de la Pharmacopée Européenne (*Pharmacopée européenne*, 2014) :

La vanilline, ou vanillinum, de formule chimique $C_8H_8O_3$, contient au minimum 99% et au maximum 101% de 4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhyde, calculé par rapport à la substance desséchée.

MR 152,1

Figure 45. Formule chimique de la vanilline (Pharmacopée Européenne, 2014)



Caractères physico-chimiques :

Elle se présente sous forme de poudre cristalline blanche à faiblement jaunâtre ou sous forme d'aiguilles cristallines.

Elle est peu soluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool et dans le méthanol. La vanilline se dissout également dans les solutions diluées d'hydroxydes alcalins.

Concernant le reste de la monographie s'agissant de l'identification, l'essai et le dosage : se référer à l'ANNEXE 3.

Conservation :

A l'abri de la lumière.

3.2.4. Etude toxicologique

Des études de toxicologie ont été effectuées afin de déterminer si la vanilline, devant être administrée à forte dose pour avoir les effets thérapeutiques attendus (comme nous le verrons dans les paragraphes suivants), présente un risque de toxicité.

La vanilline est oxydée dans la partie supérieure du tractus digestif en acide vanillique éliminé par voie urinaire. Pour garantir les qualités de la vanilline plusieurs méthodes sont utilisées afin d'éviter cette oxydation, on retiendra notamment celle consistant à ingérer une prodrogue qui sera alors biotransformée en vanilline évitant l'oxydation de cette dernière (Zhang *et al.*, 2004).

Etude toxicologique chez les animaux

L'étude a été menée sur des rats Sprague–Dawley en 2011 (Ketli *et al.*, 2011). Des administrations à fortes concentrations en vanilline par voie orale et par injection intrapéritonéale (mimant l'effet de la vanilline à forte concentration pouvant être délivrée par

une prodrogue) sont effectuées. La vanilline injectée doit être diluée dans de l'éthanol afin de se dissoudre.

Une injection de 300mg/kg de vanilline, diluée dans une solution d'éthanol à 5%, injectée sur les rats a provoqué deux minutes d'inconscience aux animaux qui reprennent connaissance en environ dix minutes. Cette perte de connaissance a poussé les chercheurs à faire des études approfondies au niveau du sang, du foie, des reins et du cerveau.

- L'administration orale d'une solution à 5% d'éthanol augmente le taux de plaquettes de 63%. Cette augmentation traduit généralement un problème de santé tel qu'une leucémie, une pancréatite aiguë, un infarctus du myocarde... Cependant l'administration orale de cette même solution d'éthanol avec 150mg/kg de vanilline ne provoque qu'une augmentation du taux de plaquettes de 48% et avec 300mg/kg de vanilline le taux de plaquette reste normal. Les chercheurs supposent donc que la vanilline pourrait contrecarrer les effets néfastes de l'éthanol.
- Concernant les tests hépatiques et rénaux, aucune modification significative des différents marqueurs n'a été observée. A part pour les rats ayant subi l'injection de vanilline (à 150 ou 300mg/kg) qui présentent une légère diminution du taux de Gamma-GT. La vanilline n'est donc pas dangereuse pour le foie et les reins.
- Les tests cérébraux montrent une réponse plus importante sur les groupes ayant reçu une injection avec de l'éthanol. Cela suggérerait que l'éthanol est considéré comme un corps étranger que l'organisme essaie de métaboliser. A l'inverse les injections d'éthanol et vanilline présentent des résultats normaux, laissant penser que la vanilline protégerait contre les xénobiotiques. D'autre part la vanilline n'induit pas d'augmentation de gènes responsables de prolifération de cellules ou induisant l'inflammation et la douleur.

La vanilline présente toutefois une toxicité aiguë faible. Les doses létales varient selon l'espèce animale et la voie d'administration.

Ainsi par voie orale les DL50 varient de 1400mg/kg chez le cobaye à 4200mg/kg chez le rat de lignée Sprague Dawley. Par voie intrapéritonéale, la souris (dont d'ailleurs nous n'avons pas les données par voie orale) présente une DL50 à 475mg/kg alors que le cobaye présente une DL50 à 1190mg/kg [30].

Chez le rat une DL50 à 1580 mg/kg est retenue (Jenner *et al*, 1964).

Etude toxicologique chez l'Homme

De plus la vanilline présente pour l'homme une toxicité locale avec un risque sévère d'irritation des yeux [31] imposant aux professionnels travaillant à son contact le port de lunette de sécurité, gants et vêtement de protection. Les mesures d'hygiène doivent être respectées : équipement d'urgence accessible, lavage des mains après contact, ne pas s'alimenter, boire ou fumer dans le laboratoire (ANNEXE 4).

Chez l'homme, toute traduction de toxicité de la vanille est nommée sous le terme général « vanillisme ».

Les planteurs sont souvent sujets au vanillisme qui se traduit par des maux de tête incessants, une certaine lassitude, des troubles de la vision, des troubles gastriques mais surtout des réactions cutanées. Ces éruptions cutanées peuvent aussi survenir sur les muqueuses, elles sont localisées sur la face, le cou, les mains avant de gagner les zones recouvertes (Galliou, 2002).

Ces dermatoses seraient consécutives à la pénétration sous la peau de raphides d'oxalate de calcium contenus dans l'épiderme de la vanille (Botineau, 2010). Avant le malade était couvert de talc et enveloppé dans un drap.

La prévention consiste à porter des gants et des lunettes. Un lavage soigneux des zones exposées doit être effectué à la fin du travail.

Le vanillisme peut aussi survenir après ingestion de préparation à base de vanille. Des vomissements et des diarrhées peuvent survenir au cours de la journée suivante.

Des allergies à la vanille sont également possibles. De plus les personnes allergiques réagissent souvent en allergie croisée aux plantes contenant de l'eugénol (Roguenant *et al.*, 2005).

La vanilline n'est pas classée dangereuse pour l'environnement, elle est facilement biodégradable. Cependant elle présente un risque pour les organismes aquatiques.

La vanilline en tant qu'arôme alimentaire est catégorisée sous le numéro 3107 de la classification FEMA GRAS (Generally Recognized As Safe) (Burdock, 2005).

3.2.5. Synthèse de la vanilline

La vanilline synthétique coûte moins de 15\$ le kilogramme alors que la vanilline naturelle vaut de 1 200 à 1 400\$ le kilogramme.

De plus la demande en vanilline est de 12 000 tonnes par an alors que l'extraction naturelle à partir des gousses ne permet d'obtenir que 120 tonnes par an.

Plusieurs voies de synthèse ont donc été étudiées :

La première synthèse de vanilline fut effectuée en 1876, par Karl Reimer *et al.*, à partir de l'eugénol.

L'eugénol est toujours utilisé comme matière première, dans les techniques de synthèse microbienne, permettant l'autorisation du terme « arôme naturel ».

Dans ce type de synthèse l'acide férulique peut également être utilisé comme matière première.

Ceci permet des synthèses économiquement plus intéressantes que l'extraction à partir des gousses de vanille mais toutefois plus chères que la synthèse purement chimique (Greule *et al.*, 2010).

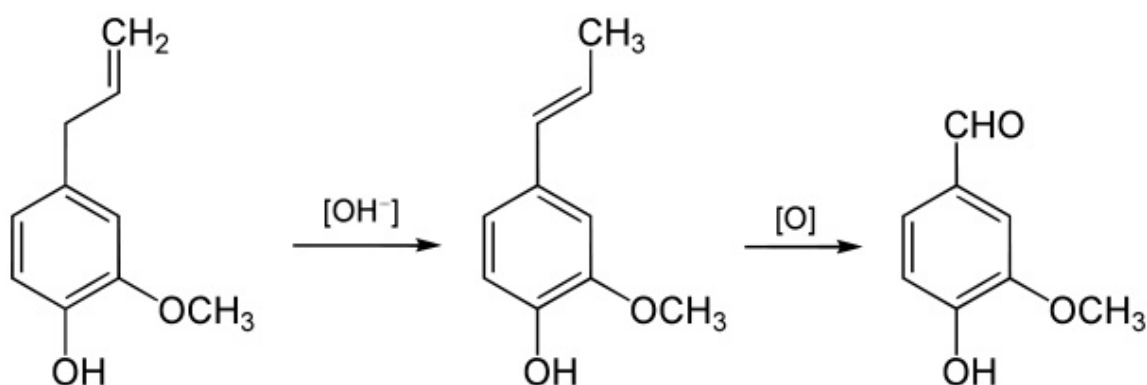
Les synthèses chimiques peuvent être réalisées à partir de la lignine ou du guaiacol.

*** Les synthèses biomimétiques:**

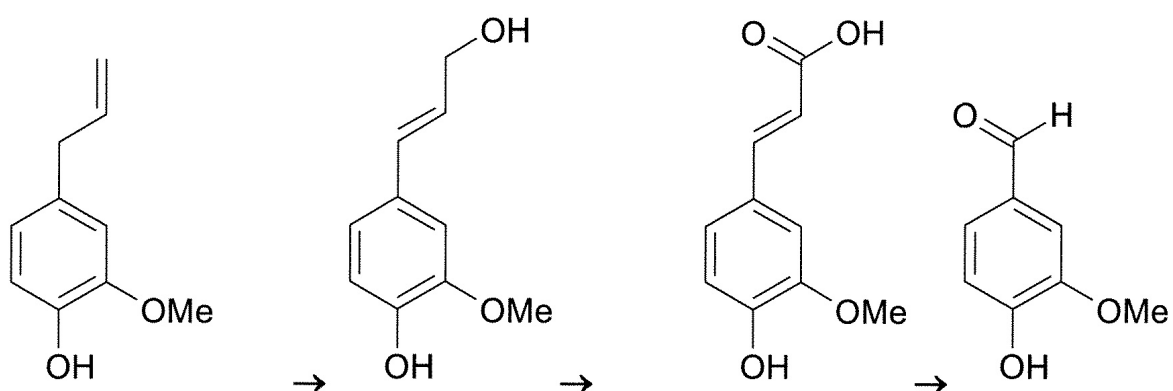
Elles sont effectuées à partir de produits naturels et souvent sous l'action d'agents microbiologiques.

- A partir de l'eugénol, celui-ci est extrait du clou de girofle, de la noix de muscade ou encore de la feuille de cannelle.

Eugénol + Hydroxyde de potassium donne dans le chloroforme la vanilline [21]



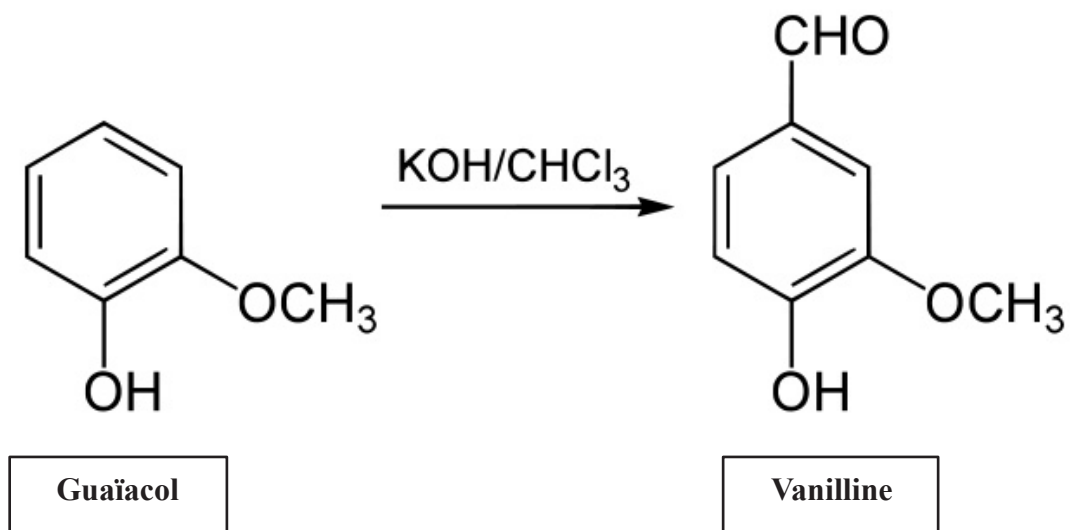
- A partir de l'acide férulique, extrait du riz ou de la betterave [21]



Deux agents fongiques sont souvent utilisés : *Aspergillus niger* et *Pycnoporus cinnabarinus* pour mener à bien ces réactions (Zheng *et al.*, 2007; Lesage-Meessen *et al.*, 1996). *Pseudomonas fluorescens* peut également être utilisé.

*** Les synthèses chimiques :**

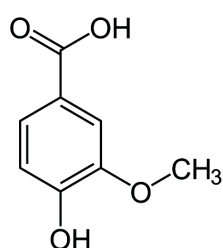
- A partir de la lignine qui est un déchet obtenu en papeterie. La lignine est un polymère complexe qui peut être décomposé par des micro-organismes en monomères dont l'acide férulique.
- A partir du guaïacol, synthétisé lui-même chimiquement. La majorité de la vanilline synthétique est produite ainsi (Kumar *et al.*, 2012) [21].



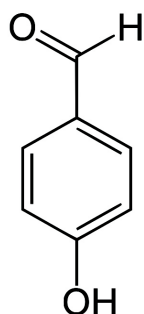
3.2.6. Autres composés contenus dans la « gousse » de vanille préparée

Les principaux autres composés présents au sein de la capsule de vanille après séchage sont l'acide vanillique, le *p*-hydroxybenzaldéhyde et l'acide *p*-hydroxybenzoïque [21].

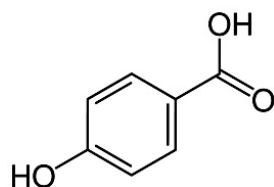
Acide vanillique



p-hydroxybenzaldéhyde



Acide *p*-hydroxybenzoïque



Une étude a été faite sur les composés volatils contenus dans la capsule séchée. Bien que la plupart soit en quantité infime, ils participent à l'arôme de la vanille. Cette étude a permis l'identification des composés suivants présentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Tableau présentant tous les composés volatils présents au sein d'un extrait de « gousses » préparées de *V. planifolia* (Pérez-Silva *et al.*, 2006)

Phénols	<ul style="list-style-type: none"> - guaiacol - 4-méthylguaiacol - phénol - <i>p</i>-crésol - 4-vinylguaiacol - vanillyl méthyl éther - 4-vinylphénol - vanilline - acétovanillone - alcool vanillique - vanilloylméthyl cétone - <i>p</i>-hydroxybenzaldéhyde - alcool <i>p</i>-hydroxybenzylique - acide vanillique - acide <i>p</i>-hydroxybenzoïque
----------------	--

<p style="text-align: center;">Acides aliphatiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - acide acétique - acide propanoïque - acide isobutyrique - acide valérique - acide hexanoïque - acide heptanoïque - acide octanoïque - acide 2-hepténoïque - acide nonanoïque - acide dodécanoïque - acide myristique - acide pentadécanoïque - acide hexadécanoïque - acide 9-hexadécanoïque - acide heptadécanoïque - acide stéarique - acide oléique - acide linoléique
<p style="text-align: center;">Acides aromatiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - acide benzoïque - acide benzène propanoïque - acide cinnamique - acide anisique

Alcools	<ul style="list-style-type: none"> - 1-octen-3-ol - 2,3-butanediol - 1-octanol - 1,2-propanediol - alcool benzylique - 2-phényléthanol - benzène propanol - alcool anisylique - alcool cinnamylique
Aldéhydes	<ul style="list-style-type: none"> - 2-heptenal - (E)-2-décadiène - (E,Z)-2,4-décadiène - (E,E)-2,4-décadiène
Esters	<ul style="list-style-type: none"> - méthylsalicylate - méthylcinnamate - anisylformate - éthyl linoléate
Hydrocarbures	<ul style="list-style-type: none"> - tricosane - pentacosane
Hétérocycles	<ul style="list-style-type: none"> - furfural - gamma-butyrolactone - pantolactone
Cétone	<ul style="list-style-type: none"> - 3-hydroxy-2-butanone

4. Utilisations de la vanille et de ses dérivés

4.1. Utilisations de la vanille

4.1.1. Les différents extraits de la vanille commercialisés

Selon la norme NF T75-006 réglementant les matières premières aromatiques, les différents extraits de plantes sont définis comme tels (ne sont repris que ceux s'appliquant à la vanille) [32] :

- Huile essentielle : produit d'une extraction mécanique (expression) ou entraînement à la vapeur d'eau. Il n'y a pas de mise en oeuvre de solvant autre que l'eau.
- Extrait : extraction au solvant (aqueux ou organique).
- Oléorésine : extraction au solvant organique, à partir de substances végétales fraîches ou sèches, puis élimination du solvant.
- Absolue : extraction éthanolique d'une oléorésine puis élimination de l'éthanol.
- Teinture : macération alcoolique.

4.1.2. Usage dans le domaine médical

4.1.2.1. Utilisations thérapeutiques dans les médecines traditionnelles

Sauf indications contraires, quand nous employons le terme de vanille, il s'agit de l'espèce *Vanilla planifolia*.

En 1571, Francisco Hernandez de Tolède, médecin de Philippe II Roi d'Espagne, après avoir effectué une excursion au Mexique, rapporte dans son « *Rerum medicarum novae hispaniae thesaurus* » que les indigènes apprécient la vanille tant pour son arôme que pour ses qualités thérapeutiques : mixée avec du *Mecaxuchitl* (poivre long d'Amérique) et introduite dans l'utérus elle constituerait un remède contre l'infertilité. La vanille aurait également une action contre les maux de l'estomac et de l'intestin, les poisons et une action sur le rhume. La « gousse » de vanille est également proposée comme un stimulant

de l'appétit. La vanille fluidifierait la sécrétion biliaire (Boullard, 2001). Une décoction de gousses dans l'eau aurait une action diurétique.

Les Aztèques portaient les fleurs ou les « gousses » de vanilliers accompagnées d'autres aromatiques (la cannelle par exemple) autour du cou comme des amulettes (Levi-Strauss, 1952).

La vanille présentait pour les Totonagues une connotation sacrée et religieuse. Les capsules étaient mixées avec du Copal (résine sèche de l'arbre de Copalli présentant une odeur semblable au pin) pour parfumer les temples.

Le liquide des fruits verts quant à lui était utilisé en cataplasme pour faire ressortir le venin des insectes ou pour désinfecter les plaies (Odoux et Grisoni, 2011). Les feuilles fraîches de *Vanilla planifolia* sont toujours appliquées sur les blessures par les communautés de la partie nord du Kibale National Park (Namukobe *et al.*, 2011).

En Nouvelle-Espagne la vanille fut aussi utilisée dans une pommade comme traitement de la syphilis.

La vanille est également employée à l'époque comme aphrodisiaque, remède contre la toux et en traitement des crachats sanglants, des maladies pulmonaires.

Dans la tradition indienne elle est utilisée pour traiter l'hystérie, les rhumatismes et la fièvre (Ngarmsak *et al.*, 2006).

Vanilla madagascariensis est quant à elle toujours considérée comme un aphrodisiaque et un anabolisant (Boullard, 2001).

Le latex des fruits de *Vanilla albida* est toujours utilisé comme tonique pour les cheveux (Hammer et Khoshbakht, 2014).

4.1.2.2. Propriétés attribuées à la vanille une fois rapportée sur notre territoire

En 1694, la vanille entre dans la composition du chocolat, sert à parfumer le tabac et est utilisée comme fortifiant stomacal (Pomet, 1694).

Dans son « Traité universel des drogues simples » en 1714, Nicolas Lemery attribue à la vanille les vertus suivantes : « Elle est cordiale, céphalique, stomacale, carminative, apéritive ; elle atténue les humeurs visqueuses, elle excite l'urine et les mois aux femmes ; elle entre dans la composition du Chocolat, et elle lui donne un grand agrément, tant pour le goût que l'odeur » (Lemery, 1714).

En 1783, dans l'Encyclopédie Méthodique Botanique, Lamarck réitère les propriétés citées par Lemery et ajoute même qu'elle affermit la mémoire. Cependant, il précise qu'elle est peu employée en médecine et est utilisée surtout pour aider à la digestion du Chocolat de santé qui est « pesant et sans attrait » sans vanille. Dans la monographie du cacao en 1827, il est ainsi indiqué que la vanille est mélangée dans le chocolat pour en faciliter la digestion grâce à ses vertus stomachiques et cordiales (Costentin et Delaveau, 2010).

En 1839, Alexis François Aulagnier, membre de l'Académie Française, mentionne l'usage en France de « diabolins ». Ces diabolins étaient alors des pastilles « échauffantes, aphrodisiaques, capables de tenter ». Les plus courantes alors étant constituées de pâte de chocolat aromatisée à la vanille (Aulagnier, 1839).

L'huile de vanille (obtenue par macération des gousses dans de l'huile) était utilisée frottée sur la peau ou sur la chevelure pour la faire briller ; comme assainisseur de l'air ou bien comme parfum de vêtement.

4.1.2.3. Propriétés pharmacologiques de la vanille

L'activité antimicrobienne des extraits de vanille

Les résistances croissantes des bactéries face aux antibiotiques ont suscité l'intérêt des chercheurs pour d'autres molécules. En 2002, une étude américaine s'intéressait à l'activité bactéricide d'une centaine d'huiles essentielles vis à vis de 4 espèces bactériennes :

Campylobacter jejuni, *Escherichia Coli*, *Listeria monocytogenes* (2 sérovars différents) et *Salmonella enterica*. Cette activité bactéricide était quantifiée par une diminution de 50% des colonies de l'échantillon par rapport au témoin. L'étude a été réalisée avec de l'oléorésine de vanille (sans doute *V. planifolia*, étant la plus courante, mais ceci n'est pas précisée dans l'étude...). Les résultats ont montré l'absence d'activité bactéricide évocatrice vis à vis de toutes les espèces bactériennes de l'étude à part *Campylobacter jejuni*. *C. jejuni* étant un bacille Gram négatif tout comme *E. Coli* et *S. Enterica*, l'étude n'explique pas la différence d'effet retrouvé (Friedman *et al.*, 2002).

En 2009, une étude indienne (Shanmugavalli *et al.*, 2009) teste à nouveau les capacités antimicrobiennes d'un extrait de *V. planifolia* sur divers agents bactériens :

- *Escherichia Coli* : bacille Gram négatif aérobic
- *Proteus vulgaris* : bacille Gram négatif
- *Enterobacter aerogenes* : bacille Gram négatif (résistance aux antibiotiques)
- *Pseudomonas aeruginosa* : bacille Gram négatif (résistance aux antibiotiques)
- *Serratia marcescens* : bactérie Gram négatif
- *Salmonella typhi* : entérobactérie à Gram négatif
- *Klebsiella pneumonia* : bactérie à Gram négatif (résistance aux antibiotiques)
- *Bacillus cereus* : bacille Gram positif

Les extraits sont obtenus à partir de 100 grammes de plante sèche sous forme de poudre en distinguant les différentes parties de la plante : racine, feuille, tige et fruit.

4 solvants d'extraction différents sont utilisés : l'eau, l'éthanol, le chloroforme et l'éther de pétrole. Puis les produits obtenus sont concentrés.

La méthode de détermination de l'activité antibactérienne de l'extrait consiste à placer un disque imbibé sur la gélose et après incubation en la mesure du diamètre sans colonie autour de ce disque.

Seuls les résultats concernant les extraits de feuilles et de tiges sont présentés.

Le meilleur degré d'inhibition est obtenu avec le solvant éthanol, puis l'éther de pétrole et enfin le chloroforme. L'extrait aqueux n'a montré aucun effet antibactérien.

La différence de composition obtenue selon les solvants n'est pas recherchée au sein de l'étude. On ne sait donc pas si l'extraction en milieu aqueux contient beaucoup d'éléments hydrosolubles, et donc on ne pourra conclure sur les principes actifs.

L'extrait de feuilles montre un degré d'inhibition plus important que celui de la tige.

Les zones d'inhibition de la croissance des bactéries les plus importantes sont vis à vis d'*E. coli* et *P. vulgaris* : jusque 8 millimètres. Une activité antibactérienne plus modérée vis à vis de *E. aerogenes*, *S. marcescens* et *P. aeruginosa*. Ce résultat n'en est pas moins surprenant car deux de ces espèces présentent de nombreuses résistances aux antibiotiques, donc ce pourrait être une découverte importante.

Les résultats obtenus avec l'extrait de tiges sont inférieurs à ceux obtenus avec un antibiotique classique utilisé comme témoin : le chloramphénicol.

Des études supplémentaires s'avèrent nécessaires pour déterminer les substances et le mécanisme d'action en cause afin de pouvoir développer cette propriété de l'extrait de *V. planifolia*.

En 2006, une étude s'est alors intéressée aux effets des extraits de vanille sur le « quorum sensing » des bactéries. Le quorum sensing est l'ensemble des mécanismes régulateurs contrôlant l'expression coordonnée de certains gènes bactériens. Ceci implique la capacité à communiquer des bactéries par le biais de signaux moléculaires. En réponse à ces signaux les bactéries peuvent s'organiser pour, par exemple, se densifier et former un biofilm ; émettre une luminescence ; se coordonner pour la virulence de certaines espèces pathogènes (Lerosier, 2014).

L'extrait de vanille est réalisé à l'aide d'un mélange d'eau et de méthanol. Les chercheurs ont étudié l'inhibition de la bactérie *Chromobacterium violaceum* productrice de violacéine. Il a été montré que l'extrait de vanille n'impactait pas la croissance de la bactérie donc n'aurait pas d'activité bactéricide. Cependant, la production de violacéine a été réduite, ce qui traduirait une interruption des signaux intervenant dans le quorum

sensing. Les inhibiteurs décrits jusqu'alors appartiennent aux composés furanones cependant l'extrait n'en contient pas. Des études supplémentaires sont nécessaires afin de pouvoir isoler la (ou les) substance(s) ayant occasionné l'inhibition du quorum sensing (Choo *et al.*, 2006). Dans la partie concernant la vanilline, en paragraphe 4.2.1.1, nous étudierons diverses études ayant supposé que celle-ci pouvait être l'inhibiteur en question.

Action sur l'humeur

Les effets d'un arôme ambiant de vanille sur l'humeur, l'éveil et le choix de la nourriture ont été étudiés (de Wijk et Zijlstra, 2012) :

Cette étude a été réalisée sur 22 personnes de 22 à 55 ans. Les résultats ont montré que l'arôme ambiant de vanille n'influçait pas les individus quant à leur choix gustatif. Le seul effet notable serait sur les émotions projetées mais sans plus de précision.

Action sur les prématurés par l'intermédiaire de l'odorat

Durant les deux dernières décennies, Luc Marlier, chercheur au CNRS à Strasbourg, s'est beaucoup intéressé à l'action de la vanille sur les nouveaux-nés notamment les enfants nés prématurément et placés en couveuse. Des études ont montré que les molécules odorantes sont présentes dans le liquide amniotique. Les récepteurs olfactifs du fœtus commencent à être aptes à partir de la quatrième semaine de grossesse.

L'odorat repose sur 4 systèmes :

- le système trigeminal : permettant la sensation de fraîcheur du menthol, le piquant du piment par exemple. Ce système commence à se développer à partir de la quatrième semaine de grossesse.
- le système olfactif principal
- le système voméronasal qui va maturer jusqu'à la 20^{ème} semaine de grossesse.
- le système terminal

Il a été montré que le fœtus pouvait déceler et mémoriser les arômes du liquide amniotique (Marlier, 2009).

Des études sur la sensibilité olfactive de l'enfant prématuré ont été effectuées notamment en utilisant l'arôme de vanille :

- Un foulard odorisé à la vanille est placé près de la tête des enfants prématurés pendant environ 17 heures. Puis il est retiré un peu plus d'un quart d'heure et remis lors d'une ponction sanguine. Par rapport au groupe témoin n'ayant pas été mis en contact préalable avec l'odeur vanillée, les bébés pleurent moins longtemps et manifestent moins de mimiques négatives. Un apprentissage olfactif des enfants prématurés serait donc possible, l'odeur devenue familière par son association antérieure à des conditions peu stressantes permet une atténuation du stress (Marlier *et al.*, 2007).

Dans les couveuses les enfants sont soumis à de nombreux stimuli olfactifs : durant les premiers jours les restes d'odeurs du liquide amniotique et du vernix caseosa ; les odeurs corporelles (glandes sébacées et sudoripares actives dès le premier jour de vie, urines, selles, éructations, régurgitations) ; les odeurs artificielles provenant des produits de soin du bébé, des produits utilisés pour l'hygiène du matériel, des pansements, des sparadraps, des lubrifiants des sondes nasogastriques, du linge, des mains du personnel et des proches...Parfois même les odeurs au sein des couveuses sont jugées irritantes par les adultes ! On peut donc s'interroger sur l'impact de ces nombreuses odeurs sur l'enfant.

Les études précédentes pourraient permettre d'améliorer le confort de l'enfant prématuré en couveuse, de part un effort pour diminuer au maximum les stimuli d'odeurs jugées désagréables, d'autre part l'odeur de vanille placée dans la couveuse, jugée comme agréable, permet une meilleure appréhension des soins : jusqu'alors la succion non nutritive associée ou non au glucose était utilisée, l'enfant pleurant moins, il dépense alors moins d'énergie, ce qui n'est pas négligeable pour les enfants nés avant terme.

Au cours de l'étude précédente de Luc Marlier, l'impact de l'odeur de vanille sur la respiration des enfants prématurés a également été étudié.

- 24 prématurés ont été mis au contact pendant une dizaine de secondes avec deux types de molécules odorantes, ils présentent alors des modifications de leurs fréquences respiratoires. La vanille va augmenter la fréquence respiratoire d'un peu plus de 8 cycles par minute. Alors que l'odeur de beurre rance, apportée par l'acide butyrique, va induire une diminution de la fréquence respiratoire des enfants de près de 12 cycles par minute. Ceci supposerait qu'une augmentation du rythme respiratoire manifesterait la recherche active de l'odeur considérée comme agréable et qu'une diminution montrerait un refus du stimulus. De plus amples études sont cependant nécessaires afin d'opter pour cette conclusion (Marlier *et al.*, 2007).

Cette stimulation de la respiration par l'odeur de vanille pourrait s'avérer salutaire pour la santé des enfants prématurés. En effet, ces enfants sont souvent sujets à des apnées. Les apnées sont définies par un arrêt complet de la respiration pendant 20 secondes ou moins si l'enfant présente une bradycardie ou une hypoxie.

Ces apnées sont à l'heure actuelle traitées par de la théophylline ou de la caféine en première intention, suivie, en seconde intention par le doxapram.

Toutefois ces traitements présentent de nombreux effets indésirables à court terme. L'effet de ceux-ci sur les prématurés au long cours ayant peu été étudié.

La théophylline est susceptible de provoquer notamment les effets indésirables suivants [38] :

- troubles du système nerveux : agitation, convulsion, vertige, nervosité, dyskinésie
- troubles du système immunitaire : bronchospasme, asthme, érythème, prurit, syndrome de Stevens Johnson

La caféine ceux-ci [38] :

- agitation, anxiété
- troubles gastro-intestinaux : nausées, vomissements, diarrhées, ulcérations duodénale et gastrique
- atteinte rénale, polyurie
- troubles cardio-vasculaires : hypertension, palpitations, tachycardie

Le doxapram peut notamment induire les effets indésirables suivants [38]:

- des troubles gastro-intestinaux de type nausées, vomissements, salivation, hyperactivité du côlon
- miction trouble, rétention urinaire
- des troubles du système nerveux : convulsions, hypertonie musculaire, tremblements
- des troubles cardiovasculaires : hypertension, tachycardie, bradycardie
- des troubles respiratoires

L'étude réalisée en 2005, vise à montrer l'effet de l'odeur de vanille, apportée par la vanilline, sur les enfants prématurés. Les enfants étudiés sont ceux sur lesquels la caféine associée au doxapram ne présente pas d'amélioration. Ceux-ci sont mis en présence de l'odeur pendant 24 heures. Les résultats montrent, de par le fait de l'augmentation de la fréquence respiratoire, une diminution de 44% sur les sujets souffrant d'apnée sans bradycardie, de 45% sur les sujets souffrant d'apnée avec une bradycardie sévère. Cependant il n'y a pas de diminution de l'apnée avec bradycardie modérée (Marlier *et al.*, 2005).

L'utilisation de l'odeur de vanille pourrait donc présenter un traitement par stimulation sensorielle, au même titre que (Gaugler *et al.*, 2007) :

- La stimulation tactile diminuant de 35% les épisodes apnéiques.
- L'oscillation douce irrégulière mimant les mouvements in utero, diminuant de 31% les apnées simples et de 46% les apnées avec bradycardie sévère.
- La stimulation auditive : un ours « respirant » avec une respiration calquée sur celle des nouveaux-nés.

Toutefois, le mécanisme d'action de l'odeur de vanille demeure inconnu. Le caractère agréable favorisant le bien-être de l'enfant pourrait être en cause ou des propriétés pharmacologiques de la vanilline. Des études approfondies s'avèrent nécessaires ainsi que des tests cumulant plusieurs méthodes de stimulation sensorielle.

Toutefois cette utilisation d'odeur agréable est utilisée en anesthésie par le biais de masques d'anesthésie parfumés que ce soit pour adulte ou enfant. Cette gamme de masque est disponible chez le fournisseur Intersurgical aux parfums suivants : Cerise, Fraise ou Vanille ; mais aussi pour les adolescents auprès de Linde Healthcare [40].

L'effet aphrodisiaque de la vanille

Depuis la découverte des orchidées, de par la forme de leurs tubercules semblables aux attributs masculins, des propriétés de stimulant du désir sexuel leurs ont été attribuées. L'effet stimulant et aphrodisiaque de *Vanilla planifolia* serait obtenu à partir du fruit (Hossain, 2011). Il s'agirait plus précisément de l'arôme dégagé par la capsule une fois préparée. La vanille serait utilisée dans les parfums et les cosmétiques dans cette optique (Bythrow, 2005).

Les substances aphrodisiaques sont répertoriées en trois catégories (Maskeri *et al.*, 2012) :

- celles donnant un bien-être immédiat induisant un regain d'énergie et donc possiblement de l'appétit sexuel
- des substances ayant un effet physiologique tel que l'augmentation du flux sanguin

- des produits psychologiquement actifs, stimulant les zones cérébrales du désir sexuel (les hormones par exemple).

Peu d'études ont été réalisées afin de prouver ou non le caractère aphrodisiaque de la vanille et s'il est avéré, le mécanisme d'action qui s'y rattache. Le botaniste américain James A. Duke cite encore *Vanilla planifolia*, *Vanilla decaryi* et *Vanilla fragrans* comme aphrodisiaques végétaux (Goetz, 2006).

Le docteur Alan R. Hirsch a déposé en 1999 un brevet dans lequel il considère que certaines odeurs peuvent induire une augmentation du flux sanguin au niveau du pénis afin de traiter l'impuissance. Lors de l'excitation sexuelle le flux sanguin au sein du pénis augmente. L'altération de ce flux de sang est considérée comme la cause organique principale d'impuissance chez l'homme. Hirsch propose donc une méthode non invasive basée sur l'odorat. Plusieurs arômes sont testés. Cette méthode permettrait une augmentation du flux sanguin de 2 à 40% mais nécessite cependant que le patient possède une capacité olfactive normale. Une étude sur 31 hommes a montré que l'arôme induisant quant à lui 40% d'augmentation du flux était un mélange de lavande et de tarte à la citrouille. L'arôme de vanille induirait 9% d'augmentation. Cette excitation par l'intermédiaire d'odorants pourrait s'expliquer selon Hirsch par la réponse conditionnée de Pavlov, rappelant des partenaires sexuels ou de la cuisine [l'étude ayant eu lieu aux Etats-Unis, une telle étude en France où la tarte à la citrouille est peu répandue pourrait en effet sans doute obtenir des résultats différents] ou bien encore par action directe sur le « noyau septal » (Hirsch, 1999).

D'autres chercheurs pensent que le caractère aphrodisiaque de la vanille peut être dû à son constituant aromatique majeur : la vanilline et que celui-ci pourrait agir même par voie orale. Cette étude sera détaillée dans le paragraphe 4.2.1.3.

Le stress oxydant

Le stress oxydant, ou stress oxydatif, est impliqué par les chercheurs dans de nombreuses pathologies. Il serait à l'origine notamment des cancers, de la cataracte, de la sclérose latérale amyotrophique ou maladie de Charcot, du syndrome de détresse respiratoire aigu, de l'œdème pulmonaire, du vieillissement accéléré mais il potentialiserait également l'apparition du diabète, de la maladie d'Alzheimer, des rhumatismes ou encore de maladies cardiovasculaires.

Ce stress oxydant est en fait lié à un excès de production de radicaux libres ou d'espèces réactives. La plupart de ces espèces sont des dérivés de l'oxygène comme l'anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène ou encore l'oxygène singulet.

Sans excès les radicaux libres contribuent au bon fonctionnement de l'organisme. Ils participent, entre autres, au bon fonctionnement d'enzymes, à la défense immunitaire, à la destruction de cellules tumorales, au fonctionnement de certains neurones.

Mais une production excessive peut conduire à la lésion de molécules biologiques : oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides (Favier, 2003).

Depuis quelques années les scientifiques recherchent des substances efficaces comme antioxydant et présentant de moindres effets indésirables.

L'effet antioxydant d'extrait de vanille a donc été étudié à ces fins.

L'extrait est réalisé par une extraction éthanol/eau.

Les composants majoritaires de l'extrait obtenu sont les suivants :

- L'acide vanillique
- L'alcool 4-hydroxybenzylique
- L'alcool 4-hydroxy-3-methoxybenzylique
- La vanilline

Deux méthodes sont utilisées pour visualiser l'effet antioxydant de chacune des molécules : une méthode au β -carotène et une seconde au DPPH. Ces techniques ont montré que les deux alcools cités précédemment présentent un fort pouvoir antioxydant alors que la vanilline et l'acide vanillique inhibent à moins de 50% l'oxydation (Shyamala *et al.*, 2007).

Les études suivantes ont cependant été effectuées sur la vanilline, elles sont explicitées dans le paragraphe 4.2.1.2.

Une étude effectuée sur des mitochondries hépatiques de rats pour montrer l'effet protecteur de la vanilline contre les dommages de l'oxydation sur les membranes cellulaires a mis en évidence que l'effet inhibiteur de l'oxydation était similaire à celui de la vitamine C.

Le mécanisme d'action serait une interférence de la vanilline avec l'oxygène singulet (Kamat *et al.*, 2000).

4.1.2.4. Emplois de la vanille

Utilisation en homéopathie

Les granules homéopathiques de *Vanilla planifolia* aux dosages 2 et 3CH sont utilisés pour ses propriétés sédatives et diurétiques.

Ces granules peuvent être associées dans le cadre d'une recherche d'un effet sédatif avec *Crocus sativus* ou en cas d'insuffisance hépatopancréatique avec *Rumex crispus* (Cintract, 2003).

La dilution 30 CH est quant à elle utilisée dans le cas d'irritation de la peau, caractérisée par une rougeur et des vésicules chez des femmes présentant de l'hyperménorrhée avec excitation sexuelle (Kollistch, 1989).

Utilisation en aromathérapie

- Aphrodisiaque : de l'oléorésine de vanille diluée dans une huile végétale et appliquée au niveau du plexus solaire en cas d'impuissance. L'huile essentielle de vanille est en effet utilisée dans des mélanges aphrodisiaques comme celui-ci par exemple (Keville et Green, 2012) :
 - 4 onces (soit environ 120mL) d'huile d'amande douce
 - 10 gouttes d'huile essentielle de lavande
 - 10 gouttes d'huile essentielle de bois de santal
 - 2 gouttes d'huile essentielle d'ylang-ylang
 - 2 gouttes d'huile essentielle de vanille
 - 1 goutte d'huile essentielle de cannelle
 - 1 goutte d'absolue de jasmin

- Tonique, stimulante, digestive : quelques gouttes d'oléorésine diluées dans un grand volume d'eau.

- Apaisante, relaxante : l'oléorésine de vanille diluée dans un parfum ou un lait corporel pour un usage externe ou en diffusion atmosphérique pour un effet plutôt antidépresseur ou pour réduire l'anxiété. Avant un IRM il a été montré que 63% des personnes ayant respiré une atmosphère dans laquelle est diffusé de la vanille sont moins stressées. Le docteur Festy propose donc de diffuser 1h matin et soir quelques jours avant l'événement stressant quelques gouttes d'absolue de vanille en alternance avec de la lavande vraie (Festy, 2014).

- En cas d'angine : 25 gouttes d'extrait de vanille dilués dans de l'eau à raison de trois fois par jour amélioreraient les symptômes de l'angine.

La teinture de vanille est également utilisée en aromathérapie selon le Docteur Leclerc (Galliou, 2002).

- Comme stimulant gastrique, 20 gouttes avant les deux principaux repas du mélange ci-dessous :
 - Teinture de fève de Saint Ignace 4g
 - Teinture de charbon béni 6g
 - Teinture de vanille 10g

- En cas de bronchite chronique, 2 à 3 cuillères à soupe quotidiennes du mélange :
 - Teinture de safran 2g
 - Teinture d'aunée 3g
 - Teinture de vanille 15g
 - Sirop simple 50g
 - Vin de Samos 150g

- L'Elixir de Garrus est également utilisé comme stimulant digestif, ou comme liqueur de table.

La formule de celui-ci est :

- Safran 0,5g
- Vanille 1g
- Capillaire du Canada 20g
- Sucre blanc 1000g
- Alcoolat de Garrus 1000g
- Eau distillée de fleur d'oranger 200g
- Eau distillée 500g

Ce mélange est laissé macérer pendant 48 heures.

20 à 60 gouttes de ce mélange par jour sont suffisants (Galliou, 2002).

Pour le bien-être du bébé, on peut déposer sur un mouchoir dans son lit ou sur son doudou quelques gouttes d'absolue de vanille (Festy, 2014).

Des patchs à la vanille contre les fringales ?

Lors du 13ème congrès international de diététique ayant eu lieu à Edimbourg en 2000 des patchs à la vanille agissant contre les fringales, notamment celles envers le chocolat, ont été annoncés par la diététicienne de l'hôpital londonien Catherine Collins. Un brevet a été déposé en 2007 concernant des patchs à base de vanilline ou de l'un ses dérivés notamment l'éthylvanilline. Ce patch posé au niveau du décolleté permet par action nasale ou pulmonaire la stimulation, par le principe actif, de l'expression de sérotonine au niveau du système nerveux central. Ceci réduirait les fringales, comme l'étude annoncée sur 150 adultes présentant un IMC compris entre 25 et 27, tend à le prouver. L'inventeur a annoncé une diminution du poids corporel, à partir du 31^{ème} jour de port du patch, de 400 grammes par jour (Hoenzelaer, 2007).

Cependant la société qui a commercialisé ces patchs, Aromacology Patch Company Limited, dirigée par Liz Paul, a été dissoute en 2011.

Quelques spécialités disponibles en officine de ville contenant de la vanille

✿ Laboratoire Pranarôm :

- Absolue de Vanille, obtenue par distillation de l'oléorésine de *Vanilla fragrans* Auct.

Constituant majoritaire : Vanilline

Figure 46. Baume respiratoire de Pranarôm [41]

- Baume respiratoire Pranabébé

Pour le nourrisson et l'enfant à partir de 3 mois.

Une noisette de gel à appliquer sur le thorax et le dos 1 à 2 fois par jour en massant légèrement jusqu'à pénétration complète.

L'arôme de Vanille de Madagascar y est associé pour son effet rassurant sur l'enfant.

Code ACL : 4702561



✿ Sélection Docteur Valnet

- Extrait pur de *Vanilla planifolia*

Certifié obtenu par agriculture biologique, biochimiquement défini.

Code ACL : 7484082

Utilisation pour favoriser l'observance

L'observance peut être favorisée par l'utilisation d'arômes dans les produits pharmaceutiques. L'aromatisation vise surtout deux catégories de personnes : les enfants et les personnes âgées. Elle a pour but d'inciter à la prise du médicament mais sans pour autant susciter à l'avenir d'attirance olfacto-gustative ou de répugnance secondaire.

Dans l'aromatisation pharmaceutique la présence de vanille naturelle est rare de part son coût élevé et son instabilité à forte température.

Selon l'ANSM, les arômes introduits dans les médicaments sont au minimum de qualité alimentaire [33].

Les différentes impressions lors de l'ingestion sont les suivantes :

- notes de tête : les plus fugaces
- notes intermédiaires : plus soutenues, intervention de l'olfaction
- notes de corps : plus denses
- notes de queue : perçues après la déglutition

Les extraits naturels de vanille se situent plutôt en notes de queue (Galliou, 2002).

L'arôme vanille (naturel ou synthétique) est souvent présent dans les produits de régime pour diminuer la frustration des utilisateurs mais aussi dans les compléments alimentaires afin d'en faire accepter le produit.

En annexe 5, sont présentés les différents médicaments contenant de la vanille dans un but d'amélioration de l'observance.

Le flou réglementaire sur les dénominations : arôme, saveur, goût « vanille » ne permet pas d'en savoir précisément le contenu. On ne sait si l'on est face à un extrait naturel de vanille ou un arôme chimique, de la vanilline ou bien même de l'éthylvanilline (Galliou, 2002).

Ce même flou existe que ce soit dans l'aromatisation alimentaire ou pharmaceutique.

En effet concernant l'étiquetage, le professionnel a le choix entre :

- le terme générique « arôme » sans plus de précision
- la description du produit : « arôme vanille »
- ou plus spécifique : « extrait de vanille »

Quelques médicaments à arôme vanille afin d'en améliorer l'observance :

Carbocistéine du laboratoire Biogaran :

Figure 47. Carbocistéine 2% enfants (Lerosier, 2015)



CIP : 3581799

Arôme caramel-vanille contenant de l'extrait de vanille et de la vanilline notamment.

Composition de l'arôme caramel-vanille : Cacao, Raisin, Vanille, Vanilline, Café, Fénugrec, Fève de tonka, Langue de cerf, Acétylméthylcarbinol, Maltol (E636), Diacétyl, Anisique aldéhyde, Gamma nonalactone, Benzoïque aldéhyde, Héliotropine, Caramel de glucose, Saccharose, Fructose, Glucose

Amoxicilline 250mg/5mL du laboratoire EG [38]:

CIP : 9219272

Arôme merise contenant « vanille » : huile essentielle de géranium, aldéhyde benzoïque, vanille, aldéhyde toluïque et autres substances aromatisantes identiques aux naturelles, éthylmaltol et autres substances aromatisantes artificielles, gomme arabique, glucose, sorbitol.

Quelques exemples de compléments alimentaires disponibles en pharmacie :

Nutricia

Figure 48. Fortimel Crème saveur vanille [34]



CIP : 9508349

Dans la composition on retrouve la mention « arôme (vanille) ».

Fresenius Kabi

Figure 49. Fresubin 2kCal Drink vanille [35]



CIP : 9545161

De même c'est la mention arôme vanille que l'on retrouve.

Quelques exemples de produits disponibles en pharmacie pour les enfants :

Picot

Figure 50. Mes Premières Céréales Vanille à partir de 4 mois [36]



CIP : 6178006

Dans cette présentation de farines alimentaires pour nourrissons c'est de l'arôme naturel de vanille que l'on retrouve dans la liste des composants.

Modilac

Figure 51. Mes premières céréales Nuit calme [37]



CIP : 4597377

Les ingrédients mentionnent arôme vanille sans précision supplémentaire.

L'activité de la vanille sur le bien-être

La sensation de plaisir et de bien-être est en particulier due à une neurohormone : la β -endorphine. Celle-ci est sécrétée par les cellules neuronales mais également par les cellules épithéliales.

La synthèse de β -endorphine peut être stimulée par plusieurs facteurs : le sport, les variations de température ainsi que les pressions mécaniques exercées sur la peau (massages par exemple). Plusieurs facteurs vont en diminuer la synthèse comme le vieillissement ou des dysfonctionnements des enzymes métaboliques le plus souvent.

Un brevet français concernant une préparation alimentaire utilisée pour le bien-être, la déprime et même la dépression à base d'extrait huileux de fleur de sel, d'extrait alcoolique de *Vanilla tahitensis* et de *Padina pavonica* a été déposé en 2000. Celle-ci est actuellement commercialisée sous le nom de Cyclotelia du laboratoire Icp-TeXinfine (Serrar et Gutiérrez, 2010).

Figure 52. Cyclotelia 240 mg [39]



Boîte de 60 comprimés

ACL : 4854851

EAN : 3401548548516

Habituellement, la β -endorphine disparaît rapidement sous l'action des enzymes de dégradation, d'où la nécessité de stabiliser cette molécule par une protéoglycane appelée : héparane-sulfate. L'héparane-sulfate sert de réservoir et préserve l'activité de la β -endorphine. L'extrait de fleur de sel enrichi par l'extrait de *Padina pavonica*, va stimuler la synthèse de l'héparane-sulfate.

Sur des cultures de kératinocytes traitées au préalable par l'extrait de fleur de sel, la demi-vie de la β -endorphine est augmentée en présence d'extrait naturel de *Vanilla tahitensis*. Ceci s'explique par la grande homologie de structure de la vanilline avec l'acide vanilmandélique. En effet les catécholamines sont métabolisées par la monoamine oxydase en cet acide.

4.1.2. Parfumerie, Cosmétologie

En 1870, Guerlain innove avec ses « Sapoceti », ce sont en fait des savons à base de blanc de baleine parfumés. L'un des parfums phares était notamment celui à la vanille.

Chez Houbigant à Paris, on proposait 200 produits à odeurs de fleurs, c'est ainsi qu'étaient vendus des gants, des dentelles, des rubans, des pommades, des brillantines parfumées à la vanille (Cailler et Pralus, 2008).

En 1889, Guerlain innove une fois de plus en alliant les odeurs naturelles aux odeurs synthétiques. C'est ainsi qu'est né « Jicky » aux tonalités de lavande et d'héliotrope soutenues par la coumarine et la vanilline (Ghozland et Fernandez, 2010 ; Donzel, 2000).

Les parfums sont divisés en 5 catégories : les ambrés, les chypres, les cuirs, les floraux et les fougères. La vanille est souvent présente dans les ambrés et les floraux.

Un parfum se décompose en plusieurs notes (Donzel, 2000) :

- notes de tête : les premières odeurs volatilisées et inhalées, sont celles que l'on perçoit dès qu'on a débouché le flacon. En général, ce sont les notes des hespéridés.

- notes de cœur (au bout d'une dizaine de minutes) : plus lentes, plus voluptueuses.

Modificateurs qui tempèrent les notes de fond et donnent un arrondi au parfum. Souvent des notes florales.

- notes de fond (au bout d'une demi-heure) : odeurs les plus tenaces et les moins volatiles; lourdes comme les senteurs animales (musc, civette) ou épicées.

La vanille est utilisée comme fixatrice de parfum afin de conserver unies toutes les touches du parfum tout en arrondissant son arôme.

D'après Jean-Claude Ellena, parfumeur chez Hermès, la vanille est animale, cuir, civette et ambre à la fois. Sensuelle et sauvage, elle anime, chauffe et fait vibrer. La vanille de Tahiti est plus fraîche et fleurie, présentant des notes florales pétillantes (Cailler et Pralus, 2008).

La vanilline présente quant à elle des notes de cœur mais aussi parfois de fond (Galliou, 2002).

Quelques parfums contenant de la vanille (Ghozland et Fernandez, 2010) :

- Gaultier 2 (Jean-Paul Gaultier, 2005)
- L'Instant Magic (Guerlain, 2007), première utilisation en parfumerie fine de *Vanilla tahitensis*. Cette vanille est considérée comme plus douce, beaucoup plus florale, moins animale que les autres variétés.
- Shalimar (Guerlain, 1925)
- Divine (Divine, 1986)
- Vivara Variazioni Acqua 330 (Emilio Pucci, 2009)
- Vanille intense (Patricia de Nicolai, 2008)
- One million (Paco Rabanne, 2008)

Figure 53. Shalimar, eau de parfum [42]



Au niveau cosmétologie, c'est surtout l'oléorésine de vanille qui est utilisée. Ce produit est obtenu par concentration de l'extrait de vanille.

C'est un liquide visqueux opaque marron à brun foncé.

Les propriétés cosmétiques qui lui sont attribuées sont les suivantes [47]:

- restructurante, régénérante
- purifiante
- hydratante, nourrissante, adoucissante

Les graines de *Vanilla tahitensis* sont également utilisées en cosmétologie pour leur effet abrasif [43].

D'après le site de l'Observatoire des Cosmétiques l'extrait de capsules de *Vanilla planifolia* est utilisé comme agent d'entretien et de protection de la peau, et comme agent apaisant aidant à diminuer l'inconfort de la peau et/ou du cuir chevelu [44].

On peut citer quelques exemples de cosmétiques disponibles en pharmacie d'officine contenant de l'extrait de vanille.

Darphin

Figure 54. Huile revitalisante [45]



Ce cosmétique comporte de l'absolue de vanille.

CIP : 6067206

Le Comptoir du Bain

Figure 55. Le Bain Moussant Vanille Epicée [46]



CIP : 5124072

Sa composition renferme de l'extrait de *Vanilla planifolia*.

4.1.3. Alimentaire

Evidemment l'utilisation dont nous sommes la plus familière de la vanille réside dans l'alimentation !

Dès la fin du 17^{ème} siècle, la vanille sera utilisée en Europe comme arôme des boissons et sorbets (Hélal, 2011).

De nos jours amateurs comme professionnels usent et abusent de la vanille.

Les gousses de vanille rivalisent en intensité avec le safran et en complexité aromatique avec la cardamome (Charles, 2013).

La qualité

Le label vanille Bourbon (l'île Bourbon, ancien nom de La Réunion)

Sous ce label créé en 1964 sont regroupés les vanilles provenant de La Réunion mais aussi des îles Comores, des Seychelles et de l'île de Madagascar.

Les différences d'arômes selon la provenance

La vanille Bourbon possède un arôme très riche, doux, semblable au tabac, quelque peu boisé et animal, avec un fond au caractère balsamique, une note de corps douce et épicée mais l'arôme de la vanilline n'y est pas très puissant. A part sur les gousses très humides qui possèdent un caractère en vanilline plus fort.

La vanille Mexicaine possède un arôme plus acerbe et âcre que la vanille Bourbon.

La vanille de Java présente une saveur plus boisée.

La vanille en provenance d'Asie est légèrement plus amère, avec un goût faisant penser au pruneau [47].

Quant à l'espèce *Vanilla tahitiensis*, elle ne présente pas d'arôme semblable au tabac ni d'aspect boisé ou animal, seule est présente la saveur douce.

La vanille de Guadeloupe, *Vanilla pompona*, présente une saveur anisée (Charles, 2013) aux notes amandées, poudrées voire d'acacia et de lilas s'accordant bien aux aromatisations des cigares (Cailler et Pralus, 2008).

Les différentes formes d'utilisation :

La vanille est la deuxième épice la plus chère au monde après le safran.

Le prix du kilogramme des gousses oscille entre 200 et 700\$.

Que choisir parmi les différentes formes de produits commerciaux ?

Les « gousses » entières

Il faut avant tout savoir que plus une capsule de vanille sera longue plus sa valeur sera importante, car plus riche en vanilline.

Les fruits de plus de 18 centimètres possibles à trouver en épicerie fine ou auprès de producteurs seront donc à privilégier.

Les « gousses » doivent être souples et huileuses.

Ne pas choisir de vanille présentant des filets rougeâtres qui témoignent d'une mauvaise préparation ou de conditionnement, ou encore de fruits récoltés avant la phase de maturité.

Lorsque le givre apparaît sur la gousse, on dit que la vanille sublime, elle sera alors de qualité optimale.

Pour une conservation optimale la vanille doit être conservée dans des tubes en verre étanches (proscrire les bouchons de liège qui favorisent le développement des moisissures).

L'extrait

Il est obtenu à partir de gousses broyées, infusées dans de l'alcool à 55°, puis rincées à plusieurs reprises dans des bains d'alcool de titres inférieurs. Elles sont enfin chauffées et distillées.

Afin de réaliser 1 kg de concentré, 2 kg de gousses auront été utilisées.

L'extrait de vanille se présente sous forme d'un liquide sirupeux de couleur brune à l'odeur intense et suave de vanille.

Le concentré de vanille alors obtenu est dilué avec un sirop de sucre, plus il est pur plus il est foncé. Cependant l'ajout de caramel est autorisé !

En moyenne les extraits utilisés :

- par les pâtisseries 200g de gousses / kg
- par les restaurants : 160g de gousses / kg
- vendus en moyennes et grandes surfaces : 40 à 60g de gousses / kg

L'extrait peut être conservé 6 mois à l'abri de la chaleur et de la lumière.

Cet extrait est également utilisé dans les produits cosmétiques à raison de 1 à 2% dans les produits types gels, émulsions ; de 2 à 5% dans les produits types lotions, eaux de toilette [43].

La poudre

Le taux minimum légal de vanilline contenu dans le produit vendu sous la dénomination de poudre de vanille est de 2%.

On considère que 2 à 2,5 grammes de poudre serait l'équivalent d'une gousse sèche entière.

Le sucre vanillé

C'est un mélange de 2/3 de sucre pour 1/3 de poudre de vanille.

Au minimum, le produit doit contenir 40g de gousses par kilogramme de sucre.

De microparticules d'absolue de vanille peuvent être atomisées sur du sucre.

A ne pas confondre avec le sucre vanilliné !

Le sucre vanilliné est en effet un mélange de saccharose, de vanilline ou encore d'éthylvanilline.

La vanille est fortement utilisée dans l'industrie alimentaire que ce soit comme exhausteur pour le vin, les liqueurs, le thé, le chocolat, dans les bonbons ou encore les pâtisseries. Quelques grands chefs cuisiniers utilisent la vanille au sein de plats salés...

Les industries cherchent donc des techniques pour avoir une saveur résiduelle plus grande ainsi qu'une thermostabilité plus importante. La technologie de la microencapsulation de l'huile de vanille extraite des fruits permettrait ceci (Yang *et al.*, 2014).

La réglementation concernant l'étiquetage des produits alimentaires

Sont exclus de la réglementation des arômes : les aromates, épices et fines herbes. Mais l'extrait de vanille est considéré comme une préparation aromatisante : c'est un mélange de molécules obtenues à partir de matières premières naturelles d'origine végétale ou animale

par des procédés physiques d'isolement ou des procédés biotechnologiques c'est à dire la mise en oeuvre d'enzymes ou de fermentations microbiennes.

6 catégories d'aromatisants sont définies :

- préparations aromatisantes
- substances aromatisantes
 - naturelles
 - identiques aux naturelles
 - artificielles
- arômes de transformation
- arômes de fumée

Les arômes obtenus par voie biotechnologique doivent apporter la preuve de leur innocuité [32].

L'éthylvanilline est en général utilisée comme exhausteur de goût quand le produit contient déjà de la vanilline.

Tableau 8. Représentations graphiques autorisées selon le type d'arôme [48]

Composition de l'arôme	Dénomination de vente de l'arôme	Dénomination de vente du produit aromatisé	Mention de l'arôme dans la liste des ingrédients	Représentation graphique de la plante ou d'une partie de la plante
Gousse de vanille ou extrait pur de vanille	Gousse de vanille ou extrait pur de vanille	A la vanille	Gousse de vanille ou extrait pur de vanille	OUI
Mélange d'extrait(s) pur(s) de vanille et d'autres extraits de sources végétales ou animales autorisées	Mélange d'extrait(s) de vanille et d'autres extraits	A la vanille	Gousse de vanille ou extrait pur de vanille et autres extraits	OUI
Mélange d'extraits purs de vanille, d'autres sources végétales ou animales autorisées et de substances identiques aux naturelles	Arôme vanille-vanilline et autres arômes (Arôme renforcé vanille)	Goût vanille	Extrait de vanille, vanilline et autres arômes	NON (mais symbolique possible à condition qu'elle ne porte pas à confusion avec les produits à la vanille)
Substances identiques aux naturelles	Vanilline et autres arômes	Vanilline	Arômes : Vanilline et autres arômes	NON
Présence d'une ou plusieurs substances artificielles (non identiques aux naturelles)	Arôme(s) artificiel(s)	Arôme artificiel vanille	Arôme(s) artificiel(s) (éthyl-vanilline)	NON

4.2. Utilisations de la vanilline

4.2.1. Propriétés pharmacologiques

4.2.1.1. Effet antimicrobien

L'effet de la vanilline sur les moisissures et les levures occasionnant la détérioration des fruits a beaucoup été étudié ces deux dernières décennies. La demande en produits naturels du consommateur ne cessant de croître, les industries agroalimentaires se tournent de plus en plus vers des méthodes de conservation plus naturelles, ne dénaturant pas ou peu le produit initial.

L'effet protecteur de différentes épices réputées comme antimicrobiennes (cannelle, clou de girofle, menthe...) et produits naturels comme la vanilline, a été considéré sur des fruits épluchés et coupés (banane, pomme, poire, prune).

Les résultats indiquent qu'effectivement la vanilline à pH acide 3,5 (équivalent au pH naturel du fruit) serait antimycotique mais à très forte dose : une dose de 2 000 ppm serait nécessaire pour qu'il n'y ait plus aucune croissance d'observée pendant 40 jours. Les doses de vanilline nécessaires seraient différentes selon le fruit, les interférences dues aux lipides et protéines étant possibles (Cerrutti et Alzamora, 1996).

Une étude a montré l'effet synergique du pH et de la vanilline, l'inhibition de croissance étant meilleure à pH 3,5 pour une dose de 2 000 ppm de vanilline. Ce phénomène pouvant être dû à la dénaturation des enzymes responsables de la germination des spores ou simplement une interférence avec les acides aminés impliqués dans cette germination (Lopez-Malo *et al.*, 1998).

Une recherche sur les levures impliquées dans la détérioration de la nourriture, a montré que la vanilline était bioconvertie en acide vanillique et en alcool vanillyl pendant la croissance cellulaire des levures. Ces composés ne possèdent pas d'activité antimicrobienne propre. Plus la concentration en vanilline est importante moins celle-ci est bioconvertie. Il est supposé qu'un taux important de vanilline inhibe sa bioconversion et que cette activité requerrait des cellules intactes du point de vue de ses capacités métaboliques (Fitzgerald *et al.*, 2003).

En 2006, l'activité antimicrobienne de la vanilline est testée en plus de son activité antimycotique. Les concentrations minimales inhibitrices varient selon les espèces mais sont comprises entre 6 et 18 mM. L'inhibition serait due à une atteinte de l'intégrité de la membrane cytoplasmique ce qui occasionnerait une perte du gradient ionique, de l'homéostasie du pH et/ou une inhibition de l'activité respiratoire (Rupasinghe *et al.*, 2006). Ces études ayant pour but l'utilisation à des fins commerciales sur la nourriture comme les fruits en tranches, par exemple concernant la firme NaturalSeal ayant déposé le brevet. La société souhaitant pouvoir présenter à leurs consommateurs des pommes en tranches ayant conservé leurs qualités organoleptiques et dépourvues de microbes néfastes pendant 21 jours après leur préparation.

Les études ont montré que 19 jours à 28-30°C après, l'inhibition de la croissance des microbes allait de 37 à 66% selon l'espèce de la pomme (différence de pH, de minéraux, de glucides). Cela n'est certes pas parfait mais présente une alternative au chauffage, par exemple, intéressante. Toutefois, les qualités organoleptiques n'ont pas été testées lors de cette étude (Rupasinghe *et al.*, 2006).

L'élimination des micro-organismes de la nourriture peut aussi se faire par l'utilisation d'ultrasons. Ceux-ci agiraient par effet mécanique créant un cisaillement important et répétitif au niveau de la cellule. Cependant cette méthode doit être utilisée en combinaison avec une autre [49].

C'est ce que proposait en 2010 l'équipe de Gabriela G. Gastéllum. En effet, afin d'éliminer la bactérie du genre *Listeria* des jus de fruits, l'étude propose de remplacer le chauffage, dénaturant la boisson tant au niveau nutritionnel mais aussi organoleptique (comme la couleur par exemple), par une utilisation combinée des ultrasons et de la vanilline ou encore un chauffage très modéré associé aux deux autres méthodes. Ceci permettrait un chauffage à 45-55°C et un taux de vanilline à 1,1mg/kg. La vanilline étant reconnue par les études toxicologiques comme saine pour la santé humaine et présentant une saveur agréable apparaît en effet comme un antimicrobien naturel de choix. Afin de pouvoir adapter ce processus au niveau industriel d'autres études restent à pourvoir (Gastéllum *et al.*, 2010).

Des recherches sur le possible effet inhibiteur de la vanilline sur le « quorum sensing » sont également effectuées. En effet le « quorum sensing » des bactéries va faciliter la formation de biofilm. Le biofilm est un ensemble de cellules bactériennes le plus souvent (mais on retrouve aussi des virus, des algues et des champignons) associées entre elles, adhérant aux surfaces, incluses dans une matrice constituée d'exopolysaccharides bactériens, de matières organiques et non organiques ainsi que de macromolécules du milieu environnant qui s'y trouvent piégées. Ces biofilms sont sources de problèmes au niveau de l'industrie agroalimentaire et surtout au niveau médical étant à l'origine de 65% des infections bactériennes. Notamment concernant les membranes qui servent à filtrer l'eau et qui se trouvent contaminées et obstruées rapidement.

En 2009, il a été montré que 46,3% du biofilm sur une surface en polystyrène d'une membrane d'osmose inverse était inhibé par la vanilline (Ponnusamy *et al.*, 2009). Une autre étude sur plusieurs types de membranes : osmose inverse, microfiltration et ultrafiltration a été réalisée. Elle a montré que la vanilline inhibait la formation du biofilm sur la plupart des membranes testées. Le maximum d'inhibition étant obtenu pour la membrane d'osmose inverse en acétate de cellulose. La vanilline présenterait donc un effet inhibiteur dans l'adhérence des cellules et la croissance du biofilm. Le mécanisme d'action est encore inconnu : la vanilline interférerait peut être avec les nutriments ou changerait la charge ionique des surfaces (Ponnusamy *et al.*, 2013).

4.2.1.2. Effet antioxydant de la vanilline

Bien que l'effet antioxydant de la vanille, comme écrit précédemment, ne soit apparemment pas dû majoritairement à la vanilline, certaines études ont quand même été effectuées afin d'en prouver son caractère antioxydant. Ainsi la vanilline présenterait un effet protecteur contre l'oxydation des protéines et la peroxydation des lipides (Charles, 2013).

4.2.1.3. Effet protecteur vis à vis des agents mutagènes

Une étude a montré que la vanilline favoriserait la réparation des erreurs de combinaison dans des essais de mutagenèse sur des cellules bactériennes (Ohta *et al.*, 1986). Quelques années plus tard il a été démontré son effet antimutagène sur des cellules de mammifères (des souris plus précisément) *in vitro* mais aussi *in vivo* à partir de 250 mg/kg de poids (Imanishi *et al.*, 1990). Un effet protecteur vis à vis des radiations a été montré également (Keshava *et al.*, 1998). Plusieurs études ont tenté de percer le mystère du mécanisme de la vanilline : la vanilline induirait une augmentation de la production de plusieurs facteurs de croissance possédant une activité anti-inflammatoire et agirait en diminuant la production de cytokines pro-inflammatoires. La vanilline pourrait modifier l'expression de certains gènes intervenant dans les processus cellulaires (Lee *et al.*, 2014; Ketli *et al.*, 2009). La vanilline pourrait donc devenir un agent important dans la prévention de certains cancers.

Cependant quelques études contradictoires tendent à montrer que la vanilline serait même un comutagène (Ho *et al.*, 2012).

4.2.1.4. Effet aphrodisiaque de la vanilline (Maskeri et al., 2012)

Une étude a été menée sur des rats mâles albinos Wistar à l'Université de Manipal en Inde. L'évaluation est pratiquée sur 24 rats répartis en quatre groupes. Des doses de vanilline croissante : 100, 200 et 400mg/kg/jour sont administrées oralement. Le quatrième groupe reçoit en témoin de la Gomme d'Acacia à 10mg/kg uniquement.

Les comportements sexuels sont alors observés en présence de femelles pendant les 3 heures suivant l'administration. Les rats traités par 200 mg/kg de vanilline présentent en effet des signes évocateurs (diminution de l'intervalle entre les éjaculations, augmentation de la demande) mais aucun changement significatif du taux sérique de testostérone, comme d'autres plantes l'ont induit. Les chercheurs concluent donc aux propriétés aphrodisiaques pour des doses de 200 mg/kg mais que d'autres études sont nécessaires afin d'en déterminer le mécanisme d'action.

4.2.1.5. Action sur l'épilepsie

Une étude de la fin du 20^{ème} siècle annonce la vanilline comme sédatrice, calmante sur les mammifères, relaxant musculaire et même anticonvulsivant (Abraham *et al.*, 1997).

L'action antiépileptique de la vanilline serait utilisée en Chine où l'on vendrait des « Vanillin tablet ».

Cette utilisation vient de la médecine traditionnelle chinoise avec l'emploi de *Tianma* qui n'est autre qu'un extrait de rhizome d'une orchidée *Gastrodia elata*.

La pharmacopée chinoise le présente comme anticonvulsivant ; analgésique ; sédatif sur les vertiges, la paralysie générale, l'épilepsie et enfin le tétanos.

Cet extrait est constitué de plusieurs composés dont la gastrodine, le gastradioside, la vanilline, celle-ci étant le composant actif majoritaire.

Le mécanisme d'action serait via les récepteurs GABA soit par l'inhibition des enzymes de dégradation du GABA soit par le biais des récepteurs GABA_A aux benzodiazépines (Fenglai, 2015).

4.2.1.6. Inhibiteur d'acétylcholinestérase

Un extrait de gousses de *V. planifolia* a montré un effet inhibiteur d'acétylcholinestérase dû surtout aux composés phénoliques qui le composent dont la vanilline. De même que certains traitements actuels contre la maladie d'Alzheimer sont issus des plantes : la galantamine de *Galanthus nivalis* par exemple, la vanilline contrairement aux autres traitements, ne présenterait pas d'effets indésirables (Kundu A. et Mitra A., 2013).

4.2.1.7. Action de la vanilline dans la drépanocytose

La drépanocytose est une maladie autosomique récessive touchant 1 Afro-Américain sur 655. Cette maladie est due à la présence d'un allèle anormal au sein du génome de l'individu conduisant à la production d'hémoglobine anormale. En effet, l'hémoglobine saine est une protéine constituée de 4 chaînes polypeptidiques insérant en son sein un

pigment : l'hème. Ces 4 chaînes sont constituées par 2 chaînes α et 2 chaînes β . Dans la drépanocytose, un acide aminé de la chaîne β en position 6, est substitué par un autre. La valine de charge neutre prend alors la place de l'acide glutamique chargé négativement. Ceci implique de nombreuses modifications de formes structurales notamment. La protéine ne prend alors plus en charge le dioxygène. L'hémoglobine va se polymériser et donner naissance à des globules rouges rigides qui vont avoir tendance à boucher les petits vaisseaux sanguins, empêchant le flux d'oxygène via les hémoglobines saines provoquant alors l'endommagement des tissus.

Actuellement il n'y a pas de traitement spécifique existant. L'hydroxyurée reste le traitement de choix. Elle provoque l'augmentation d'expression de l'hémoglobine fœtale diluant ainsi la quantité d'hémoglobine HbS diminuant la tendance à sa polymérisation. Mais tous les patients ne sont pas répondeurs à cette molécule, certains sont intolérants face aux nombreux effets indésirables, et surtout la molécule d'hydroxyurée s'avérerait potentiellement tératogène.

Les scientifiques sont donc à la recherche de molécules efficaces mais induisant le moins de toxicité possible. En effet la quantité nécessaire pour interagir avec toute l'hémoglobine du corps est importante.

Plusieurs aldéhydes aromatiques ont été testés. La vanilline, malgré son action *in vitro* modérée, fut retenue de par sa faible toxicité.

Il a été observé *in vitro* que la vanilline se fixait via une histidine de la chaîne α en position 103 de manière covalente à l'hémoglobine et qu'elle en augmenterait l'affinité pour l'oxygène. Son mécanisme d'action serait double (Abraham *et al.*, 1991) :

- La vanilline induit le décalage de la courbe d'équilibre d'oxygène vers la gauche augmentant la solubilité des molécules.
- Elle agit de manière stéréospécifique pour inhiber la formation de polymère des hémoglobines HbS non oxygénées.

Des recherches très récentes ont montré que la molécule utile pour le traitement de la drépanocytose était l'*ortho*-vanilline (Hannemann *et al.*, 2014).

Cet isomère interférerait, en plus des propriétés déjà citées ci-dessus, dans la perméabilité des globules rouges, empêchant leur déshydratation. En effet des troubles de transport de cations participent à la pathogénicité de la maladie. L'*ortho*-vanilline inhibe le passage des cations principaux contribuant à la déshydratation de l'hémoglobine HbS en inhibant le cotransport K/Cl et le canal Ca^{2+}K^+ dépendant. Elle inhibe aussi la pompe à protons Na^+/K^+ mais cela n'intervient *a priori* pas dans la maladie. Par contre cette molécule inhibe une troisième voie impliquée dans la drépanocytose : P_{sickle} .

La diminution en perte de cation maintient l'hydratation du globule rouge et diminue ainsi la concentration en HbS évitant sa polymérisation. L'inhibition des transporteurs ne s'avère pas non spécifique, comme il a pu être montré pour des esters de benzylphénylalanine agissant par déstabilisation de la membrane et bloquant les canaux, car la *para*-vanilline ne présente pas cette propriété inhibitrice des canaux.

4.2.1.8. Effet sur les adipocytes

La vanilline pourrait induire la différenciation de préadipocytes chez les souris sous stimulation par insuline (Nidhina *et al.*, 2011) mais des recherches supplémentaires s'avèrent nécessaires afin de pouvoir l'affirmer.

4.2.2. Usages dans l'alimentation et en parfumerie

La vanilline (naturelle ou de synthèse) est utilisée généralement en substitut de l'extrait de vanille pour des raisons économiques. Cependant ceci ne permet pas d'obtenir toutes les nuances propres aux extraits que ce soit au niveau du goût ou de l'arôme.

4.3. L'éthylvanilline

4.3.1. Description physique et chimique

Synonymes : 4-hydroxy-3-éthoxybenzaldéhyde, 3-éthoxy-4-hydroxybenzaldéhyde

Formule chimique : C₉H₁₀O₃

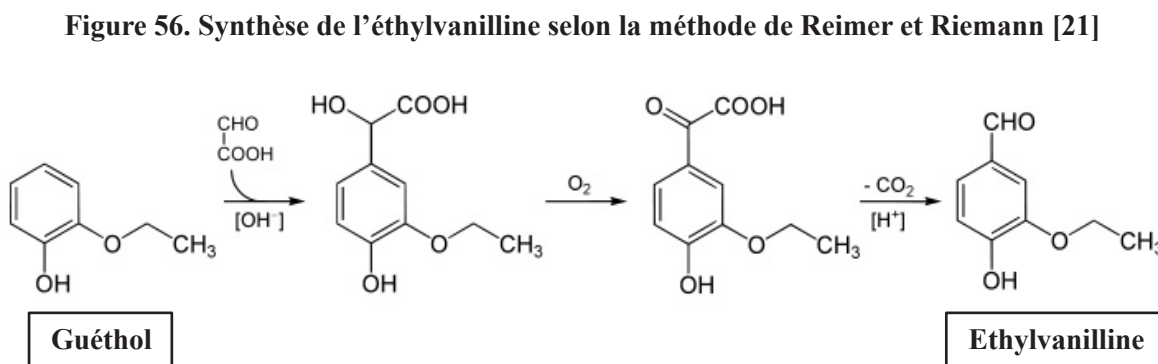
L'éthylvanilline se présente sous la forme d'une poudre cristalline blanche à odeur de vanille.

Elle est peu soluble dans l'eau.

Présente un point de fusion à 77,5°C et un point d'ébullition à 285°C.

Ce produit est sensible à la lumière et à la chaleur.

L'éthylvanilline est obtenue par synthèse chimique selon la méthode de Reimer et Tiemann en remplaçant le guaïacol par du guéthol (Galliou, 2002).



4.3.2. Etude toxicologique

La DL₅₀ chez la souris par voie IV concernant l'éthylvanilline est de 0,75 g/kg, la DL₅₀ chez le rat par voie orale 1,59 g/kg et par voie sous-cutanée 3,5 à 4,0 g/kg (Galliou, 2002).

La FAO recommande donc une dose journalière d'éthylvanilline de 5 mg/kg de poids (Galliou, 2002).

Un seul cas d'allergie à l'éthylvanilline a été reporté. Cette observation a été faite sur une adolescente de 14 ans. Les symptômes qu'elle a présentés à chaque ingestion d'éthylvanilline sont des réactions sévères à type d'angiooedèmes, d'œdème du visage, de gênes respiratoires. Les tests cutanés avec la vanille et la vanilline se sont avérés négatifs (Chevallier *et al.*, 2013).

Chez l'animal en ingestion à forte dose de manière chronique l'éthylvanilline pourrait induire des troubles de la croissance, des atteintes cardiaques, rénales, pulmonaires, stomacales ou encore hépatiques [47].

4.3.3. Utilisation alimentaire

Ne pouvant par aucune voie de synthèse être appelée d'origine « naturelle », l'éthylvanilline est de moins en moins employée de par son aspect « artificiel » auprès du consommateur.

4.4. L'acide vanillique

L'acide vanillique présente un effet inhibiteur contre l'apoptose des cellules impliquées dans la glycation intracellulaire induisant un effet cytoprotecteur. En effet la glycation est une source majeure d'espèces oxygénées réactives. Ainsi l'acide vanillique pourrait prévenir le développement de la neuropathie diabétique (Huang *et al.*, 2008).

L'acide vanillique pourrait également avoir un effet préventif vis à vis de l'infarctus du myocarde diminuant la zone infectée (Prince *et al.*, 2011).

4.5. Le cyclovalone

Le cyclovalone est un dérivé de la vanilline utilisé dans les troubles dyspeptiques de l'enfant.

Il était commercialisé comme médicament depuis 1960 par le laboratoire Tradipharm sous le nom de Vanilone Infantile.

Figure 57. Vanilone infantile [50]



Il se présente sous forme de granulés à croquer ou à mélanger dans le lait des biberons.

C'est un cholérétique non soumis à prescription médicale.

Code CIP13 : 3400931113904

Code CIP7 : 3111390

Non pris en charge par la Sécurité Sociale.

Composition :

- 33mg de cyclovalone pour 5g
- excipients : éthylvanilline, saccharose

Posologie : 1 cuillère à café 2 à 3 fois par jour

Contre-indications absolues :

- Insuffisance hépatique sévère
- Obstruction des voies biliaires
- Hypersensibilité au cyclovalone ou à l'un des excipients

Utilisation déconseillée en cas d'intolérance au fructose, de syndrome de malabsorption du glucose et du galactose ou un déficit en sucrase / isomaltase.

De même l'utilisation du Vanilone est déconseillée au cours de la grossesse ou l'allaitement faute d'information.

Effet indésirable :

- Diarrhée

Il est maintenant commercialisé comme complément alimentaire à base d'aubier de tilleul et de camomille avec arôme vanille.

Code CIP : 3401581479556

Figure 58. Formule chimique du cyclovalone [51]

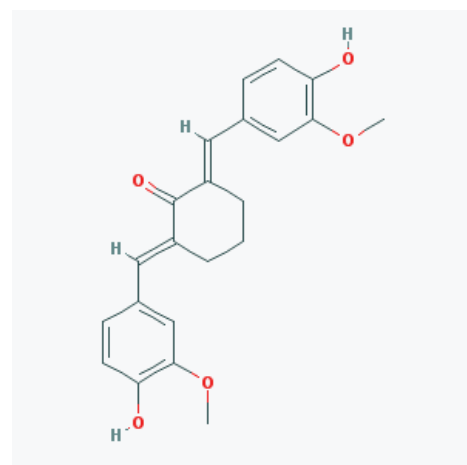


Figure 59. Vanilone



4.6. MX-1520, un espoir dans le traitement de la drépanocytose

Les études concernant la vanilline vis à vis de son action possible dans le traitement de la drépanocytose étaient réalisées *in vitro*.

Précédemment il a été notifié que la vanilline était dégradée en haut du tractus digestif en acide vanillique lorsqu'elle était administrée par voie orale. Afin de pallier cette dégradation, le laboratoire américain Medinox étudie actuellement une prodrogue, dérivée de la vanilline mais dont la formule chimique n'a pas été communiquée : le MX-1520. Cette prodrogue est biotransformée à l'intérieur de l'organisme en vanilline (Zhang *et al.*, 2004).

L'étude *in vivo* réalisée sur des souris transgéniques atteintes d'un syndrome de falciformation a montré lors de l'administration du MX-1520, par voie orale aux doses de 137,5 à 275 mg/kg, une diminution du pourcentage de cellules falciformes dans le sang.

Il a également été montré qu'une administration par voie intrapéritonéale ne nécessitait qu'une dose de 7 mg/kg pour le même effet.

Des études sont encore en cours, évoquant une prodrogue mieux protégée au regard de l'estomac et de l'intestin.

Le laboratoire indique sur son site internet qu'il en est toujours au stade préclinique.

CONCLUSION

Le genre *Vanilla* regroupe plus d'une centaine d'espèces de vanilles. La vanille la plus utilisée, et donc par conséquence la plus cultivée, est *Vanilla planifolia* suivie de loin par *Vanilla pompona* et *Vanilla tahitensis*.

Le fruit du vanillier, improprement nommé « gousse » est en fait une capsule. A travers les siècles, l'utilisation des capsules de vanille s'est répandue jusqu'à devenir très populaire. La vanille est aujourd'hui l'une des épices les plus utilisées.

Cette épice telle que nous la connaissons, doit subir maintes étapes de préparation afin de développer son arôme si particulier.

De par son utilisation fréquente, la vanille a été considérée comme non dangereuse pour la santé. Les scientifiques se sont alors intéressés à ses possibles propriétés pharmacologiques. En effet, la vanille présentant une toxicité faible à forte dose ingérée, pourrait s'avérer d'une importance capitale pour notre santé.

Pourtant, malgré cela, peu de médicaments issus de la vanille ont, à ce jour, été commercialisés.

Toutefois, la vanille trouve davantage d'utilisations dans les domaines de l'aromathérapie et de l'aromatisation. La vanille est un arôme utilisé dans les médicaments, les compléments alimentaires et surtout dans l'alimentation. Son odeur est utilisée dans de nombreux cosmétiques et parfums.

De cette épice, les chercheurs ont essayé d'extraire des principes actifs. Leur choix s'est porté principalement sur son composant aromatique majoritaire : la vanilline, en raison notamment de ses propriétés antibactérienne, antioxydante et antimutagène. Par la suite ils ont cherchés à synthétiser des dérivés de la vanilline, mieux assimilables par voie orale.

L'un d'entre eux est encore en cours d'étude pour une action thérapeutique contre la drépanocytose.

5. Références bibliographiques

Abraham D.J., Harris L.S., Meade B.J., Munson A.E., Swerdlow P.S., et Patrick G.A., Method of calming or sedating an animal with a hydroxy benzaldehyde compound. US 5668182 A. 1997.

Abraham D.J., Mehanna A.S., Wireko F.C., Whitney J., Thomas R.P., et Orringer E.P. (1991). «Vanillin, a potential agent for the treatment of sickle cell anemia». *Blood* 77 (6) : 1334-41.

Académie des Sciences (Paris). Sur la fructification de la vanille obtenue au moyen de la fécondation artificielle.

In : *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences* (1838) 6 : 489-496.

Agostino M. d'. (2010). Les Orchidées. *Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard*. 13-18.

Aimar P., et Meze J. *Vanille, la route Bourbon*. Bourbon. 2010.

Arditti J., et Ghani A.K.A, (2000). Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications.

New phytologist 145 : 367-421.

Aulagnier A.F. *Dictionnaire des aliments et des boissons en usage dans les divers climats et chez les différents peuples*. Cousin. 1839.

Berger R.G. *Flavours and Fragrances: Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg. 2007.

Bois D. *Les Orchidées : manuel de l'amateur*. J.-B. Baillière et fils. 1893.

Boiteau P., et Allorge-Boiteau L. *Plantes médicinales de Madagascar : cinquante-huit plantes médicinales utilisées sur le marché de Tananarive (Zoma) à Madagascar*. KARTHALA Editions. 1993.

Bory S. Diversité de *Vanilla planifolia* dans l'Océan Indien et ses espèces apparentées. Spécialité Génétique. Université de La Réunion. 2007.

Bory S., Grisoni M., Duval M.-F., et Besse P. (2014) Biodiversity and preservation of vanilla : present state of knowledge. *Genet Retour Crop Evol.* 55 : 551-571.

Botineau M. *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*. Lavoisier. Tec&Doc. 2010.

- Boullard B. *Dictionnaire : Plantes médicinales du monde : réalités et croyances*. ESTEM. 2001.
- Bouriquet G., Guillaume M., et Heim R. *Le vanillier et la vanille dans le monde*. Lechevalier. 1954.
- Brasseur A. *Photographies personnelles prises sur l'île de La Réunion lors de sa visite de la coopérative de Bras-Panon*. 2014.
- Burdock G.A. *Fenaroli's Handbook Of Flavor Ingredients*. 5ème éd. CRC Press. 2005.
- Bythrow J.D. (2005). Vanilla as a Medicinal Plant. *Seminars in Integrative Medicine* 3 (4) : 129–31.
- Cailler L., et Pralus F. *Cacao Vanille : l'or noir de Madagascar*. Agnès Vienot éditions. 2008.
- Carbone G., Delange Y., Gachet J.C., et Lemercier M. *L'ABCdaire des Orchidées*. Flammarion. 1999.
- Cerrutti P., et Alzamora S.M. (1996) Inhibitory effects of vanillin on some food spoilage yeasts in laboratory media and fruit purées. *International Journal of Food Microbiology* 29 (2–3) : 379–86.
- Charles D.J. *Antioxidant properties of spices, herbs and other sources*. Springer New York. 2013.
- Chevallier M., Chabbert A., Labouret G., et Juchet A. (2013) Allergie à l'éthylvanilline : à propos d'une observation chez une adolescente de 14 ans. *Revue Française d'Allergologie* 53 (2): 88–90.
- Choo J.H., Rukayadi Y., et Hwang J.K. (2006) Inhibition of bacterial quorum sensing by vanilla extract. *Letters in Applied Microbiology* 42 (6) : 637–41.
- Cintract M. *Remèdes homéopathiques des maux courants*. Editions TEC&DOC. 2003.
- Correll D.S. (1953) Vanilla-Its Botany, History, Cultivation and Economic Import. *Economic Botany* 7 (4) : 291–358.
- Costentin J., et Delaveau P. *Café, thé, chocolat : les bienfaits pour le cerveau et pour le corps*. Odile Jacob. 2010.
- Dequaire J. (1976) L'amélioration du vanillier à Madagascar. *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée* 23 (7) : 139–58.

De Wijk R.A., et Zijlstra S.M. (2012) Differential Effects of Exposure to Ambient Vanilla and Citrus Aromas on Mood, Arousal and Food Choice.
Flavour 1 (1).

Descheemaker A. *Plantes médicinales malgaches*. Imprimerie Saint Paul. 1990.

Divakaran M., Babu K.N., Ravindran P.N., et Peter K.V. (2006) Interspecific hybridization in vanilla and molecular characterization of hybrids and selfed progenies using RAPD and AFLP markers.
Scientia Horticulturae 108 (4): 414–22.

Donzel C. *Le parfum*. Editions du chêne. 2000.

Farreyrol K., Grisoni M., Pearson M., Richard A., Cohen D., et Beck D. (2010) Genetic Diversity of Cucumber Mosaic Virus Infecting Vanilla in French Polynesia and Réunion Island.
Australasian Plant Pathology 39 (2) : 132–40.

Favier A. (2003) Le stress oxydant.
L'actualité chimique, 108.

Feldmann P., et Barré N. *Atlas des orchidées sauvages de la Guadeloupe*. Cirad. 2001.

Fenglai X., Bo Y., Lei C., Dong Z. (2015) Review of the use of botanicals for epilepsy in complementary medical systems.
Epilepsy and behavior 52 : 281-289.

Festy D. *100 réflexes : les huiles essentielles à respirer*. Quotidien malin. 2014.

Fitzgerald D., Stratford M., et Narbad A. (2003) Analysis of the inhibition of food spoilage yeasts by vanillin.
International Journal of Food Microbiology 86 (1–2) : 113–22.

Floris D. de, *Notions diverses sur la culture du vanillier, la fécondation des fleurs et la préparation des gousses*. Impr. du gouvernement (Cayenne). 1874.

Friedman M., Henika P.R., et Mandrill R.E. (2002) Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*.
Journal of Food Protection 65 (10): 1545–60.

Galbadon F. *Communications personnelles*. 2015.

Galliou F. Aromatisation en pharmacie : application à l'arôme vanille. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Rennes I. 2002.

- Gastérum G.G., Avila-Sosa R., López-Malo A., et Palou E. (2010) *Listeria innocua* Multi-target Inactivation by Thermo-sonication and Vanillin. *Food and Bioprocess Technology* 5 (2) : 665–71.
- Gaugler C., Marlier L., et Messer J. (2007) Traitement des apnées idiopathiques du prématuré par stimulations sensorielles. *Archives de Pédiatrie*, n° 14 : 485–89.
- Ghozland F., et Fernandez X. *L'herbier parfumé : histoires humaines des plantes à parfum*. Plume de carotte. 2010.
- Goetz P. (2006) Traitement des troubles de la libido masculine. *Phytothérapie* 4 (1) : 9–14.
- Greule M., Tumino L.D., Kronewald T., Hener U., Schleucher J., Mosandl A., et Keppler F. (2010) Improved rapid authentication of vanillin using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^2\text{H}$ values. *European Food Research and Technology* 231 (6) : 933–41.
- Grisoni M., Moles M., Besse P., Bory S., Duval M-F., et Kathane R. (2007) Towards an international plant collection to maintain and characterize the endangered genetic resources of Vanilla. *Acta horticultrae* 760 : 83–91.
- Hammer K., et Khoshbakht K. (2014) A Domestication Assessment of the Big Five Plant Families. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1–25.
- Hannemann A., Cytlak U.M.C., Gbotosho O.T., Rees D.C., Tewari S., et Gibson J.S. (2014) Effects of o-vanillin on K^+ transport of red blood cells from patients with sickle cell disease. *Blood Cells, Molecules, and Diseases* 53 (1–2) : 21–26.
- Héjal N. *Géniale vanille*. Alysse. 2011.
- Hernandez F. *Rerum medicarum novae hispaniae thesaurus*. 5^e éd. Vitali Mascardi. 1571.
- Hirsch A.R. Use of odorants to treat mâle impotence, and article of manufacture therefor. US 5885614 A. 1999.
- Ho K.L., Chong P.P., Yazan L.S., et Ismail M. (2012) Vanillin Differentially Affects Azoxymethane-Injected Rat Colon Carcinogenesis and Gene Expression. *Journal of Medicinal Food* 15 (12) : 1096–1102.
- Hoenzelaer N. Method of controlled release of vanilline for nasal and/or pulmonaire uptake. US20070218087 A1. 2007.

Hossain M.M. (2011) Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances : an overview.

Fitoterapia 82 (2) : 102–40.

Huang S.-M., Hsu C.-L., Chuang H.-C., Shih P.-S., Wu C.-H., et Yen G.-C.

(2008) Inhibitory effect of vanillic acid on methylglyoxal-mediated glycation in apoptotic Neuro-2A cells.

NeuroToxicology 29 (6) : 1016–22.

Imanishi H., Sasaki Y., Matsumoto K., Watanabe M., Ohta T., Shirasu Y., et Tutikawa K.

(1990) Suppression of 6-TG-resistant mutations in V79 cells and recessive spot formations in mice by vanillin.

Mutation Research Letters 243 (2) : 151–58.

Jenner P.M., Hagan E.C., Taylor J.M., Cook E.L., Fitzhugh O.G., *et al.* (1964) Food flavourings and compound of related structure : acute oral toxicity.

Food and Cosmetics Toxicology. 2 : 327-343.

Kamat J.P., Ghosh A., et Devasagayam T.P. (2000) Vanillin as an antioxidant in rat liver mitochondria: inhibition of protein oxidation and lipid peroxidation induced by photosensitization.

Molecular and Cellular Biochemistry 209 (1-2) : 47–53.

Keshava C., Keshava N., Ong T.-M., et Nath J. (1998) Protective effect of vanillin on radiation-induced micronuclei and chromosomal aberrations in V79 cells.

Mutation Research Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 397 (2): 149–59.

Ketli H., Yazan L.S., Ismail N., et Ismail M. (2009) Apoptosis and cell cycle arrest of human colorectal cancer cell line HT-29 induced by vanillin.

Cancer Epidemiology 33 (2) : 155–60.

Ketli H., Yazan L.S., Ismail N., et Ismail M. (2011) Toxicology study of vanillin on rats via oral and intra-peritoneal administration.

Food and Chemical Toxicology 49 (1) : 25–30.

Keville K., et Green M. *Aromatherapy : a complete guide to the healing art*. Crossing press. 2012.

Kollistch P. *Homéopathie : matière médicale thérapeutique*. Helios. 1989.

Kull T., Arditti J., et Man Wong S. *Orchid Biology: Reviews and Perspectives X*. Springer. 2009.

Kumar R., Sharma P.K., et Mishra P.S. (2012) A Review on the Vanillin derivatives showing various Biological activities.

International Journal of PharmTech Research 4 (1) : 266–79.

Kundu A. et Mitra A. (2013) Flavoring Extracts of *Hemidesmus indicus* Roots and *Vanilla planifolia* Pods Exhibit *In vitro* Acetylcholinesterase Inhibitory Activities. *Plant Foods Hum Nutr* 68: 247-253.

Lamarck J.-B., et. Poiret J.L.M. *Encyclopédie méthodique: Botanique*. Vol. 8. Panckoucke. 1808.

Leclercq-Le Quillec F., Rivière C., et Lagorce A. (2001) Spread of cymbidium mosaic potexvirus and potyvirus in vanilla plants grown in shade houses in Reunion Island. *Fruits* 56 (4): 249–60.

Lee J., Cho J.Y., Lee S.Y., Lee K.-W., et Song J.-Y. (2014) Vanillin protects human keratinocyte stem cells against Ultraviolet B irradiation. *Food and Chemical Toxicology* 63 (0) : 30–37.

Lemery N. *Traité universel des drogues simples*. L. d'Houry. 1714.

Lerosier A. *Présentation powerpoint sur les biofilms bactériens réalisée dans le cadre du stage hospitalier de 5^{ème} année au service d'Hygiène du CHU de Rouen*. 2014.

Lerosier A. *Photographies personnelles*. 2015.

Lesage-Meessen L. *et al.* (1996) A two-step bioconversion process for vanillin production from ferulic acid combining *Aspergillus niger* and *Pycnoporus cinnabarinus*. *Journal of Biotechnology* 50 (2–3): 107–13.

Levi-Strauss C. (1952) The use of wild plants in tropical South America. *Economic Botany* 6(3): 252-270.

Lindley J. *The genera and species of orchidaceous plants*. Ridgways. 1840.

Lopez-Malo A., Alzamora S.M., et Argai A. (1998) Vanillin and pH synergistic effects on mold growth. *Journal of food science* 63 (1) : 143–46.

Marlier L. (2009) Émergence et développement précoce des préférences olfactives et alimentaires. *Archives de Pédiatrie*, 16 : 532–34.

Marlier L., Gaugler C., Astruc D., et Messer J. (2007) La sensibilité olfactive du nouveau-né prématuré. *Archives de Pédiatrie*, 14 : 45–53.

- Marlier L., Gaugler C., et Messer J. (2005) Olfactory Stimulation Prevents Apnea in Premature Newborns.
Pediatrics 115 (1) : 83–88.
- Martinez R.C., et Engleman E.M. (1993) Caracterizacion de dos tipos de *Vanilla planifolia*.
Acta Botánica Mexicana 25: 49–59.
- Maskeri R., Ullal S.D., Belagali Y., Shoeb A., et Bhagwat V. (2012) Evaluation of aphrodisiac effect of vanillin in male wistar rats.
Pharmacognosy Journal 4 (32) : 61–64.
- Naidu M.M., Kumar P.V.S., Shyamala B.N., Sulochanamma G., Prakash M., et Thakur M.S. (2012) Enzyme-Assisted Process for Production of Superior Quality Vanilla Extracts from Green Vanilla Pods Using Tea Leaf Enzymes.
Food and Bioprocess Technology 5 (2) : 527–32.
- Namukobe J., Kasenene J.M., Kiremire B.T., Byamukama R., Kamatenesi-Mugisha M., Grief S., *et al.* (2011) Traditional plants used for medicinal purposes by local communities around the Northern sector of Kibale National Park, Uganda.
Journal of Ethnopharmacology 136 (1) : 236–45.
- Ngarmsak M., Delaquis P., Toivonen P., Ngarmsak T., Ooraikul B., et Mazza G. (2006) Antimicrobial Activity of Vanillin against Spoilage Microorganisms in Stored Fresh-Cut Mangoes.
Journal of Food Protection 69 (7) : 1724–27.
- Nidhina P.A.H., Poulouse N., et Gopalakrishnapillai A. (2011) Vanillin induces adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells by activating extracellular signal regulated kinase 42/44.
Life Sciences 88 (15–16) : 675–80.
- Odoux E., Contribution à l'étude de l'hydrolyse de la glucovanilline en vanilline dans la gousse du vanillier (*Vanilla planifolia* G. Jackson), Thèse de doctorat en Sciences des Aliments, Université de Montpellier 2, 2004.
- Odoux E., et Grisoni M. *Vanilla*. CRC Press. 2011.
- Ohta T., Watanabe M., Watanabe K., Shirasu Y., et Kada T. (1986) Inhibitory effects of flavourings on mutagenesis induced by chemicals in bacteria.
Food and Chemical Toxicology 24 (1) : 51–54.
- Pelt J.-M. *Les épices*. Fayard. 2008.
- Pérez-Silva A., Odoux E., Brat P., Ribeyre F., Rodriguez-Jimenez G., Robles-Olivera V., *et al.* (2006) GC–MS and GC–olfactometry analysis of aroma compounds in a representative organic aroma extract from cured vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson) beans.
Food Chemistry 99 (4) : 728–35.

Pomet P. *Histoire générale des drogues*. Loyson J.-B. et Pillon A.. 1694.

Ponnusamy K., Kappachery S., Thekeettle M., Song J.H., et Kweon J.H. (2013) Anti-biofouling property of vanillin on *Aeromonas hydrophila* initial biofilm on various membrane surfaces.

World Journal of Microbiology and Biotechnology 29 (9) : 1695–1703.

Ponnusamy K., Paul D., et Kweon J.H. (2009) Inhibition of Quorum Sensing Mechanism and *Aeromonas hydrophila* Biofilm Formation by Vanillin.

Environmental Engineering Science 26 (8) : 1359–63.

Prince, P.S.M., Dhanasekar K., Rajakumar, S. (2011) Preventive effects of vanillic acid on lipids, Bax, Bcl-2 and myocardial infarct size on isoproterenol-induced myocardial infarcted rats: a biochemical and *in vitro* study.

Cardiovascular Toxicology 11(1) : 58-66.

Ratier F.-S., *Pharmacopée Française, ou Code des médicaments*. J.-B. Baillière. 1827. Page 141.

Richard A., et Rivière C. (2003) Un nouveau ravageur de la vanille.

Phytoma, 562 : 36–39.

Roguenant A., Raynal-Roques A., et Sell Y. *Un amour d'orchidée : le mariage de la fleur et de l'insecte*. Belin. 2005.

Rolfe R.A. (1896) A revision of the Genus *Vanilla*.

Journal of the Linnean Society of London 32 : 439–78.

Rupasinghe H., Vasantha P., Boulter-Bitzer J., Ahn T., et Odumeru J.A. (2006) Vanillin inhibits pathogenic and spoilage microorganisms *in vitro* and aerobic microbial growth in fresh-cut apples.

Food Research International 39 (5) : 575–80.

Serrar M., et Gutiérrez G. Compositions thérapeutiques destinées au traitement de la dépression. France. EP 2 198 874 A1. 2010.

Shanmugavalli N., Umashankar V., et Raheem. (2009) Antimicrobial activity of *Vanilla planifolia*.

Indian Journal of Science and Technology 2 (3) : 37–40.

Shyamala B.N., Naidu M.M., Sulochanamma G., et Srinivas P. (2007) Studies on the Antioxidant Activities of Natural Vanilla Extract and Its Constituent Compounds through *in Vitro* Models.

Journal of Agricultural and Food Chemistry 55 : 7738–43.

Soto Arenas M.A. (1999) *Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México*. Report, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Proyecto J-101. Mexico City.

Soto Arenas M.A. (2003) *Vanilla* In: Pridgeon AM, Cribb PJ, Chase MW, Rasmussen FN (eds) *Genera orchidacearum : Orchidoideae*. Oxford University Press.

Soto Arenas M.A., et Dressler R.L. (2010) A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla* Plumier ex Miller with a characterization of their ITS region of the nuclear ribosomal DNA.
Lankesteriana 9 (3) : 285–354.

Spichiger R.-E., Savolainen V., Figeat M., et Jeanmonod D. *Botanique systématique des plantes à fleurs*. 2ème éd. Biologie. Presses polytechniques et universitaires romandes. 2002.

Sreedhar R.V., Roohie K., Maya P., Venkatachalam L., et Bhagyalakshmi N. (2009) Biotic elicitors enhance flavour compounds during accelerated curing of vanilla beans.
Food Chemistry 112 (2) : 461–68.

Stehle H. (1952) Le vanillier et sa culture.
Fruits 7 (2) : 50–56, 99–112, 253–60.

Talubnak C, et Soyong K. (2010) Biological control of vanilla anthracnose using *Emericella nidulans*.
Journal of agricultural technology 6 (1) : 47–55.

Vanilline. Monographie n° 0747 In *Pharmacopée européenne*. 8ème éd. 2014.

Yang Z., Peng Z., Li J., Li S., Kong L., Li P., et al. (2014) Development and evaluation of novel flavour microcapsules containing vanilla oil using complex coacervation approach.
Food Chemistry 145 (0) : 272–77.

Zettler F.W., Wisler G.C., Ko N.J., et Wong S.-M. (1990) Viruses of Orchids and their control.
Plant disease 74 : 621–26.

Zhang C., Li X., Lian L., Chen Q., Abdulmalik O., Vassilev V., et al. (2004) Anti-sickling effect of MX-1520, a prodrug of vanillin: an *in vivo* study using rodents.
British Journal of Haematology 125 (6) : 788–95.

Zheng, L., Zheng P., Sun Z., Bai Y., Wang J., et Guo X. (2007) Production of vanillin from waste residue of rice bran oil by *Aspergillus niger* and *Pycnoporus cinnabarinus*. »
Bioresource Technology 98 (5) : 1115–19.

6. Références sitographiques

[1] Cours de botanique de l'université de Lyon 2009-2010.

Consulté le 8 décembre 2014.

Disponible à partir de l'URL : <http://botanique.univ-lyon1.fr/cours%20botanique%202009%202010%20web%20partie%202.pdf>

[2] Nicolas G.

La fleur.

Consulté le 10 avril 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://botanicol1.free.fr/spermaphytes-familles/la_fleur.htm

[3] Haynold B.

Photographie de *Neottia nidus-avis* prise à Tauberland (Allemagne) en 2007.

Consulté le 19 juillet 2015.

Disponible à partir de l'URL : https://commons.wikimedia.org/wiki/Neottia_nidus-avis#/media/File:Neottia_nidus-avis_060507.jpg

[4] Ruud K.

Vanilla planifolia : a food of the gods, now and forever.

Consulté le 24 avril 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2009/ruud_kirs/Life%20History%20-%20Reproduction.htm

[5] La Réunion Mi aime a ou.

Vanilla planifolia Jacks.

Consulté le 20 avril 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://www.mi-aime-a-ou.com/Vanilla_planifolia.php.

[6] Google

Carte d'Amérique Centrale

Consulté le 31 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : <http://google.com/maps>

[7] Guezennec P. et C.

Zoom Guadeloupe.

Consulté le 08 mai 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://ti.racoon.free.fr/picture.php?image_id=153&cat=16

[8] Guiraudou P.

Imagine...

Consulté le 08 mai 2015.

Disponible à partir de l'URL : <http://pguiraudou.free.fr/Albums%20Photos/Raiatea3/slides/138-%20Fleur%20de%20vanille%20non%20polinisee%20'Vanilla%20Tahitensis'.html>

- [9] Guittou
Orchidspecies
Consulté le 03 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.orchidspecies.com/vanmadagascarensis.htm>
- [10] TerreMag
Près d'une espèce de la flore de Mayotte sur deux est menacée.
Consulté le 27 mars 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.terremag.com/biodiversite/protection-de-lenvironnement/pres-dune-espece-de-la-flore-de-mayotte-sur-deux-est-menacee/>
- [11] Grobler L.
Vanilla roscheri.
Consulté le 03 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : [flickr.fr](http://www.flickr.fr)
- [12] Galliffet H.
La chaussette rouge : Orchidées de Guyane.
Consulté le 03 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.lachaussetterouge.net/article-vanilla-sp-vanilla-leprieurii-107128057.html>
- [13] Droissart V.
Orchidspecies
Consulté le 1er juillet 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.orchidspecies.com/orphodir/vanillafricana.jpg>
- [14] van Vugt R.
PBase.
Consulté le 03 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.pbase.com/rogiervanvugt/image/154898292>
- [15] van Vugt R.
PBase.
Consulté le 03 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.pbase.com/rogiervanvugt/image/154897610>
- [16] Goldberg E.
Examiner.com
Consulté le 10 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.examiner.com/article/bazinga-bee-named-after-sheldon-cooper-s-catch-phrase-from-big-bang-theory>

- [17] Cano VP
Stories from the Americas: Legend of the Vanilla.
Consulté le 5 novembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://storiesfromtheamericas.blogspot.fr/2009/02/legend-of-vanilla.html>
- [18] Berland A., de Lavarène E., et Morice F. **In** : Les dessous de la mondialisation. Madagascar, une vanille chinoise.
Consulté le 20 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://replay.publicsenat.fr/vod/les-dessous-de-la-mondialisation/madagascar,-une-vanille-chinoise/151259>
- [19] Le Bellec F.
La culture du vanillier.
Consulté le 18 novembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : http://agents.cirad.fr/pjjimg/fabrice.le_bellec@cirad.fr/La_culture_du_vanillier.pdf
- [20] Odoux E., Richard H., Lepeltier J.P., et Camus G.
La vanille.
Consulté le 13 novembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/aromes/vanille/vanille.htm#culture>.
- [21] Wikipedia
Consulté le 05 janvier 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://wikipedia.fr>
- [22] Anonyme
Monographie SAVA.
Consulté le 17 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : http://www.monographiemada.com/monographie.phpt=1_1&p=art&chapitre_code=CH0082&titre_1_code=T00205&titre_2_code=T00616®ion_code=22&c=4
- [23] Dallem J.
Le blog de Jacqueline Dallem
Consulté le 14 avril 2015.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.reunionile.com/article-acheter-de-la-vanille-de-st-philippe-le-bon-plan-111474800.html>
- [24] SpicePedia
Mosaic of Vanilla.
Consulté le 31 janvier 2016.
Disponible à partir de l'URL : iisr.agropedias.iitk.ac.in/content/mosaic-vanilla

[25] Ministre de l'agriculture et de la pêche.
Annexe A. In : Arrêté du 31 juillet 2000 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire. NOR: AGRG0001599 A.
Consulté le 01 octobre 2013.
Disponible à partir de l'URL : www.legifrance.gouv.fr

[26] FAOStat
Production.
Consulté le 22 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : faostat3.fao.org

[27] STOI
Bilan de STOI : Société de trading de l'océan indien.
Consulté le 2 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.vanille-naturelle.com/nos-produits/nos-vanilles/bilan/>

[28] Fairtrade International
Tableau du prix minimum du commerce équitable et de la prime du commerce équitable
Consulté le 5 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://www.fairtrade.net>

[29] ITC
Trademap
Consulté le 30 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : http://www.trademap.org/%28X%281%29S%28oix2wybjusce5urt4vs4rt3y%29%29/Country_SelProduct_TS.aspx

[30] OECD SIDS.
Vanillin CAS N°:121335.
Consulté le 20 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : <http://ncis.nier.go.kr/data/sids/%5B9-21%5D121-33-5.pdf>

[31] Rhodia
Vanilline.
Consulté le 20 décembre 2014.
Disponible à partir de l'URL : http://www.solvay.com/fr/binaries/GPS_2011_12_v2_Vanillin_fr-139568.pdf

[32] Mainguet C. (DGCCRF)
Evolutions réglementaires en matière d'arômes.
Consulté le 04 janvier 2016.
Disponible à partir de l'URL : http://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/dgccrf/manifestations/colloques/aromes_alimentaires/04_mainguet.pdf

[33] ANSM

Arômes.

Consulté le 01 février 2016.

Disponible à partir de l'URL : ansm.santé.fr

[34] Nutricia

Fortimel crème 200g.

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : nutricia.fr

[35] Newpharma

Fresubin 2kcal Drink vanille flacons 4x200ml

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : newpharma.be

[36] Picot

Nos produits.

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : picot.fr

[37] Modilac

Modilac nuit calme

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : modilac.com

[38] Thériaque

Monographie

Consulté le 12 juillet 2014.

Disponible à partir de l'URL : theriaque.org

[39] ICP Texinfine

Cyclotelia.

Consulté le 20 septembre 2015.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.icp-texinfine.com/produit.php?id=41&PHPSESSID=kt1db7gs40lp1ccmc5uphbkju1>

[40] Exhaustmed.com : matériel médical, dispositifs médicaux.

Produit.

Consulté le 3 mai 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://www.exhaustmed.com/fiche_produit.asp?id_pdt=453594.

[41] Prananôm

Nos produits.

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.pranarom.com/nos-produits>

[42] Guerlain

Shalimar, eau de parfum.

Consulté le 30 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : guerlain.com

[43] European Commission

European Commission: Ingredient/Substance Details.

Consulté le 20 avril 2015.

Disponible à partir de l'URL : http://ec.europa.eu/consumers/cosmetics/cosing/index.cfm?fuseaction=search_details_v2&id=83214

[44] L'Observatoire des Cosmétiques

Vanilla planifolia fruit extract.

Consulté le 11 mai 2015.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.observatoireDESCOSMETIQUES.com/ingredient-cosmetique/vanilla-planifolia...>

[45] Darphin Paris

L'huile revitalisante

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.darphin-eshop.cz/produkty/produkt/pece-o-telo/hydratace/darphin-i-huile-revitalisante/>

[46] Le Comptoir du Bain

Bien être : bain moussant Vanille épicée 400mL

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : <http://www.lecomptoirDubain.fr/bain-moussant-vanille-epicee>

[47] Hoefler C.

Thèse : Étude d'une plante aromatique : la vanille. Université de Strasbourg.

Consulté le 14 mai 2015.

Disponible à partir de l'URL : mastervrv.free.fr

[48] Tap J.

La vanille.

Consulté le 12 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : http://julientap.free.fr/travail_fichiers/vanille.pdf

[49] Tonon, F

Les nouvelles technologies de destruction des micro-organismes.

Consulté le 10 décembre 2014.

Disponible à partir de l'URL : <http://biotech.spip.ac-rouen.fr/IMG/pdf/nellestechdestrmicro.pdf>

[50] Etsy

Vanilone infantile

Consulté le 15 janvier 2016.

Disponible à partir de l'URL : etsy.com

[51] Cyclovalone

CAS No: 579-23-7, Chemical Name: cyclovalone

Consulté le 27 février 2016.

Disponible à partir de l'URL: <http://www.chemnet.com/cas/fr/579-23-7/cyclovalone.html>

[52] Eduscol

Tout sur la vanille

Consulté le 28 février 2016.

Disponible à partir de l'URL: <http://planet-vie.ens.fr/content/tout-sur-la-vanille#chap4>

7. Annexes

ANNEXE 1 : Glossaire des termes botaniques

D'après les glossaires des ouvrages de M. Botineau et de R.E. Spichiger (Spichiger *et al.*, 2002; Botineau 2010).

Achlamyde	Se dit d'une fleur nue, dépourvue de périanthe ou périgone.
Adventif	Se dit d'un organe qui apparaît dans une position inhabituelle, ne respectant pas les processus normaux de ramification.
Albumen	Tissu nourricier de la graine, triploïde car constitué de la fusion d'un des deux noyaux du tube pollinique avec les deux noyaux polaires du sac embryonnaire.
Alterne	S'agissant des feuilles, chacune s'insère isolément à chaque nœud. S'agissant des pièces de la fleur, celles-ci sont normalement en alternance d'un verticille à l'autre.
Anatrope	Se dit d'une ovule se rabattant le long du funicule en basculant autour du hile.
Androcée	Ensemble des étamines, placé dans la fleur entre la corolle et le gynécée.
Anémochorie	Dispersion des spores par le vent.
Angustifoliée	Se dit de plantes aux feuilles étroites.
Anthère	Enveloppe dans laquelle se développent les grains de pollen après réduction chromatique, ou méiose. Composée idéalement de deux loges chacune constituée de deux sacs polliniques.
Aperture	Ouverture sur l'enveloppe du grain de pollen permettant la germination du tube pollinique.
Bacciforme	Qui à la forme d'une baie.
Baie	Fruit indéhiscent à péricarpe charnu.
Bitégumenté	Se dit d'un ovule ayant deux enveloppes autour du nucelle.
Bractée	Feuille plus ou moins modifiée associée à la fleur ou à l'inflorescence mais n'appartenant pas à la fleur elle-même.
Bulbe	Organe souterrain constitué d'une tige très courte entourée de pièces foliacées charnues ou écailleuses. Lieu de réserves nutritives.
Bursicule	Petite bourse renfermant l'extrémité gluante des masses polliniques.
Calice	Enveloppe florale la plus externe constituée par les sépales ayant un rôle de protection.

Cambium	Assise génératrice de liber et de xylème assurant l'accroissement du diamètre.
Capsule	Fruit sec déhiscent issu d'un ovaire pluricarpellé.
Carpelle	Macrosporophylle. Feuille spécialisée femelle entourant les ovules et unité de base du gynécée. Composé d el'ovaire, du style et du stigmate.
Caudicule	Petit pédicule portant une ou plusieurs pollinies.
Cholérétique	Provoque l'hypersécrétion de la bile.
Corolle	Enveloppe florale composée des pétales, entre le calice et les pièces fertiles, ayant en général un pouvoir d'attraction des pollinisateurs.
Cotylédon	Feuille primordiale de l'embryon de la graine.
Cyclique	Se dit d'une fleur dont tous les organes sont verticillés.
Déhiscence	Ouverture spontanée d'un organe végétal.
Dialypétale	Se dit d'une fleur ayant des pétales libres entre eux.
Diploïde	Se dit d'un état contenant deux lots de chromosomes dans chaque noyau cellulaire.
Diplostémone	Se dit d'un androcée constituée de deux verticilles isomères, l'extérieur étant opposé aux sépales.
Distique	Terme définissant des feuilles qui s'insèrent sur la tige en deux séries opposées constituant un seul plan.
Emollient	Relâche les tissus enflammés.
Engainante	Feuille enroulée autour de la tige, formant une gaine.
Epi	Inflorescence à axe portant des fleurs latérales sessiles.
Epiphyte	végétal qui se développe sur un autre végétal, mais sans que s'établissent de liens trophiques entre eux.
Étamine	Microsporophylle. Composée du filet, du connectif et de l'anthère.
Euanthe	Fleur vraie assurant les fonctions de reproduction par elle-même.
Exalbuminées	Qualifie une graine dont l'embryon a consommé lors de sa maturation la totalité de l'albumen qui l'entourait; le fruit mûr renferme alors des graines dépourvues d'albumen.
Fasciculé	Type racinaire caractérisé par le développement de nombreuses racines adventives, d'égale importance, qui peuvent devenir plus importantes que la racine pivot.
Filet	Support par lequel l'étamine s'insère sur le réceptacle ou sur le périanthe.
Fleur	Composée idéalement du périanthe, destiné à la protection et à l'affichage, de l'androcée, organe mâle et du gynécée, organe femelle.

Fruit	Organe dérivant strictement de la fécondation des parties femelles d'une fleur.
Graine	Produit de la maturation d'un ovule fécondé et élément de dispersion de l'espèce.
Grappe	Synonyme de racème.
Gynécée	Ensemble des carpelles. Placé en position centrale dans la fleur.
Gynostème	Pièce florale regroupant par soudure des pièces de l'androcée et du gynécée.
Haploïde	Se dit d'un état contenant un seul lot de chromosome dans chaque noyau cellulaire.
Hermaphrodite	Se dit d'une fleur portant androcée et gynécée fonctionnels c'est à dire bisexuée.
Homochlamyde ou homoïochamide	Se dit d'une fleur dont le périanthe est composé de tépales, c'est à dire un périgone indifférenciée en calice et corolle.
Infère	Se dit d'un ovaire soudé au réceptacle dans une fleur épigyne.
Isomère	Se dit d'un organe constitué par un nombre de pièces égal au nombre de base des pièces florales.
Liane	Plante grimpante herbacée ou ligneuse à la tige souple.
Liber	Tissu conducteur de la sève élaborée. On peut y distinguer des éléments conducteurs ou de soutien. Synonyme de phloème.
Loculicide	Mode d'ouverture d'une capsule, par des fentes au niveau du dos de chaque carpelle.
Monopodial	Mode de croissance d'une tige ou d'un rhizome dans lequel l'allongement s'effectue par le bourgeon terminal.
Mycorhize	Symbiose entre le mycelium de certains champignons et les racines de la majorité des plantes. On distingue les ectomycorhizes dans lesquelles le mycelium ne pénètre pas dans les tissus de la plante-hôte. Les endomycorhizes dans lesquelles le mycelium pénètre dans les tissus de la plante-hôte. Les ectendomycorhizes associent les deux développements.
Nectaire	Organe sécrétant du nectar, soit spécialisé (disque, glande) soit partie d'un organe ayant une autre fonction (éperon nectarifère d'un pétale).
Opercule	Organe formant l'extrémité de la capsule, qui s'ouvre tel un couvercle à maturité.
Opposées	Caractère de deux feuilles insérées l'une en face de l'autre au niveau d'un même nœud.

Ovaire	Partie basilaire renflée du carpelle, ou des carpelles si ceux-ci sont soudés. Il peut être uniloculaire (unicarpellé ou polycarpellé sans cloison interne) ou pluriloculaire (polycarpellé à parois persistantes).
Ovule	Macrosporange totalement enveloppé chez les Angiospermes par le ou les carpelles.
Panicule	Racème dont les axes latéraux sont ramifiés et indéfinis.
Parallélinervurées	Feuille à nervures parallèles.
Paraplacentaire	De chaque côté du placenta.
Pédoncule	Axe portant la fleur.
Pentacyclique	Fleur dont les pièces sont réparties selon cinq verticilles : un d'espéales, un de pétales, deux d'étamines et un de carpelles.
Périanthe	Ensemble des pièces protectrices et d'affichage de la fleur. Constitué du calice et de la corolle et entourant androcée et gynécée.
Périgone	Périanthe constitué de tépales se ressemblant par la forme et la couleur de sorte que calice et corolle sont indistincts.
Pétale	Pièce colorée constituant la corolle, appareil d'affichage de la fleur.
Placentation	Disposition du placenta, sur lequel sont attachés les ovules, dans l'ovaire.
Placentation axile	Dans le cas d'un ovaire pluricarpellé pluriloculaire, les ovules sont fixés sur l'axe central.
Placentation pariétale	Dans le cas d'un ovaire pluricarpellé uniloculaire, les ovules sont fixés sur la paroi, au niveau des soudures des carpelles.
Pluricarpellé	Se dit d'un gynécée composé de nombreux carpelles.
Pluriovulé	Se dit d'une loge ovarienne ou d'un ovaire contenant de nombreux ovules.
Pollen	Gamétophyte mâle produit dans le sac pollinique de l'anthère à partir d'une microspore haploïde. Le grain de pollen va germer sur le stigmate en produisant un tube qui pénétrera dans la cavité ovarienne par le style et conduira le gamète mâle à l'oosphère.
Pollinie	Forme de dissémination du pollen sous forme de masse pollinique.
Polycarpellé	Se dit d'un gynécée constitué de plusieurs carpelles.
Polystémone	Se dit d'un androcée constitué de nombreuses étamines.
Pseudobulbe	Tige modifiée, charnue, de formes diverses.
Racème	Inflorescence dont l'axe principal indéfini porte des fleurs latérales pédonculées.

Raphide	Cristallisation d'oxalate de calcium sous forme d'aiguilles, souvent rassemblées au sein de certaines cellules.
Réceptacle	Extrémité de la tige sur laquelle les pièces florales sont insérées.
Résupination	Phénomène de torsion du pédoncule floral ou de l'ovaire, qui amène le pétale dorsal d'une fleur en position ventrale.
Rétinacle	Petite masse visqueuse à laquelle sont rattachées deux pollinies fixées par l'intermédiaire de caudicules.
Rhizome	Tige souterraine vivace et riche en réserves naturelles.
Rostellum	Lamelle stérile séparant le stigmate de l'anthere.
Saprophyte	Organisme qui s'alimente de matière organique en décomposition.
Sépale	Pièce généralement verte constituant le calice, enveloppe protectrice de la fleur.
Sessile	Qualifie un organe dépourvu de pétiole ou de pédoncule, donc directement inséré sur un axe.
Spiralé	Positionnement de certaines pièces le long d'une spirale.
Sporange	Siège de la production de spores par méïose.
Staminode	Etamine modifiée, stérile.
Stigmate	organe généralement porté par le style, ayant pour rôle de retenir les grains de pollen.
Style	Partie prolongeant le carpelle et portant le stigmate, surface réceptrice du pollen.
Symbiose	Désigne l'interdépendance nutritionnelle de certains organismes entre eux.
Tégument	Enveloppe protectrice de l'ovule et de la graine.
Trimère	Fleur présentant trois pièces par verticilles.
Tubercule	Organe souterrain renflé par des réserves nutritives, d'origine caulinaire ou racinaire.
Vaisseau	Élément conducteur de la sève brute regroupé en faisceaux ou en cernes pour constituer le bois. Les vaisseaux imparfaits ont conservé leurs cloisons transversales, les vaisseaux parfaits les ont perdues et constituent de vrais tuyaux.
Verticillé	Positionnement des pièces florales par étages distincts les uns des autres.
Vivace	Synonyme de pérenne, pouvant vivre plusieurs années.
Vrille	Organe aérien de nature caulinaire, inflorescentielle ou foliaire, destiné à arrimer la liane ou l'arbuste grimpant à son support.

Xylème	Tissu conducteur de la sève brute, constitué soit de vaisseaux parfaits soit de vaisseaux imparfaits. Le xylème primaire est issu des méristèmes apicaux, le xylème secondaire, du cambium.
Zygomorphe	Se dit d'une fleur chez laquelle il y a un plan de symétrie, c'est à dire une symétrie bilatérale.
Zygote	Cellule résultant de l'union de deux gamètes. Généralement diploïde.

ANNEXE 2 : Les 12 espèces de Vanilles décrites en 1840 (Lindley,
1840)

- *Vanilla aromatica*
- *Vanilla claviculata*
- *Vanilla planifolia*
- *Vanilla albida*
- *Vanilla grandiflora*
- *Vanilla bicolor*
- *Vanilla palmarum*
- *Vanilla aphylla*
- *Vanilla sativa*
- *Vanilla sylvestris*
- *Vanilla pompona*
- *Vanilla inodora*

ANNEXE 3 : Extrait de la monographie de la vanilline (Pharmacopée Européenne, 2014)

Identification :

- Première : L'examen est effectué par spectrophotométrie d'absorption dans l'infrarouge en comparant avec le spectre obtenu avec la vanilline SCR [substance chimique de référence]. Les substances sont examinées sous forme de pastilles.
- Seconde :
 - Le point de fusion de la vanilline est de 81 à 84°C.
 - Il consiste en l'examen des chromatogrammes obtenus dans l'essai des substances apparentées à la lumière du jour après pulvérisation. La tache principale du chromatogramme obtenu avec la solution à examiner est semblable quant à sa position, sa coloration et ses dimensions à la tache principale du chromatogramme obtenu avec la solution témoin.
 - A 5mL d'une solution saturée de vanilline on ajoute 0,2mL de solution de chlorure ferrique R1. Il apparaît une coloration bleue. On chauffe ensuite à 80°C. La coloration vire au brun. Après refroidissement, il se forme un précipité blanc.

Essai :

- Aspect de la solution : Dissolvez 1g de vanilline dans de l'alcool R et complétez à 20mL avec le même solvant. La solution est limpide et n'est pas plus fortement colorée que la solution témoin B6.
- Substances apparentées : Réalisation d'une chromatographie sur couche mince en utilisant une plaque recouverte de gel de silice GF₂₅₄R.

Solution à examiner (a) : Dissolvez 0,1g de vanilline dans du méthanol R et complétez à 5mL avec le même solvant.

Solution à examiner (b) : Prélevez 1mL de solution à examiner (a) et complétez à 10mL avec du méthanol R.

Solution témoin (a) : Dissolvez 10mg de vanilline SCR dans du méthanol R et complétez à 5mL avec le même solvant.

Solution témoin (b) : Prélevez à 0,5mL de solution à examiner et complétez à 100mL avec du méthanol R.

Un dépôt de 5 μ L de chaque solution est effectué sur la plaque qui sera développé dans une cuve non saturée sur un parcours de 10cm avec un mélange de 0,5 volume d'acide acétique anhydre R, 1 volume de méthanol R et 98,5 volumes de chlorure de méthylène R.

La plaque est ensuite séchée dans un courant d'air froid et examinée à la lumière UV 254nm.

S'il apparaît d'autres taches que la tache principale obtenue avec (a), aucune d'entre elles n'est plus intense que la tache obtenue avec (b).

Pulvérisez de la solution acéto-chlorhydrique de dinitrophénylhydrazine R et examinez à la lumière du jour.

S'il apparaît d'autres taches que la tache principale obtenue avec (a), aucune d'entre elles n'est plus intense que la tache obtenue avec (b).

- Réaction à l'acide sulfurique : Dissolvez 50mg de vanilline dans 5mL d'acide sulfurique R. Après 5 minutes, s'il apparaît une coloration, elle n'est pas plus intense que celle d'un mélange de 4,9mL de solution primaire jaune et 0,1mL de solution primaire rouge ou celle d'un mélange de 4,9mL de solution primaire jaune et 0,1mL de solution primaire bleue.
- Perte à la dessiccation : déterminée au dessiccateur pendant 4 heures sur 1,000g de vanilline. La perte à la dessiccation n'est pas supérieure à 1%.
- Cendres sulfuriques : Déterminé sur 2g de vanilline. Le taux de cendres sulfuriques est inférieur à 0,05%.

Dosage :

Dissolvez 0,120g de vanilline dans 20mL d'alcool R et ajoutez 60mL d'eau exempte de CO₂ R. Titrez par l'hydroxyde de sodium 0,1M.

Déterminez le point de fin de titrage par potentiométrie.

1mL d'hydroxyde de sodium 0,1M correspond à 15,21mg de C₈H₈O₃.

ANNEXE 4 : Fiche Rhodia de la vanilline [31]



Résumé Sécurité GPS

[Contacts](#)



Vanilline

Identité chimique

Désignations commerciales
Nom chimique (IUPAC)
Synonymes

Vanilline, Série Rhovanil®
4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde
méthyle vanilline, vanillic aldehyde

Numéro CAS 121-33-5
Formule chimique C₈H₈O₃
Masse molaire 152.15 g/mol

Applications

La Vanilline confère l'arôme et l'odeur de vanille si populaire. Utilisée seule ou en formulation, la vanilline est l'arôme ou la fragrance la plus répandue dans le monde, elle est essentielle dans de nombreuses applications :

- Formulation d'arômes alimentaires, chocolats, confiserie, pâtisseries, boissons, laitages et produits frais
- Parfums et fragrances, masquant d'odeur (pneus, plastiques, ...), parfums d'ambiance
- Formulations pour l'hygiène, la maison, les détergents, ...
- Alimentation pour les animaux
- Intermédiaires pour la pharmacie et l'agrochimie

Evaluation des dangers, Exposition et Recommandations pour la gestion des risques

Propriétés physico-chimiques

Propriétés	Résultats
Aspect	Poudre cristalline
Couleur	Incolore à jaune pale
Odeur	Vanille
Point de fusion	80 – 83.5 °C
Inflammabilité	Non Inflammable
Solubilité dans l'eau	Soluble
Coefficient de partage octanol/eau	Faible potentiel pour la bioaccumulation

Effets sur la santé



La Vanilline répond aux critères de la réglementation européenne pour les applications consommateurs.



La Vanilline provoque une sévère irritation des yeux. Des mesures de sécurité doivent être respectées pour les utilisations industrielles, conformément à la Fiche de Données de Sécurité.

Effets sur l'environnement



Facilement biodégradable, la vanilline ne sera pas persistante. Le potentiel pour la bioaccumulation est faible. La Vanilline n'est pas classée dangereuse pour l'environnement. Les rejets industriels doivent être maîtrisés conformément à la réglementation en vigueur pour la protection de l'environnement.

Information réglementaire et certifications

Classification et étiquetage

Réglementation (EC) 1272/2008 (CLP)



Attention

Irritation oculaire, Cat. 2
H319 Provoque une sévère irritation des yeux

Enregistrements et certifications

Réglementation produits chimiques (EC) 1907/2006 (REACH)
Certifié ISO 9001 version 2008 et FSC 22000 en cours
HACCP : définie dans réglementation 852/2004 et le Codex Alimentarius

La Vanilline répond aux exigences de la réglementation européenne. La vanilline extra-pure peut-être utilisée en toute sécurité pour les applications alimentaires, elle respecte les standards les plus sévères.

Résumé Sécurité GPS

Vanilline

Généralités

La vanilline est le composant primaire de l'extrait des gousses de vanille. L'extrait naturel de vanille est un mélange de centaines de composés.

La demande en arôme vanille a depuis longtemps dépassé la production en arôme naturel. En 2010, la demande annuelle était supérieure à 15000 tonnes et seulement 2000 tonnes de vanilline naturelle ont été produites. La différence est issue de la synthèse.

L'arôme artificiel de vanille, d'origine synthétique est une alternative à la vanilline pure. Sa production selon le procédé ex-catéchol, donne une vanilline extra pure. Elle répond aux critères les plus sévères pour l'application alimentaire et peut donc être utilisée en toute sécurité.

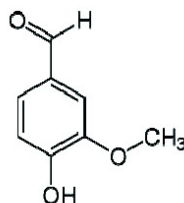
La Vanilline confère l'arôme et l'odeur de vanille si populaire. Utilisée seule ou en formulation, la vanilline est l'arôme ou la fragrance la plus répandue dans le monde, elle est essentielle dans de nombreuses applications telles que la confiserie, les chocolats, la cuisine, les boissons mais aussi les parfums, la cosmétique et les détergents.

La molécule de la vanilline a des propriétés intéressantes et est utilisée comme intermédiaire de synthèse en pharmacie et agrochimie.

Identité chimique

Nom:	Vanilline
Désignations commerciales:	Rhovani [®] Extra Pure, Rhovani [®] Extra Pure Fine mesh, Rhovani [®] Extra Pure Free Flow
Nom chimique (IUPAC):	4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde
Synonymes:	méthyle vanilline, vanillic aldehyde
Numéro CAS:	121-33-5
Formule chimique:	C ₈ H ₈ O ₃

Structure moléculaire:



Applications

Le développement durable est la priorité de Rhodia et les procédés de production toujours optimisés pour respecter l'environnement.

La vanilline est fabriquée par la voie de synthèse Catéchol, plus respectueuse de l'environnement que la voie ONCB (o-nitrochlorobenzène). Cette voie, reconnue comme le meilleur procédé en termes de consommation d'eau et d'énergie, permet de synthétiser le « Gaïacol vert » à partir du catéchol pour obtenir une vanilline extra pure.

La vanilline Rhodia issue du Catéchol est fabriquée selon un procédé sans toluène garantissant son utilisation en toute sécurité dans les produits alimentaires, par la traçabilité de toute la chaîne de fabrication industrielle.

La vanilline est utilisée dans de nombreuses applications:

- Formulation d'arômes alimentaires : chocolats, confiseries, pâtisseries, boissons, laitages produits frais
- Parfums et fragrances, masquant d'odeur (pneus, plastiques, ...), parfums d'ambiance
- Formulations pour la cosmétique, la maison, la toilette, les détergents, ...
- Alimentation pour animaux
- Intermédiaires pour la pharmacie et l'agrochimie

Propriétés physico-chimiques

Evaluation des dangers physico/chimiques

Propriétés	Résultat
Aspect	Poudre cristalline
Etat physique	Solide à 20°C
Couleur	Incolore à jaune pâle
Odeur	Vanille
Masse molaire	152,15 g/mol
Densité relative	1,06 g/cm ³ à 20°C
Point de fusion	80 – 83,5°C
Point d'ébullition	154°C à 13,3 hPa 284°C à 1013 hPa
Point éclair	160°C à 1022 hPa (coupe fermée)
Inflammabilité	Non inflammable
Propriétés explosives	Pas de propriétés explosives
Température d'auto-inflammation	Non applicable (solide à 20°C et PF < 160°C)
Pression de vapeur	0,0029 hPa à 25°C, peu volatile 0,17 hPa à 65°C
Solubilité dans l'eau	9 g/l à 25°C, soluble
Coefficient de partage Octanol Eau (log Kow)	1,21 à 25°C

La vanilline n'est pas classée selon les critères de dangers physico-chimiques de la réglementation (CE) 1272/2008.

Autres dangers ne résultant pas de la classification :

La vanilline est une poudre combustible qui peut libérer des poussières, formant au contact de l'air un mélange explosif.

Effets sur la santé

Evaluation des dangers pour la santé

Evaluation des effets	Résultat
Toxicité aiguë Voies orale/dermale/inhalation	- Voies orale et dermale : non classé - par inhalation : pas de donnée
Irritation / corrosion Peau/yeux/tractus respiratoire	- Non classé pour l'irritation cutanée - Provoque une sévère irritation des yeux
Sensibilisation Peau/Tractus respiratoire	Non classé pour la sensibilisation
Toxicité à doses répétées Voies orale/dermale/inhalation	- Voie orale : non classé pour la toxicité à doses répétées - Voie dermale et inhalation : pas de donnée
Génotoxicité / Mutagénicité	Non classé : ni mutagène ni génotoxique
Cancérogénicité	Non classé cancérigène
Toxicité pour la reproduction	Non classé : pas d'effet sur la fertilité et non tératogène

Ces données sont basées sur les résultats d'études fiables, la classification est réalisée en accord avec les critères de la réglementation (CE) 1272/2008.

Effets sur l'environnement

Evaluation des dangers pour l'environnement

Evaluation des effets	Résultat
Toxicité aquatique	Nocif pour les poissons, algues et invertébrés

Comportement et devenir	Résultat
Biodégradation	Facilement biodégradable
Potentiel de bioaccumulation	Non potentiellement bioaccumulable (log Kow = 1,21)
Conclusion PBT/vPvB	Non considéré comme PBT ou vPvB

D'après les résultats d'étude fiables, la vanilline est considérée comme nocive pour les organismes aquatiques mais comme elle est facilement biodégradable et non potentiellement bioaccumulable, elle n'est pas classée dangereuse pour l'environnement, selon les critères de la réglementation EC 1272/2008.

Exposition

Santé humaine

En considérant le cycle de vie de la substance (fabrication, intermédiaire de synthèse ou ingrédient de formulation et produit grand public), les opérateurs de fabrication puis *in fine* les consommateurs, sont susceptibles d'être mis en contact avec la Vanilline.

Les produits grand public contenant de la Vanilline (confiserie, pâtisserie, boissons ou cosmétiques, parfums, produits pour la maison, ...) sont formulés conformément à la réglementation européenne concernant les applications destinées aux consommateurs.

A l'échelle industrielle, la Vanilline est fabriquée en système clos, selon un procédé continu et automatisé assurant la maîtrise des risques et permettant de produire une substance de haute pureté.

Afin de maîtriser les risques potentiels, durant les étapes de chargement/déchargement, de mélange, de prise d'échantillon, d'analyse ou de maintenance, des mesures de management des risques sont appliquées, telles que protection collective et équipements de protection individuelle adaptés, bonnes pratiques d'hygiène industrielle et communication sur les risques par le biais de la formation des opérateurs.

Environnement

D'après ses propriétés physico-chimiques, si la Vanilline est rejetée dans l'environnement, elle sera majoritairement distribuée dans l'eau et peu dans les sols. La Vanilline est facilement biodégradable et ne sera pas persistante. La Vanilline est peu volatile, l'émission dans l'air est très faible.

La Vanilline a de plus un faible potentiel pour l'adsorption et la bioaccumulation.

Sur le site de production de la Vanilline et pour son utilisation en tant qu'intermédiaire de synthèse ou en formulation, les effluents doivent être dirigés vers une station d'épuration pour traitement.

La mise en contact indirecte de l'homme via l'environnement est considérée comme négligeable dans le cas de la Vanilline synthétique.

D'après l'évaluation des risques, on peut considérer que la Vanilline n'entraînera pas d'effet sur la chaîne alimentaire.

Recommandations pour la maîtrise des risques

Santé humaine

Le management des risques est réalisé selon la méthode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point), approche préventive systématique et réglementaire pour la gestion de la sécurité alimentaire.

Pour les usages industriels de la Vanilline, il est obligatoire d'être correctement informé et formé et de se reporter à la Fiche de Données de Sécurité étendue (FDS étendue).

Afin de maîtriser les risques lors de la mise en œuvre de la vanilline (phases de chargement/déchargement, mélange, prise d'échantillon, analyse ou maintenance), la manipulation du produit doit être réalisée en présence d'un système de ventilation approprié et efficace, l'extraction de la poussière devant être réalisée à la source, les opérateurs doivent porter des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés conformément à la FDS étendue (lunettes de sécurité, gants, vêtement de protection) et les mesures d'hygiène doivent être respectées (équipement d'urgence accessible, EPI régulièrement entretenu, se laver les mains après contact avec le produit, ne pas manger, boire ou fumer au poste de travail).

Environnement

Les effluents pouvant contenir la substance doivent être orientés vers une station d'épuration afin d'éviter les rejets dans l'environnement.
L'élimination, le traitement et le recyclage doivent être conformes à la réglementation en vigueur pour la protection de l'environnement.

Inventaires et enregistrements

La Vanilline a été évaluée dans plusieurs contextes réglementaires :
- enregistrement selon la réglementation européenne REACH (EC) 1907/2006
- évaluation dans le cadre de la liste des substances de fort tonnage (liste HPV) de l'OCDE (High Production Volume) : publication à l'UNEP en 2002.

Information réglementaire / Classification et étiquetage

- La Vanilline répond aux critères de la réglementation européenne pour les applications consommateurs.
- Classification et étiquetage de la substance conformément à la réglementation CE 1272/2008 (CLP) :

Classification

Irritation oculaire, Catégorie 2

H319 Provoque une sévère irritation des yeux

Etiquetage

Pictogramme :



Signal:

ATTENTION

Mention de danger :

Mention de précaution :

H319 Provoque une sévère irritation des yeux

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.

Conclusion

L'arôme chimique de vanille ou Vanilline synthétique est la meilleure alternative à l'arôme naturel de vanille. Sa fabrication en système clos, à partir du Catéchol, issu du « Guaiacol vert », garantit un produit respectant les standards les plus exigeants de la réglementation alimentaire.

Contacts pour plus d'information

Pour plus d'information sur la substance ou sur les fiches résumé sécurité, merci de contacter :

Rhodia Global product Strategy: http://www.rhodia.com/en/sustainability/global_product_strategy/index.tcm

Contact: globalproductstrategy@eu.rhodia.com

Informations complémentaires

ICCA Global Product Strategy: <http://www.icca-chem.org/en/Home/ICCA-initiatives/global-product-strategy/>

Fiche de données de sécurité étendue (FDS étendue), disponible sur demande :

http://www.rhodia.com/en/contact/contact_form_business.tcm

Glossaire, définition du vocabulaire technique disponible sur:

http://www.rhodia.com/en/sustainability/global_product_strategy/glossary/index.tcm

Date de publication : Décembre 2011

Révision: 2

Disclaimer

Les informations contenues dans le présent Résumé Sécurité ont été établies sur la base des données disponibles dans les dossiers réglementaires européens REACH (EC N°1907/2006) et de nos connaissances à sa date de publication. Ces informations ne sont données qu'à titre indicatif en vue de donner des informations générales sur l'identification des dangers et l'évaluation des risques liés aux substances chimiques, dans le contexte de la stratégie mondiale des produits chimiques (« Global Product Strategy ») de l'ICCA et ne sauraient donc être interprétées comme une garantie ou considérées comme des spécifications de qualité. Le présent Résumé Sécurité ne remplace ni les fiches de données sécurité ni les notices techniques d'utilisation. Les informations qu'il contient ne concernent en outre que le produit nommément désigné et, sauf indication contraire spécifique, peuvent ne pas être applicables en cas de mélange dudit produit avec d'autres substances ou utilisables pour tout procédé de fabrication. Elles ne dispensent en aucun cas l'utilisateur de s'assurer qu'il est en conformité avec l'ensemble des textes réglementant son activité.

ANNEXE 5 : Spécialités contenant l'excipient père vanille [18]

ACTI 5 SOL BUV AMP 5ML

AMOXICILLINE ALM 250MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE CRT 125MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE CRT 250MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE CRT 500MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE EG 125MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE EG 250MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE EG 500MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE MYL 125MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE MYL 250MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE MYL 500MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE TVC 125MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE TVC 250MG/5ML BUV FL

AMOXICILLINE TVC 500MG/5ML BUV FL

CALCIDOSE VIT D3 500MG/400UI PDR

CARBOCISTEINE ARW 5% AD SOL BUV

CARBOCISTEINE BGA 2% ENF SOL BUV

CARBOCISTEINE BGC 5% SOL BUV 125ML

CARBOCISTEINE BGC 5% SOL BUV 200ML

CARBOCISTEINE EG 5% AD SS SOL BUV

CARBOCISTEINE EGL 2% ENF SIROP

CARBOCISTEINE H2P 5% AD SOL BUV

CARBOCISTEINE MYL 5% AD SIROP 200ML

CARBOCISTEINE RTC 5% AD BUV 200ML
CARBOCISTEINE RTC 5% AD BUV 300ML
CARBOCISTEINE TCO 2% ENF SOL BUV
CARBOCISTEINE TCO 5% AD BUV 200ML
CARBOCISTEINE TCO 5% AD SIROP 200ML
CEMAFLAVONE SOL BUV AMP 10ML
CLARIX EXPECT CARB 5% AD SS FL 250ML
ERGIX 5% AD EXPECT SOL BUV FL 250ML
EXOTOUX 5% SOL BUV Gé
FLUDITEC 5% AD SOL BUV
HUMEX 5% AD EXPECT SS SOL BUV
HUMEX TX SEC OXOM 0,33MG/ML BUV150ML
HUMEXLIB AD POWDRE SACHET
HYDROSOL VIT PDV BUV GTT 20ML
IRRISDERMYL CREME TB 30G
LANSOYL FRAMBOISE GEL ORAL POT 225G
LANSOYL FRAMBOISE GEL ORAL UNIDOSE
LANSOYL SS SUCRE GEL ORAL POT 215G
MAALOX MAUX ESTOMAC SS F ROUGE CPR
MEDIBRONC 5% AD SOL BUV 250ML
OPO VEINOGENE SOL BUV FL 150ML
ORACILLINE 0,25MUI/5ML SUSP BUV120ML
ORACILLINE 0,5MUI/5ML SUSP BUV 120ML
ORACILLINE 1MUI/10ML SUSP BUV 180ML
OXOMEMAZINE BGA 0,33MG/ML BUV 150ML
OXOMEMAZINE EG 0,33MG/ML BUV 150ML

OXOMEMAZINE MYL 0,33MG/ML BUV 150ML
OXOMEMAZINE PHR 0,33MG/ML BUV 150ML
OXOMEMAZINE ZEN 0,33MG/ML BUV 150ML
OXOMEMAZINE ZTL 0,33 MG/ML BUV 150ML
PARACETAMOL VITC PHENIR SDC PDR
PNEUMOREL 0,2% SIROP FL 150ML
RESTRICAL NOISETTE SOL HUILEUSE 0,5L
RHINATHIOL PROMETHAZINE SIROP 200ML
STREPSILS ORANGE VITAMINE C PASTILLE
THERALENE 2,5MG/5ML SIROP FL 150ML
THERALENE 40MG/ML SOL BUV 100ML
THERALENE 40MG/ML SOL BUV 30ML
TONICALCIUM ENF SOL BUV AMP
TOPAAL SUSP BUV FL 210ML
TOPLEXIL 0,33MG/ML BUV 150ML
VEGETOSERUM AD SIROP FL 150ML
VERMIFUGE SORIN 10% SIROP FL 200ML
VITAMINE C UPSA 500MG CPR
XYLOCAINE VISQUEUSE 2% GEL ORAL
ZENTEL 0,4G/10ML SUSP BUV FL 10ML
ZYVOXID 100MG/5ML GRANULES FL

SERMENT DE GALIEN

Je jure 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 ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma Profession.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois méprisé de mes Confrères si je manque à mes engagements.



LEROSIER Angélique

La Vanille.

Th. D. Pharm., Rouen, 2016, 194 p.

RESUME

La vanille, liane appartenant à la famille des Orchidaceae, est une épice connue et grandement utilisée. La préparation des fruits, de leur culture à leur séchage, demande beaucoup d'attention afin d'éviter les contaminations, d'obtenir de bon rendement et surtout de bonne qualité. Nos ancêtres utilisaient la vanille notamment comme digestif, aphrodisiaque, désinfectant. Des études pharmacologiques ont montré que la vanille, notamment grâce à son composant aromatique majeur, la vanilline, présentait effectivement certaines qualités comme antibactérien, antioxydant, antimutogène, et un certain pouvoir apaisant. Cette action apaisante constitue notamment pour les bébés prématurés une solution naturelle et saine à un problème de taille : l'apnée du sommeil.

Cette épice était utilisée depuis les Aztèques comme aromatisant du chocolat, l'aidant ainsi à être plus digeste. Cette utilisation perdure de nos jours : elle est utilisée comme aromatisant des médicaments, des compléments alimentaires mais aussi et surtout dans l'alimentation. Comme arôme, nous observons aussi l'utilisation d'une substance synthétique dérivée, l'éthylvanilline, plus stable et moins onéreuse que l'extrait de vanille ou la vanilline naturelle. Cette molécule ne présenterait apparemment pas les mêmes propriétés pharmacologiques que la vanilline. Depuis 1960, une molécule, dérivée de la vanilline, le cyclovalone est commercialisée. Les avancées majeures en thérapeutique semblent encore à venir, avec notamment une étude en cours d'un dérivé de la vanilline, mieux assimilable dans l'organisme que celle-ci, pouvant permettre de lutter contre la drépanocytose.

MOTS CLES : Vanille – Vanilline – Ethylvanilline – Acide vanillique – Antibactérien – Antioxydant – Aromatisation – Drépanocytose

JURY

Président : Mme SEGUIN Elisabeth, Professeur

Membres : Mme GROULT Marie-Laure, Maître de Conférences

Mme CRISTOL Sophie, Docteur en Pharmacie

DATE DE SOUTENANCE : 16 mars 2016