



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

En vue de l'obtention du Diplôme de **LICENCE**

DOMAINE : SCIENCE DE L'INGENIEUR - SCIENCES AGRONOMIQUES ET
ENVIRONNEMENTALES

MENTION: INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

LES FACTEURS DE VARIABILITE DE LA QUALITE DES CLOUS ET DES HUILES ESSENTIELLES DE GIROFLE



Présenté par : **ANDRIATSITOHAINA Hasina Henintsoa**
27 Janvier 2016

Promotion: **FANDRIÀKA MISONGA**

Année universitaire: **2014-2015**



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE

En vue de l'obtention du Diplôme de **LICENCE**

DOMAINE : SCIENCE DE L'INGENIEUR - SCIENCES AGRONOMIQUES ET
ENVIRONNEMENTALES

MENTION: INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES

LES FACTEURS DE VARIABILITE DE LA QUALITE DES CLOUS ET DES HUILES ESSENTIELLES DE GIROFLE



Présenté par : **ANDRIATSIHOAINA Hasina Henintsoa**

Le 27 Janvier 2016

Devant le jury composé de :

- Président du jury : Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA
- Examineur : Docteur Fanjaniaina FAWBUSH
- Tuteur : Docteur Gaylor RAZAFIMAMONJISON

Promotion: **FANDRIÀKA MISONGA**

Année universitaire: **2014-2015**

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu de nous avoir donné la force et la santé, nécessaires pour mener à terme les travaux relatifs à ce mémoire.

Puis, nos sincères remerciements s'adressent particulièrement aux personnes suivantes:

- Professeur Béatrice RAONIZAFINIMANANA, Chef du parcours et Enseignant –chercheur au sein de la mention Industries Agricoles et Alimentaires qui, malgré ses nombreuses occupations, nous a fait grand honneur de présider la soutenance de ce mémoire;
- Docteur Fanjaniaina FAWBUSH, Maître de Conférences et Enseignant-chercheur à l'E.S.S.A. au sein de la mention Industries Agricoles et Alimentaires, pour avoir accepté d'être l'examineur de la présente étude;
- Docteur Gaylor RAZAFIMAMONJISON, Maître de Conférences et Enseignant-chercheur au sein de la mention Industries Agroalimentaires de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques d'Antananarivo, notre encadreur qui, malgré ses multiples occupations, nous a consacré un temps précieux en nous apportant une aide inestimable. Il nous aurait été difficile de mener à bien nos travaux sans son appui constant et bienveillant et sans ses encouragements permanents. Nous lui sommes profondément reconnaissants.

Nous adressons également notre profonde gratitude:

- A tout le Personnel Enseignant et aux techniciens de laboratoire du parcours Industries agroalimentaires de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques;
- A tout le personnel du Centre d'Information et de Documentation de l'E.S.S.A.;
- A tout le personnel du Commerce International à Anosy, pour les informations et les données qu'il nous a octroyées avec gentillesse ;
- A tout le personnel de l'I.N.S.T.A.T. Madagascar à Anosy pour leur coopération en termes de données;
- A tout le personnel du Centre d'Information Technique et Educatif d'Ambatonakanga, (C.I.TE.) pour leur aimable collaboration en m'offrant les documents utiles à mon travail de recherche;
- A toute ma famille et mes amis pour leurs soutiens moraux, matériels et financiers.

Ainsi, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce présent travail.

LISTE DES ACRONYMES

- **A.F.N.O.R.** : Association Française de Normalisation
- **Ar** : Ariary
- **C.I.T.E.** : Centre d'Information Technique et Educatif d'Ambatonakanga,
- **C.I.R.A.D.** : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- **C.N.U.C.E.D.** : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
- **C.P.G.** : Chromatographie en phase Gazeuse
- **E.S.A.** : European Spice Association soit Association Européenne des Epices
- **E.S.S.A.** : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
- **H.E.** : Huile Essentielle
- **I.A.A.** : Industries Agricoles et Alimentaires
- **I.N.S.T.A.T.** : Institut National de la Statistique
- **I.S.O.** : International Standards Organization
- **O.M.C.** : Organisation Mondiale du Commerce

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Systématique du giroflier	6
Tableau II: Caractéristiques des qualités de clous de girofle à Madagascar	17
Tableau III: Caractéristiques de l'huile essentielle de feuilles de girofle.....	21
Tableau IV: Quantité des principaux composants actifs de l'huile essentielle de girofle.....	22
Tableau V : Lien entre les pratiques et la qualité des clous.....	24
Tableau VI : Influence des facteurs liés aux procédés de distillation sur la qualité de l'huile essentielle de feuilles de girofle	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Circuit commerciale des produits du giroflier à Madagascar	10
Figure 2: Tonnage des exportations de girofle de l'année 2000 à 2014.....	10
Figure 3: Calendrier culturel du giroflier.....	14
Figure 4 : Opérations avant la distillation des feuilles de girofliers.....	19

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Aire de culture de giroflier à Madagascar	36
Annexe 2: Superficie exploitée par la plantation de girofle à Madagascar	36
Annexe 3: Fiche culturelle du giroflier	37
Annexe 4 : Résumé de la Norme de l'E.S.A.	38
Annexe 5: Norme Internationale ISO 2254-2004	39
Annexe 6: Normes régissant les huiles essentielles de girofle	40
Annexe 7 : Composition de l'Huile essentielle de girofle.....	40
Annexe 8: Photographies de fabrication d'huile essentielle de girofle à Analanjirofo	41

INTRODUCTION

Le giroflier (*Syzygium aromaticum*) est une plante aromatique appartenant à la famille des Myrtacées. Provenant de l'Indonésie, il a été introduit sur la côte-Est de Madagascar en 1895 (Marty, 1992 ; Ramanantsoavina, 1970). Le giroflier est aujourd'hui planté sur tout le littoral Est malgache avec une forte concentration dans la région d'Analanjirofo. A partir du giroflier, deux « organes » peuvent-être récoltés: les clous de girofle qui sont les boutons floraux cueillis avant leur épanouissement, et les feuilles de girofle destinées à la distillation. Ainsi, deux « produits » majeurs sont commercialisés : les clous séchés (épices) et les huiles essentielles extraites des feuilles.

Madagascar est actuellement le deuxième producteur mondial et le premier exportateur mondial de clous séchés et d'huile essentielle de feuilles de girofle (Instat, 2014). Même si les principaux marchés récepteurs des produits issus du giroflier sont moins exigeants que les marchés européens, la concurrence sur ces produits et la diminution des marges bénéficiaires ont conduit les acheteurs à être plus exigeants en ce qui concerne la qualité des produits, qui peut affecter directement sa valeur commerciale.

La question scientifique à laquelle nous proposons de répondre est donc: « **Quels sont les facteurs de variabilité de la qualité des clous de girofle, des rendements en huile essentielle contenu dans les feuilles et de la composition chimique des huiles essentielles issus des feuilles de girofle ?** »

La variabilité de la qualité des deux produits est un phénomène bien connu et naturel. Elle peut être intrinsèque à la plante, sous contrôle génétique. Néanmoins, cette variabilité peut être liée à des facteurs extrinsèques, relevant du contexte au sens large dans lequel s'est élaboré le produit sur la plante. De plus, ces facteurs extrinsèques peuvent être en partie modulés par les pratiques culturales, les opérations post récoltes ainsi que les techniques d'extractions.

Dans cet ouvrage, nous nous proposons d'appréhender l'impact de ces facteurs extrinsèques, en relation avec les pratiques culturales, sur la variabilité de la qualité des produits issus du giroflier afin de les maîtriser et de proposer aux opérateurs (paysans, et

collecteurs) des éléments afin d'optimiser la qualité des clous et des huiles essentielles de girofle produits à Madagascar.

Pour atteindre cet objectif général, trois grandes parties sont réalisées dans le cadre de cette étude. La première partie montre le cadre conceptuel de l'étude et les états des connaissances sur le girofler. La deuxième partie développe les états et les analyses critiques des pratiques et opérations de transformation effectuées par les producteurs. L'ultime volet est consacré aux recommandations.

Partie I : CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE ET LES ETATS DES CONNAISSANCES SUR LE GIROFLIER

I.1. Cadre conceptuel de l'étude

I.1.1 Contexte

Le girofle est le deuxième produit agricole d'exportation de Madagascar après le café (Demangel, 2011). L'exploitation de girofle représente une activité de rente pour les producteurs malgaches. En effet, le girofler constitue la principale source de revenu de trente mille agriculteurs de la côte Est malgache (<https://afs4food.Cirad.fr/>). Le girofler est cultivé pour la production des clous de girofle d'une part, et la fabrication d'huile essentielle de girofle d'autre part (Ranoarisoa, 2012). L'exportation des produits issus de l'arbre a générée environ 97 milliards d'Ariary en 2013 pour le pays, faisant de Madagascar un des grands pays exportateurs de girofle sur le plan international (Instat, 2014). Tenant compte de l'importance de la plante, il s'avère alors déterminant d'étudier le mécanisme de la filière girofle à Madagascar.

I.1.2 Énoncé de la problématique

Pour les deux produits majeurs (clous et essence) Madagascar est actuellement le premier exportateur mondial avec des quantités exportées moyennes de 12.000 tonnes pour les clous et de 1 900 tonnes pour l'essence (Instat, 2014). Cependant, une limite de cette filière est liée à la qualité des produits exportés. L'altération des produits a parfois des causes relevant de la fermentation ou de l'adjonction d'impuretés¹. Mais la principale limite est l'existence d'une grande variabilité qualitative des produits réceptionnés dont la taille, le poids, le taux d'humidité des clous et la composition des huiles essentielles (fluctuation de la teneur en eugénol). Ainsi, la problématique de la recherche s'articule autour de la question suivante : « **Quels sont les facteurs de variabilité de la qualité des clous de girofle, des rendements en huile essentielle contenu dans les feuilles et de la composition chimique des huiles essentielles issus des feuilles de girofle?** »

I.1.3 Objectifs de l'étude

a) Objectif global

¹ Présence d'eau

L'objectif général de l'étude consiste alors à connaître et analyser les différentes pratiques et opérations de transformation effectuées par les producteurs malgaches, ainsi que les impacts de ces pratiques sur la qualité finale des « produits » dans le but de proposer des éléments pour optimiser la qualité des clous et des huiles essentielles de girofle.

b) Objectifs spécifiques

- Connaître les états des connaissances sur le giroflier;
- décrire les opérations de transformation que subit le produit et comprendre l'impact des différentes étapes sur la qualité du produit;
- donner des recommandations pour optimiser la qualité des clous et des huiles essentielles de feuilles de girofle.

Ainsi, des études bibliographiques et webographies ont été effectuées en vue de collecter, d'analyser et de synthétiser les informations requises à l'établissement de cet ouvrage.

I.1.4 Hypothèses

a) Hypothèse global

Le giroflier fournit des clous et huiles essentielles dont la qualité peut être influencée par les pratiques et les opérations de transformation.

b) Hypothèses spécifiques

- Hypothèse 1: La qualité des clous est tributaire des étapes post-récolte effectuées par les producteurs;
- Hypothèse 2: Le stade de développement et le séchage des feuilles seraient les causes de la variation quantitative et qualitative des essences de feuilles de giroflier.

I.2. États des connaissances sur le giroflier

I.2.1 L'introduction du giroflier à Madagascar

La première mention connue du girofle remonte à des livres chinois datant des années 266 à 220 ans avant l'ère chrétienne. Les fonctionnaires de la cour devaient avoir des clous de girofle dans la bouche, afin de parfumer leur haleine lorsqu'ils s'adressent au souverain. Vers

1605, Portugais et Hollandais se partagèrent le monopole de l'épice. Les Hollandais, pour maintenir un prix de commercialisation élevé, détruisaient toutes les plantations excepté celles de l'île d'Amboine de l'archipel des Moluques en Indonésie (Guerillot-Villet et Guyot, 1963). Cependant, Pierre Poivre² parvient en 1770, lors d'une expédition à rapporter des girofliers sauvages à l'île Maurice (Ile de France). En 1772, le giroflier fût introduit à la Réunion (Ratsimisetra *et al.*, 2008). En 1827, il fut importé dans l'île Sainte-Marie. C'est à partir de 1895, que le giroflier a gagné la côte Orientale malgache, principalement dans les districts de Soanierana Ivongo, Maroantsetra, Mananara, Fénériver-Est, et Vavatenina (Marty, 1992 ; Ramanantsoavina, 1970). La superficie occupée par la culture du giroflier à Madagascar est évaluée actuellement à 36 830 hectares (Instat, 2012).

I.2.2 Description botanique

Le giroflier est classé sous plusieurs désignations botaniques: *Syzygium aromaticum* (L.) Merrill & Perry; *Eugenia caryophyllus* (C. Sprengel) Bullock. et Harrison.; *Eugenia caryophyllata* Thunb. Il appartient à la famille des Myrtacées. Le giroflier est un grand arbre, au port pyramidal, à feuillage persistant et luxuriant. Il peut atteindre 15 à 20 m de hauteur, mais en culture il ne dépasse guère une hauteur de 7 à 10 m. Il peut vivre jusqu'à cent ans (Borget, 1991).

² *Voyageur, botaniste et administrateur colonial (1719-1786).*

La systématique du giroflier est donnée dans le tableau suivant :

Tableau I : Systématique du giroflier (Borget, 1991)

Règne:	Plantae
Sous règne:	Tracheobionta
Division:	Magnoliophyta
Classe:	Magnolopsida
Sous-classe:	Myrtales
Famille:	Myrtaceae
Genre:	<i>Eugenia</i>
Espèce:	<i>caryophyllus</i>
Nom commercial:	Girofle
Nom vernaculaire:	Jirofo, Karafoy

a) Système racinaire et tronc

Les racines sont superficielles. Le système racinaire est constitué par des racines traçantes de 4 à 5 m de long formant un chevelu abondant, par un pivot de 2 à 3 m de profondeur et par quelques racines plongeantes.

Le tronc se divise généralement en deux ou trois branches maîtresses formant une pyramide dans sa partie inférieure. L'écorce est de couleur gris clair et lisse. Le bois des branches est dur et cassant (Borget, 1991).

b) Feuilles

Les feuilles sont opposées, simples, lancéolées, coriaces et de la forme ovale. Elles sont portées par des pétioles minces, épaissis à la base et mesurant de 0,5 à 1 cm de long. Les dimensions du limbe varient de 7,5 à 12,5 cm de long sur 2,5 à 3 cm de large. Les nervures sont nombreuses mais peu apparentes. Lors de leur sortie, les jeunes feuilles sont jaune-verdâtre avec une teinte rosée. A l'âge adulte, les feuilles virent au vert foncé luisant, faisant du giroflier un des plus beaux arbres des pays tropicaux. Les feuilles sont très aromatiques car elles sont bourrées de petites glandes à essence (Richard, 1978).

c) Inflorescences et fleurs

Les cymes sont groupées en panicules terminales de 4 à 5 cm de long portant 20 à 40 fleurs. Les inflorescences apparaissent à l'extrémité des rameaux plusieurs mois avant l'épanouissement des fleurs (Bisson et Brunel, 1968). Les fleurs sont petites et hermaphrodites. Elles se composent d'un calice à quatre sépales charnus ; d'une corolle à quatre pétales ; de très nombreuses étamines ; d'un ovaire biloculaire multi-ovulé, surmonté d'un style portant un stigmate. A la floraison, le calice devient rouge vif et les pétales sont blanc-rosé.

d) Fruit et graine

Après la pollinisation, les étamines et le style tombent tandis que la partie inférieure de la fleur se transforme en une drupe brun-violacée charnue de forme ellipsoïdale. Il est mûr 2 à 3 mois après la floraison et mesure 2,5 cm de long sur 1 cm de large environ. Ce fruit est appelé «mère du girofle» ou «antofle». L'antofle renferme une graine ovoïde, sans albumen et de texture assez tendre. Une antofle possède une faculté germinative très courte de moins d'un mois après leur maturité (Marty, 1992).

I.2.3 Ecologie

a) Exigences climatiques

Le giroflier exige un climat chaud et humide sans saison sèche trop prolongée (moins de 3 à 4 mois). La pluviométrie doit alors être convenablement répartie à l'ordre de 1,5 à 2 m par an. La pluviométrie de la côte-Est malgache est trop abondante pour permettre une bonne floraison et le giroflier végète considérablement mais fleurit peu. En conséquence, les girofliers de Madagascar sont plus beaux et mieux garnis en feuilles que ceux de Zanzibar, mais ils sont en contrepartie moins florifères que ceux-ci. Le giroflier demande une humidité de l'air voisine de 80%, et une température de 22 à 28°C en moyenne. La production de clou de girofle nécessite un ensoleillement maximum (Andriamanantena, 2013; Marty, 1992).

b) Altitude et sols

Le giroflier préfère les zones au-dessous de 400 m d'altitude. Cependant, il existe des girofliers jusqu'à 600 -700 m d'altitude, mais ils sont rabougris et ne fructifient que très peu entre novembre et décembre. Les climats marins semblent favoriser le développement et la

fructification. Le girofle s'accommode aux terrains médiocres. Cependant, il préfère les sols provenant de la décomposition des roches volcaniques (ou les sols sédimentaires) et ne craint que les sols sablonneux plus ou moins salés et les sols marécageux. Il demande un pH voisin de 6,8 (Marty, 1992).

I.2.4 Ennemis de la plante

Le giroflier n'a que peu d'ennemis connus. Le principal est l'«andretra» (*Chrysotypus mabilianum*), chenille mineuse d'un lépidoptère, qui creuse de grosses galeries en partant des petites branches et le tronc. Les dégâts sont importants bien que difficilement estimables et aucun moyen de lutte ou de prévention semble avoir été mis en place durablement (Dubois *et* Ranaivosoa, 1966 ; Frappa, 1954) . Par ailleurs, les grands vents constituent le pire ennemi des plantations giroflières dû au développement superficiel de son système racinaire, à l'abondance de son feuillage et à la fragilité de son bois (Francois, 1936); alors que, paradoxalement, la zone giroflière malgache est particulièrement soumise aux cyclones (Donques, 1975).

I.2.5 Distribution géographique

Provenant de l'île Sainte-Marie et du voisinage de Soanierana-Ivongo, le giroflier se répandit progressivement tout au long de la côte Est malgache qui présente des contextes environnementaux adaptés à l'espèce. La zone giroflière s'étend aujourd'hui du nord au sud depuis Maroantsetra jusqu'à Fort-Dauphin dans les régions d'Antsinanana, Analanjirofo (dont le nom signifie d'ailleurs « forêt de giroflières »), Vatovavy Fitovinany et Atsimo Atsinanana. . Cependant 90% de la production de clous est concentrée dans la zone de Mananara, Fénérive-Est et Soanierana Ivongo (Instat, 2010).

I.2.6 Le girofle : un arbre, deux produits

L'une des particularités du girofle, comparé à la majorité des plantes à épice, est de fournir deux produits d'intérêt économique majeur: les clous qui sont les boutons floraux et l'essence principalement produite par la distillation des feuilles.

a) Le clou: produit «historique» du giroflier

Les usages du clou de girofle sont variés. Le clou est connu pour ses propriétés antiseptiques et anesthésiques, utilisées depuis très longtemps en dentisterie, en cosmétique et

en parfumerie (François, 1936 ; Kamatou, 2012). C'est une épice utilisée dans de nombreuses cuisines orientales et occidentales (ingrédients des currys, sauces, charcuteries, etc.) (Borget, 1991; Jirovetz *et al.*, 2006). L'Europe et l'Inde sont des grands importateurs de clou de girofle (Faostat, 2013). Toutefois, une grande partie de la production mondiale de clou de girofle sert à la fabrication des «kreteks», cigarettes traditionnelles indonésiennes composées d'un mélange de tabac et de clous (60% tabac, 40% girofle) (Duclos, 2012; François, 1936).

b) L'essence de girofle : usages anciens et actuels

L'essence de girofle (ou huile essentielle³), est connue en Europe depuis le 16^{ème} siècle. L'intérêt de cette essence réside essentiellement dans sa richesse en eugénol (Briand, 1996). Cette molécule est connue pour ses propriétés antibactériennes (Fu *et al.*, 2007). L'essence de girofle est très utilisée en pharmacie, en médecine humaine et vétérinaire et par les dentistes pour ses propriétés antiseptiques, anesthésiantes et analgésiques (Fu *et al.* 2007 ; Kamatou *et al.* 2012). Elle a servi de base à l'hémi-synthèse de vanilline (Ratsimisetra, 2008; Priefert, 2001). C'est aussi une base largement utilisée en parfumerie.

I.2.7 Production de girofle à Madagascar

La production moyenne malgache est de 15 278 tonnes de clou de girofle entre l'année 2000 et 2010 (Instat, 2011). La production de girofle est fortement irrégulière au cours de ces années. Ces variations seraient dues à des facteurs d'ordre climatique et au cycle triennal de production du giroflier. En effet, le giroflier possède une production élevée la première année, moyenne l'année suivante et faible la troisième année, et ainsi de suite.

De plus, les producteurs n'arrivent pas à séparer les pieds de giroflier destinés à la production de clou et ceux destinés à la production d'essence de feuilles. Or, ces deux filières sont concurrentes car l'augmentation de l'exploitation des feuilles des girofliers marginalise la production en clou. Ainsi, la production de clous de girofle se trouve réduite étant donné que la distillation des feuilles est source d'argent immédiate, souvent abusée par les producteurs.

Au niveau des zones productrices, les produits issus du giroflier sont d'abord collectés par les boutiquiers du village. Ensuite, les boutiquiers vendent les produits aux transporteurs

³ Les huiles essentielles sont des mélanges de substances chimiques volatiles extraites à partir des diverses parties de plantes : fleurs, racines, feuilles, tiges, écorces ou graines ou des animaux. (www.trimeta-agrofood.com/fr/girofle).

qui l'acheminement jusqu'à Tamatave vers les exportateurs. Les exportateurs effectuent les tests de contrôle de qualité, préparent les documents utiles à l'exportation, et organise l'exportation du produit. Les principaux acteurs dans la chaîne de commercialisation de girofle sont présentés dans le schéma suivant :

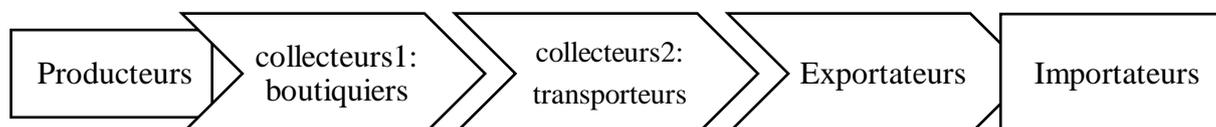


Figure 1: Circuit commercial des produits du giroflier à Madagascar

Source : auteur

I.2.8 Exportation de girofle à Madagascar

La grande majorité de la production de girofle est destinée à l'exportation. Madagascar est le deuxième pays exportateur de clous de girofle après Zanzibar et avant l'Inde. La figure suivante représente l'évolution des quantités d'huile essentielle de girofle et de clou de girofle exportées par Madagascar ces dernières années.

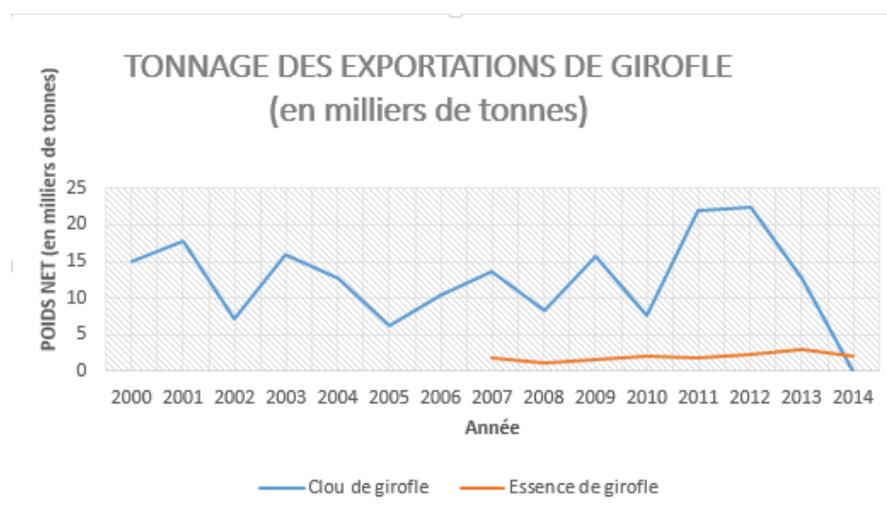


Figure 2: Tonnage des exportations de girofle de l'année 2000 à 2014

[Source:(Instat, 2014)]

– Clous de girofle: La quantité moyenne exportée par Madagascar est de l'ordre de 12 738 tonnes entre l'année 2000 et 2014. L'exportation maximale se trouve en 2012 avec 22 400 tonnes de clous de girofle; et l'exportation minimale est de l'ordre de 1 100 tonnes en 2014.

– Essence de girofle: La quantité moyenne d'essence de girofle exportée est de 1 957 tonnes entre l'année 2007 et 2013. Les exportations maximales et minimales sont respectivement 3 000 tonnes en 2013 et 1 200 tonnes en 2008.

En relation avec la production, les exportations présentent de grandes variations. Cette variation s'explique par le cycle triennal de production du giroflier puisqu'environ tous les trois ans (2002, 2005, 2008, et 2010) les clous de girofle exportés diminuent. En outre, à partir de 2012, l'exportation de clou de girofle chute démesurément, ceci peut être expliqué par les conséquences des crises politiques à Madagascar. En effet, les crises politiques provoquent la pauvreté des producteurs qui n'arrive plus à subvenir à ses besoins et effectuent des coupes abusives de feuilles de girofliers pour la fabrication d'huile essentielle. Ainsi, la production de clou des girofliers se retrouve affaiblit.

La filière girofle représente une grande source de devises étrangères pour le pays. L'exportation des produits issus du giroflier génère en moyenne 88 milliards d'Ariary pour le pays (Instat, 2014). Madagascar exporte surtout vers Singapour, l'Inde, l'Europe et les USA.

Par ailleurs, le prix de vente d'un litre d'essence de feuille de girofle varie entre 30 000 Ar et 60 000 Ar au niveau des producteurs. Pourtant le prix à l'exportation peut s'élever jusqu'à plus de 500 000 Ar. Le profit des agriculteurs est alors délaissé au détriment du profit des autres acteurs du circuit commercial (collecteurs et exportateurs).

Conclusion partielle I

Le girofle a toujours été une épice de valeur dans le temps et dans l'espace. Introduit à Madagascar en 1895, les girofliers occupent, actuellement, une grande partie de la côte-Est Malgache couvrant en tout 36 890 hectares. L'arbre présente des caractéristiques botaniques habituelles à la famille des myrtacées grâce à l'existence des poches glandulaires, élaborant de l'essence de girofle dans tous les organes. La côte-Est Malgache convient à la plantation de girofle malgré l'abondance de la pluviométrie qui minimise légèrement la floraison. Nonobstant, le vent et le lépidoptère *Chrysotypus mabillanum* (ou «andretra») sont les principaux ennemis de l'arbre. Le giroflier produit deux produits majeurs: le clou de girofle et l'huile essentielle de girofle. A partir des zones productrices, les produits sont acheminés vers les exportateurs par un circuit commercial dominé par les intermédiaires. Les huiles essentielles et clous de girofle sont utilisés dans les applications culinaires domestiques, agricoles, pharmaceutiques et médicinales, en cosmétologie, et en savonnerie. Madagascar est le premier exportateur de clou de girofle et d'huile essentielle de feuilles de girofle, avec 12 000 tonnes de clou et 1 900 tonnes d'essences de feuilles de girofle exportés en moyenne. Cependant, actuellement le marché international est de plus en plus strict vis-à-vis de la qualité des produits exportés. Ainsi, l'analyse des facteurs de variabilité des clous et essences de feuilles de girofle sera effectuée dans la partie II.

Partie II. ETATS ET ANALYSES CRITIQUES DES PRATIQUES ET OPERATIONS DE TRANSFORMATION EFFECTUEES PAR LES PRODUCTEURS

Il est important de comprendre les étapes impactant sur la qualité des produits issus du giroflier. Ainsi, cette partie constitue l'analyse de lien entre les pratiques des producteurs et la qualité des produits.

II.1. Pratiques culturales du giroflier

Bien que connue des paysans, la culture du Giroflier reste encore traditionnelle. Pour le giroflier, les exploitants emploient, en priorité, la main d'œuvre familiale, mais occasionnellement le recours à une main d'œuvre salariée est possible. C'est le cas surtout pour la récolte de clous de girofle à Madagascar. Le giroflier peut être cultivé en monoculture, mais la majorité des systèmes de cultures sont en agroforesterie⁴ (Bisson *et* Brunel ; 1968). Le giroflier est alors associé à certaines plantes telles que : le riz pluviale, le manioc, le manguier, le letchi, le caféier, les ananas, etc.

II.1.1. Multiplication et plantation

Le giroflier est reproduit par le semis en pépinière. Il faut récolter les fruits à parfaite maturité de couleur brun violacé foncé. Puis, étant donné la faible durée de la faculté germinative des graines, il est nécessaire de les mettre en terre sans tarder dès leur récolte. Les semences sont mises en terre et protégées du soleil. L'écartement est de l'ordre de 0,30 m. Arrosées convenablement, les semences germent dans le délai normal de cinq semaines. Le jeune plant apparaît d'abord sous la forme d'un petit raide et rouge. Et lorsqu'il atteint la taille de 5 cm environ deux petites feuilles rouges se forment à son extrémité. Le giroflier supporte mal les repiquages. Les plantes passent de 9 à 12 mois dans la pépinière avant d'être mis en place définitivement. (*Cf. Annexe 3.*). La croissance des girofliers est lente et il arrive à sa taille définitive à vingt ans (*Cf. Annexe 3.*).

II.1.2. Entretien et conduite des cultures

Les girofliers nécessitent des arrosages, fauchages et sarclages dont la fréquence devrait être effectuée en fonction du stade végétatif de la plante. Les matériels utilisés pour

⁴ *Techniques et systèmes d'utilisation de la terre dans lesquels des ligneux pérennes sont utilisés de manière délibérée sur la même unité gestion de la terre que des cultures agricoles ou d'élevage, en disposition spatiale ou séquence temporelle ; il y a des interactions aussi bien écologiques qu'économiques entre les différentes composantes (Oxfam, 2011).*

cultiver les girofliers sont: les bêches, les coupe-coupe, les paniers (ou les soubiques). Concernant la protection des cultures, la lutte contre les attaques dévastatrices de l'«andretra» (*Chrysotypus mabillanum*) se fait par le traitement des plantes par des insecticides et le ramassage manuel des chenilles et chrysalides.

- Calendrier culturel du giroflier

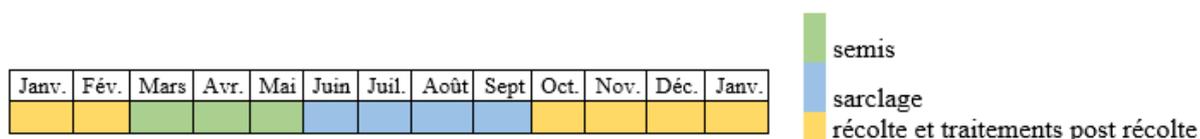


Figure 3: Calendrier culturel du giroflier

[Source: (Marty, 1992)]

La récolte des émondes⁵ peuvent être récoltées tout au long de l'année afin d'obtenir des essences. L'huile essentielle de feuilles de girofle représente une source d'argent immédiate pour les producteurs. Les producteurs l'utilisent surtout pour subvenir aux besoins financiers dans les circonstances particulières (maladies, cérémonies culturelles,...).

Le sarclage des jeunes s'échelonne en quatre fois tout au long d'une année (Cf. *Annexe.3.*) Le travail est ainsi réparti et peut être effectué par les actifs au sein des ménages (sans recours aux mains d'œuvre extérieures). Contrairement à la récolte, qui doit être effectuée le plus rapidement possible pour éviter les pertes et la dévalorisation du produit. En effet, le clou laissé tarder sur l'arbre risque de s'épanouir provoquant sa dépréciation une fois récolté (clou sans tête). Ainsi, la plupart des ménages ont recours à des mains d'œuvres extérieures pendant la récolte.

II.1.3. Récolte de clous et étapes post-récolte

II.1.3.1. Récolte et transport «parcelle-domicile»

La récolte des cimes est effectuée manuellement, à l'aide d'échelles légères de bambou afin d'éviter les pertes. Plusieurs passages de récolte sont nécessaires. Un ouvrier peut récolter 25 à 30 kg de clous frais par jour. Le giroflier commence à fructifier vers la 5^{ème} ou la 6^{ème} année, cependant la récolte de clous ne commencera à être appréciable que vers 8 à

⁵ Ensemble de feuilles et de rameaux

10 ans. La pleine production est atteinte vers 20 ans. Le rendement est de 900 à 2 000 kg de clous frais par hectare, soit 100 à 200 kg de clous secs par hectare. On obtiendrait environ 200 tonnes de griffes pour 1 000 tonnes de clous.

Après la récolte, la totalité des griffes est ramenée, à dos d'homme dans des *entana* ou dans des paniers portés sur la tête des femmes. Le trajet de la parcelle vers le domicile s'effectue à pied.

II.1.3.2. Egriffage et séchage

Inflorescences fraîches



- Egriffage → clous frais + griffes fraîches
- Séchage → clous secs + griffes sèches

Clous et griffes secs

Le jour même de la récolte, les boutons floraux frais (ou clou de girofle) sont séparés manuellement des griffes (pédoncules ou pédicelles). Cette opération constitue l'«égriffage». Les clous frais et les griffes fraîches sont ensuite séchés séparément.

Dans la région d'*Ananlajirofo*, les clous sont séchés au soleil étalés sur une natte, pendant deux à trois jours, si possible continus. Le séchage doit s'effectuer au soleil car le séchage à l'ombre donne aux clous une couleur terne et provoque une perte d'essence, aboutissant à une dépréciation du produit (Richard, 1978).

Pour 100 kg d'inflorescences fraîches, on a :

- 78 à 80 kg de clous frais donnant 23 à 24 kg de clous secs
- 20 à 22 kg de griffes fraîches donnant 7 à 7,5 kg de griffes sèches

Pour une inflorescence fraîche, on obtient donc :

- 79% de clous frais et 21% de griffes fraîches.
- 23% de clous secs et 7% de griffes fraîches

Rendement: Au cours du séchage, les clous perdent entre 69 à 72% de leur poids, et les griffes perdent entre 64 à 66% de leur poids. Les rendements en clous secs moyens à Madagascar est de 450 g par arbre (soit 100 à 200 kg à l'hectare). Le rendement est faible.

En culture améliorée, le rendement peut s'élever jusqu'à 2 kg de clous secs par arbre (soit 320 kg à l'hectare) donnant plus de 109 kg de griffes sèches à l'hectare (Marty, 1992).

II.1.3.3. Vannage/triage

Le produit séché est parfois vanné par les producteurs, les plus consciencieux. Cela permet d'obtenir un produit propre, dépourvu d'impuretés végétales (feuilles, reste de griffes...).

Cette opération est effectuée à l'aide d'un *lotsero*, panier de forme ronde servant aussi au vannage d'autres produits comme le riz. Le triage se réalise à la main, clous par clous.

II.1.3.4. Emballages, conditionnement et stockage

A Madagascar, les clous sont conditionnés dans des sacs plastiques si la quantité est importante ou dans des paniers en fibres végétales.

Conformément à la norme ISO 2254-2004 du juillet 2004, les clous de girofle doivent être emballés dans des récipients propres et sains, fabriqué en matière qui ne puisse avoir d'action sur le produit, et qui le protège contre une reprise d'humidité ou une perte en huiles essentielles. Les indications suivantes doivent être inscrites sur chaque récipient: nom du produit et nom commercial (marque); nom de l'adresse du producteur ou de l'emballer ; numéro du code ou de lot ; masse nette ; catégorie du produit ; pays de production ; et tout autre renseignement demandé par l'acheteur (année de récolte, date de l'emballage,...).

Le stockage est réalisé dans l'unique but d'obtenir un meilleur prix à la vente, quelques semaines voire quelques mois après la récolte des clous. Le produit est stocké au domicile du producteur, à l'abri des voleurs.

II.1.3.5. Qualité et contrôle qualité des clous

Les clous de girofle secs sont bruns, durs, et en forme de «clou» comme son nom l'indique. La couleur du clou varie du brun-rouge au brun-noir. Le clou de girofle est très riche en huile essentielle par rapport aux autres organes du giroflier (feuilles, rameaux, griffes). L'arôme du clou de girofle est décrite par une saveur chaude, sucrée et piquante, un arôme pénétrant, chaud et riche et son goût fort, âcre et piquant.

Les différentes normes mondiales de qualité sont :

– Le **Codex alimentarius** a édicté un « Code d’usage en matière d’hygiène pour les épices et les plantes aromatiques séchées » (CAC/RCP 42). Cette norme s’attarde sur la qualité hygiénique et sanitaire des épices mais n’aborde pas les critères qualité du clou de girofle.

– L’**ESA** (European Spice Association soit Association Européenne des Epices) donne des spécifications minimales de qualité (19/11/2004). (Cf. *Annexe 4*).

– La norme **ISO 2254 :2004** fixe les spécifications des clous de girofle entiers et en poudre et donne des recommandations quant aux conditions d’entreposage et de transport. (Cf. *Annexe 5*.)

A Madagascar, les règles concernant l’exportation des clous de girofle sont définies dans l’arrêté n° 212-GG datant du 7 janvier 1950. Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques des différentes qualités de clous de girofle à Madagascar:

Tableau II: Caractéristiques des qualités de clous de girofle à Madagascar

[Source : (Demangel, 2011 ; Marty, 1992)]

Désignation	CG1 Qualité prima	CG2 Qualité supérieure	CG3 Qualité courante
Aspect extérieur	Entier, ferme, sec, sain, de teinte brun clair, uniforme, non distillé, non givré, sans trace de moisissures	Entier, ferme, sec, sain, de teinte brun clair, uniforme, non distillé, non givré, sans trace de moisissures	Entier, sec, sain, non distillé, sans trace de moisissures
Poids moyen minimum	7 centigrammes	-	-
Taux d’impuretés végétales (griffes, débris de feuilles, fruits)	-	-	<5%
Taux de clous dépourvus du bourgeon terminal	<2%	<3%	<10%
Taux de matières étrangères	0%	0%	0%
Taux d’humidité	16% maximum	16% maximum	16% maximum

Cependant, cette norme n’est pas appliquée par les exportateurs présents à Madagascar. En effet, ils s’y réfèrent rarement même si la norme est toujours en vigueur. Les critères imposés (notamment le taux d’humidité) dans cette norme restent largement au-dessus du seuil des exigences du marché mondial (et donc en dessous du seuil pour la qualité).

Un clou de girofle de qualité supérieure, à l'état de matière première doit alors avoir les caractéristiques suivantes : présence de la tête du clou (forme de dôme); sec; de grande taille ; de couleur rouge brune.

Un lot de qualité supérieure est composé de clous de girofle de qualité supérieure (dont les caractéristiques sont précisées ci-dessus) et des caractéristiques suivantes :

- Absence de matières étrangères
- Absence d'impuretés végétales (griffes, feuilles, fruit...)
- Absence de clous fermentés (appelés *khoker*)

La notoriété du clou de girofle se caractérise visuellement car la caractérisation organoleptique n'est pas pratiquée.

II.2. Pratique actuelle de la distillation de feuilles de girofle

II.2.1. Matières premières

Les matières premières sont composées d'eau, de combustible et les feuilles de girofler :

a) Eau

L'eau est nécessaire dans la cucurbite et le réfrigérant. La qualité de l'eau n'a aucune importance, à condition qu'elle soit suffisamment limpide. Par contre une grande quantité d'eau est nécessaire à la réfrigération. C'est la présence d'un ruisseau ou d'une source abondante qui conditionne d'ailleurs l'emplacement de l'alambic dans la zone à girofliers.

b) Bois de chauffe

Le chauffage de l'alambic est assuré par la combustion du bois. Les bois de chauffes sont transportés le plus souvent à dos d'homme d'une distance variant de 1 à 2 km de l'alambic. Environ 2m³ de bois avec des gros diamètres (10 à 20 cm) sont nécessaires afin de maintenir le feu pendant 24h pour recueillir à la fin 5 à 6 litres d'essence (Andriamanantena, 2013).

Les espèces utilisées sont: le jacquier, litchi, le manguier, l'albizia, l'eucalyptus, le bambou, etc. (Rakotoarison, 2013).

c) Feuilles de giroflier

La collecte des feuilles s'effectue à l'aide d'une sorte de coupe-coupe appelée localement « boriziny ». Les opérations avant la distillation s'effectuent selon la figure suivante :

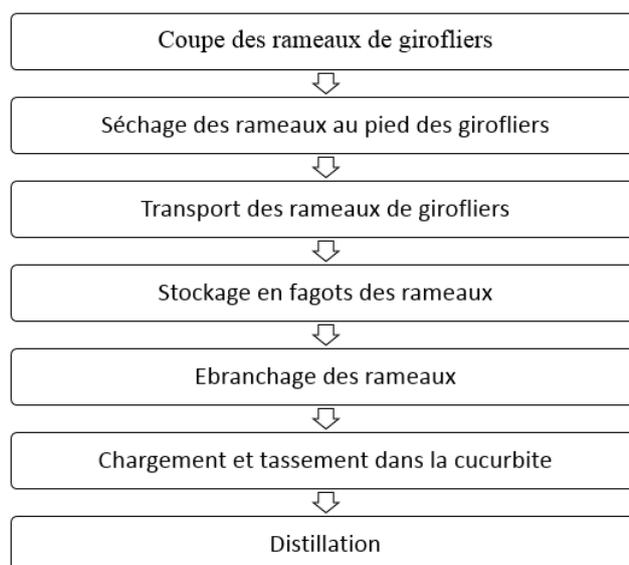


Figure 4 : Opérations avant la distillation des feuilles de girofliers

Source : auteur

Les matières premières distillées sont en réalité, des rameaux avec des branchettes formant les « émondes ». Les parties sectionnées sont les branchages de la cime des girofliers. Les rameaux sont assemblés en fagots de 15 à 20 kg à l'aide d'une ficelle. Les fagots sont amenés à proximité de l'alambic, disposés sur une aire découverte, et attendent leur tour d'être distillés.

Rendement : Un arbre donne environ 80 kg de jeunes feuilles. Pratiquement à Madagascar, la fréquence de coupe peut atteindre jusqu'à 3 fois par an selon le besoin financier des producteurs (Rakotoarison, 2013). Il faut environ 60 kg d'émondes (feuilles plus rameaux) pour obtenir 1 kg d'huile essentielle.

II.2.2. Alambic traditionnel

Les huiles Essentielles produites à Madagascar sont obtenues par distillation⁶ à la vapeur d'eau (ou hydrodistillation) dans un alambic. Les alambics sont perfectionnés en fonction des moyens de leurs propriétaires, mais en général les alambics utilisés sont simples. Le modèle le plus courant est du type « Deroy », à feu nu, à cucurbite reliée par un col de cygne au refroidisseur cylindrique. La base de la cucurbite est placée dans un fourneau de pierres liées à la glaise. Le refroidisseur est suffisamment surélevé pour permettre le retour par gravitation des eaux florales à la cucurbite. La capacité de la cucurbite varie de 900 litres jusqu'à 1500 litres, la dimension la plus répandue étant voisine de 1000 litres.

II.2.3. Hydrodistillation

L'hydrodistillation est effectuée de façon artisanale au niveau des zones productrices. Après la coupe, le transport et le stockage des rameaux ; les jeunes feuilles sont placées dans le panier amovible de la cucurbite d'un alambic avec de l'eau et on chauffe. Au bout de 24h en général, on arrête la distillation. (Rafalimanana, 1995)

Rendement : En moyenne 100 kg de feuilles fraîches donnent 2,8 l d'essence de girofles à environ 80% d'eugénol au bout de 24 heures de distillation. Un hectare de girofliers fournit 1 800 à 3 000 kg de branchettes feuillées donnant entre 36 à 60 litres d'essence. Un ménage produit en moyenne 10 à 20 l d'essence de girofle tous les 3 à 4 ans. (Rakotoarison, 2013)

II.2.4. Emballages et conditionnement

L'essence de girofle est exportée dans les fûts métalliques en fer, d'une contenance de 220 kg (ou de 330 m2) chacun. L'emballage pour l'essence de feuilles de girofle est produit localement. Pour l'essence de clous et de griffes, par contre, les fûts sont importés ; car ils doivent être vernissés ou vitrifiés à l'intérieur afin d'éviter tout contact du produit avec le fer, ceci dans le but de garder la couleur limpide de l'essence. En effet, le contact de l'essence avec le fer rend la couleur du produit noirâtre, due à une précipitation d'eugénate de fer. (Flavie, 1986).

⁶ *Distillation : vaporisation d'un liquide puis condensation des vapeurs afin de dissocier les constituants du liquide (Encyclopédia Universalis)*

II.2.5. Qualité et contrôle qualité des huiles essentielles

La qualité de l'essence de girofle de Madagascar est très appréciée. Le contrôle de la qualité de l'essence de girofle à l'exportation est strict. Il est effectué au laboratoire de Service de conditionnement et du contrôle de la qualité des produits, après prélèvement d'un échantillon de chaque fût. Chaque échantillon doit être limpide, exempt d'eau décantée et de corps étrangers. Le pourcentage d'eugénol est ensuite testé. Un certificat attestant la qualité de l'essence est délivrée après le contrôle, et est valide pendant 3 mois.

L'huile essentielle de girofle est régit par la norme AFNOR F.D.T N° 75-208 (Richard ; 1978) (*Cf. Annexe6.*) L'huile essentielle de feuilles de girofle est jaunâtre et devient brune en vieillissant. Le tableau suivant présente les caractéristiques de l'essence de feuilles de girofle :

Tableau III: Caractéristiques de l'huile essentielle de feuilles de girofle

Source : (Briand, 1996 ; <http://www.trimeta-agrofood.com/fr/girofle>)

Matières premières	Teneur en HE	Taux d'eugénol
Feuilles et rameaux	1 à 3%	75-88%

Le clou de girofle est plus riche en huile essentielle par rapport aux autres organes (16 à 20%). Cependant, Madagascar produit en majorité de l'huile essentielle de feuilles de girofle dû à l'abondance des feuilles de girofler tout au long de l'année.

L'analyse en chromatographie en phase gazeuse⁷ (ou CPG) permet de doser la quantité des composants actifs dans l'huile essentielle. Les résultats de l'analyse chromatographique de l'huile essentielle de girofle sont présentés par le tableau ci-après :

⁷ C'est une méthode séparative permettant d'analyser qualitativement et quantitativement des mélanges de gaz ou de composés qui peuvent-être volatilisés sans être décomposé (Randrianarivo, 2012).

Tableau IV: Quantité des principaux composants actifs de l'huile essentielle de girofle

[Sources : (Afnor, 1988 ; Rakotoarison, 2013 ; Randrianarivo, 2012)]

Constituant	Concentration (% relatif)	Concentration (en %) selon la NORME AFNOR NFT 75-208
β - caryophyllène	8,1	7-8
α - humulène	1,0	-
Eugénol	87,0	75-87
Acétate d'eugényle	1,7	8-15

L'essence de girofle se compose surtout d'eugénol et d'acétate d'eugénol qui lui donne son odeur et ses caractéristiques ; d'heptanone-2; de caryophyllène ; de salicylate de méthyle ; de chavicol ; d'humulènes ; et encore de nombreux substances chimiques en état de traces (Ratsimisetra, 2008 ; Richard, 1978). (Cf. *Annexe 7*).

L'eugénol (C₁₀ H₁₂ O₂) est un composant volatil important de l'huile essentielle de clou de girofle. Il est légèrement soluble dans l'eau et insoluble dans les dissolvants organiques. C'est un liquide jaune pâle conférant une odeur caractéristique, et un goût piquant épicé aux produits du giroflier (Lesventes *et* Bruel, 1995).

II.3. Lien entre les pratiques des producteurs et la qualité des produits

II.3.1. Qualité des clous

Nombreux sont les variables liées à la détermination de la qualité des clous. Ces variables peuvent être liées au choix variétal, aux conditions pédologiques et microclimat du milieu, aux entretiens des cultures, aux modalités de récoltes et aux pratiques post-récolte. L'étude se focalisera sur les facteurs de variation de la qualité des clous lors des récoltes et des traitements post-récolte :

a) Stade de récolte

Le stade de récolte du bouton floral est de première importance. Cueilli trop tôt avant leur épanouissement, le bouton floral se ride au séchage et donne un clou moins riche en huile essentielle ; tandis que cueilli après leur épanouissement, les pétales tombent et le « clou » est sans tête, ce qui est également facteur de dépréciation. La récolte doit se faire au moment où les pétales ne sont pas ouverts et les clous sont roses, car c'est le moment où ils contiennent le

plus d'essence. Ainsi, ce choix va directement jouer sur la qualité finale du produit. En effet, sur un même arbre, il existe des différents degrés de maturité de clous. Si le producteur récolte tout d'un coup, il va aussi bien ramasser des griffes mûres (base du clou de couleur rouge) que des clous non murs (de couleur verte) et des griffes malformées (clous sans tête, griffes de petite taille...). Ces choix dépendent de divers facteurs à savoir les questions d'insécurité (vols des branches), de l'absence de main d'œuvre et de la non-rémunération de la qualité. La récolte est une étape qui va avoir des impacts sur la forme du clou et donc, sur sa taille et la présence de la tête.

b) Stade post-récolte

La qualité du produit se construit surtout au niveau de ces opérations post-récolte. Les différentes étapes des traitements post récolte des clous nécessite des savoirs faire particuliers :

- **L'égriffage** est une étape primordiale car elle permet d'obtenir uniquement des clous dépourvus de griffes et donc d'obtenir un produit propre, prêt à être séché. L'égriffage a des influences sur la propreté du lot (présence de matières végétales non désirables, impuretés...) et sur la couleur finale des clous. Ainsi, l'égriffage affecte directement la qualité du produit final.

- **Le stockage** des clous non dégriffés joue aussi sur la qualité des clous. En effet, lorsque les clous sont stockés dans des sacs plastiques, ceux-ci ne s'aèrent pas ce qui provoque un brunissement des clous. Pour éviter ce phénomène, le lot non dégriffé doit être étalé sur une natte en attendant leur égriffage le lendemain.

- **Le séchage** peut gravement nuire à la qualité du produit final, et est considérée comme une étape critique. En effet, les conditions climatiques des régions productrices de girofle étant humides, des réactions de brunissement peuvent apparaître au sein des clous. Ainsi, ce brunissement excessif peut conférer au produit une couleur brun foncé à noir alors que les normes parlent d'un produit brun foncé. Certains clous mal séchés et entreposés dans des sacs non aérés, moisissent. La couche de girofle à sécher étant souvent trop épaisse, le séchage est donc lent ce qui favorise le développement microbien. Le séchage joue un rôle majeur dans la teneur en eau du produit mais aussi dans la couleur du produit.

- **Le triage** pourrait être considéré comme une étape ultime de la construction de la qualité où le producteur opère un choix entre la vente "tout venant" avec une primauté

de la qualité ou la vente de produits soigneusement triés. Or, cette étape est rarement effectuée par les producteurs.

– **Le stockage** est aussi une phase importante à considérer. En effet, un stockage mal réalisé (sacs non aérés, placés à même le sol...) peut entraîner une fermentation des clous, phénomène difficilement récupérable et une réhumidification des clous. Cette étape va donc déterminer la qualité finale des clous de girofle et notamment, la teneur en clous fermentés dans le lot et la teneur en eau du produit. (Demangel, 2011)

Le tableau suivant résume les liens existants entre les pratiques (récoltes et traitements post-récoltes) et la qualité des clous :

Tableau V : Lien entre les pratiques et la qualité des clous

[Source : (Demangel, 2011)]

Pratiques		Caractéristiques	Qualité
Récolte	normale	Clou à tête, teneur en eugénol maximale, grande taille	Bonne
	trop tôt	Jeune clou, couleur vert, faible teneur en eugénol, petite taille	Mauvaise
	tardive	Clou sans tête, couleur rouge, sans pétales, perte en eugénol	Mauvaise
Egriffage	efficace	Faible taux d'impuretés	Bonne
	inefficace	Taux d'impuretés élevés	Mauvaise
Séchage	au soleil, en couche fin, en continu, sur une natte	Clou sec : taux d'humidité minimale, couleur brun clair uniforme	Bonne
	à l'ombre, en couche épaisse, sur ciment, discontinu	Clou terne : taux d'humidité élevé, couleur brun foncé à noir	Mauvaise
Triage	Triage des clous	Faible taux d'impuretés des lots	Bonne
	Pas de triage	taux d'impuretés élevés des lots	Mauvaise
stockage	endroit ventilé et sec	taux en clous fermentés faible, taux d'humidité faible	Bonne
	endroit humide	Taux en clous fermenté élevé, taux	Mauvaise

		humidité élevé	
Emballage	aéré	Taux en clous fermentés faible, taux humidité faible	Bonne
	Non aéré	Taux en clous fermenté élevé, taux humidité élevé	Mauvaise

Les produits de « bonne qualité » appartiennent aux catégories de type 1,2 (prima et supérieur) et celles de « mauvaise qualité » sont classés dans la catégorie de type 3 (courant) (Cf. *Tableau III.*). Ainsi, la qualité des clous est tributaire des étapes post-récolte effectuées par les producteurs. L'hypothèse 1 est alors vérifiée.

Par ailleurs, avant l'arrivée des clous au niveau de l'organisme de contrôle à l'exportation, les clous de girofle passent par plusieurs entités formant une longue chaîne commerciale. Une hausse progressive de taux d'impuretés des produits s'effectue souvent tout au long de la chaîne commerciale. De ce fait, certains collecteurs préfèrent se déplacer dans les zones productives pour assurer la qualité du produit.

II.3.2. Qualité des essences

Plusieurs facteurs émanant des procédés de distillation affectent la qualité des essences de feuilles caractérisées par le taux en eugénol et la teneur en huile essentielle (Rakotoarison, 2013) Les liens entre ces facteurs et la qualité de l'huile est présenté par le tableau suivant :

Tableau VI : Influence des facteurs liés aux procédés de distillation sur la qualité de l'huile essentielle de feuilles de girofle [Source : (Rakotoarison, 2013)]

Facteurs de variations		Caractéristiques produits obtenus	Qualité
Matière première végétale	Feuille âgée	forte teneur en eugénol (84,00 – 90,48%), rendement en HE faible	Bonne
	Jeune feuille	faible teneur en eugénol (25,43 - 30,38%), Rendement en HE élevé	Mauvaise
Séchage	Au soleil et plus de 4jours	Rendement en HE élevé	Bonne
	Sous la pluie, et/ou inférieur à 4jours	Rendement en HE faible	Mauvaise
	Pas de séchage	Rendement en HE faible	Mauvaise

Stockage	Pendant 10jours	Teneur maximal en eugénol	Bonne
	Inférieur ou supérieur à 10 jours	Teneur faible en eugénol	Mauvaise
Alambic	En cuivre	Couleur jaune clair	Bonne
	En acier inoxydable	Couleur jaune clair à jaune foncé, présence eugénate de fer	Assez bonne
	En aluminium	Présence d'eugénate de fer, couleur noir	Mauvaise
Chauffage	doux	Produit liquide, couleur clair	Bonne
	fort	Produit caramélisé, couleur foncé	Mauvaise
Eau	suffisant	Huile liquide, couleur jaune clair	Bonne
	insuffisant	Produit caramélisé, couleur foncé	Mauvaise

– **Stade phénologique des feuilles**

Le stade phénologique de la matière première végétale distillée affecte la qualité de l'essence. En effet, le matériel végétal, constituant une grande proportion de jeunes feuilles présente un rendement en huile essentielle élevé. Or, le meilleur résultat en taux d'eugénol s'observe sur des rameaux ayant une grande proportion en feuilles âgées. Etant donné que l'eugénol est la composante la plus importante et recherché dans les essences de girofle, il convient alors d'utiliser les feuilles âgées pour obtenir le maximum de taux en eugénol.

– **Séchage**

Le séchage des matières premières végétales constitue un facteur de variation de la qualité des essences. Le séchage des rameaux au soleil pendant une durée supérieure à quatre jours augmente le rendement en huile essentielle des matières premières végétales. Cette augmentation correspond à une accélération de la biosynthèse des composés terpéniques due à une réaction des feuilles face au stress hydrique induit par le séchage.

– **Stockage**

La durée de stockage des matières premières végétales avant la distillation affecte la teneur en eugénol. En effet, le stockage à l'ombre des feuilles, permet d'augmenter la teneur en eugénol de l'huile essentielle. La durée de stockage donnant la teneur maximale en eugénol

est de 10 jours, au-delà de cette période les feuilles perdent qualitativement et quantitativement leurs huiles essentielles.

– **Alambic**

La nature du métal à utiliser pour la fabrication d'un alambic est primordiale pour obtenir des huiles essentielles commercialisables. Selon la performance décroissante, on a le cuivre, l'acier inoxydable et l'aluminium. La réaction de l'huile essentielle avec le fer conduit à la formation d'eugénate de fer conférant la couleur noir des essences.

– **Chauffage et eau**

La quantité d'eau et l'intensité de chauffage détermine également la qualité de l'essence de girofle. Une quantité suffisante d'eau (3/4 du volume de l'alambic utilisé) et une intensité de chauffage pas trop intense permet d'éviter le brunissement des produits selon la réaction de Maillard.

Ainsi, le stade de développement et le séchage des feuilles sont les causes de la variation quantitative et qualitative des essences de feuilles de giroflier. L'hypothèse 2 est alors vérifiée.

Conclusion partielle 2

La mise en culture du giroflier ne demande pas beaucoup d'entretiens, ni de pénibles forces de travail. Néanmoins, la récolte des clous nécessite une main d'œuvre nombreuse et qualifiée pour éviter les pertes considérables. La récolte et les étapes post-récolte constitué par l'égriffage, le séchage, le triage ainsi que le conditionnement et le stockage, sont des facteurs déterminants de la qualité des clous de girofle. Madagascar possède trois catégories de clous de girofle : le prima, le supérieur, le courant. La qualité des lots de clous est principalement déterminée en fonction de la taille, la couleur, et l'aspect des clous présents, ainsi que du taux d'humidité et taux d'impuretés des lots. Concernant la distillation d'essence de feuille de girofle, la variation de la qualité de l'huile essentielle obtenue dépend : du stade phénologique des feuilles, des modalités de séchage des feuilles, de la durée de stockage des feuilles, de la nature du métal de l'alambic, de la quantité d'eau utilisé, et de l'intensité de chauffage de la chaudière. Ces facteurs agissent sur le rendement en huile des feuilles, la teneur en eugénol et la couleur de l'essence obtenue. Ainsi, donc la qualité des produits issus du giroflier peuvent être améliorées par la maîtrise de ces facteurs de variation par les producteurs malgaches. La partie III développera alors quelques recommandations utiles pour l'amélioration de la qualité des produits et l'optimisation de la filière girofle.

Partie III. RECOMMANDATIONS GENERALES

III.1. Menaces de la filière girofle

Le girofle à Madagascar n'a pas la priorité qu'il mérite au niveau national, dans le domaine de la planification et de la recherche car il est considéré comme des cultures mineures. Les programmes de recherche n'accordent qu'une faible priorité au girofle. La filière girofle est alors caractérisée actuellement par une production non planifiée. Ainsi, le vieillissement des pieds de giroflier, le manque d'entretien des plantations, les dévastations effectuées par l'« andretra », la concurrence de la filière girofle avec les autres cultures (concurrence en main d'œuvre, en superficies cultivées, etc.), et les prix élevés des matériaux de distillation forment de grandes menaces pour la filière girofle à Madagascar. (Cnuced/Omc; 1996)

De plus, la diminution des profits des producteurs au détriment de ceux des collecteurs, les fluctuations de prix sur le marché en fonction des demandes des pays importateurs, et l'émergence des produits synthétisés risquent de dévaloriser le girofle, tant sur sa valeur réelle en prix que sur sa valeur psychique, sur le plan nationale et internationale.

Recommandations

Afin de mieux cerner les problèmes de production et d'assister les petits producteurs très éparpillés, le regroupement des producteurs pour la création des organisations paysannes s'avère utile. Les organisations paysannes permettront alors, de réduire les multiples aléas qui pèsent sur l'activité agricole, de sécuriser les conditions de production et/ou de commercialisation, et de faire face aux pointes de travail.

D'autre part, toutes les personnes (physique ou morale, publique ou privée) touchées directement ou indirectement par les exportations de girofle, devraient souvent se concerter et mettre en place une politique équilibrée, intégrée afin d'harmoniser les opérations et d'optimiser cette ressource d'exportations.

III.2. Améliorer la qualité en maîtrisant les pratiques post-récolte des clous et les opérations de distillation des feuilles

III.2.1. Clous de girofle

Etant donné que les étapes post-récolte jouent un rôle capital sur la qualité des clous de girofle, elles doivent être réalisées avec soin pour l'obtention d'un produit de qualité. De ce fait, afin d'obtenir des clous de qualité supérieure :

- La récolte des clous devrait être effectuée exactement au moment où les clous sont rose-rouge et les boutons florales ne sont pas encore déployés,
- l'égriffage devrait être réalisé avec soin pour réduire le taux d'impuretés des produits ;
- le séchage des clous doit être effectué au soleil, étalé en couche fine sur une natte ;
- le triage des clous ne doit pas être négligé par les producteurs et doit être réalisé minutieusement;
- le stockage des clous doit se faire dans un endroit ventilé et sec ;
- l'emballage des clous devrait être aéré ;
- la manutention des clous lors du transport des clous devraient être réalisés avec précaution pour ne pas les abîmer.

III.2.2. Essence de feuille de girofle

Selon les résultats décrits dans la partie précédente, la maîtrise des facteurs de variabilité de la qualité des huiles essentielles de feuilles de girofle est primordiale pour obtenir une essence de qualité. Ainsi, pour produire une huile essentielle de qualité supérieure il faut que:

- La matière première végétale utilisée doit contenir le maximum de feuille âgée pour obtenir une teneur maximale en eugénol ;
- Le séchage des feuilles doit s'effectuer au soleil pendant quatre jours pour avoir un rendement en huile essentielle élevé ;
- Le stockage des feuilles doit s'effectuer à l'ombre pendant dix jours pour obtenir une teneur maximale en eugénol ;

- L'alambic utilisé doit être fabriqué en cuivre ou en acier inoxydable pour minimiser le noircissement des essences ;
- La quantité d'eau utilisée lors de la distillation doit être au $\frac{3}{4}$ du volume de l'alambic
- L'intensité de chauffage doit être surveillée et réglé de temps en temps pour éviter la caramélisation du produit.

III.3. Réputation des « clous de Madagascar »

Les épices de Madagascar (baies roses, poivre vert et noir, cannelle, clou de girofle...) sont des produits connus sur le marché international. Elles sont associées à une idée de cultures authentiques, traditionnelles, saines, sans produits chimiques, présentes à la lisière des forêts humides de la côte Est de l'île et à l'attente de saveurs exotiques. Les épices sont donc des produits nobles avec une forte symbolique pour le consommateur : arômes exotiques, île tropicale, part de rêve, imaginaire lié au commerce des épices...

Le clou de girofle bénéficie de la réputation des épices de Madagascar. Cependant, elle est ternie par les mauvaises pratiques post-récolte de certains acteurs nuisant directement à la qualité du produit et à toute la filière. Sur le marché mondial, il n'y a pas de segmentation de l'offre en fonction de l'origine. Le clou de girofle malgache ne présente apparemment pas de caractéristiques spécifiques le différenciant des clous de girofle des autres pays producteurs (Indonésie, Zanzibar...). Néanmoins, une différenciation peut apparaître, à savoir que « les clous de Madagascar sont côtés plus chers que ceux de Zanzibar, [...] et sont plus secs que ceux de Zanzibar et leur parfum est plus développé » (Ledreux, 1928).

Recommandations

Aucune étude exhaustive visant à caractériser le clou de girofle malgache par rapport à ses concurrents, n'a été effectuée. De plus, il n'existe aucun profil sensoriel de ce produit à Madagascar. Il serait donc intéressant de mener une étude de capitalisation et de caractérisation des spécificités du clou de girofle malgache auprès des acheteurs en Europe et aux Etats-Unis (IAA, pharmaceutique et cosmétique) et des spécialistes (chercheurs, épiciers, restaurateurs...). Le clou de girofle malgache devra alors, faire l'objet d'une caractérisation physico-chimique. Pour démontrer la spécificité du clou de girofle malgache (s'il y en a une).

CONCLUSION GENERALE

Le giroflier de Madagascar est un grand arbre aromatique provenant de l'île d'Amboine de l'Indonésie. Il représente une culture de rente pour les agriculteurs et couvre environ 37 000 hectares de la côte orientale malgache. Conformément aux espèces appartenant à la famille des Myrtacées, le giroflier se caractérise par l'existence des poches glandulaires dans tous ses organes, sécrétant l'essence de girofle. Les exigences climatiques du giroflier, concordent aux conditions climatiques de la côte-est malgache. Cependant, le vent et le lépidoptère *Chrysotypus mabillanum* (ou « andretra ») sont des ennemis importants de l'arbre et aboutissent à des graves pertes. La mise en culture du giroflier ne présente pas de complications, mais la récolte, les traitements post-récolte et la distillation des feuilles nécessitent des savoir-faire particuliers.

Le giroflier de Madagascar produit deux principaux produits : le clou de girofle et l'huile essentielle de feuilles de girofle. La production moyenne de Madagascar est d'environ 12 000 tonnes de clous et de 1 900 tonnes d'huile essentielle de girofle par an. Ainsi, Madagascar est actuellement le deuxième producteur mondial et le premier exportateur mondial de clous séchés et d'essence de feuilles. Les exportations des produits génèrent en moyenne une ressource financière d'environ 88 milliards d'Ariary par an pour l'économie du pays. De ce fait, le girofle représente une ressource agricole de valeur inestimable pour les malgaches.

Dans le cadre de l'étude, la récolte et les traitements post-récolte (égriffage, séchage, vannage, et stockage) sont les facteurs de modification de la qualité des clous. La qualité des lots de clous de girofle est déterminée par la taille, la couleur, l'aspect des clous présents dans le lot, le taux d'humidité et le taux d'impuretés du lot analysé.

Concernant la distillation d'essence de feuilles de girofle, la variation de la qualité de l'huile essentielle obtenue dépend : du stade phénologique des feuilles, des modalités de séchage des feuilles, de la durée de stockage des feuilles, de la nature du métal de l'alambic, de la quantité d'eau utilisé, et de l'intensité de chauffage de la chaudière. Ces facteurs agissent sur le rendement en huile essentielle des feuilles, la teneur en eugénol et la couleur de l'essence obtenue.

Les deux hypothèses établis au début de l'étude sont alors vérifiées : la qualité des clous est tributaire des étapes post-récolte effectuées par les producteurs (hypothèse 1); et le stade de développement et le séchage des feuilles sont les causes de la variation quantitative et qualitative des essences de feuilles de giroflier (hypothèse 2).

Du point de vue « qualité des produits », plusieurs facteurs viennent entraver le développement de la filière girofle dont la dépréciation de la qualité des produits, le manque de normalisation, le faible niveau de structuration, et la faible incitation des producteurs à la qualité. Or, les pays importateurs sont de plus en plus exigeants, de nos jours, concernant la qualité des produits mis sur le marché international. En conséquence, la maîtrise des facteurs de variation de la qualité des clous et des huiles essentielles de feuilles de girofle s'avère alors important pour les producteurs malgaches, pour l'optimisation de la filière girofle à Madagascar.

Par ailleurs, la mise en place d'une politique nationale équilibrée, intégrée dans le but d'harmoniser les opérations de production et de commercialisation des produits du giroflier, permettra l'optimalisation de la ressource girofle, contribuant au développement de Madagascar.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Afnor ; (1988) ; *Recueil de normes françaises* ; Contrôle de la qualité des produits alimentaires- épices et aromates ; 2^{ème} édition ; Paris ; 365Pages.
2. Andriamanantena M. H.; (2013) ; *Diagnostic environnemental des cultures de rente dans le Nord-Est de Madagascar : cas de Mananara-Nord* ; Mention Eaux et Forêts ; Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingeniorat ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 42 pages.
3. Instat Madagascar ; (2010), *Rapport Economique et Financier 2009-2010*.
4. Instat Madagascar ; (2014) ; *Rapport Economique et Financier 2012-2013*.
5. Bisson P., Brunel J-P ;(1968) ; *Physiologie végétale II* ; Edition Dion ; Paris ; 793 pages.
6. Borget M.; (1991) ; *Les plantes tropicales à épices* ; Edition Maisonneuves et Larose et A.C.C.T. ; n°4815; Paris ; 182pages.
7. Briand C. ;(1996) ; *L'essence de feuille de girofle, précurseur de nombreuses molécules indispensables aux créateurs de parfums et d'arômes alimentaires* ; Les cahiers du Cite ; **4** : 61-62.
8. Demangel A. ;(2011) ; *Faisabilité de la mise en place d'une Indication Géographique sur le Clou de girofle à Madagascar* ; ISTOM ; 104 pages.
9. Donques G. ; (1975) ; *Les cyclones tropicaux des mars malgaches* ; Mise au point ; Madagascar ; Revue de Géographie ; **27** : 9-63.
10. Dubois J., Ranaivosoa (1966) ; *Chrysopsys mabilianum Viette*, chenille mineuse du giroflier (Andretra) ; Biologie de lutte mécanique ; L'Agronomie tropicale ; **21** : 822-836.
11. Duclos T. ; (2012) ; *Le girofle de Madagascar: l'exotisme par excellence !*; Expression cosmétique ; **13** : 208-213.
12. Faostat ; (2013) ; *Production-Trade* ; [On line] <http://faostat3.fao.org>. Accessed december 15 st, 2013.
13. Flavie H.; (1986) ; *Le marché français pour l'essence de girofle de Madagascar ; Market Research report NO.9/96* ; Ministère du Commerce; Antananarivo-Madagascar ; 28 pages.
14. François E. ; (1936) ; *Giroflier et girofle* ; Revue de Botanique appliquée et d'Agriculture coloniale ; **16** : 589-608 ; 892-907.
15. Frappa C. ; (1954) ; *Le commerce extérieur de Madagascar en 1944* ; Revue de Madagascar ; numéro spécial ; 26-30.
16. Fu Y. , Zu. Y., Chen L., Shi X., Wang Z., Sun S., Effeth.T ; (2007) ; « *Antimicrobial activity of clove and rosemary essential oils alone and in combination* » ; *Key Laboratory of Forest Plant Ecology* ; Ministry of Education ; Northeast Forestry University ; China ; **53** : 45-78.
17. Guerillot-Villet A., Guyot L. ; (1963) ; *Les épices* ; Presses Universitaires de France ; Paris ; **1040** : 124-142

18. Jirovetz L., Buchbauer G., Stoilova I., Stoyanova A., Krastanov A. ; Schmidt E. ; (2006) ; « *Chemical Composition and Antioxidant Properties of Clove Leaf Essential Oil* » ; J. Agric. ; Food Chem. ; **54** : 130-176.
19. Kamatou G. P., Vermaak I., Alvaro M. V. ; (2012) ; « *Eugenol—From the Remote Maluku Islands to the International Market Place* » ; *A Review of a Remarkable and Versatile Molecule* ; **17** : 6953-6981; www.mdpi.com/journal/molecules [en ligne] consulté le 18 Décembre 2015.
20. Klaus D. ; (1996) ; *The distillation of essential oils- Manufacturing and plant construction handbook* ; Edition Protrade ; n°1 ; Germany.
21. Ledreux A. ; (1928) ; *Le giroflier dans les régions de Fénériver, Soanierana et Sainte-Marie* ; Bulletin économique de Madagascar ; **1** :38-45.
22. Lesventes P., Bruel J. ; (1995) ; *Rapport annuel 1994* ; Office National Interprofessionnel des Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (O.N.I.P.P.A.M) N°21163 ADEP DU 19/5/88 ; Imprimerie nationale ; Paris ; 187 pages.
23. Maistre, J.; (1964) ; *Les plantes à épices* ; Edition G.-P. Maisonneuve & Larose ; séries Techno. Agric. et productions tropicales ; n°254 ; 289pages.
24. Marty P.; (1992) ; *Fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage de l'enseignement agricole d'Afrique Subsaharienne : Le Giroflier* ; BDPA-SCETAGRI ; Paris ; 18 pages.
25. Organisation des Nations Unies pour le développement Industriel (ONUDI) ; (1999) ; *Distillation des plantes aromatiques* ; Vienne (Autriche).
26. Oxfam ;(2011) ; *L'agriculture paysanne peut nourrir le monde et refroidir la planète* ; 64pages.
27. Priefert H., Rabenhorst J., Steinbuchel A. ; (2001) ; « *Biotechnological production of vanillin* » ; *Appl Microbiol Biotechnol* ; **56** : 296-314.
28. Rafalimanana H. J.; (1995) ; *Synthèse des mémoires de fin d'études sur les plantes à huiles essentielles* ; Projet FAC. Appui à l'E.S.S.A.; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 78 pages.
29. Rakotoarison M. ; (2013) ; *Influence des traitements des feuilles sur la qualité de l'huile essentielle de giroflier : Cas du District de Fénériver-Est* ; Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur ; Mention Agriculture ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 57 pages.
30. Ramanantsoavina G. ; (1970); *Aperçu sur quelques produits Malgaches : Café, Vanille, Girofle, Coton* ; Ministère de l'Agriculture et de l'expansion rurale ; Antananarivo ; 230pages.
31. Randrianarivo M. M. ; (2012) ; *Etude des conservateurs naturels pour les produits cosmétiques : cas de l'huile essentielle de girofle clous (*Eugenia caryophyllata*) et de Mandravasarotra (*Cinnamosma gragans*)* ; Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur ; Mention Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 126pages.

32. Ranoarisoa K. ; (2012) ; *Evolution historique et Etat des lieux de la filière girofle à Madagascar* ; Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur; Mention Agriculture ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; 89pages.
33. Ratsimisetra, Valayer, Drappier. ; (2008) ; *Rupture et continuité – La vanilline synthétique* ; <http://leparfumtpe.pagesperso-orange.fr/> [en ligne] consulté le 20 Déc. 2015.
34. Richard H.; (1978) ; *Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles* ; Bureau National d'Informations Scientifiques et Techniques (BNIST) ; Itec. Doc. ; Paris ; 162 pages.

REFERENCES WEBOGRAPHIQUES

1. SNOECK D.; (2012) ; Le projet - AFS4FOOD - Améliorer la sécurité alimentaire en Afrique par les systèmes agroforestiers ; Cirad; <http://static.cirad.fr/sites/afs4food.cirad.fr/favicon.ico>, consulté le 04 Janvier 2016.
2. TRIMETA AgroFood ; Girofle ; <http://www.trimeta-agrofood.com/fr/girofle> consulté le 21 Déc. 2015

ANNEXES

PARTIE EXPERIMENTALE : **Hydrodistillation de l'huile essentielle de girofle**

Matériels

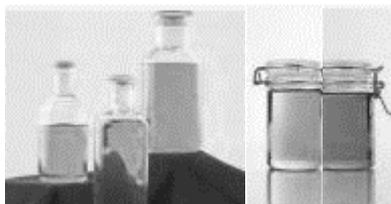
- Alambic
- Matière première : feuilles et rameaux, ou griffes, ou clou de girofle
- Eau
- Bois de chauffe

Mode opératoire

- La matière première est soit directement versée dans la cucurbite (ou alambic), remplie d'eau au $\frac{3}{4}$ de son volume, soit placée sur une grille qui la sépare de l'eau versée au fond de la cucurbite.
- En chauffant à une température au environ de 100°C, l'eau s'évapore, dilate et éclate les cellules végétales qui laissent ainsi échapper les vapeurs de volatiles contenues (huile essentielle), entraînées par la vapeur d'eau.
- Le mélange de vapeurs d'eau et d'Huile Essentielle est alors entraîné vers le col de cygne qui le dirige vers le condenseur (ou réfrigérant)
- Le mélange de vapeurs est refroidi dans le condenseur et se liquéfie.
- Le mélange d'eau et d'huile essentielle est récolté dans un Essencier (ou séparateur) dans lequel s'effectue la séparation de l'eau (distillat) et de l'huile essentielle proprement dit, selon la densité du produit par rapport à l'eau. L'huile essentielle de girofle est plus lourde que l'eau et elle descend au fond de l'essencier. Il faut donc adapter l'Essencier avec l'huile essentielle à produire.

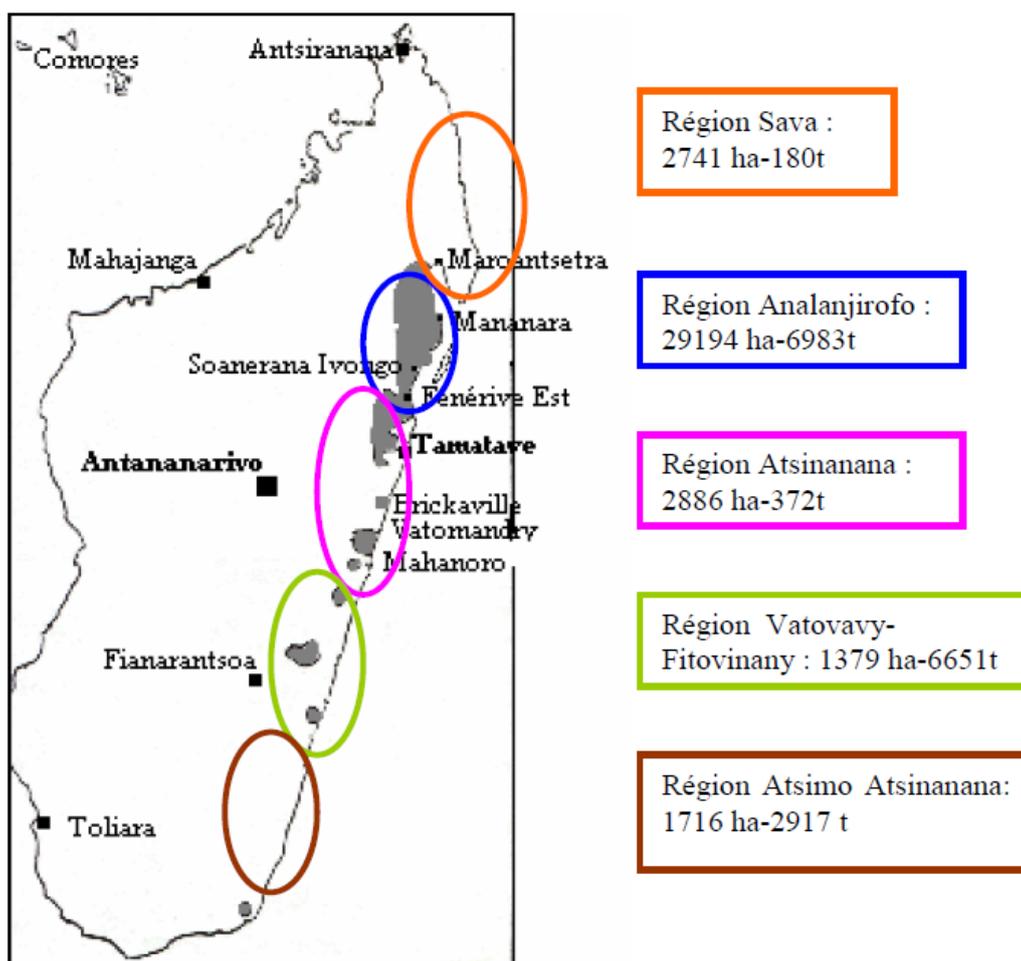
Résultats obtenus [Source : (Randrianarivo ; 2012)]

	HE de clou	HE de feuilles	HE de griffes
Rendement de la distillation	16 à 20%	1 à 3%	4 à 6%



Huile essentielle de girofle

Annexe 1: Aire de culture de giroflier à Madagascar



Source:(Demangel, 2011)

Annexe 2: Superficie exploitée par la plantation de girofle à Madagascar

Année	Superficie (en hectares)
2007	37 415
2008	36 865
2009	36 890
2010	36 890

Source : INSTAT

Annexe 3: Fiche culturale du giroflier

1. Semis en pépinière (fin de la saison pluvieuse : Mars)
 - On trace des raies de 1-2 cm de profondeur espacées de 25 cm sur la pépinière formé par des plates-bandes (de 1,50 m de large)
 - On trie les antofles bien rouges violacées et frais
 - Mettre les antofles dans les petits sillons espacés de 30 cm
 - Recouvrir les antofles de terre fine et réaliser un léger paillis sur le sol
 - établir une ombrière à 2 m au-dessus du sol (feuilles de cocotiers)
 - Arroser les plates-bandes le matin et le soir jusqu'à la levée.
 - Arroser une fois tous les deux jours lorsque les jeunes girofliers (dard) atteignent 5 cm de haut, et une fois tous les 7- 10 jours lorsqu'ils atteignent 15 cm
 - Réduire l'ombrage lorsque les girofliers atteignent 9-12 mois et désherber en cas de besoin
 - Transplanter les girofliers lorsqu'ils atteignent 50- 70 cm de haut
2. Plantation
 - Déchiffrer et désherber le terrain (sans incinération)
 - Etablir les lignes de plantation espacées de 8- 10 m
 - Deux mois avant transplantation, creuser des trous de 60 × 60 × 60 cm tous les 8- 10 cm sur chaque ligne (160 pieds/ha)
 - Un mois avant transplantation, reboucher les trous avec de la bonne terre mélangée à du fumier et à des engrais organiques
 - Placer convenablement les racines et le collet des plants âgés de 18 -24 mois.
 - Installer une ombrière provisoire (matériaux locaux, légumineuses,...)
 - Etablir quatre fauchages par an pendant un an, puis réduire à deux fauchages par an
 - Pour les plantations âgées, procéder à un sarclage léger après la récolte afin d'aérer le sol
3. Fumure

Moyenne théorique de reconstitution (en kg/ha) :

	Récolte des clous	Distribution des feuilles
Chaux	1 000	1000-1500
CKL	200	250-300
Phosphate naturel	400	500-800
Sulfate d'ammoniaque	100-150	150-200
		151

Source : <http://www.agriculture.gov.mg/wp-content/uploads/2014/pdf/Giroflier.pdf> 26 oct. 2015

Annexe 4 : Résumé de la Norme de l'E.S.A.

Analyses physico/chimiques	Cendres	7, 0 % W/W Max sur masse totale
	Cendres insolubles dans l'acide	0,5 % W/W Max
	Détermination de l'humidité	12% Max
	Huiles essentielles	14 V/O ml / 100g Min
	Activité de l'eau	Valeur cible 0,65
	Densité tassée	Accord fournisseur/acheteur
	Microbiologie	Salmonelle : absence d'au moins 25g Levures et moisissures : cible $10^5/g$, maximum absolu : $10^6/g$ E coli : cible : $10^2/g$, max absolu : $10^3/g$
Contaminants/résidus	Pesticides	Conforme à la réglementation communautaire et/ou nationale en vigueur
	Métaux lourds	
	Mycotoxines	
	Traitements	
Pureté	Variété	Accord acheteur/fournisseur
	Adultération	Absence d'adultération
	Infestation	Absence d'insectes morts et/ou vivants, de fragments d'insectes, de contaminations par des rongeurs visibles à l'œil nu
	Matières étrangères	1%
	Corps étrangers	Absence
Propriétés sensorielles		Absence d'odeur et flaveur étrangère
Emballage/conditionnement		Ne doit pas être source de contamination

Source : (Demangel, 2011)

Annexe 5: Norme Internationale ISO 2254-2004

La présente norme a pour objet de fixer les spécifications des clous de girofle (*Eugenia caryophyllus* (C. Sprengel) Bullock et Harrison entiers ou en poudre.

Les références sont :

NF V 03-040	Produits agricoles alimentaires- Détermination de l'indice d'insoluble dit cellulosique- Méthode générale.
NF V 03-400	Epices et aromates- Echantillonnage.
NF V 03-401	Epices et aromates- Détermination de la teneur en matières étrangères.
NF V 03-402	Epices et aromates- Dosage de l'eau (méthode par entraînement).
NF V 03-403	Epices et aromates- Détermination des cendres totales
NF V 03-405	Epices et aromates- Détermination des cendres insolubles dans l'acide
NF V 03-410	Epices et aromates- Détermination des impuretés dans les épices en poudre –Méthode de référence
NF V 32-106	Epices et aromates- Poudre de girofle- Spécifications

Source ISO 2254:2004

Spécifications

Odeur et flaveur	Les clous de girofle doivent avoir une odeur et flaveur caractéristiques, fortement aromatique, épicée. Ils doivent être exempts de toute flaveur étrangère, y compris l'odeur du mois.
Couleur	La couleur du clou de girofle entier varie du brun-rouge au brun-noir. La poudre du clou de girofle doit avoir une couleur brune, nuancée de violet.
Absence de moisissures, insectes,...	Les clous de girofle doivent être exempts d'insectes vivants, de moisissures, d'insectes morts, de fragments d'insectes et de contamination par les rongeurs.
Spécifications chimiques	Teneur en eau au maximum (%).....12 Teneur minimale en huile essentielle (ml/100g) – Catégorie 1 et 2.....17 – Catégorie 3.....15
Emballage	Ils doivent être
Marquage	Les indications suivantes doivent être inscrites sur chaque récipient : – Nom du produit et nom commercial (marque) – Nom de l'adresse du producteur ou de l'emballer – Numéro du code ou de lot – Masse nette – Catégorie du produit – Pays de production – Tout autre renseignement demandé par l'acheteur (année de récolte, date de l'emballage,...)

Source : (ISO 2254 : 2004)

Annexe 6: Normes régissant les huiles essentielles de girofle

	Clou de girofle	Feuille de giroflier	Griffes de giroflier
Normes	AFNOR NF T 75-207	AFNOR F.D.T N° 75-208	AFNOR F.D. T N° 75-209
Spécifications	<u>Densité à 20°/20°</u> : 1,528-1,538 <u>Indice de réfraction à 20°c</u> : 1,528-1,538 <u>Déviati on polarimétrique à 20°c et sous 1 décimètre</u> : 1°5' et 0° Miscibilité à l'éthanol à 70% (V/V) à 20°c <u>Teneur en phénols</u> : 85-93%	<u>Densité à 20°/20°</u> : 1,039-1,051 <u>Indice de réfraction à 20°c</u> : 1,531-1,535 <u>Teneur en phénols</u> : 82-90% Solubilité à 20°c dans au plus deux volumes d'éthanol à 70%	<u>Densité à 20°/20°</u> : 1,041-1,059 <u>Indice de réfraction à 20°c</u> : 1,531-1,536 <u>Teneur en phénols</u> : 85-95% Solubilité à 20°c dans au plus deux volumes d'éthanol à 70%

Source : (Richard ; 1978)

Annexe 7 : Composition de l'Huile essentielle de girofle

composés	Concentrations %
Décanone-2	
Heptanone-2	0,07
Nonanone-2	
Acétate de benzyle	0,2
Acétate d'eugénol	7,3-14,1
Benzoate d'éthyle	
Benzoate de méthyle	
Salicylate de méthyle	0,13
Coumarine	
eugénol	75,8 5 (+ chavicol)
á – méthyl furfural	
furfural	
Vanilline	
Hydroxy-2 diméthoxy-4,6 méthyl-5 acétophénone	

Source : (Ratsimisetra, 2008 ; Richard ; 1978)

Annexe 8: Photographies de fabrication d'huile essentielle de girofle à *Analanjirofo*

Source : <http://static.cirad.fr/sites/afs4food.cirad.fr/favicon.ico>,



Source : <http://static.cirad.fr/sites/afs4food.cirad.fr/favicon.ico>,

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES ACRONYMES	ii
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES.....	iii
LISTE DES ANNEXES.....	iii
INTRODUCTION	1
Partie I : CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE ET LES ETATS DES CONNAISSANCES SUR LE GIROFLIER	3
I.1. Cadre conceptuel de l'étude.....	3
I.1.1 Contexte.....	3
I.1.2 Énoncé de la problématique	3
I.1.3 Objectifs de l'étude	3
I.1.4 Hypothèses	4
I.2. États des connaissances sur le giroflier	4
I.2.1 L'introduction du giroflier à Madagascar.....	4
I.2.2 Description botanique	5
I.2.3 Ecologie.....	7
I.2.4 Ennemis de la plante	8
I.2.5 Distribution géographique.....	8
I.2.6 Le girofle : un arbre, deux produits	8
I.2.7 Production de girofle à Madagascar.....	9
I.2.8 Exportation de girofle à Madagascar.....	10
Conclusion partielle I.....	12
Partie II. ETATS ET ANALYSES CRITIQUES DES PRATIQUES ET OPERATIONS DE TRANSFORMATION EFFECTUEES PAR LES PRODUCTEURS.....	13
II.1. Pratiques culturelles du giroflier.....	13
II.1.1. Multiplication et plantation	13
II.1.2. Entretien et conduite des cultures	13
II.1.3. Récolte de clous et étapes post-récolte	14
II.2. Pratique actuelle de la distillation de feuilles de girofle	18
II.2.1. Matières premières	18
II.2.2. Alambic traditionnel	20
II.2.3. Hydrodistillation	20
II.2.4. Emballages et conditionnement	20
II.2.5. Qualité et contrôle qualité des huiles essentielles.....	21
II.3. Lien entre les pratiques des producteurs et la qualité des produits.....	22

II.3.1. Qualité des clous	22
II.3.2. Qualité des essences	25
Conclusion partielle 2.....	28
Partie III. RECOMMANDATIONS GENERALES.....	29
III.1. Menaces de la filière girofle.....	29
III.2. Améliorer la qualité en maîtrisant les pratiques post-récolte des clous et les opérations de distillation des feuilles.....	30
III.2.1. Clous de girofle.....	30
III.2.2. Essence de feuille de girofle.....	30
III.3. Réputation des « clous de Madagascar »	31
CONCLUSION GENERALE.....	32
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32
REFERENCES WEBOGRAPHIQUES	34
ANNEXES	32
PARTIE EXPERIMENTALE : Hydrodistillation de l’huile essentielle de girofle	35
TABLE DES MATIERES	42

ANDRIATSITOHAINA	MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE LICENCE
Hasina Henintsoa E-mail : andriatsitohainah@gmail.com	Domaine : Science et Technologie-Sciences Agronomiques et Environnementales Mention : Licences Sciences Agronomiques et Environnementales Parcours : Industries Agricoles et Alimentaires
Thème : « Les facteurs de variabilité de la qualité des clous et des huiles essentielles de girofle »	

FAMINTINANA

Ny jirofo (*Syzygium aromaticum*) dia vokatra fanondrana manan-danja lehibe hoan'i Madagasikara. Mamokatra vokatra karazany roa ny fototra jirofo iray: ny voany, sy ny raviny izay fangalàna menaka. Madagasikara dia sokajina ho isan' ireo firenena vaventy mpamokatra sy mpanondrana ny vokatrin'ny jirofo maneran-tany. Kanefa, maro ireo olana sedrain'io sehatra io ankehitriny, toy ny fitontonganan'ny fifaninana ara-barotra maneran-tany; ny fahaverezan'ny kalitaon'ireo vokatra malagasy, ny fahanteran'ireo hazo mpamokatra ary ny tsy fahampian'ny politika fandaminana. Noho izany dia ilaina tokoa ny mitady vahaolana maharitra hafahana mamerina indray ny lanjan'ny vokatra jirofo malagasy. Ity asa ity dia mifototra amin'ny famotorona ireo antony mampiova ny kalitao ny voan-jirofo, sy ny taha-mpamokaran'ireo ravina jirofo menaka ary ny fiovan'ireo singa simika ao anatin'izany menaka izany. Hita ary fa ny sehatry ny fihotazana sy ireo fikarakarana aorian'ny fihotazana ireo vokatra, no antony lehibe mahatonga ny fiovan'ny kalitao ny voan-jirofo. Manarak'izany, ny kalitaon'ireo menaka dia miankina indrindra amin'ny : fahanteran'ireo ravina ampesaina, ny fomba fanamainana ireo ravina, ny faharetan'ny fotoana iandrasan'ireo ravina, ny karazam-by nanamboarana ny alambika, ny fatran'ny rano napesaina, ary ny firehatry ny afo mandritra ny fotoam-panodinana. Noho izany dia tokony fehezin'ireo mpamokatra malagasy ireo singa mampiova ny kalitaon'ny vokatra ireo mba hanatsarana ny kalitaon' ireo vokatra azo avy aminy jirofo eto Madagasikara.

Teny fototra: *Syzygium aromaticum*; jirofo; voan-jirofo; menaka manitra; kalitao; Madagasikara.

RESUME

Le girofle (*Syzygium aromaticum*) représente une ressource agricole d'exportation inestimable pour Madagascar. Le giroffier produits deux produits d'intérêts économiques majeurs: le clou de girofle et les huiles essentielles de feuilles de girofle. Madagascar est l'une des premiers pays producteurs et exportateurs de girofle dans le monde. Pourtant, cette filière fait face à des problèmes de baisse de compétitivité, d'une destruction de la qualité, d'un vieillissement des plantations et d'un manque de structuration. Il est alors nécessaire d'étudier de nouvelles voies de valorisation afin d'assurer la pérennité de la filière. Dans ce cadre, l'étude se focalise sur l'analyse des facteurs de variabilité de la qualité des clous de girofle, des rendements et composition des huiles essentielles de feuilles de girofle. La récolte et les opérations post récoltes constituent les principaux facteurs de modification de la qualité des clous. De plus, la qualité de l'huile essentielle obtenue dépend : du stade phénologique des feuilles, des modalités de séchage des feuilles, de la durée de stockage des feuilles, de la nature du métal de l'alambic, de la quantité d'eau utilisé, et de l'intensité de chauffage de la chaudière. Ainsi, les producteurs malgaches devraient maîtriser ses facteurs de variation en vue d'optimiser la qualité des produits giroffiers de Madagascar.

Mots clés: *Syzygium aromaticum*; girofle; clous; huile essentielle; qualité; Madagascar.

ABSTRACT

Clove (*Syzygium aromaticum*) represents an invaluable agricultural export resource for Madagascar. It produced two major products: clove bud and essential oils of sheets. Madagascar is one among the best clove producer and exporter countries in the world. However, this die faces problems such as fall of competitiveness, quality destruction, plantations ageing and lack of planification. It is then necessary to study new ways of valorization in order to ensure the die continuity. Within this framework, the study is focused on the analysis of factors variability of cloves bud quality, of leaves oil yields and composition of essential oils. Harvest and post-harvest treatments constitute the principal factors which modify cloves bud quality. Moreover, the quality of essential oil depends on : phenologic stage of leaves, drying leaves methods, leaves storage period, the metal nature of the alambic, quantity of water used, and intensity of the boiler. Thus, Malagasy producers should master these variation factors in order to optimize the quality of Madagascar cloves products.

Key words: *Syzygium aromaticum*; clove; nails; essential oil; quality; Madagascar.