



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A)
en Biologie et Ecologie Végétales

Option : Palynologie Appliquée



*ANALYSES POLLINIQUES EN VUE DE LA CREATION DES
REFERENTIELS COMMERCIAUX DES MIELS MALGACHES :
CAS DES MIELS DE LITCHI*



Présenté par : **ANDRY MISANDRATRA Henintsoa**
Maître-ès Sciences

Soutenu publiquement le 09 novembre 2012 devant la commission d'examen

Président : Professeur RAMAVOVOLOLONA

Rapporteur : Docteur RAMAMONJISOA RALALAHARISOA Z.

Examineurs : Docteur RAMAROSANDRATANA Aro Vonjy

Docteur RAKOTOHARINOME Vincent Michel



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A)
en Biologie et Ecologie Végétales

Option : Palynologie Appliquée



*ANALYSES POLLINIQUES EN VUE DE LA CREATION DES
REFERENTIELS COMMERCIAUX DES MIELS MALGACHES :
CAS DES MIELS DE LITCHI*



Présenté par : **ANDRY MISANDRATRA Henintsoa**
Maître-ès Sciences

Soutenu publiquement le 09 novembre 2012 devant la commission d'examen

Président : Professeur RAMAVOVOLOLONA

Rapporteur : Docteur RAMAMONJISOA RALALAHARISOA Z.

Examineurs : Docteur RAMAROSANDRATANA Aro Vonjy

Docteur RAKOTOHARINOME Vincent Michel

" Les paroles agréables sont un rayon de miel : elles sont douces pour l'âme et portuses de guérison pour le corps."

Proverbes 16. 24

Photos de couverture par ANDRY MISANDRATRA

De gauche à droite :

- **Ruche de type Langstroth**
- **Un pied de litchi (*Litchi chinensis*)**
- **Cadre avec des rayons de miels et des abeilles (*A. mellifera* var. *unicolor*)**
- **Miels de litchi**

Remerciements

Le présent travail a été effectué au Laboratoire de Palynologie du Département de Biologie et Ecologie Végétales de la Faculté des Sciences. Il a été réalisé avec la collaboration de la Direction des Services Vétérinaires du Ministère de l'Elevage (DSV). Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

J'adresse mes spécifiques remerciements aux membres de jury :

➤ *Professeur RAMAVOVOLOLONA, Responsable de l'option Palynologie Appliquée et de la formation doctorale au sein du Département de Biologie et Ecologie Végétales de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, qui m'a fait un grand honneur en présidant le jury de ce mémoire. Qu'elle veuille bien trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

➤ *Docteur RAMAMONJISOA RALALAHARISOA Z., Maître de conférences, responsable du laboratoire de Palynologie du Département de Biologie et Ecologie Végétales, qui a bien voulu m'encadrer avec dévouement tout au long de ce mémoire. Pour ses précieux conseils et sa patience, je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude.*

➤ *Docteur RAMAROSANDRATANA Aro Vonjy, Chef du Département de Biologie et Ecologie Végétales à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo qui, malgré ses nombreuses occupations, a bien voulu accepter d'examiner ce travail. Je lui exprime mes sincères remerciements.*

➤ *Docteur RAKOTOHARINOME Vincent Michel, Vétérinaire à la Direction des Services Vétérinaires (DSV) à Ampandrianomby qui a bien voulu examiner ce mémoire et a accepté de siéger parmi les membres du jury. Qu'il veuille bien accepter mes meilleurs remerciements.*

Mes remerciements vont aussi aux personnes suivantes :

➤ *Tout le personnel enseignant, administratif et technique du Département de Biologie et Ecologie Végétales pour leurs aides et les connaissances transmises tout au long de ma formation.*

- *Tous les apiculteurs pour leur coopération dans l'obtention des échantillons de miels.*
- *RAKOTONDRAPARANY Mitantsoa, étudiante au Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée, pour la réalisation des analyses physico-chimiques et pour la collaboration.*
- *Tous les étudiants qui m'ont procuré leur aide lors de l'élaboration de ce mémoire, notamment ceux de ma promotion (Arin'ala) et à RAKOTOVAO Ambinintsoa pour son aide dans l'élaboration de la carte.*
- *Tous les étudiants en Palynologie Appliquée pour leur aide et leur solidarité, en particulier à RAMAROMANANA Sedera B., à ANDRIANDRAMPIANDRA R. Nirina et à ANDRIAMAHERY Yvan H.*
- *Toute ma famille, surtout à mes parents qui m'ont toujours encouragée dans mes études et m'ont soutenu moralement et financièrement.*

Merci a tous !

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES	iii
LISTE DES PHOTOS	vi
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	vii
LISTE DES ANNEXES	viii
GLOSSAIRE	ix
ACRONYMES	x
INTRODUCTION	1
Chapitre I: GENERALITES	3
I. LE LITCHI ET LES MIELS DE LITCHI	3
I.1. Le litchi	3
I.1.1. Classification	3
I.1.2. Description	3
I.1.3. Répartition à Madagascar	5
I.2. Les miels de litchi	5
I.2.1. Production	5
I.2.2. Caractéristiques	5
II. NORMES SUR LE MIEL	6
III. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D’ETUDE	7
Chapitre II : MATERIELS ET METHODES	10
I. MATERIEL D’ETUDE	10
II. METHODES ET TECHNIQUES	12

II.1. ANALYSES POLLINIQUES	12
II.1.1. Analyse pollinique qualitative	12
II.1.2. Analyse pollinique quantitative	18
II.2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	20
II.2.1. Mesure de l'humidité ou de la teneur en eau des miels	20
II.2.2. Détermination des autres paramètres de qualité des miels	21
Chapitre III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	22
I. RESULTATS DES ANALYSES POLLINIQUES	22
I.1. RESULTATS DE L'ANALYSE POLLINIQUE QUALITATIVE	22
I.1.1. Résultats des tests préliminaires	22
I.1.2. Les spectres polliniques des miels étudiés	23
I.1.3. Les catégories de pollens	27
I.1.4. Regroupement des taxons selon leur fréquence d'apparition	28
I.1.5. L'analyse factorielle des correspondances pour les miels de litchi	29
I.2. RESULTATS DE L'ANALYSE POLLINIQUE QUANTITATIVE	30
I.3. TYPOLOGIE DES MIELS	33
I.4. DESCRIPTION POLLINIQUE	38
II. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	43
II.1. Teneur en eau ou humidité des miels	43
II.2. Résultats des autres paramètres de qualité	44
Chapitre IV : DISCUSSIONS	46
I. ORIGINE FLORALE DES MIELS.....	46
I.1. Influence des plantes butinées sur les spectres polliniques	46
I.2. Miels à dominance pollinique	46
I.2.1. Miels à dominance du pollen de Litchi chinensis	47
I.2.2. Miels à dominance du pollen de Macaranga cuspidata.....	47
I.2.3. Miel à dominance du pollen de Mimosa pudica	48

I.3. Miels sans dominance de pollen.....	49
II. ORIGINE GEOGRAPHIQUE	50
III. QUALITE DES MIELS	51
IV. VALEURS REFERENTIELLES RECOMMANDEES	52
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	56
ANNEXES	

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Pied de litchi adulte en fructification montrant la silhouette générale ronde de l'espèce.....	4
Photo 2 : Feuille composée de <i>Litchi chinensis</i> montrant les folioles.	4
Photo 3 : Partie d'une inflorescence de litchi montrant des fleurs visitées par une abeille (<i>Apis mellifera</i>).	4
Photo 4 : Fleurs de <i>Litchi chinensis</i>	4
Photo 5 : Fruits de litchi avec des feuilles.....	4
Photo 6 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LF ₁) montrant la dominance du pollen de <i>Litchi chinensis</i> (grossissement x400).	33
Photo 7 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LSE ₇) montrant la dominance du pollen de <i>Macaranga cuspidata</i> (grossissement x400).	35
Photo 8 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LF ₁₂) montrant la dominance du pollen de <i>Mimosa pudica</i> (grossissement x400).....	36
Photo 9 : Vue au microscope d'un échantillon présumé de litchi (LF ₃) sans pollen dominant (grossissement x400).....	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte montrant la localisation des sites d'étude (a) et la végétation des environs de ces sites (b).	8
Figure 2 : Diagrammes ombrothermiques de Toamasina (a) et de Farafangana (b).....	9
Figure 3 : Les différentes lignes établies pour faciliter le comptage de pollens sur une lame.	19
Figure 4 : Courbes d'apparition des types polliniques pour 2 échantillons, provenant du sud-est (LSE ₃) et de Fénérive Est (LF ₆).	22
Figure 5 : Fréquences d'apparition des types polliniques les plus fréquents (> 50%) observés sur 31 échantillons de miels de l'est de Madagascar.....	29
Figure 6 : Résultats de l'AFC pour les miels de litchi montrant les 3 zones identifiées.....	31
Figure 7 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de <i>Litchi chinensis</i> (LF ₁).....	34
Figure 8 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de <i>Macaranga cuspidata</i> (LSE ₇) ..	35
Figure 9 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de <i>Mimosa pudica</i> (LF ₁₂).....	36
Figure 10 : Diagramme pollinique d'un miel sans dominance de pollen (LF ₃).....	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les critères de qualité du miel et les valeurs correspondantes selon le Codex Alimentarius et la Directive de l'Union Européenne.	6
Tableau 2 : Liste des échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar montrant le lieu et la date de récolte.....	11
Tableau 3 : Paramètres de qualité utilisés pour les miels avec les unités et les méthodes utilisées.....	21
Tableau 4 : Spectre pollinique de l'échantillon de miel LSE ₅ montrant le nombre de grains de pollens comptés et les fréquences relatives correspondantes.	23
Tableau 5 : Spectres polliniques des échantillons de miels présumés de litchi provenant du sud-est.....	25
Tableau 6 : Spectres polliniques des échantillons de miels présumés de litchi provenant de Fénériver Est.....	26
Tableau 7 : Résultats de l'analyse quantitative pour les 31 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.	32
Tableau 8 : Teneur en eau des 31 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.....	44
Tableau 9 : Valeurs obtenues pour les autres paramètres de qualité à partir de 16 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.....	45
Tableau 10 : Fréquences relatives de <i>Litchi chinensis</i> après retranchement du pollen de <i>Macaranga cuspidata</i> dans le calcul de pourcentage.....	48
Tableau 11 : Valeurs référentielles polliniques et physico-chimiques recommandées pour les miels de litchi obtenues à partir de cette étude.....	53

LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE I.....	xxix
PLANCHE II.....	xxxix

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Données météorologiques de Toamasina (2010).....	xi
Annexe 2 : Données météorologiques de Farafangana (2010).....	xi
Annexe 3 : Montages des préparations	xii
Annexe 4 : Terminologie de la palynologie	xiv
Annexe 5 : Mesure volumétrique du culot	xvi
Annexe 6 : Calcul de la largeur moyenne du champ microscopique	xviii
Annexe 7 : Mesure de la largeur moyenne de la lamelle	xix
Annexe 8 : Exemple de calcul de la teneur absolue en pollen	xx
Annexe 9 : Classification des pollens suivant les classes de fréquence (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978)	xxi
Annexe 10 : Fréquence d'apparition des taxons par rapport aux échantillons étudiés	xxvi

GLOSSAIRE

Arille : Enveloppe charnue qui entoure plus ou moins certaines graines et qui provient en général du développement du funicule de la graine.

HMF (Hydroxyméthylfurfural) : Substance du groupe des aldéhydes, indicateur du vieillissement et du chauffage du miel.

Melissopalynologie : Etude des grains de pollen et des spores contenus dans les produits de la ruche.

Miellat : Excédent de matière sucrée sous forme de gouttelette laissé par des Insectes sur des plantes.

Miellée : Période pendant laquelle la floraison des plantes contenant du nectar est suffisamment importante pour permettre aux abeilles de stocker un surplus de miel.

Miellerie : Local aménagé pour extraire et conditionner les miels.

Miel monofloral : Miel obtenu par un butinage intensif des fleurs d'une espèce donnée.

Miel polyfloral ou miel toutes fleurs : Miel sans dominance de pollen.

Miel pressé : Miel obtenu par pressage des rayons.

Monomorphique : Se dit d'une espèce qui porte sur un même pied des fleurs mâles et femelles séparées.

Nectar : liquide sucré synthétisé par des glandes de plantes appelées les nectaires, situées dans les fleurs (nectaires floraux) ou ailleurs (nectaires extra floraux).

Plante nectarifère : Plante visitée par les abeilles pour son nectar.

Polygame : Espèce qui possède des fleurs mâles, des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites.

ACRONYMES

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

BNM : Bureau des Normes Malagasy

DSV : Direction des Services Vétérinaires

HMF : Hydroxy-méthyl-furfural

NMM : Norme Malagasy sur les Miels

UE : Union Européenne

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le miel est un produit de consommation courante qui fait l'objet d'un commerce international. Le miel vendu sur les grands marchés est principalement du type miel toutes fleurs (ANONYME, 1986). Toutefois, les miels monofloraux, ayant un nom floral reconnu et authentifié, possèdent une plus grande valeur ajoutée, en particulier si le goût est apprécié par les consommateurs.

A Madagascar, la production de miel demeure une activité complémentaire des autres activités agricoles. L'apiculture est restée traditionnelle, due aux manques de matériels apicoles adéquats et de connaissances techniques nécessaires pour une exploitation moderne. Cependant, des efforts ont toujours été effectués par différents organismes dans la formation et la fourniture en matériels apicoles des apiculteurs. Une reprise de l'exportation des miels malgaches est en vue avec une mise en place d'une plate-forme de concertation des producteurs à Manakara.

Différents types de miels sont recensés à Madagascar et leurs appellations sont celles données par les producteurs en rapport avec la floraison des plantes. Parmi ces types, le miel monofloral de litchi est celui produit le long de la côte est, notamment à Manakara et à Fénérive Est. Une exportation de ce produit alimentaire implique le respect des normes de qualité exigées par les pays importateurs ainsi qu'une authenticité, surtout au niveau du nom floral.

Les miels de litchi malgaches ont été étudiés lors de travaux scientifiques effectués sur les miels malgaches (RAZAIARIMANANA, 1998 ; RANDRIAMPENO, 1999 ; RANDRIANARIVELO, 2010). Ces études ont été basées sur la melissopalynologie et ont permis de connaître les caractéristiques de ces miels. En particulier, elles ont permis de vérifier que ces miels sont marqués par la présence du pollen de litchi (*Litchi chinensis*). L'analyse pollinique ou la melissopalynologie a comme principe d'extraire et d'étudier les pollens afin de déterminer les origines botanique et géographique du miel. En effet, tout miel produit dans des conditions naturelles contient de petites quantités de pollens. Ainsi, lorsqu'une plante est visitée par une abeille, l'absorption du nectar s'accompagne de celle des pollens que l'on retrouve ensuite dans les miels (LOUVEAUX, 1968). Cette présence de pollen justifie l'emploi de la melissopalynologie dans la caractérisation des miels. La

détermination des origines du miel repose sur l'identification des pollens et des autres constituants du culot d'un miel ainsi que sur leur dénombrement (LOUVEAUX & al., 1970).

Une étude a été initiée par la Direction des Services Vétérinaires (DSV) en vue de créer les référentiels commerciaux pour les miels de litchi, de niaouli et d'eucalyptus. Pour caractériser un miel, les analyses polliniques, les analyses physico-chimiques et les analyses sensorielles sont complémentaires. Dans le cadre de ce projet, seules les analyses polliniques et physico-chimiques ont été effectuées. Les analyses physico-chimiques sont utilisées pour déterminer la qualité des miels produits en se référant à des normes existantes telles que celles du Codex Alimentarius, de la Directive de l'Union Européenne ou de la Norme Malagasy sur le Miel (NMM).

Cette étude intitulée « **Analyses polliniques en vue de la création des référentiels commerciaux des miels malgaches : cas des miels de litchi** » a pour objectif global d'obtenir les caractéristiques polliniques et physico-chimiques des miels de litchi. Les objectifs spécifiques sont de :

- Connaître le contenu pollinique des miels de litchi
- Etablir la typologie des miels à partir du contenu pollinique
- Vérifier l'origine florale des miels et déterminer leur origine géographique
- Déterminer la qualité des miels de litchi
- Fixer les référentiels commerciaux pour les miels de litchi

Les hypothèses avancées pour l'élaboration de cette étude sont :

- ✓ L'analyse pollinique est la méthode utilisée pour vérifier le nom botanique des miels.
- ✓ Les miels de litchi sont marqués par la présence du pollen de *Litchi chinensis* et présentent un ensemble de propriétés physico-chimiques semblables.

Ce travail comporte quatre parties principales :

- ❖ une première partie destinée aux généralités sur le litchi, le miel de litchi, les normes sur le miel et la zone d'étude,
- ❖ une deuxième partie réservée au matériel utilisé et aux méthodes d'analyse,
- ❖ la troisième partie est attribuée aux résultats obtenus et à leurs interprétations
- ❖ et une quatrième partie consacrée aux discussions des résultats.

GENERALITES

Chapitre I: GENERALITES

I. LE LITCHI ET LES MIELS DE LITCHI

I.1. Le litchi

I.1.1. Classification

Litchi chinensis Sonn. ou *Nephelium litchi* L. est originaire de l'Asie du sud-est. L'espèce a été introduite dans des pays tropicaux et subtropicaux tels que Madagascar, les Mascareignes et le Brésil. La classification de l'espèce est la suivante :

Règne	: PLANTAE
Sous-règne	: TRACHEOBIONTA
Division	: MAGNOLIOPHYTA
Classe	: MAGNOLIOPSIDA
Sous-classe	: ROSIDAE
Ordre	: SAPINDALES
Famille	: SAPINDACEAE
Genre	: <i>Litchi</i>
Espèce	: <i>chinensis</i>

Cette classification est celle établie par Cronquist (1988).

I.1.2. Description

Port : Arbre de taille moyenne avec une silhouette générale ronde, pouvant atteindre une hauteur de 15 à 20 m (photo 1).

Feuilles : persistantes, composées paripennées (photo2) avec 2, 3 ou 4 paires de folioles elliptiques, oblongues ou lancéolées ; la face supérieure est de couleur vert foncé, d'aspect vernissé et la face inférieure est plutôt grisâtre, d'aspect mat.

Fleurs : inflorescence (photo 3) en panicule terminale ; espèce monomorphe, polygame ; fleurs (photo 4) actinomorphes, apétales, de couleur blanc rosâtre à blanc verdâtre, avec un disque nectarifère extrastaminal.

La pollinisation est principalement entomophile, effectuée par les abeilles (SCHWEITZER, 2011).

Fruits : 3 à 4 cm de diamètre, de type arille avec un péricarpe rugueux, de couleur rouge (photo 5).



Photo 1 : Pied de litchi adulte en fructification montrant la silhouette générale ronde de l'espèce. (source : fr.wikipedia.org)



Photo 2 : Feuille composée de *Litchi chinensis* montrant les folioles. (source : fr.wikipedia.org)



Photo 3 : Partie d'une inflorescence de litchi montrant des fleurs visitées par une abeille (*Apis mellifera*). (source : caribfruits.cirad.fr)



Photo 4 : Fleurs de *Litchi chinensis*



Photo 5 : Fruits de litchi avec des feuilles (source : fr.wikipedia.org)

1.1.3. Répartition à Madagascar

Litchi chinensis est principalement cultivé pour ses fruits. Nécessitant une pluviométrie annuelle d'au moins 1500 mm, l'espèce est cultivée essentiellement sur la côte est, de Sambava jusqu'à Tolagnaro et dans le Sambirano mais peut également être acclimatée sur les Hauts Plateaux.

1.2. Les miels de litchi

Le miel est une substance sucrée naturellement produite par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* à partir du nectar des fleurs ou des sécrétions provenant des parties vivantes des plantes ou des sécrétions laissées sur elles par des insectes suceurs qu'elles butinent. Les abeilles les transforment et les combinent avec des matières spécifiques provenant de leur propre corps et les emmagasinent dans les rayons de la ruche (Codex Alimentarius, 2001).

1.2.1. Production

Les miels de litchi sont surtout produits à Singapour, à La Réunion et à l'île Maurice. Mais ce miel est aussi présent dans d'autres pays comme la Nouvelle-Calédonie et Madagascar. Avec les miels de baies roses, les miels de litchi sont des produits phares de l'île de La Réunion (SCHWEITZER, 2011).

A Madagascar, les miels de litchi sont produits sur la côte est, notamment à Toamasina, Fénérive Est, Manakara. La récolte des miels de litchi s'effectue à partir du mois de septembre jusqu'au mois de novembre (LAGARDE & RAKOTOVELO, 2004).

1.2.2. Caractéristiques

Le miel de litchi est un miel clair, à cristallisation rapide avec une granulation très fine. Il a un arôme floral ou fruité et une saveur très fine qui rappelle le fruit du litchi (RAKOTONDraparany, 2011 ; SCHWEITZER, 2011).

En général, les miels de litchi renferment une forte proportion du pollen de *Litchi chinensis* avec des teneurs moyennes supérieures à 80%. Cependant, cette proportion devient faible et peut atteindre 10% en présence d'une plante produisant une grande quantité de pollen, comme *Mimosa pudica* (SCHWEITZER, 2011).

II. NORMES SUR LE MIEL

Pour le contrôle de la qualité des denrées alimentaires et pour la protection de la santé des consommateurs, des normes ont été établies. Les normes internationales concernant le miel sont spécifiées dans une directive européenne relative au miel et dans la norme pour le miel du Codex Alimentarius. Pour Madagascar, les normes relatives au miel sont contenues dans la Norme Malagasy sur les miels (NMM), qui a été validée par le Bureau des Normes Malagasy (BNM) en 2004 et a été révisée en 2011.

Le commerce international du miel requiert le respect de la qualité de ce produit. Ainsi, le tableau 1 montre les différents critères de qualité et les différentes valeurs correspondant à ces critères extraits du Codex Alimentarius et la Directive de l'Union Européenne.

Tableau 1 : Les critères de qualité du miel et les valeurs correspondantes selon le Codex Alimentarius et la Directive de l'Union Européenne.

Critères de qualité	Codex Alimentarius	Directive de l'UE
Teneur en eau	$\leq 21\%$	$\leq 21\%$
Teneurs en sucres réducteurs	$\geq 65\text{g}/100\text{g}$	$\geq 65\text{g}/100\text{g}$
Teneur en saccharose	$\leq 5\text{g}/100\text{g}$	$\leq 5\text{g}/100\text{g}$
Teneur en matières insolubles dans l'eau	$\leq 0,1 \text{ g}/100 \text{ g}$ $\leq 0,5 \text{ g}/100 \text{ g}$ (miel pressé)	$\leq 0,1 \text{ g}/100 \text{ g}$ $\leq 0,5 \text{ g}/100 \text{ g}$ (miel pressé)
Acidité libre	$\leq 50 \text{ méq}/\text{kg}$	$\leq 40 \text{ méq}/\text{kg}$
Indice diastasique	$\geq 8 \text{ unités de Schade}/\text{g}$ $\geq 3 \text{ unités de Schade}/\text{g}$ (miels avec une teneur enzymatique naturellement faible)	$\geq 8 \text{ unités de Schade}/\text{g}$ $\geq 3 \text{ unités de Schade}/\text{g}$ (miels avec une teneur enzymatique naturellement faible)
Teneur en HMF	$\leq 60 \text{ mg}/\text{kg}$	$\leq 40 \text{ mg}/\text{kg}$
Conductivité électrique	$\leq 0,8 \text{ mS}/\text{cm}$ (miel de nectar) $\geq 0,8 \text{ mS}/\text{cm}$ (miel de miellat)	$\leq 0,8 \text{ mS}/\text{cm}$ (miel de nectar) $\geq 0,8 \text{ mS}/\text{cm}$ (miel de miellat)

III. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

Pour cette étude, quatre sites de la côte est de Madagascar ont été concernés : Fénérive Est dans la région Analanjirofo, Manakara et Vohipeno dans la région Vatovavy Fitovinany, et Farafangana dans la région Atsimo Atsinanana. Ces sites ont été choisis pour la récolte des échantillons de miels présumés de litchi. La figure 1 montre la localisation des différents sites ainsi que des extraits de carte de la végétation correspondante.

➤ Le climat

Selon DONQUE (1972), les régions orientales de Madagascar appartiennent au domaine au vent de l'alizé, caractérisé par l'abondance des précipitations annuelles (> 1 500 mm) et l'absence d'une véritable saison sèche. Les données climatiques de la station de Toamasina, celle la plus proche de Fénérive Est et de la station de Farafangana recueillies au Service National de la Météorologie d'Ampanjiambo, figurant respectivement dans l'annexe 1 et 2, permettent de déterminer les caractéristiques générales du climat. Pour l'année 2010, les précipitations annuelles sont de 3 444 mm à Toamasina et 2 246 mm à Farafangana. Les températures moyennes annuelles sont de 25°C pour Toamasina et 24°C pour Farafangana.

Les diagrammes ombrothermiques permettent de faire ressortir les particularités stationnelles et montrent la présence de 2 mois secs, de septembre à octobre, à Toamasina (figure 2a) et de 4 mois secs, de septembre à novembre et en mai à Farafangana (figure 2b).

➤ La végétation

La côte est fait partie du domaine de l'Est de 0 à 800 m d'altitude et appartient à la zone écofloristique orientale de basse altitude (FARAMALALA & RAJERARISON, 1999). La végétation climacique de la région orientale est la forêt dense humide sempervirente de basse altitude correspondant à la série à *Anthostema* et à MYRISTICACEAE (HUMBERT, 1955). Mais à cause des pratiques utilisées par les paysans comme la culture sur brûlis, la formation primaire est en grande partie détruite et remplacée par des savoka à *Ravenala madagascariensis*, des savanes constituées essentiellement par des Graminées et des espèces de reboisements telles que le litchi (*Litchi chinensis*) et les *Eucalyptus*.

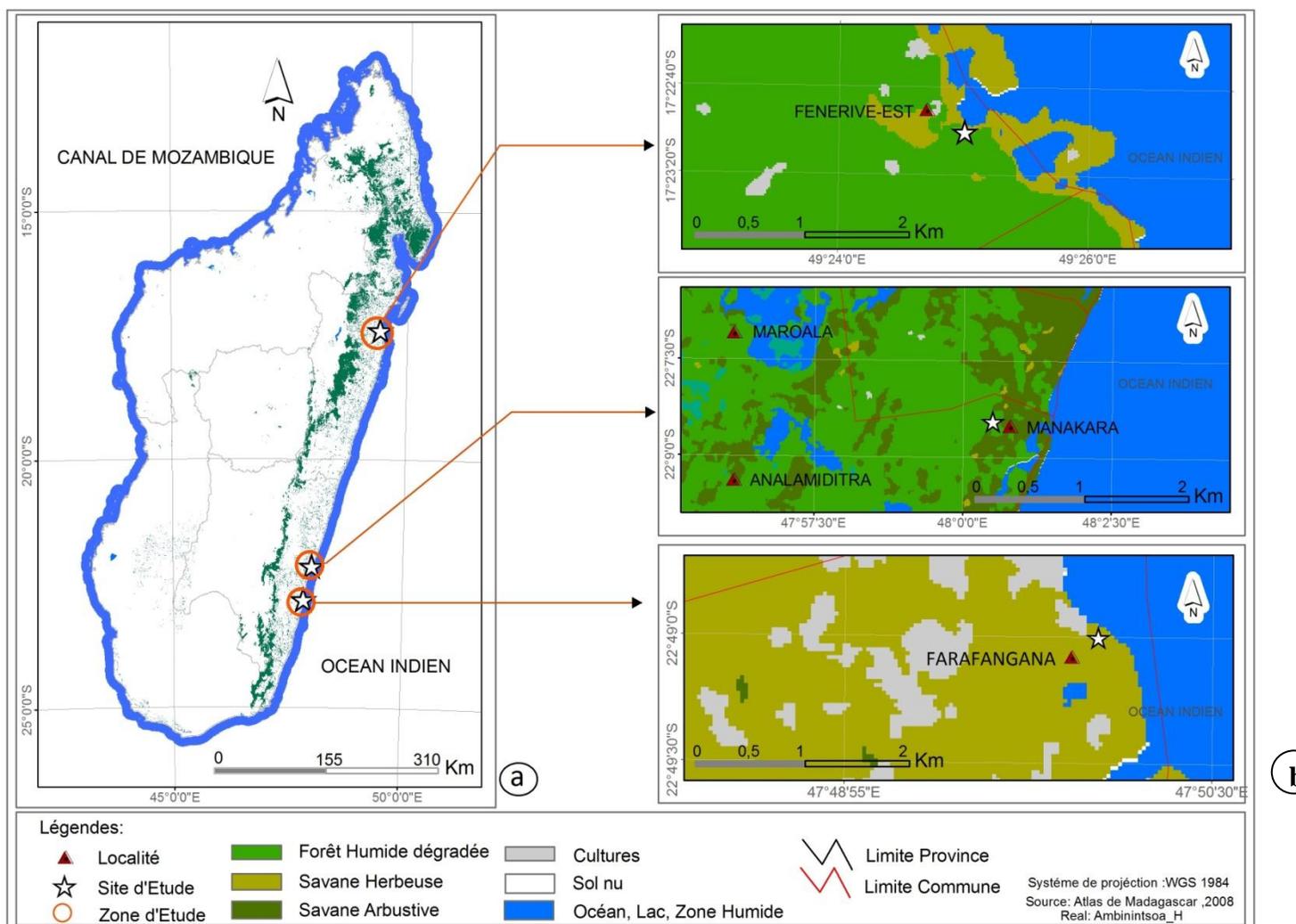


Figure 1 : Carte montrant la localisation des sites d'étude (a) et la végétation des environs de ces sites (b).

(Source : BD 500)

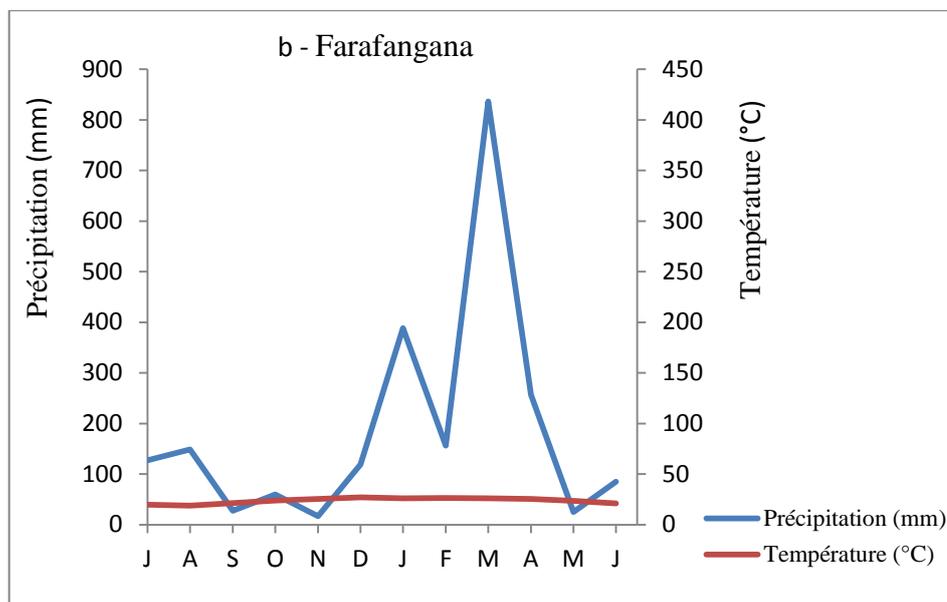
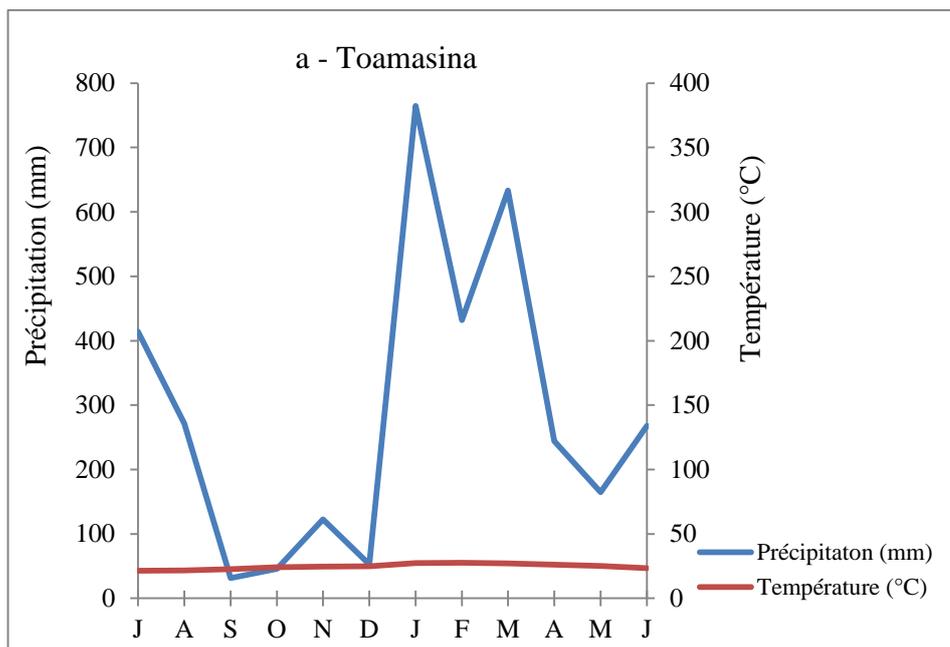


Figure 2 : Diagrammes ombrothermiques de Toamasina (a) et de Farafangana (b)

MATERIELS

ET

METHODES

Chapitre II : MATERIELS ET METHODES

I. MATERIEL D'ETUDE

Pour la présente étude, le but a été d'obtenir des échantillons de miels présumés de litchi de provenance géographique et de date de récolte connues. Les miels ont été récoltés par les apiculteurs après la période de miellée.

Au total, 31 échantillons de miels ont pu être collectés. Le tableau 2 montre la liste des échantillons avec la référence, le lieu et la date de récolte, ainsi que le mode d'obtention des miels.

Les échantillons de miels présumés de litchi proviennent de Manakara, Vohipeno (Vatovavy Fitovinany), Farafangana (Atsimo Atsinanana) et Fénérive Est (Analanjirifo). Les échantillons de Vatovavy Fitovinany et d'Atsimo Atsinanana ont été regroupés dans l'appellation sud-est. Tous les échantillons étant des miels de l'est de Madagascar, ceux du sud-est ont été désignés LSE et ceux de Fénérive Est, LF.

Pour les références, les échantillons ont été classés suivant leur milieu de provenance et numérotés selon leur date d'arrivée au laboratoire. Ainsi, les échantillons de Vatovavy Fitovinany et d'Atsimo Atsinanana ont été notés LSE₁ à LSE₁₉ et ceux d'Analanjirifo, notés LF₁ à LF₁₂.

Les échantillons de miels présumés de litchi ont été récoltés en 2009 et en 2010, pour la plupart au mois d'octobre. Le mois de récolte n'a pas pu être obtenu pour certains échantillons.

Les 31 échantillons de miels ont été obtenus de différentes manières :

- 20 échantillons achetés auprès des apiculteurs (A),
- 9 échantillons parvenus au laboratoire pour analyse (L),
- 2 échantillons achetés dans le commerce (C).

Tableau 2 : Liste des échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar montrant le lieu et la date de récolte

Référence	Lieu de récolte	Date de récolte	Mode d'obtention
LSE ₁	Manakara	Octobre 2009	L
LSE ₂	Manakara	2009	L
LSE ₃	Manakara	Octobre 2009	L
LSE ₄	Manakara - Ambila	Septembre 2010	A
LSE ₅	Manakara - Mangatsiatra	Octobre 2010	A
LSE ₆	Manakara - Valovahy	Octobre 2010	A
LSE ₇	Manakara - Filaotsara	Octobre 2010	A
LSE ₈	Manakara - Vohindranahy	Octobre 2010	A
LSE ₉	Manakara - Analabe	Octobre 2010	A
LSE ₁₀	Manakara - Analabe	Octobre 2010	A
LSE ₁₁	Manakara - Tsarahasina	Octobre 2010	A
LSE ₁₂	Manakara - Ambila	Octobre 2010	A
LSE ₁₃	Manakara - Masiakakoho	Octobre 2010	A
LSE ₁₄	Farafangana - Ambiasy	Octobre 2010	L
LSE ₁₅	Farafangana - Tsarafara	Octobre 2010	L
LSE ₁₆	Vohipeno - Vohitrindry	Octobre 2010	L
LSE ₁₇	Manakara - Analabe	Octobre 2010	L
LSE ₁₈	Manakara	Octobre 2010	L
LSE ₁₉	Manakara	2010	C
LF ₁	Analanjirofo	2009	L
LF ₂	Fénérive Est - Rantolava	Octobre 2009	C
LF ₃	Fénérive Est - Analanampotsy	Septembre 2010	A
LF ₄	Fénérive Est - Tanambao Tampolo	Octobre 2010	A
LF ₅	Fénérive Est - Rantolava	Octobre 2010	A
LF ₆	Fénérive Est - Andaly	Octobre 2010	A
LF ₇	Fénérive Est - Rantolava	Octobre 2010	A
LF ₈	Fénérive Est - Ambatomasina I	Octobre 2010	A
LF ₉	Fénérive Est - Takobola	Octobre 2010	A
LF ₁₀	Fénérive Est - Andapa II	Novembre 2010	A
LF ₁₁	Fénérive Est - Ambatomena	Novembre 2010	A
LF ₁₂	Fénérive Est	Octobre 2010	A

A : Achat auprès des apiculteurs sur place

L : Echantillons apportés au laboratoire pour analyse

C : Achat dans le commerce

II. METHODES ET TECHNIQUES

II.1. ANALYSES POLLINIQUES

L'analyse pollinique ou la melissopalynologie est l'étude des grains de pollen contenus dans les miels. Le but est d'établir la typologie des miels à partir de leur contenu pollinique. Elle comprend l'analyse pollinique qualitative et l'analyse pollinique quantitative.

II.1.1. Analyse pollinique qualitative

L'analyse pollinique qualitative a pour but d'identifier et de dénombrer les types polliniques présents dans une préparation de miel, ce qui permet d'établir un spectre pollinique en calculant les fréquences relatives pour chaque échantillon (LOUVEAUX & al., 1970, 1978 ; VON DER OHE & al., 2004).

a) Traitements physico-chimiques des échantillons

Avant l'observation au microscope, les miels ont subi des traitements physico-chimiques. Les étapes de ces traitements ont été les suivantes :

❖ *Homogénéisation et pesage de l'échantillon*

L'homogénéisation permet la dispersion uniforme des pollens dans le miel. L'échantillon a été remué avec un agitateur. La quantité standard de miel utilisée pour les analyses polliniques est de 10 à 15g (VERGERON, 1964).

❖ *Elimination des sucres et extraction du pollen*

Les sucres noircissent la préparation lors de l'acétolyse donc il est nécessaire de les éliminer et cette étape permet d'extraire les pollens. L'extraction a consisté à diluer chaque échantillon de miel dans 20 ml d'eau distillée. Le mélange a été porté au bain-marie à 40°C en agitant jusqu'à une dissolution complète. La solution obtenue a été centrifugée à 2000 tours/minute pendant 10 minutes. Le surnageant contenant les sucres et d'autres substances a été éliminé et le culot a été repris dans de l'eau distillée pour un deuxième lavage et même un troisième si nécessaire. Avant l'acétolyse, de l'acide acétique glacial a été ajouté au culot pour le déshydrater. Après agitation, l'acide a été éliminé par centrifugation.

❖ *Acétolyse*

L'acétolyse utilisé est celui d'ERDTMAN (1943 ; 1952), qui a pour but la destruction du contenu cytoplasmique des pollens. Cette méthode permet une meilleure identification des pollens grâce à la clarification des structures de la paroi pollinique (GADBIN, 1979 ; LOBREAU-CALLEN & CALLEN, 1982).

Lors de cette fossilisation artificielle, les pollens sont traités chimiquement de façon à les vider de leur contenu cytoplasmique et toute substance non exinique est détruite (ERDTMAN, 1943 ; 1952). Les pollens ont été traités dans un mélange acétolysant composé de 9ml d'anhydride acétique et de 1ml d'acide sulfurique, préparé juste avant l'utilisation. L'ensemble a été porté au bain marie à 100°C pendant 3 minutes et a été agité périodiquement. La réaction a été arrêtée par addition d'acide acétique glacial, qui a été ensuite éliminé par centrifugation. Le culot obtenu a été lavé à l'eau distillée et a été séché pendant 24 heures avant d'être monté entre lame et lamelle.

b) Montage des préparations

Le montage du culot a été effectué dans de la gélatine glycéinée (Annexe 3). Ce montage, appelé montage fixe, présente l'avantage d'une meilleure conservation de la préparation et les pollens y sont immobilisés.

c) Conduite de l'analyse qualitative

❖ *Identification des pollens*

Avant le dénombrement, une reconnaissance préliminaire des types polliniques présents dans la préparation est requise. Les grains de pollen de chaque préparation ont été inventoriés au microscope photonique Zeiss au grossissement x1000 à immersion d'huile en balayant chaque préparation.

L'identification des pollens rencontrés dans une préparation pollinique porte sur les caractères suivants :

- la forme et la symétrie,
- les dimensions du grain de pollen,
- le nombre et la forme des apertures,
- l'ornementation de l'exine.

La terminologie adoptée est celle de VAN CAMPO (1957) et de PUNT & al. (1994) décrite en annexe 4.

Les pollens des préparations de miels ont été identifiés par comparaison avec des préparations de référence existant au laboratoire de Palynologie de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo.

Des résultats publiés dans des ouvrages et des périodiques spécialisés ont servi de références lors de la détermination, en particulier les articles de STRAKA dans "Pollens et Spores" (1966 à 1980) et dans "Tropische und subtropische Pflanzenwelt" (1983 à 1989), ainsi que l'ouvrage "Pollens des savanes d'Afrique orientale" (BONNEFILLE & RIOLLET, 1980). Différents travaux de recherches effectués à Madagascar en aérobiologie (RAJERARISON, 1984 ; RAMAVOVOLOLONA, 1986) et en melissopalynologie (RAMAMONJISOA, 1992 ; RALIMANANA, 1994 ; RAHARIMBOLA, 2001 ; RAZAFINDRAKOTO, 2005 ; RANDRIANARIVELO, 2010) renferment également des études morphologiques des pollens malgaches accompagnées de photographies qui ont servi pour la reconnaissance des pollens.

Les références utilisées ont permis de déterminer les pollens, pour la plupart au niveau du genre et quelquefois au niveau de l'espèce. Dans certains cas, cette détermination a dû être arrêtée au niveau de la famille à cause des caractères homogènes des pollens de cette famille. Le terme cf. (confer) est utilisé lorsqu'un pollen a des caractères morphologiques similaires avec ceux d'un pollen déjà identifié. Cependant, des pollens ont dû être classés "Indéterminés".

❖ *Comptage*

Après l'inventaire des pollens présents dans la préparation, le comptage a été effectué au grossissement x630 du microscope photonique. Selon VERGERON (1964), il est indispensable de compter au moins 1200 pollens pour avoir une représentation valable des taxons ou types polliniques existants dans une préparation de miel. A cause de l'hétérogénéité de la répartition des grains de pollen, le comptage a été effectué champ par champ dans les différentes zones de la préparation.

Le comptage est arrêté lorsque tous les taxons inventoriés ont été rencontrés au moins une fois.

d) Présentation des résultats

❖ Courbe d'apparition des types polliniques

Une courbe d'apparition des taxons peut être tracée pour servir de test préliminaire afin de vérifier si après un comptage de 1200 pollens tous les types polliniques présents dans une préparation sont rencontrés au moins une fois. Cette courbe permet donc de connaître la richesse pollinique d'un miel et de vérifier la représentativité des analyses effectuées. Au début du comptage, la courbe est fortement ascendante, puis la pente diminue et enfin il se forme un palier (VERGERON, 1964).

❖ Etablissement du spectre pollinique

Le résultat de l'analyse pollinique qualitative est représenté par un spectre pollinique qui traduit les proportions des divers types de pollens identifiés. Lorsque les numérations ont été faites sur 1200 grains de pollen au moins, l'expression des fréquences en pourcentages est acceptable dans la formulation des résultats (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978).

Le spectre pollinique d'un miel a été établi en calculant la fréquence relative des types polliniques d'une préparation. Cette fréquence relative, exprimée en pourcentage, a été obtenue en effectuant le rapport du nombre de grains de pollen d'un type pollinique sur la totalité de grains de pollen comptés dans une préparation, selon la formule suivante :

$$FR (\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

FR : fréquence relative en %

n : nombre de grains de pollen comptés pour le taxon

N : nombre total de grains de pollen comptés dans la préparation

Le spectre pollinique d'un échantillon peut être présenté sous forme d'une feuille de comptage permettant ainsi de voir le nombre de pollens comptés pour chaque taxon.

e) Analyses et interprétations des résultats

❖ Classification des pollens par catégorie de fréquence relative

Selon leur fréquence relative, les pollens rencontrés dans les préparations peuvent être classés suivant les 4 classes préconisées par LOUVEAUX & al. (1970 ; 1978) :

- pollen dominant (fréquence > 45%)
- pollen d'accompagnement ($16 \leq$ fréquence $\leq 45\%$)
- pollen isolé important ($3 \leq$ fréquence $\leq 15\%$)
- pollen isolé (fréquence < 3%)

❖ *Détermination de l'origine florale des miels*

En général, l'apparition d'un pollen au stade dominant dans un miel permet d'admettre que ce miel provient principalement d'une certaine source de nectar (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978). La présence d'un pollen dominant peut donc indiquer un miel monofloral et permet de donner au miel le nom de la plante correspondante. Par contre, l'absence de pollen dominant permet d'indiquer un miel polyfloral, également appelé miel toutes fleurs. Toutefois, des exceptions peuvent être dues à une surreprésentation ou à une sous-représentation de certains pollens par rapport à la proportion de nectar (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978 ; VON DER OHE & al., 2004). La détermination de l'origine florale permet d'établir la typologie des miels rencontrés.

❖ *Détermination des pollens caractéristiques de l'origine géographique*

L'origine géographique est le lieu de production du miel. Elle peut être reconnue, dans certains cas relativement rares, grâce à des pollens caractéristiques, mais le plus souvent c'est l'apparition d'associations de pollens qui permet de localiser cette origine (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978).

Pour cette étude, la connaissance de l'origine géographique est déduite à partir de deux méthodes :

- La fréquence d'apparition des types polliniques dans les miels

La fréquence d'apparition d'un taxon a été déterminée par la présence ou l'absence de ce taxon dans la totalité des échantillons étudiés. Cette fréquence est obtenue en calculant le rapport entre le nombre des échantillons contenant le taxon et le nombre total des échantillons étudiés suivant la formule suivante :

$$FA = \frac{ni}{\sum ni} \times 100$$

Avec FA : fréquence d'apparition d'un taxon en %

n_i : nombre des échantillons contenant le taxon

$\sum n_i$: nombre total des échantillons étudiés

La classification utilisée par LOUVEAUX & al. en 1978 a été adoptée, elle comprend quatre catégories :

- Classe 1 : taxon très fréquent, présent dans plus de 50% des échantillons,
- Classe 2 : taxon fréquent, présent dans 20 à 50% des échantillons,
- Classe 3 : taxon peu fréquent, présent dans 10 à 20% des échantillons,
- Classe 4 : taxon rare, présent dans moins de 10% des échantillons.

Les taxons très fréquents (FA > 50%) sont considérés comme caractéristiques de l'origine géographique des miels d'une provenance géographique déterminée.

➤ Le traitement statistique des spectres polliniques

Pour le traitement statistique, une analyse factorielle des correspondances (AFC) a été effectuée. L'AFC permet de réaliser un ou plusieurs graphes à partir d'un tableau de données, en réduisant les dimensions de l'espace de représentation des données tout en essayant de ne pas perdre trop d'information au moment de cette réduction (AMBAPOUR, 2003). Son objectif est d'analyser la liaison entre deux variables, représentées sur un tableau où les modalités de l'une sont montrées sur les lignes et celles de l'autre sur les colonnes. Plus précisément, l'AFC consiste à réaliser une analyse sur les profils-lignes et une autre sur les profils-colonnes. Les résultats de ces deux analyses sont superposés pour produire un graphique (ou plusieurs) de type nuage de points, dans lequel sont réunies les modalités des deux variables considérées, ce qui permet d'étudier les correspondances entre ces modalités, c'est-à-dire la liaison entre les deux variables (BACCINI, 2010).

Pour cette étude, l'analyse factorielle des correspondances permet de regrouper les échantillons de miels et les types polliniques. Elle a été effectuée à partir du logiciel XLSTAT 7.0.

Le tableau des spectres a été transformé en un tableau codé, donc on dispose de plusieurs échantillons sur lesquels les types polliniques sont mesurés. Ainsi, on code par 1 si un type pollinique est présent dans un échantillon et par 0 s'il ne l'est pas. En AFC, le tableau à analyser est symétrique par rapport aux indices échantillons et types polliniques. Deux lignes sont considérées comme proches si elles s'associent de la même façon à l'ensemble des

colonnes. Symétriquement, deux colonnes sont proches si elles s'associent de la même façon à l'ensemble des lignes. L'analyse factorielle des correspondances permet donc d'analyser les proximités entre les types polliniques et les échantillons.

II.1.2. Analyse pollinique quantitative

L'analyse pollinique quantitative a pour but d'évaluer la teneur absolue en grains de pollen dans une unité de poids de miel, c'est-à-dire dans 10g (LOUVEAUX & al., 1978). Cette richesse en pollens d'un miel est également utilisée pour caractériser son origine botanique mais permet aussi, dans certains cas, de déduire le mode d'extraction ou l'état de propreté du miel.

a) Préparation du miel

Avant de peser 10g, le miel a été homogénéisé à l'aide d'un agitateur. Ensuite, il a été mélangé avec de l'eau distillée et centrifugé à 2000 tours/minute. Le culot a été soumis à plusieurs lavage dans de l'eau distillée afin d'extraire les pollens.

b) Montage des préparations

Un montage mobile a été utilisé pour l'analyse quantitative. Le montage du culot de centrifugation a été effectué dans de la glycérine phénolée, dont le détail est en annexe 3. Ce montage permet la rotation des pollens, et ainsi leur étude est facilitée grâce à plusieurs axes d'observation.

Pour une bonne dispersion des grains de pollen, le culot a été dilué dans dix fois son volume avec de la glycérine phénolée et 50 μ l ont été montés entre lame et lamelle. Ainsi, le volume du culot a été mesuré (Annexe 5).

c) Conduite de l'analyse quantitative

Pour cette étude, l'évaluation de la teneur absolue en pollens des miels a été effectuée à partir du comptage des grains de pollen dans un certain nombre de lignes qui ont été systématiquement balayées. Les pollens ont été comptés systématiquement d'un bord à l'autre de la préparation. Le comptage a été effectué suivant 5 lignes de la préparation montrées sur la figure 3.

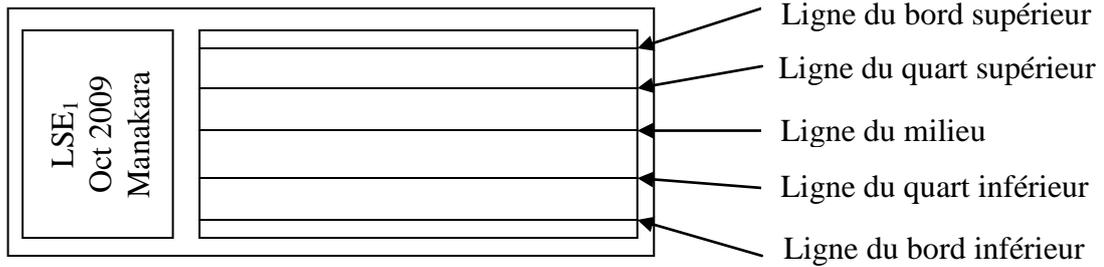


Figure 3 : Les différentes lignes établies pour faciliter le comptage de pollens sur une lame.

d) Calcul de la teneur absolue en pollens

Pour le calcul de la teneur absolue en grains de pollen, il est nécessaire de connaître la largeur du champ microscopique et la largeur moyenne de la lamelle.

La teneur absolue en pollens a été calculée à l'aide de la formule suivante, qui tient compte du volume total du culot dilué et du volume monté entre lame et lamelle :

$$N = \frac{Nc}{n \times l} \times L \times \frac{Vt}{Vf}$$

Avec N : quantité de pollens dans 10g de miel

Nc : nombre total de grains de pollen comptés sur les différentes lignes

n : nombre de lignes parcourues

l : largeur du champ du microscope

L : largeur moyenne de la lamelle

Vt : volume total du culot

Vf : volume de la fraction étudiée montée entre lame et lamelle (50 μ l)

La méthode de mesure de la largeur du champ microscopique, celle de la largeur moyenne de la lamelle, ainsi qu'un exemple de calcul de la teneur absolue en pollens sont figurés respectivement dans les annexes 6, 7 et 8.

e) Présentation et interprétation des résultats

Suivant leur teneur absolue en pollens (N), MAURIZIO (1968) a classé les miels en cinq catégories qui sont :

- Classe I : $N < 20\ 000$
- Classe II : $20\ 000 \leq N < 100\ 000$
- Classe III : $100\ 000 \leq N < 500\ 000$
- Classe IV : $500\ 000 \leq N < 1\ 000\ 000$
- Classe V : $N \geq 1\ 000\ 000$

LOUVEAUX & al. (1970 ; 1978) ont établi une correspondance entre les classes préconisées par MAURIZIO et les types de miels grâce à des investigations menées sur des miels. Cette correspondance est la suivante :

- la classe I comporte les miels de fleurs pauvres en pollen,
- la classe II renferme la plupart des miels de fleurs et des miels de fleurs mélangés de miel de miellats,
- la classe III comprend les miels riches en pollen et les miels de miellats purs,
- la classe IV correspond à des miels très riches en pollen et une partie des miels de presse,
- la classe V indique des miels de fleurs extrêmement riches en pollen ou des miels de presse.

II.2. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Trois méthodes sont utilisées d'une manière classique pour caractériser et authentifier les miels monofloraux ou unifloraux : les propriétés physico-chimiques, les analyses polliniques et l'analyse sensorielle. Les caractéristiques physico-chimiques des miels déterminent leur qualité. Ainsi pour les analyses physico-chimiques, huit (8) paramètres de qualité ont été utilisés: l'humidité ou la teneur en eau, la teneur en sucres réducteurs, la teneur en saccharose, la teneur en matières insolubles dans l'eau, l'acidité libre, l'activité diastasique, la teneur en HMF (Hydroxyméthylfurfural) et la conductivité électrique.

II.2.1. Mesure de l'humidité ou de la teneur en eau des miels

L'humidité ou la teneur en eau des miels, exprimée en pourcentage, est un des paramètres de qualité les plus importants des miels. Elle conditionne la conservation du miel ; un miel ayant une teneur en eau élevée fermente plus facilement. Selon la Révision de la Norme Malagasy, cette teneur doit être inférieure ou égale à 20% pour les miels de bonne

qualité. Elle dépend des conditions de récolte et du conditionnement. Mais chaque type de miel a une teneur en eau spécifique (CRANE, 1973).

Pour cette étude, un réfractomètre à main a été utilisé pour mesurer l'humidité des miels. Le principe utilisé repose sur le fait que le miel est considéré comme une solution concentrée de sucres. Une goutte de miel est versée sur le prisme du réfractomètre de façon à le recouvrir totalement. Le couvercle est ensuite refermé. La valeur vue dans l'objectif donne en pourcentage la teneur globale en sucres. L'humidité est obtenue en retranchant cette valeur de cent.

II.2.2. Détermination des autres paramètres de qualité des miels

Pour les autres paramètres de qualité, les analyses ont été réalisées au Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN) du Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée. Elles ont été effectuées sur 16 échantillons de miels (RAKOTONDRAPARANY, 2011).

Le tableau 3 montre les paramètres de qualité avec l'unité de mesure et la méthode d'analyse adoptée.

Tableau 3 : Paramètres de qualité utilisés pour les miels avec les unités et les méthodes utilisées.

Paramètres de qualité	Unités	Méthodes d'analyse
Teneur en sucres réducteurs	g/100g (%)	Dosage à la liqueur de Fehling
Teneur en saccharose	g/100g (%)	Différence entre les résultats du dosage des sucres réducteurs avant et après inversion
Teneur en matières insolubles dans l'eau	g/100g (%)	Filtrage à travers un creuset, séchage et pesage du résidu
Acidité libre	még/kg	Titration avec de la soude
Activité diastasique	unité de Schade/g	Méthode de Schade
Teneur en HMF	mg/kg	Méthode de White
Conductivité électrique	mS/cm	Méthode de Vorwohl

RESULTATS
ET
INTERPRETATIONS

Chapitre III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. RESULTATS DES ANALYSES POLLINIQUES

I.1. RESULTATS DE L'ANALYSE POLLINIQUE QUALITATIVE

L'analyse pollinique qualitative permet de définir le contenu pollinique des échantillons de miels par l'inventaire des taxons présents dans les préparations. L'inventaire conduit à l'établissement des spectres polliniques pour tous les échantillons étudiés grâce aux calculs des fréquences relatives des taxons, utilisés pour déterminer l'origine florale des miels. Les associations de différents pollens dans les échantillons permettent de reconnaître l'origine géographique parce que ces pollens reflètent habituellement la composition floristique du milieu.

I.1.1. Résultats des tests préliminaires

La figure 4 montre les courbes de variation du nombre de types polliniques identifiés en fonction du nombre de pollens comptés pour deux échantillons, LSE₃ et LF₆.

Après avoir compté 1323 pollens pour LSE₃ et 1278 pour LF₆, les types polliniques identifiés préalablement dans la préparation ont été rencontrés au moins une fois, soit 16 types polliniques pour LSE₃ et 23 pour LF₆. Les deux courbes ont des allures plus ou moins identiques. Elles présentent une phase ascendante puis une phase stable. Le palier indique que la majeure partie des types polliniques a été recensée et que le nombre de pollens non rencontrés sera très faible. Si le comptage a été poursuivi, seuls des pollens rares ou très rares apparaîtront. Ce fait confirme que le nombre de pollens comptés donne une bonne représentativité de l'échantillon analysé.

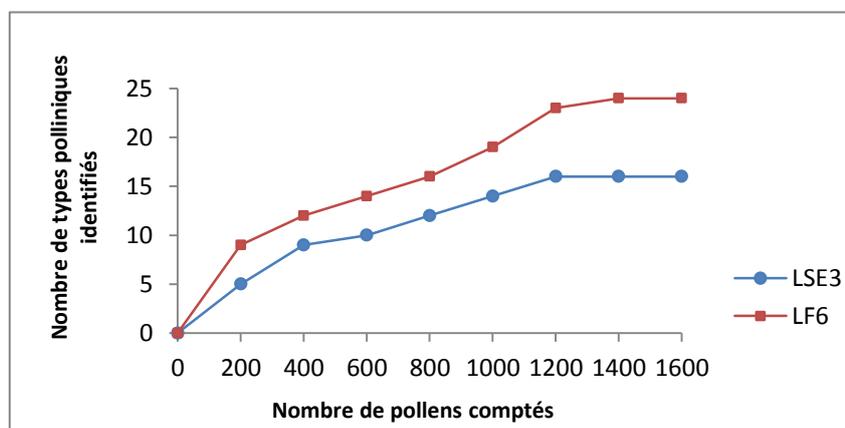


Figure 4 : Courbes d'apparition des types polliniques pour 2 échantillons, provenant du sud-est (LSE₃) et de Fénériver Est (LF₆).

Ainsi un dénombrement de 1200 pollens, préconisé par VERGERON (1964), est indispensable pour obtenir une bonne représentation des grains de pollen de l'ensemble de la préparation.

1.1.2. Les spectres polliniques des miels étudiés

a) Cas d'un échantillon

Le tableau 4 montre la feuille de comptage utilisée et le spectre pollinique obtenu pour l'échantillon LSE₅ récolté à Mangatsiatra (Manakara) en octobre 2010. Il indique la liste des types polliniques rencontrés avec leurs fréquences relatives classées dans l'ordre décroissant. Pour cet échantillon, 20 taxons ont été recensés dont les fréquences relatives varient de 0,07% à 71,20%. Ces taxons sont répartis dans 13 genres et 13 familles de plante. Le nombre total de pollens comptés est 1361. Le pollen le plus abondant dans l'échantillon est celui de *Litchi chinensis*.

Tableau 4 : Spectre pollinique de l'échantillon de miel LSE₅ montrant le nombre de grains de pollen comptés et les fréquences relatives correspondantes.

n°	Types polliniques	Nombres de grains	Fréquences relatives (%)
1	<i>Litchi chinensis</i>	969	71,20
2	<i>Macaranga cuspidata</i>	236	17,34
3	<i>Coffea</i> sp.	49	3,60
4	ANACARDIACEAE 1	24	1,76
5	MYRTACEAE 2	21	1,54
6	<i>Mimosa pudica</i>	20	1,47
7	<i>Elaeis guineensis</i>	9	0,66
8	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	5	0,37
9	<i>Trema orientalis</i>	5	0,37
10	cf. <i>Dumasia</i> sp.	4	0,29
11	RHAMNACEAE	4	0,29
12	<i>Psiadia altissima</i>	3	0,22
13	<i>Terminalia</i> sp.	2	0,15
14	LAMIACEAE	2	0,15
15	<i>Scoparia</i> sp.	2	0,15
16	spore 1	2	0,15
17	<i>Bidens pilosa</i>	1	0,07
18	<i>Taraxacum officinale</i>	1	0,07
19	<i>Eucalyptus robusta</i>	1	0,07
20	RUBIACEAE	1	0,07
Nombre de types polliniques identifiés			20
Nombre de grains de pollen comptés			1361

b) Spectres polliniques de l'ensemble des échantillons

Les tableaux 5 et 6 montrent respectivement les spectres polliniques des échantillons de miels provenant du sud-est et de Fénériver Est. Pour chaque tableau, les éléments suivants sont indiqués :

- les types polliniques classés par ordre alphabétique des familles,
- les fréquences relatives de chaque type pollinique par échantillon,
- le nombre de types polliniques identifiés pour chaque échantillon,
- le nombre de grains de pollen comptés par échantillons

Au cours de l'analyse pollinique des 31 échantillons de miels étudiés, 84 types polliniques ont été identifiés, répartis dans 60 genres et 42 familles de plante. Le nombre de taxons inventoriés par échantillon varie de 15 (LSE₁₇, LSE₁₈) à 28 (LSE₂, LSE₁₃, LF₃) avec une moyenne de 20 types polliniques par échantillon.

Les fréquences relatives de ces taxons varient de 0,03% à 94,77%. Les types polliniques qui ont la fréquence la plus élevée dans chaque échantillon sont les suivants:

- *Litchi chinensis* avec une fréquence de 37,56% à 71,20%,
- *Macaranga cuspidata* avec une fréquence entre 40,18% et 94,77%,
- *Mimosa pudica* avec une fréquence de 34,14% à 46,08%,
- *Eucalyptus camaldulensis* avec une fréquence de 35,42%,
- *Elaeis guineensis* présentant une fréquence de 30,74%.

Les familles les plus riches en genres et en espèces au cours de cette étude sont celles des :

- ASTERACEAE avec 5 genres : *Psiadia altissima*, *Bidens pilosa*, *Taraxacum officinale*, *Brachylaena* sp., *Helichrysum* sp., *Vernonia appendiculata*,
- MYRTACEAE avec 4 genres : *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus robusta*, *Melaleuca quinquenervia*, *Syzygium* sp,
- EUPHORBIACEAE avec 3 genres : *Acalypha* sp., *Macaranga cuspidata*, *Macaranga* sp..

Tableau 5 : Spectres polliniques des échantillons de miels présumés de litchi provenant du sud-est

Familles	Types polliniques	LSE 1	LSE 2	LSE 3	LSE 4	LSE 5	LSE 6	LSE 7	LSE 8	LSE 9	LSE 10	LSE 11	LSE 12	LSE 13	LSE 14	LSE 15	LSE 16	LSE 17	LSE 18	LSE 19
ANACARDIACEAE	<i>Rhus tarantana</i>	0,10	-	0,08	-	-	-	-	-	-	0,15	0,17	-	-	0,06	-	0,13	-	-	-
	ANACARDIACEAE 1	-	-	3,63	3,10	1,76	0,24	0,18	0,16	0,08	0,47	0,17	1,57	4,56	-	-	-	-	0,07	0,39
APHLOIACEAE	<i>Aphloia theiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-
APOCYNACEAE	cf. <i>Catharanthus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,22	-	-	-	-
	cf. <i>Rauvolfia concolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	-	0,66	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Elaeis guineensis</i>	3,08	0,29	2,57	1,26	0,66	0,18	-	0,16	0,20	0,15	0,17	1,08	0,91	0,71	0,15	0,67	0,56	0,86	0,31
ASTERACEAE	<i>Bidens pilosa</i>	-	0,22	-	-	0,07	0,06	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Helichrysum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	0,59	1,95	-	-	-
	<i>Psiadia altissima</i>	-	0,96	-	0,34	0,22	-	-	-	0,04	0,03	0,13	0,04	0,17	0,12	-	0,74	0,08	0,14	-
	<i>Taraxacum officinale</i>	-	0,37	-	0,08	0,07	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Vernonia appendiculata</i>	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-
	cf. <i>Ageratum conyzoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ASTERACEAE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-
ASTEROPEIACEAE	<i>Asteropeia</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIGNONIACEAE	BIGNONIACEAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-
BRASSICACEAE	cf. <i>Brassica</i> sp.	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAPPARIDACEAE	CAPPARIDACEAE	0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARICACEAE	<i>Carica papaya</i>	-	-	-	-	-	-	0,06	0,08	0,16	0,09	-	-	0,25	-	-	0,07	-	-	-
CELASTRACEAE	<i>Brexia madagascariensis</i>	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,33	0,52	-	-	-	-
	CELASTRACEAE 1	0,41	-	-	-	-	0,06	0,06	-	-	-	-	0,04	0,08	-	-	-	-	-	-
COMBRETACEAE	<i>Combretum</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-	0,06	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Terminalia</i> sp.	0,41	-	0,38	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i> sp.	-	0,96	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i> sp.	-	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0,24	0,08	-	-	-	0,08	0,06	-	0,20	-	-	-
	<i>Macaranga cuspidata</i>	58,07	0,66	19,80	17,45	17,34	77,04	87,24	85,62	85,49	85,41	89,24	63,82	40,18	87,04	86,32	88,19	94,77	79,51	31,23
	<i>Macaranga</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
	EUPHORBIACEAE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,08	-	-	0,94	0,08	0,07	-
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp.	0,10	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Mimosa pudica</i>	2,26	15,76	0,30	1,68	1,47	0,18	-	1,03	0,04	0,06	-	0,04	2,07	0,24	0,30	0,47	-	0,14	2,03
	cf. <i>Acacia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
	cf. <i>Dumasia</i> sp.	-	-	-	0,34	0,29	0,24	-	-	-	-	-	0,09	0,08	-	-	-	-	-	-
LAMIACEAE	LAMIACEAE	-	0,59	-	0,17	0,15	-	-	-	-	-	-	0,09	0,08	-	-	-	-	-	0,16
LOGANIACEAE	LOGANIACEAE	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,06	-	0,60	-	-	-
LORANTHACEAE	<i>Bakerella</i> sp.	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MALVACEAE	<i>Dombeya</i> sp.	-	0,07	0,15	-	-	0,06	0,12	0,08	0,04	0,21	0,04	-	0,17	-	-	-	0,32	-	-
	cf. <i>Nesogordia</i> sp.	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	cf. <i>Sterculia</i> sp.	3,19	-	-	-	-	0,18	1,40	1,90	1,10	0,73	0,96	0,13	0,99	0,06	-	-	0,16	-	-
MONTINIACEAE	<i>Kaliphora madagascariensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12	-	-	0,08	-	-
MORACEAE	<i>Ficus</i> sp.	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MYRSINACEAE	<i>Maesa lanceolata</i>	2,57	-	-	-	-	1,10	-	1,26	0,12	1,97	0,13	0,09	-	-	-	-	-	-	-
	cf. <i>Oncostemon</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,25	-	-	-	-	-	-
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2,47	35,42	0,08	-	0,37	0,12	0,06	1,26	0,61	0,23	0,26	0,04	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Eucalyptus robusta</i>	0,10	0,52	-	-	0,07	0,30	-	0,24	-	0,44	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,16
	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	0,92	17,08	-	-	-	-	-	0,63	0,20	0,09	0,70	-	-	0,06	0,15	-	-	0,07	0,39
	<i>Syzygium</i> sp.	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	0,21	0,13	0,09	1,08	0,06	-	0,13	0,08	0,57	0,16
	cf. <i>Eugenia</i> sp.	-	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MYRTACEAE 1	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MYRTACEAE 2	-	-	1,51	2,60	1,54	0,24	0,73	0,16	0,77	0,56	0,17	0,22	1,16	-	0,15	0,07	0,08	0,29	0,70
POACEAE	<i>Panicum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	0,47	-	-	-
	cf. <i>Cynodon</i> sp.	0,21	0,15	-	-	-	-	0,06	-	0,08	0,06	-	-	-	-	-	0,34	-	-	-
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROTEACEAE	<i>Grevillea banksii</i>	0,10	0,29	-	-	-	3,29	4,92	2,61	4,12	3,85	2,71	-	3,15	1,55	0,82	-	1,67	1,93	0,55
RHAMNACEAE	RHAMNACEAE	-	-	-	1,76	0,29	0,12	0,06	-	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-
ROSACEAE	ROSACEAE	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34	-	0,14	-
RUBIACEAE	<i>Albertya minor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,09	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Coffea</i> sp.	0,21	1,25	0,08	4,87	3,60	0,55	0,24	0,24	0,37	0,21	-	2,02	1,49	3,33	1,12	0,47	-	2,65	0,94
	RUBIACEAE 1	-	-	0,68	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUTACEAE	<i>Citrus aurantium</i>	1,13	0,07	2,27	0,17	-	-	0,06	-	-	-	-	5,61	0,91	0,77	0,22	0,94	0,16	4,51	1,56
SAPINDACEAE	<i>Litchi chinensis</i>	22,30	23,34	66,97	65,35	71,20	15,96	2,79	4,34	5,01	3,93	3,32	17,73	35,63	1,25	0,37	1,14	1,03	2,29	59,48
SCROPHULARIACEAE	<i>Scoparia</i> sp.	0,21	0,15	-	-	0,15	-	0,12	-	-	0,09	0,04	-	0,33	-	0,07	-	-	-	-
ULMACEAE	<i>Celtis</i> sp.	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Trema orientalis</i>	-	0,15	-	0,34	0,37	0,06	-	-	-	-	-	-	-	1,07	0,22	0,20	0,24	-	-
-	spore 1	-	-	0,45	0,17	0,15	-	-	-	-	-	0,04	0,27	0,41	-	-	-	-	-	1,41
-	spore 2	-	-	-	-	-	-	0,12	-	0,20	0,94	0,26	4,98	2,57	-	8,62	1,34	0,16	6,73	0,39
-	Indéterminé 1	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	Indéterminé 2	-	-	0,98	-	-	-	1,52	-	1,26	-	0,96	1,71	2,57	0,12	-	-	0,56	-	-
Nombres de types polliniques identifiés		25	28	16	19	20	18	20	16	19	25	22	24	28	18	16	25	15	15	16
Nombres de grains de pollen comptés		973	1358	1323	1192	1361	1642	1646	1266	2453	3407	2286	2228	1207	1682	1345	1490	1261	1396	1281

Tableau 6 : Spectres polliniques des échantillons de miels présumés de litchi provenant de Fénériver Est

Familles	Types polliniques	LF 1	LF 2	LF 3	LF 4	LF 5	LF 6	LF 7	LF 8	LF 9	LF 10	LF 11	LF 12
ACANTHACEAE	ACANTHACEAE	-	0,13	-	-	0,08	-	-	0,08	0,08	0,08	-	-
ANACARDIACEAE	<i>Rhus tarantana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-
	ANACARDIACEAE 1	1,04	0,85	-	2,51	0,25	0,16	3,42	1,91	4,89	0,91	3,89	0,08
APOCYNACEAE	cf. <i>Adenium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	0,42	0,33	-	-	-
ARECACEAE	<i>Cocos nucifera</i>	1,39	0,39	1,20	0,06	0,50	0,63	0,17	0,17	-	-	-	0,92
	<i>Elaeis guineensis</i>	-	0,33	30,74	0,60	0,17	0,70	0,17	0,08	0,58	0,66	0,17	-
ASTERACEAE	<i>Bidens pilosa</i>	-	0,20	-	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
	<i>Brachylaena</i> sp.	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Helichrysum</i> sp.	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-
	<i>Psiadia altissima</i>	0,52	3,61	-	-	1,00	12,52	0,08	0,67	0,41	-	1,82	0,83
	<i>Taraxacum officinale</i>	-	0,07	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-
	<i>Vernonia appendiculata</i>	0,17	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-
	cf. <i>Ageratum conyzoides</i>	-	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-
	ASTERACEAE 2	-	-	-	-	-	0,31	-	0,08	-	-	0,17	-
ASTEROPEIACEAE	<i>Asteropeia</i> sp.	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-
CARICACEAE	<i>Carica papaya</i>	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
CLUSIACEAE	<i>Harungana madagascariensis</i>	-	-	-	-	0,42	1,25	-	-	0,08	-	0,75	1,5
COMBRETACEAE	<i>Combretum</i> sp.	0,69	-	-	-	-	0,08	0,25	-	-	-	0,08	-
	<i>Terminalia</i> sp.	0,17	0,07	-	-	-	-	0,25	-	-	-	-	-
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CUCURBITACEAE	cf. <i>Cucumis</i> sp.	-	-	-	-	0,08	0,08	-	-	-	-	-	-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i> sp.	0,69	0,20	-	-	1,00	0,08	-	0,42	-	-	0,08	0,25
ERICACEAE	<i>Philippia</i> sp.	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i> sp.	-	-	0,96	-	-	-	-	-	0,25	0,17	-	-
	<i>Macaranga cuspidata</i>	9,53	11,83	5,68	27,16	29,24	27,00	26,17	7,82	20,38	41,82	7,95	17,83
	<i>Macaranga</i> sp.	0,87	-	-	-	0,83	0,16	0,42	0,08	-	0,17	-	0,08
	EUPHORBIACEAE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,08	-
FABACEAE	<i>Dalbergia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17
	<i>Mimosa pudica</i>	16,98	26,87	24,50	22,15	34,14	17,21	14	34,78	28,67	11,65	11,68	46,08
	cf. <i>Cassia</i> sp.	-	-	-	-	-	0,31	-	-	0,33	-	-	-
	cf. <i>Dumasia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-	-	-	-
LAMIACEAE	LAMIACEAE	-	-	-	0,18	-	0,16	-	-	-	0,99	2,82	0,08
MALVACEAE	<i>Dombeya</i> sp.	0,17	0,20	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-	0,25
	<i>Grewia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	-	-
	cf. <i>Sterculia</i> sp.	-	-	-	0,06	0,08	-	0,08	-	-	-	-	-
MONTINIACEAE	<i>Kaliphora madagascariensis</i>	-	0,85	-	-	-	0,47	-	-	-	0,25	-	-
MYRICACEAE	<i>Myrica</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	-	1,20	0,06	-	-	-	-	-	-	-	0,42
	<i>Eucalyptus robusta</i>	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-	0	-	-
	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	1,56	0,33	0,88	-	0,33	0,23	0,33	0,25	-	0,25	-	1,5
	<i>Syzygium</i> sp.	-	-	-	0,18	0,83	0,23	0,42	-	0,25	-	-	0,17
	MYRTACEAE 2	0,35	0,13	0,88	0,24	0,08	-	0,25	0,33	-	1,98	0,08	0,08
PHYLLANTHACEAE	cf. <i>Bridelia pervilleana</i>	-	-	-	0,24	-	-	-	0,08	-	-	-	-
POACEAE	cf. <i>Cynodon</i> sp.	-	0,13	-	-	0,08	-	-	-	0,41	-	-	-
	POACEAE 1	-	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-
POLYGONACEAE	<i>Polygonum</i> sp.	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-
PROTEACEAE	<i>Grevillea banksii</i>	-	0,20	23,62	-	-	-	-	-	-	0,41	0,08	-
ROSACEAE	ROSACEAE	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,08	0,08	-	-
RUBIACEAE	<i>Alberta minor</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-
	<i>Coffea</i> sp.	0,35	3,68	1,44	1,13	0,42	-	0,92	-	0,41	3,14	0,17	0,67
RUTACEAE	<i>Citrus aurantium</i>	-	0,46	-	-	-	0,23	0,25	0,17	1,74	1,49	-	0,08
	RUTACEAE 1	-	-	6,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAPINDACEAE	<i>Litchi chinensis</i>	64,99	48,95	0,48	44,84	29,82	37,56	52,25	51,00	40,27	34,30	68,19	28,92
SARCOLAENACEAE	<i>Leptolaena multiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
ULMACEAE	<i>Trema orientalis</i>	-	-	-	-	0,08	-	-	0,75	0,08	-	-	-
-	spore 1	0,17	-	-	0,36	-	0,08	0,17	0,67	0,25	0,33	1,91	0,08
-	spore 2	-	-	-	-	-	-	0,17	0,08	0,41	0,25	-	-
-	spore 3	-	-	1,60	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-
-	Indéterminé 1	0,35	0,39	-	0,06	-	-	-	-	0,08	0,08	-	-
Nombre de types polliniques identifiés		17	23	15	18	22	24	20	21	20	26	17	19
Nombre de grains de pollen comptés		577	1522	1249	1675	1204	1278	1200	1202	1207	1210	1207	1200

I.1.3. Les catégories de pollens

Selon la valeur de leur fréquence relative, les pollens sont classés en 4 catégories suivant la classification de LOUVEAUX & al. (1970 ; 1978). Parmi les 31 échantillons étudiés, 23 échantillons sont à dominance d'un type pollinique et 8 échantillons ne présentent pas de pollens dominants. Les échantillons montrant un pollen dominant peuvent être considérés à priori comme des miels monofloraux de la plante considérée. Le tableau montrant la classification des pollens suivant les fréquences relatives pour chaque échantillon se trouve dans l'annexe 9.

➤ **Pollens dominants** (FR > 45%)

Trois types polliniques figurent comme pollens dominants :

- *Litchi chinensis* (SAPINDACEAE) : il se rencontre dans 9 échantillons (LSE₃, LSE₄, LSE₅, LSE₁₉, LF₁, LF₂, LF₇, LF₈, LF₁₁) avec une fréquence allant de 48,95% pour LF₂ à 71,20% pour LSE₅.
- *Macaranga cuspidata* (EUPHORBIACEAE) : il se trouve dans 13 échantillons (LSE₁, LSE₆, LSE₇, LSE₈, LSE₉, LSE₁₀, LSE₁₁, LSE₁₂, LSE₁₄, LSE₁₅, LSE₁₆, LSE₁₇, LSE₁₈), ce sont tous des échantillons du sud-est ; la fréquence relative de ce pollen à l'état dominant est entre 58,07 % (LSE₁) et 94,77% (LSE₁₇).
- *Mimosa pudica* (FABACEAE) pour un échantillon (LF₁₂) avec une fréquence de 46,08%.

➤ **Pollens d'accompagnements** (16 ≤ FR ≤ 45%)

Sept types polliniques apparaissent comme pollens d'accompagnement.

Litchi chinensis, *Macaranga cuspidata* et *Mimosa pudica* figurent à l'état d'accompagnement dans respectivement 10, 12 et 8 échantillons.

Quatre autres pollens sont également des pollens d'accompagnement dont *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Melaleuca quinquenervia* (MYRTACEAE), *Elaeis guineensis* (ARECACEAE) et *Grevillea banksii* (PROTEACEAE).

➤ **Pollens isolés importants** (3 ≤ FR ≤ 15%)

Treize types polliniques sont recensés comme pollens isolés importants. Ils sont représentés par *Litchi chinensis* (SAPINDACEAE), *Macaranga cuspidata* (EUPHORBIACEAE), *Grevillea banksii* (PROTEACEAE), *Mimosa pudica* (FABACEAE), *Coffea* sp. (RUBIACEAE), *Psiadia altissima* (ASTERACEAE), *Citrus aurantium*

(RUTACEAE), *Elaeis guineensis* (ARECACEAE), *Brexia madagascariensis* (CELASTRACEAE), cf. *Sterculia* sp. (MALVACEAE), ANACARDIACEAE 1 et RUTACEAE 1. Spore 2 figure également dans cette catégorie.

➤ **Pollens isolés (FR < 3%)**

La majorité des taxons recensés apparaissent dans cette classe. Les pollens isolés comptent donc un plus grand nombre de taxons que les autres classes. La plupart de ces pollens sont présents avec une fréquence inférieure à 1% dans les spectres polliniques. Les pollens de *Psiadia altissima* (ASTERACEAE), *Elaeis guineensis* (ARECACEAE), *Coffea* sp. (RUBIACEAE), *Citrus aurantium* (RUTACEAE), *Mimosa pudica* (FABACEAE), des MYRTACEAE, des ANACARDIACEAE et les spores sont fréquemment représentés comme pollens isolés.

1.1.4. Regroupement des taxons selon leur fréquence d'apparition

Le calcul de la fréquence d'apparition des taxons dans l'ensemble des échantillons a permis de les distribuer en 4 classes :

- la classe 1 (taxon très fréquent, > 50%) comprend 13 taxons,
- la classe 2 (taxon fréquent, entre 20 et 50%) renferme 20 taxons,
- la classe 3 (taxon peu fréquent, entre 10 et 20%) comporte 13 taxons,
- la classe 4 (taxon rare, < 10%) renferme 38 taxons.

La fréquence d'apparition des taxons est montrée dans l'annexe 10. La famille et le nombre d'échantillons contenant les taxons y sont aussi mentionnés.

La figure 5 montre les 13 types polliniques les plus fréquents, c'est-à-dire observés dans plus de 50% des échantillons.

Ainsi, le pollen de *Litchi chinensis* (SAPINDACEAE) et celui de *Macaranga cuspidata* (EUPHORBIACEAE) sont présents dans tous les échantillons étudiés c'est-à-dire que ces 2 taxons montrent une fréquence de 100%. *Mimosa pudica* (FABACEAE) et *Elaeis guineensis* (ARECACEAE) sont présents dans 90,32% des échantillons.

L'association des 13 types polliniques permet de caractériser les miels étudiés.

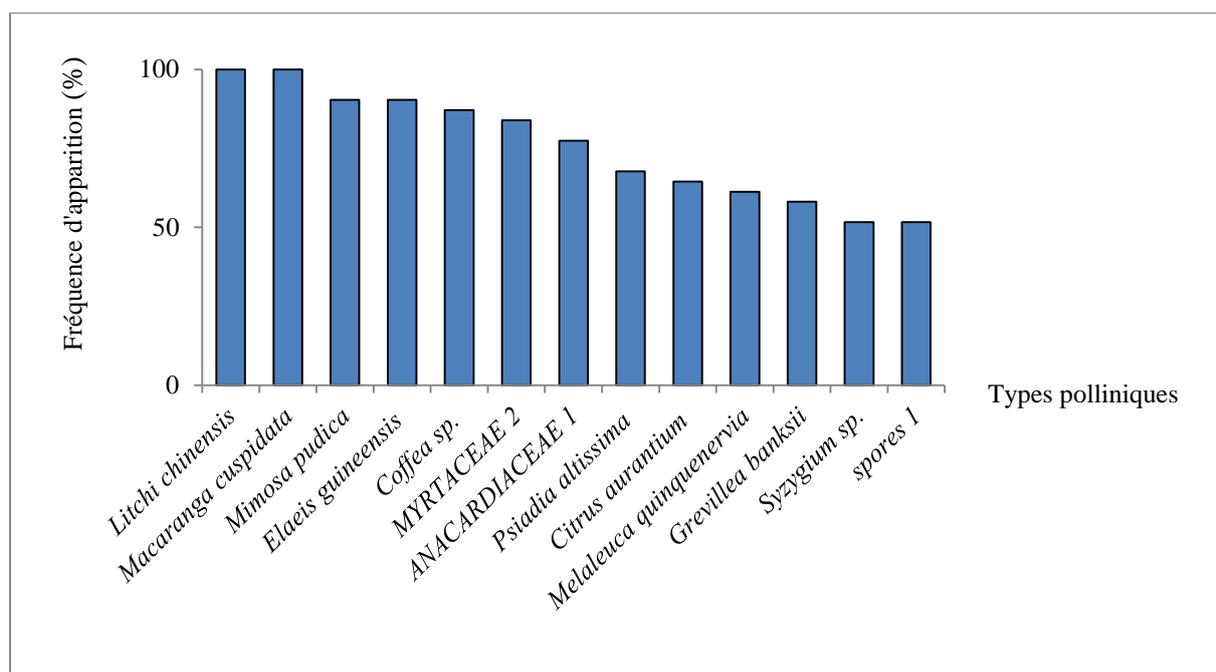


Figure 5 : Fréquences d'apparition des types polliniques les plus fréquents (> 50%) observés sur 31 échantillons de miels de l'est de Madagascar.

1.1.5. L'analyse factorielle des correspondances pour les miels de litchi

La figure 6 montre les résultats de l'analyse factorielle des correspondances pour les miels de litchi. Dans ce traitement, deux points proches révèlent un comportement semblable des caractères. Donc, plus les échantillons sont proches sur le graphe, plus ils ont les mêmes caractères polliniques. Et plus les échantillons sont proches du centre, plus ils sont proches des caractéristiques polliniques moyennes de l'ensemble des échantillons étudiés.

La plupart des échantillons sont concentrés au milieu du graphique, seul LSE₁ est plus ou moins éloigné de l'ensemble de ces échantillons. Les types polliniques les plus éloignés du centre ne sont liés qu'aux échantillons proches d'eux sur le graphe.

Sur le graphe, l'axe horizontal F1 (porteur de la majorité des informations sur les variables) sépare, en général, les échantillons de Fénérive Est de ceux du sud-est. Ainsi, 3 zones ont été séparées d'après la figure :

- la zone 1 rassemble 10 échantillons dont 9 provenant de Fénérive Est (LF₁, LF₂, LF₃, LF₅, LF₆, LF₈, LF₉, LF₁₀, LF₁₂) et un échantillon du sud-est (LSE₂). Parmi les types polliniques associés à ces échantillons sont : *Cocos nucifera*, *Weinmannia* sp., *Harungana madagascariensis*, *Macaranga* sp..

- la zone 2 regroupe 20 échantillons dont 17 provenant du sud-est (LSE₃, LSE₄, LSE₅, LSE₆, LSE₇, LSE₈, LSE₉, LSE₁₀, LSE₁₁, LSE₁₂, LSE₁₃, LSE₁₄, LSE₁₅, LSE₁₆, LSE₁₇, LSE₁₈, LSE₁₉) et 3 échantillons provenant de Fénériver Est (LF₄, LF₇, LF₁₁). Parmi les types polliniques associés à cette zone sont : *Carica papaya*, cf. *Sterculia* sp., *Trema orientalis*, spore 2.
- la zone 3 correspond à l'échantillon LSE₁ dont les types polliniques caractéristiques sont *Ficus* sp., *Celtis* sp., cf. *Nesogordia*, MYRTACEAE 1 et CAPPARIDACEAE. LSE₁ a été séparé des autres échantillons parce que c'est le seul échantillon contenant ces types polliniques.

I.2. RESULTATS DE L'ANALYSE POLLINIQUE QUANTITATIVE

Le tableau 7 montre les résultats de l'analyse pollinique quantitative des 31 échantillons de miels étudiés. Il représente la teneur absolue en pollens dans 10g de miel et la classe de MAURIZIO correspondante. La quantité de pollen varie de 11 868 (LSE₁) à 4 801 673 (LSE₁₄). Tous les échantillons ont montré une teneur en pollens supérieure à 20 000 sauf pour LSE₁ (N= 11 868).

Les 5 classes établies par MAURIZIO sont représentées. Si on considère l'ensemble des échantillons, leur répartition est la suivante :

- Classe I : $N < 20\ 000$

Cette classe est représentée par un échantillon, LSE₁ ; c'est un miel pauvre en pollens.

- Classe II : $20\ 000 < N < 100\ 000$

Dans cette classe, il y a 16 échantillons qui sont LSE₂, LSE₃, LSE₄, LSE₅, LSE₁₃, LSE₁₉, LF₁, LF₂, LF₃, LF₄, LF₅, LF₇, LF₈, LF₉, LF₁₀ et LF₁₂. Ce sont des miels de fleurs.

- Classe III : $100\ 000 < N < 500\ 000$

Cette classe compte 9 échantillons dont LSE₆, LSE₇, LSE₈, LSE₉, LSE₁₀, LSE₁₁, LSE₁₂, LSE₁₆ et LF₁₁. Ce sont des miels riches en pollens.

- Classe IV : $500\ 000 < N < 1\ 000\ 000$

Cette classe est représentée par 2 échantillons, LSE₁₅ et LF₆. Ces miels sont des miels très riches en pollens.

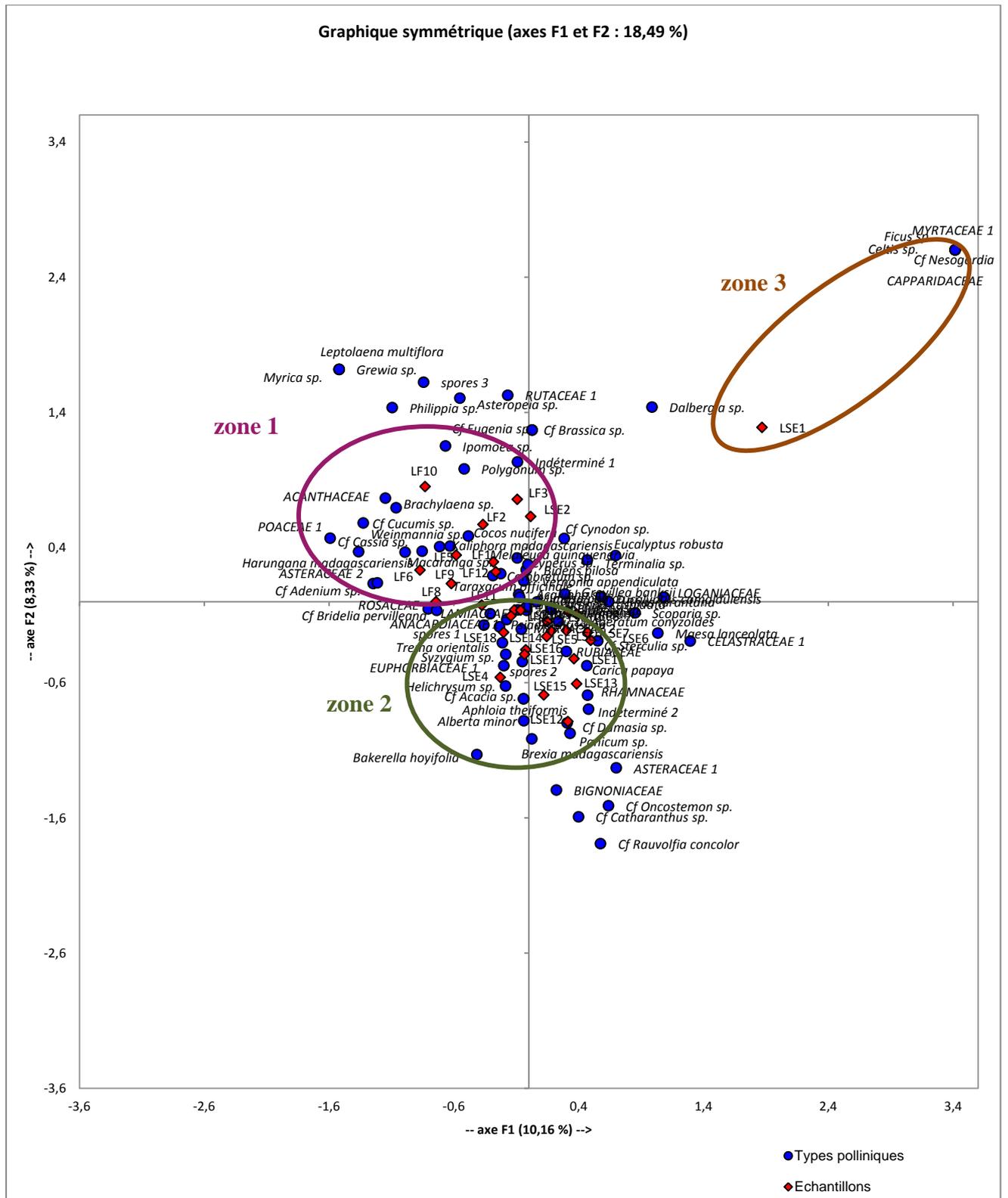


Figure 6 : Résultats de l'AFC pour les miels de litchi montrant les 3 zones identifiées.

- Classe V : $N > 1\ 000\ 000$

Cette classe compte 3 échantillons qui sont LSE₁₄, LSE₁₇ et LSE₁₈. Ces miels sont des miels extrêmement riches en pollen ou des miels de presse.

Ainsi, les miels étudiés appartiennent en général à la classe II (51,61 % des échantillons) ou à la classe III (29,03 %), dans lesquelles sont regroupés respectivement les miels de fleurs et les miels riches en pollens.

Exceptionnellement, le miel LSE₁ appartient à la classe I et est donc pauvre en pollens.

Tableau 7 : Résultats de l'analyse quantitative pour les 31 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.

Echantillons	Nombre de pollens dans 10g de miel	Classes
LSE1	11 868	I
LSE2	54 011	II
LSE3	83 700	II
LSE4	29 403	II
LSE5	39 177	II
LSE6	162 008	III
LSE7	216 565	III
LSE8	245 267	III
LSE9	334 245	III
LSE10	228 337	III
LSE11	233 656	III
LSE12	200 596	III
LSE13	26 114	II
LSE14	4 801 673	V
LSE15	581 859	IV
LSE16	345 429	III
LSE17	2 498 571	V
LSE18	1 312 418	V
LSE19	37 023	II
LF1	55 360	II
LF2	69 787	II
LF3	94 593	II
LF4	40 559	II
LF5	93 552	II
LF6	710 698	IV
LF7	99 327	II
LF8	80 751	II
LF9	51 003	II
LF10	38 268	II
LF11	127 162	III
LF12	47 168	II

I.3. TYPOLOGIE DES MIELS

La typologie des miels est basée sur la présence ou l'absence d'un pollen dominant dans l'échantillon. Un pollen est à l'état dominant quand sa fréquence relative est supérieure à 45%. Quatre types de miels sont observés dont les miels à dominance du pollen de *Litchi chinensis*, de *Macaranga cuspidata*, de *Mimosa pudica* et les miels sans dominance de pollen.

a) Miels à dominance du pollen de *Litchi chinensis*

Neuf échantillons sont à dominance du pollen de *Litchi chinensis*, soit 29,03% de la totalité des échantillons. Parmi les 9 échantillons, 4 proviennent du sud-est et 5 de Fénérive Est. La fréquence relative du pollen de *Litchi chinensis* varie de 48,95% (LF₂) à 71,20% (LSE₄).

Pour les résultats quantitatifs, ce type de miel fait partie de la classe II et III de MAURIZIO avec respectivement 8 et 1 échantillons. Ce sont en majorité des miels de fleurs.

La photo 6 montre l'aspect du miel LF₁ observé au microscope. La dominance du pollen de *Litchi chinensis* est constatée sur cette photo. La figure 7 montre le diagramme pollinique de l'échantillon, indiquant ainsi la dominance de *Litchi chinensis* (64,99%). *Mimosa pudica* est le pollen d'accompagnement tandis que *Macaranga cuspidata* figure comme pollen isolé important.



L : *Litchi chinensis*, Ma : *Macaranga cuspidata*, M : *Mimosa pudica*, C : *Cocos nucifera*, Barre : 30µm

Photo 6 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LF₁) montrant la dominance du pollen de *Litchi chinensis* (grossissement x400).

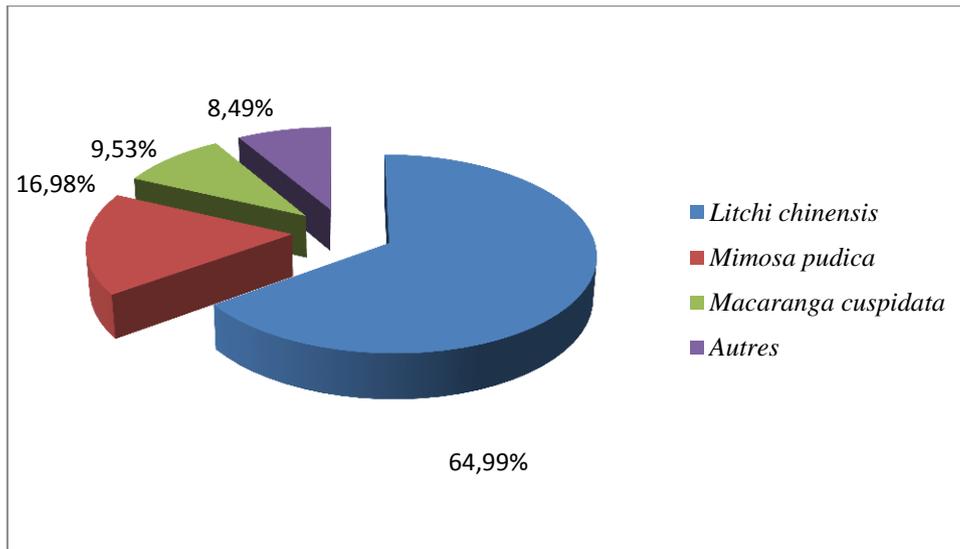


Figure 7 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de *Litchi chinensis* (LF₁)

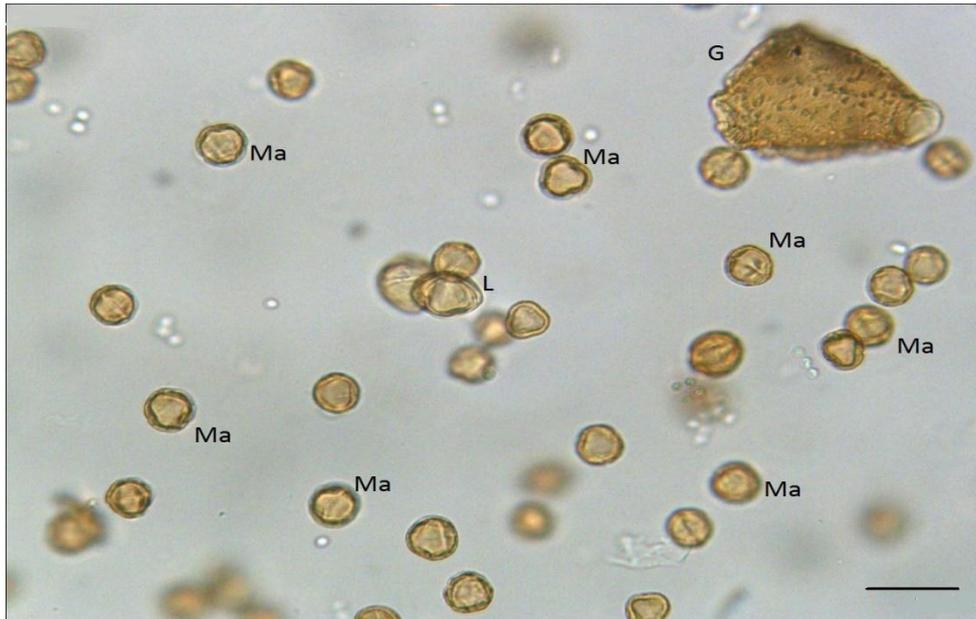
b) Miels à dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*

Treize échantillons parmi les 31 analysés montrent la dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*, soit 41,94% des échantillons. La fréquence relative de *Macaranga cuspidata* varie de 58,07% (LSE₁) à 94,77% (LSE₁₇). Ces échantillons sont tous des miels du sud-est.

Litchi chinensis est présent comme pollen d'accompagnement dans 2 échantillons (LSE₁ et LSE₁₂). Les 11 autres échantillons ne possèdent pas de pollen d'accompagnement.

Parmi les 13 échantillons, 8 appartiennent à la classe III de MAURIZIO, 3 à la classe V et chacune des classes I et IV correspond à un échantillon de miel. Ces miels sont donc en général des miels riches ou extrêmement riches en pollens.

La photo 7 montre l'aspect au microscope de l'échantillon LSE₇ qui présente une dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*. La figure 8 montre le diagramme pollinique du même échantillon. Le pollen de *Macaranga cuspidata* présente une fréquence de 87,24% dans cet échantillon. L'échantillon ne possède pas de pollen d'accompagnement. *Grevillea banksii* est présent comme pollen isolé important. Les autres types polliniques sont classés dans les pollens isolés avec des fréquences relatives inférieures à 3%.



Ma : *Macaranga cuspidata*, L : *Litchi chinensis*, G : *Grevillea banksii*, Barre : 30µm

Photo 7 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LSE₇) montrant la dominance du pollen de *Macaranga cuspidata* (grossissement x400).

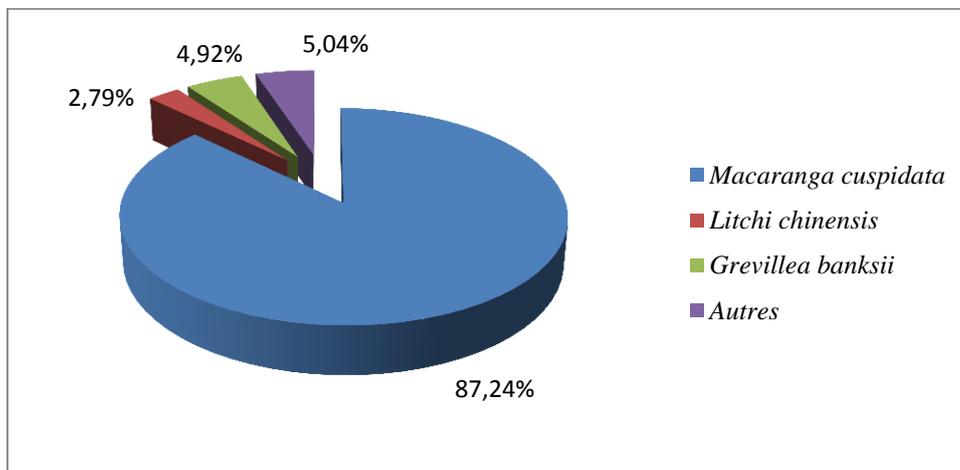


Figure 8 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de *Macaranga cuspidata* (LSE₇)

c) Miel à dominance du pollen de *Mimosa pudica*

Un seul échantillon, LF₁₂, montre la dominance du pollen de *Mimosa pudica* avec une fréquence relative de 46,08%. *Litchi chinensis* et *Macaranga cuspidata* sont les pollens d'accompagnement pour cet échantillon.

L'échantillon appartient à la classe II de MAURIZIO. Ainsi, c'est un miel de fleurs.

La photo 8 représente un champ microscopique à dominance du pollen de *Mimosa pudica* de l'échantillon LF₁₂. La figure 9 montre le diagramme pollinique de l'échantillon présentant la dominance du pollen de *Mimosa pudica*. Les pollens d'accompagnement comprennent *Litchi chinensis* (28,92 %) et *Macaranga cuspidata* (17,83 %).



M : *Mimosa pudica*, L : *Litchi chinensis*, Ma : *Macaranga cuspidata*, Barre : 30µm

Photo 8 : Vue au microscope d'un échantillon de miel présumé de litchi (LF₁₂) montrant la dominance du pollen de *Mimosa pudica* (grossissement x400).

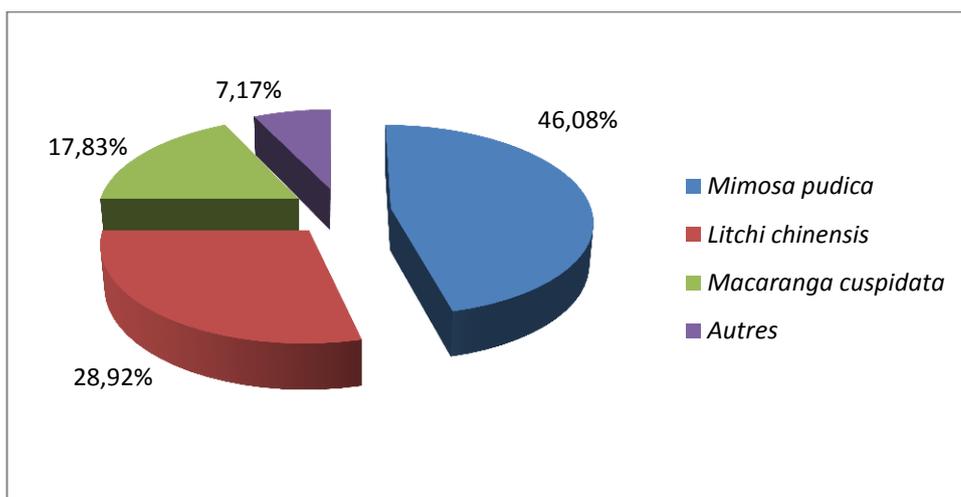


Figure 9 : Diagramme pollinique d'un miel à dominance de *Mimosa pudica* (LF₁₂).

d) Miels sans dominance de pollen

D'après l'analyse des spectres, 8 échantillons ne présentent pas de pollen dominant : LSE₂, LSE₁₃, LF₃, LF₄, LF₅, LF₆, LF₉ et LF₁₀. Cependant ces échantillons présentent des pollens qui sont au stade de pollens d'accompagnement : *Litchi chinensis*, *Macaranga cuspidata*, *Mimosa pudica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Melaleuca quinquenervia*, *Elaeis guineensis* et *Grevillea banksii*.

Pour l'ensemble de ces échantillons, le pollen de *Litchi chinensis* figure à l'état d'accompagnement sauf pour LF₃ où ce pollen figure comme un pollen isolé (0,48%).

Les miels sans dominance de pollen appartiennent à la classe II et à la classe IV de MAURIZIO avec respectivement 7 et 1 échantillons.

La photo 9 montre l'aspect de l'échantillon LF₃ au microscope. Ce miel est un échantillon sans pollen dominant. La figure 10 montre le diagramme pollinique de l'échantillon LF₃. Dans cet échantillon, *Elaeis guineensis*, *Mimosa pudica* et *Grevillea banksii* figurent comme pollen d'accompagnement.



G: *Grevillea banksii*, E: *Elaeis guineensis*, Barre: 30µm

Photo 9 : Vue au microscope d'un échantillon présumé de litchi (LF₃) sans pollen dominant (grossissement x400).

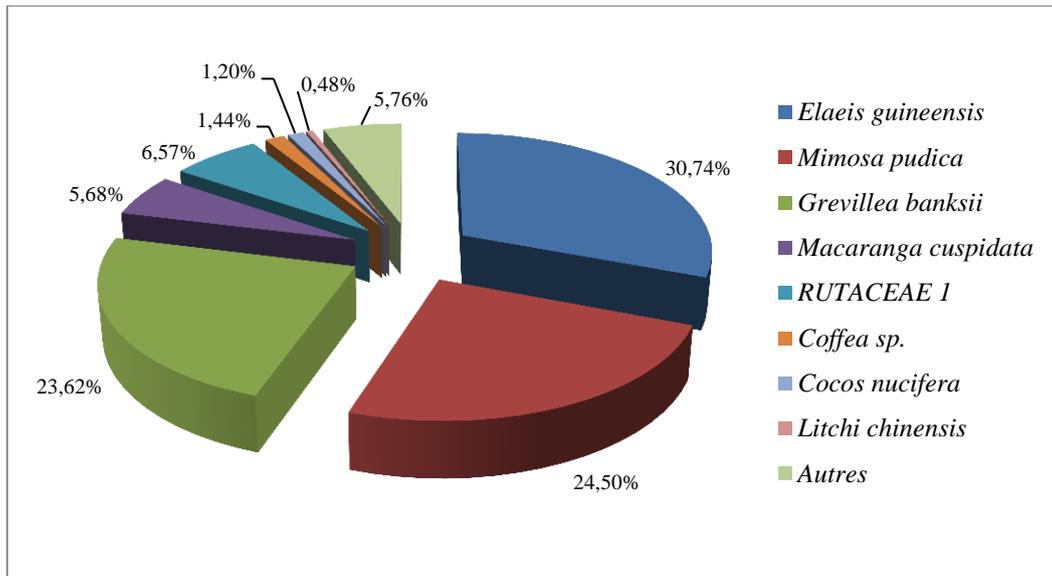


Figure 10 : Diagramme pollinique d'un miel sans dominance de pollen (LF₃)

I.4. DESCRIPTION POLLINIQUE

Les principaux pollens rencontrés au cours des analyses effectuées ont été décrits. La description a été faite dans l'ordre alphabétique des familles. Cette description porte sur la symétrie et la forme, les dimensions suivant la longueur de l'axe polaire (P) et la longueur de l'axe équatorial (E), le nombre et la forme des apertures, ainsi que l'ornementation de l'exine.

Les planches I et II (pages xxviii et xxx) montrent les photos de différentes vues des pollens décrits au grossissement x1000. Elles correspondent à 10 espèces et à 9 familles de plantes.

ARECACEAE

Cocos nucifera (Pl I, ph 14-15)

Bibliographie : STRAKA & al., 1984 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen hétéropolaire, monocolpé, brevixaxe.

Dimensions : P= 53,5µm (51 à 56µm)

E= 87,1µm (86,2 à 88µm)

Apertures : un colpus à bords festonnés et nets, en position distale.

Exine : tectée

Elaeis guineensis (Pl I, ph 10-11)

Bibliographie : GUINET & CARATINI, 1974 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen hétéropolaire, monocolpé, triangulaire à côtés concaves en vue polaire.

Dimensions : L= 44,5 μ m (43 à 46 μ m)

l= 25,75 μ m (24,5 à 27 μ m)

Aperture : un colpus elliptique, à marge diffuse et à membrane lisse.

Exine : endexine absente, tectum en face distale lisse à scabre et en face proximale fossulée, rugulée.

ASTERACEAE

Psiadia altissima (Pl I, ph 8-9)

Bibliographie : RAMAMONJISOA, 1992 ; RALIMANANA, 1994 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen isopolaire, tricolporé, subéquiaux à faiblement longiaux, trilobé ou subcirculaire en vue polaire, elliptique en vue équatoriale.

Dimensions : P= 19 μ m (16,25 à 21,87 μ m)

E= 18,75 μ m (16,25 à 21,25 μ m)

Hauteur des épines : 2,5 à 3,8 μ m

Apertures : 3 colporus tripartites (DIMON, 1971);

ectoaperture : sillon à bord effilé situé dans l'ectexine ;

aperture moyenne : subcirculaire situé dans la sole ;

endoaperture : sillon allongé suivant l'équateur.

Exine : tectée, echinulée. Les épines sont courtes et à bases élargies.

CUNONIACEAE

Weinmannia sp. (Pl I, ph 1-2)

Bibliographie: STRAKA & FRIEDRCH, 1988; RAMAMONJISOA, 1992;
RALIMANANA, 1994; RAHARIMBOLA, 2001 ;
RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : petit pollen isopolaire, tricolporé, equiaxe, trilobé en vue polaire,
losangique en vue équatoriale.

Dimensions : P= E= 15µm (14 à 16µm)

Apertures : 3 colporus

ectoaperture : sillon long et étroit avec une constriction nette à l'équateur ;

endoaperture : pore subcirculaire, peu visible au microscope optique.

Exine : tectée et lisse.

EUPHORBIACEAE

Macaranga cuspidata (Pl I, ph 5-7)

Bibliographie: PUNT, 1962 ; BONNEFILLE & RIOLLET (1980) ; MULLER & al.,
1989 ; RAMAMONJISOA, 1992; RANDRIANARIVELO, 2010. .

Symétrie et forme : pollen isopolaire, tricolporé, equiaxe à faiblement longiaxe,
sphérique, subcirculaire en vue polaire, circulaire en vue
équatoriale.

Dimensions : P= 18,30µm (16,74 à 19,72µm)

E= 17,75µm (16,21 à 19,97µm)

Apertures : 3 colporus

ectoaperture : sillon étroit montrant une constriction dans sa partie médiane ;

endoaperture : étroite, allongé suivant l'équateur.

Exine : tectum scabre, microechinulée.

FABACEAE

Mimosa pudica (Pl I, ph 3-4)

Bibliographie : STRAKA & FRIEDRICH, 1984 ; RAZAFINDRAKOTO, 2005 ;
RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : tétrade acalymnée le plus souvent dissymétrique fortement aplatie
vue de profil, plus ou moins elliptique en vue de face.

Dimensions : D = 29 μ m (25 à 32 μ m)

d = 14 μ m (13 à 15 μ m)

Aperture : simple (pore peu visible aux angles de monades).

Exine : tectée, tectum scabre. La structure de l'exine est à peine distincte.

MALVACEAE

Dombeya sp. (Pl I, ph 12-13)

Bibliographie : BONNEFILLE, R. 1971 ; RAMAVOVOLOLONA. 1986 ;
RAZAFINDRAKOTO, 2005.

Symétrie et forme : pollen isopolaire, triporé, équiaxe, subcirculaire en vue polaire et en
vue équatoriale.

Dimensions : P = 56 μ m (55 à 58 μ m)

E = 57 μ m (55 à 59 μ m)

Apertures : 3 pores équatoriaux

ectoaperture : pore subcirculaire

endoaperture : pore entouré d'un épaissement de l'endexine

Exine : tectée, echinulée à tectum perforé et à épines longues, massives, couche
infratectale columellaire.

PROTEACEAE

Grevillea banksii (Pl II, ph 23-25)

Bibliographie : STRAKA, 1966 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen isopolaire, triporé, breviaxe, triangulaire en vue polaire, ovale en vue équatoriale.

Dimensions : P= 62 μm (60 à 65 μm)

E= 101 μm (100 à 102 μm)

Apertures : 3 pores

Exine : rugulée

RUBIACEAE

Coffea sp. (Pl II, ph 20-22)

Bibliographie : STRAKA & SIMON, 1969 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen isopolaire, tricolporé (parfois tetracolporé), elliptique en vue équatoriale, contour en vue polaire quadrangulaire.

Dimensions : P = 29,1 μm (28 à 31 μm)

E = 28,5 μm (27 à 31 μm)

Apertures : 3 (parfois 4) colporus

Ectoapertures : sillons longs et larges, à bords irréguliers

Endoapertures : allongés suivant l'équateur, donnant une forme rectangulaire en vue de surface.

Exine : striato-réticulé

SAPINDACEAE

Litchi chinensis (Pl II, ph 16-19)

Bibliographie : MULLER & al., 1989 ; RANDRIANARIVELO, 2010.

Symétrie et forme : pollen isopolaire, tricolporé, brevixaxe, triangulaire en vue polaire, elliptique en vue équatoriale.

Dimensions : P= 19,98 μ m (16,26 à 22,72 μ m)

E= 22,87 μ m (20,51 à 24,55 μ m)

Apertures : 3 colporus

ectoaperture : sillon long, étroit et à bords granuleux ;

endoaperture : subcirculaire.

Exine : striato-réticulé

II. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats de l'étude physico-chimique concernent : l'humidité ou la teneur en eau, la teneur en sucres réducteurs, la teneur en saccharose, la teneur en matières insolubles dans l'eau, l'acidité libre, l'activité diastasique, la teneur en HMF (Hydroxyméthylfurfural) et la conductivité électrique.

II.1. Teneur en eau ou humidité des miels

Le tableau 8 montre la teneur en eau ou l'humidité des miels étudiés. Cette teneur varie de 18% (LSE₇, LSE₈, LSE₁₁) à 23,5% (LSE₁₈). La valeur moyenne est de 20,32% avec un écart type de 1,42. Parmi les 31 échantillons étudiés, 15 ont une teneur en eau inférieure ou égale à 20%, ce qui représente 48,38% des échantillons étudiés. Si on considère la teneur en eau, ces miels sont des miels de bonne qualité selon la Norme Malagasy sur les miels révisée en 2011.

Tableau 8 : Teneur en eau des 31 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.

Echantillons	Teneur en eau (%)
LSE 1	21
LSE 2	20
LSE 3	23
LSE 4	19
LSE 5	19
LSE 6	19
LSE 7	18
LSE 8	18
LSE 9	19
LSE 10	19,5
LSE 11	18
LSE 12	22
LSE 13	21,5
LSE 14	21,5
LSE 15	20,5
LSE 16	22
LSE 17	20,5
LSE 18	23,5
LSE 19	20,5
LF 1	21
LF 2	20,5
LF 3	21
LF 4	19,5
LF 5	19,5
LF 6	21
LF 7	20
LF 8	19,5
LF 9	19,5
LF 10	19,5
LF 11	21
LF 12	22,5

II.2. Résultats des autres paramètres de qualité

Le tableau 9 montre les résultats des analyses physico-chimiques pour les autres paramètres de qualité. Les valeurs extrêmes pour les différents paramètres sont figurées sur le tableau. La valeur moyenne pour chaque paramètre y est également mentionnée accompagnée de la valeur de l'erreur standard.

Tableau 9 : Valeurs obtenues pour les autres paramètres de qualité à partir de 16 échantillons de miels présumés de litchi de l'est de Madagascar.

Paramètres de qualité	Valeurs extrêmes	Valeurs moyennes
Teneur en sucres réducteurs	67,2 à 80,4%	74,15% \pm 0,84
Teneur en saccharose	2,9 à 5,8%	4,5% \pm 0,19
Teneur en matières insolubles dans l'eau	0,01 à 0,42%	0,12% \pm 0,03
Acidité libre	11 à 39 méq/kg	19,7 méq/kg \pm 1,90
Indice diastasique	3,33 à 6,74 unités de Schade/g	5,22 \pm 0,30 unités de Schade/g
Teneur en HMF	26,2 à 69mg/kg	44,45mg/kg \pm 3,40
Conductivité électrique	0,18 à 0,42mS/cm	0,3 \pm 0,05 mS/cm

DISCUSSIONS

Chapitre IV : DISCUSSIONS

Les analyses polliniques sont utilisées dans le commerce pour préciser les origines des miels et les analyses physico-chimiques pour établir leur qualité. Les résultats de ces analyses sur les miels dénommés litchi par les apiculteurs seront discutés par rapport aux objectifs fixés. Pour ces miels, des valeurs référentielles polliniques et physico-chimiques seront établies à partir des résultats obtenues et après la discussion sur l'origine florale.

I. ORIGINE FLORALE DES MIELS

Un miel provient d'une certaine source florale lorsque le pollen correspondant est au stade dominant, c'est-à-dire possédant une fréquence relative supérieure à 45% (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978). Le nom de la plante est ainsi attribué au miel et ce miel est considéré comme monofloral. Les miels monofloraux montrent la dominance d'un pollen et présentent des caractères physico-chimiques et sensoriels homogènes (LOUVEAUX, 1968). Par contre, les miels sans dominance pollinique sont en général considérés comme des miels toutes fleurs ou polyfloraux.

1.1. Influence des plantes butinées sur les spectres polliniques

L'influence des plantes environnant les ruches est à considérer dans la composition pollinique du miel. En effet, d'après LOUVEAUX & al. (1970 ; 1978), certaines plantes montrent un cas de surreprésentation, c'est-à-dire que le pollen présent dans le miel ne correspond pas à la représentation réelle en nectar. Tel est le cas pour un miel de châtaignier, miel courant dans les pays tempérés où la fréquence du pollen correspondant doit être supérieure ou égale à 90% ou les miels d'eucalyptus (LOUVEAUX & ABED, 1984). Ces plantes sont en général des plantes possédant de nombreux étamines et donc de grands producteurs de pollens. Par contre, il existe des pollens qui sont sous-représentés comme pour les miels d'oranger où la fréquence relative du pollen est seulement de 10 à 20 %.

1.2. Miels à dominance pollinique

Trois types de miels à pollen dominant ont été rencontrés dans le cadre de l'étude :

- les miels à dominance de *Litchi chinensis*,
- les miels à dominance de *Macaranga cuspidata*,
- les miels à dominance de *Mimosa pudica*.

1.2.1. Miels à dominance du pollen de *Litchi chinensis*

Parmi les 31 échantillons de miels présumés de litchi analysés, 9 échantillons montrent la dominance du pollen de *Litchi chinensis* dont 4 provenant du sud-est (LSE₃, LSE₄, LSE₅, LSE₁₉) et 5 de Fénériver Est (LF₁, LF₂, LF₇, LF₈, LF₁₁) avec une fréquence relative de 48,95% à 71,20%. Huit des 9 échantillons sont des miels de fleurs car ils appartiennent à la classe II de MAURIZIO. Les litchis sont des arbres très mellifères et les abeilles apprécient le nectar de leurs fleurs. La plupart de ces échantillons ont été récolté en octobre, ce qui correspond à la période de récolte donnée par LAGARDE & RAKOTOVELO en 2004. Ces miels peuvent donc être considérés comme des miels monofloraux de litchi.

1.2.2. Miels à dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*

Treize échantillons sont à dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*. Dans ces échantillons, la fréquence relative de ce pollen est entre 58,07% (LSE₁) et 94,77% (LSE₁₇).

Les fleurs de *Macaranga cuspidata* sont des fleurs avec de très nombreuses étamines, donc produisant de nombreux pollens. Ainsi, il apparaît intéressant de retrancher les pollens de *Macaranga cuspidata* de la somme totale des pollens comptés. Le tableau 10 reprend les échantillons à dominance du pollen de *Macaranga cuspidata* :

- la première colonne comprend les échantillons où il y a dominance de *Macaranga cuspidata*,
- la deuxième colonne montre la fréquence relative de *Macaranga cuspidata* dans ces échantillons,
- la troisième colonne montre la fréquence relative du pollen de *Litchi chinensis*,
- la quatrième colonne montre la fréquence relative de *Litchi chinensis* lors des comptages sur les mêmes échantillons sans les pollens de *Macaranga cuspidata*.

Deux cas sont observés:

1^{er} cas

Les échantillons LSE₁, LSE₆, et LSE₁₂ sont devenus à dominance du pollen de *Litchi chinensis*, avec une fréquence relative respective de 53,19%, 69,50% et 49,01%.

Ainsi, les échantillons LSE₁, LSE₆, et LSE₁₂ peuvent être considérés comme des miels de litchi. La dominance du pollen de *Macaranga cuspidata* est due au fait de la surreprésentation de ce pollen dans ces échantillons.

2^{ème} cas

Les échantillons LSE₇, LSE₈, LSE₉, LSE₁₀, LSE₁₁, LSE₁₄, LSE₁₅, LSE₁₆, LSE₁₇, LSE₁₈ sont devenus des échantillons sans dominance de pollen.

Ainsi, ces 10 échantillons peuvent être considérés comme des miels de macaranga étant donné les pourcentages élevés du pollen de *Macaranga cuspidata* dans ces miels.

Tableau 10 : Fréquences relatives de *Litchi chinensis* après retranchement du pollen de *Macaranga cuspidata* dans le calcul de pourcentage.

Echantillons	FR de <i>Macaranga cuspidata</i> (%)	FR de <i>Litchi chinensis</i> (%)	FR de <i>Litchi chinensis</i> (sans <i>Macaranga cuspidata</i>) (%)
LSE ₁	58,07	22,30	53,19
LSE ₆	77,04	15,96	69,50
LSE ₇	87,24	2,79	21,90
LSE ₈	85,62	4,34	30,22
LSE ₉	85,49	5,01	34,55
LSE ₁₀	85,41	3,93	26,96
LSE ₁₁	89,24	3,32	30,89
LSE ₁₂	63,82	17,73	49,01
LSE ₁₄	87,04	1,25	9,63
LSE ₁₅	86,32	0,37	2,72
LSE ₁₆	88,19	1,14	9,66
LSE ₁₇	94,77	1,03	19,70
LSE ₁₈	79,51	2,29	11,19

Du point de vue pollinique, la différenciation de ces miels réside sur la fréquence relative très élevée du pollen de *Macaranga cuspidata* et sur celle très faible du pollen de *Litchi chinensis*. Pour ces échantillons, les miels possédant une fréquence du pollen de *Litchi chinensis* supérieure à 10 % sont considérés comme des miels de litchi.

1.2.3. Miel à dominance du pollen de *Mimosa pudica*

Seul l'échantillon LF₁₂ est à dominance du pollen de *Mimosa pudica* avec une fréquence relative de 46,08%. Ce type pollinique est généralement présent dans les miels de

l'est (RAZAIARIMANANA, 1998, RANDRIANARIVELO, 2010) à des pourcentages élevés.

D'après LOUVEAUX & al. (1979), *Mimosa pudica* fait partie des pollens surreprésentés. Cette espèce est un grand producteur de pollen, ce qui peut expliquer la dominance de ce pollen dans cet échantillon. Selon SCHWEITZER (2011), la présence de plantes produisant de grande quantité de pollen, comme *Mimosa pudica*, peut fortement diminuer le pourcentage du pollen de *Litchi chinensis* jusqu'à 10%. D'après l'analyse effectuée, *Litchi chinensis* possède une fréquence de 28,92% dans cet échantillon. Le pollen de cette espèce peut devenir dominant si le pollen de *Mimosa pudica* est retranché du calcul de pourcentage. De plus, LF₁₂ a été récolté à la période de récolte des miels de litchi. Ainsi, l'échantillon peut être considéré comme un miel de litchi.

1.3. Miels sans dominance de pollen

Huit échantillons sont sans dominance de pollen dont LSE₂, LSE₁₃, LF₃, LF₄, LF₅, LF₆, LF₉ et LF₁₀. Ces échantillons montrent différents pourcentages du pollen de *Litchi chinensis*. Mais la majorité des échantillons sans dominance de pollen possèdent *Litchi chinensis* comme pollen d'accompagnement. Ceci peut être dû à l'abondance d'autres pollens qui ont contaminé les échantillons, diminuant ainsi le pourcentage du pollen de *Litchi chinensis*.

Le retranchement des pollens de *Macaranga cuspidata* ou de *Mimosa pudica*, qui sont des grands producteurs de pollens a permis de classer le pollen de *Litchi chinensis* dans les échantillons LSE₁₃, LF₄, LF₅, LF₆, LF₉, LF₁₀ dans les pollens dominants. Ainsi, ces échantillons peuvent être considérés comme des miels de litchi. Par contre LSE₂ et LF₃ sont restés sans dominance. Cependant, pour LSE₂, la fréquence relative du pollen de *Litchi chinensis* de départ a été de 23,34%. Ce pourcentage peut être dû à la présence de *Eucalyptus camaldulensis*, qui est également un grand producteur de pollen. L'échantillon LSE₂ peut donc être aussi considéré comme un miel de litchi, tandis que l'échantillon LF₃ est considéré comme un miel polyfloral ou miel toutes fleurs.

Après avoir discuté de la présence ou de l'absence de dominance d'un pollen dans les échantillons de miels présumés de litchi étudiés, il est nécessaire de déduire les types de miels rencontrés.

Trois types de miels ont été déterminés au cours de cette analyse pollinique:

➤ ***Les miels monofloraux de litchi***

Parmi les 31 échantillons de miels étudiés, 20 sont considérés comme des miels de litchi. Les fréquences relatives du pollen de *Litchi chinensis* dans ces miels sont de 17,73% à 71,20%. Les échantillons qui ont une fréquence du pollen de *Litchi chinensis* inférieure à 45% présente dans leur spectre pollinique un pourcentage élevé de plante produisant de grandes quantités de pollen, ce qui fait diminuer la fréquence du pollen de *Litchi chinensis*.

➤ ***Les miels monofloraux de macaranga***

Ces miels sont représentés par 10 échantillons qui proviennent tous du sud-est. Les fréquences relatives du pollen de *Macaranga cuspidata* dans ces miels sont élevées, allant de 79,51% à 94,7%. Pour être considérés comme des miels de macaranga, les échantillons doivent avoir un pourcentage élevé du pollen correspondant puisque cette plante est un grand producteur de pollen.

➤ ***Les miels polyfloraux ou miels toutes fleurs***

L'échantillon LF₃ entre dans cette catégorie de miel. Les abeilles ne se sont donc pas limités au butinage intensif d'une seule source de nectar, mais ont butiné plusieurs fleurs pour l'élaboration de ce miel.

Toutefois, pour une correcte interprétation de l'origine florale, il est nécessaire de considérer les caractères sensoriels des miels.

II. ORIGINE GEOGRAPHIQUE

Les différentes régions de Madagascar présentent des végétations caractéristiques dont la répartition dépend des conditions édapho-climatiques. A travers les spectres polliniques des échantillons, l'origine géographique des miels peut être reconnue.

L'association des pollens les plus fréquents dans les échantillons caractérise les miels produits. Pour les miels étudiés, les pollens de *Litchi chinensis* et de *Macaranga cuspidata* ont été rencontrés dans tous les échantillons. Les pollens d'autres espèces se retrouvent également dans la plupart des échantillons analysés tels que ceux de *Mimosa pudica*, *Elaeis guineensis*, *Coffea* sp., *Psiadia altissima*, *Citrus aurantium*, *Melaleuca quinquenervia*, *Grevillea banksii*, *Syzygium* sp., ANACARDIACEAE 1 et MYRTACEAE 2. Ces pollens sont

présents dans presque tous les échantillons, ainsi que spore 1. L'association de ces 13 types polliniques peut donc être considérée comme indicateurs de l'origine géographique.

L'analyse factorielle des correspondances a séparé les échantillons selon la présence ou l'absence d'un type pollinique dans un échantillon donné. Elle a donc permis de classer les échantillons, pour la plupart, selon leur zone de production, séparant ainsi les miels produits à Fénériver Est de ceux produits au sud-est.

Trois zones ont donc été observées. La zone 1 regroupe la majorité des échantillons de Fénériver Est (9 échantillons) et l'échantillon LSE₂ provenant du sud-est. La zone 2 comprend 20 échantillons dont 17 provenant du sud-est et 3 de Fénériver Est. La zone 3 correspond à l'échantillon LSE₁. Les échantillons dans la même zone possèdent donc à peu près les mêmes contenus polliniques.

Chaque zone possède ses pollens caractéristiques. Cependant, les types polliniques dans une zone ne sont pas propres aux échantillons de cette zone mais peuvent être retrouvés dans les échantillons d'une autre zone, d'après les spectres polliniques.

III. QUALITE DES MIELS

Dans le domaine de la production alimentaire, le contrôle de qualité est obligatoire, particulièrement si les produits sont destinés à l'exportation. Dans chaque pays, des normes de qualité sont en vigueur afin de ne laisser entrer que des produits de bonne qualité. Ces normes sont en général reproduites à partir des normes du Codex Alimentarius et celles de la Directive de l'Union Européenne. Les différents paramètres de qualité ont été étudiés par des analyses physico-chimiques.

Pour l'humidité, les échantillons de miels étudiés contiennent entre 18 et 23,5% d'eau avec une moyenne de 20,32%. Parmi les 31 échantillons étudiés, 24 sont conformes aux normes du Codex Alimentarius et de la Directive de l'Union Européenne qui stipulent que la teneur en eau d'un miel doit être ≤ 21 %. Cependant, en 2011, SCHWEITZER a obtenu une moyenne de 17,8 % pour des miels de litchi de la zone tropicale. Ainsi, l'humidité des miels de litchi de Madagascar est élevée.

L'humidité élevée de ces miels peut s'expliquer par une récolte prématurée des rayons c'est-à-dire que les rayons de miel sont recueillis avant qu'ils ne soient operculés à 70%. Elle

peut également être due aux conditions existant lors de la récolte et du conditionnement, les zones de récolte étant des régions à humidité relative élevée. Une dilution frauduleuse des miels peut aussi expliquer cette teneur élevée en eau.

Pour les différents paramètres de qualité autres que la teneur en eau, les résultats obtenus comparés avec les normes du Codex Alimentarius et celles de la Directive de l'Union Européenne appliquées aux miels montrent des valeurs conformes à ces normes à l'exception d'échantillons isolés.

Les matières insolubles dans l'eau reflètent la technique d'extraction utilisée. Les échantillons ayant une valeur supérieure à 0,1% sont probablement des miels de presse. Pour les miels étudiés, aucune valeur de l'indice diastasique n'atteint 8 unités Schade. Selon SCHWEITZER (2011), la teneur en diastase diminue rapidement pour les miels de litchi. Ainsi, ces miels font probablement partie des miels à faible teneur en enzymes. La teneur en HMF de certains échantillons dépasse 60mg/kg, ce qui peut être due au chauffage des miels. En effet, la teneur en HMF renseigne sur le vieillissement ou sur le chauffage des miels.

Les valeurs obtenues concernent les 16 échantillons de miels étudiés pour les analyses physico-chimiques sans tenir compte de la dominance ou non d'un pollen. Des recherches ultérieures peuvent séparer les analyses physico-chimiques des miels à dominance de *Litchi chinensis* de ceux à dominance de *Macaranga cuspidata*.

IV. VALEURS REFERENTIELLES RECOMMANDEES

La finalité de ce travail a été de proposer des valeurs référentielles pour les miels de litchi à partir des valeurs obtenues lors des analyses. Ces valeurs pourront être utilisées pour contrôler ces miels afin d'obtenir des miels de qualité. A l'échelle internationale, le nom floral des miels est obligatoire ainsi que le contrôle de qualité.

Le tableau 11 montre les valeurs référentielles polliniques et physico-chimiques recommandées pour les miels de litchi. Les valeurs polliniques et celles de la teneur en eau ont été obtenues à partir des analyses de 31 échantillons de miels tandis que les valeurs des autres paramètres physico-chimiques ont été obtenues à partir des analyses de 16 échantillons.

Tableau 11 : Valeurs référentielles polliniques et physico-chimiques recommandées pour les miels de litchi obtenues à partir de cette étude.

	Critères de qualité	Valeurs recommandées
Paramètres polliniques	Analyse qualitative	Fréquence relative du pollen de <i>Litchi chinensis</i> $\geq 10\%$
	Analyse quantitative	Miels de fleurs et miels riches en pollens (classes II et III)
Paramètres physico-chimiques	Teneur en eau	$\leq 20\%$
	Teneur en sucres réducteurs	$> 60\%$
	Teneur en saccharose	$\leq 5\%$
	Acidité libre	≤ 50 méq/kg
	Teneur en matières insolubles dans l'eau	$\leq 0,1\%$
	Teneur en HMF	≤ 60 mg/kg
	Indice diastasique	≥ 3 unités de Schade/g
	Conductivité électrique	$\leq 0,8$ mS/cm

CONCLUSION

ET

RECOMMANDATIONS

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les miels de litchi sont produits essentiellement sur la côte est de Madagascar. La récolte des miels de litchi s'effectue du mois de septembre au mois de novembre. Ce travail est basé sur la melissopalynologie et complété par des analyses physico-chimiques. L'étude pollinique effectuée a permis d'obtenir des informations sur la typologie des miels et la détermination de leur origine géographique. Les analyses physico-chimiques renseignent sur la qualité des miels.

L'analyse pollinique qualitative effectuée sur les 31 échantillons étudiés a permis d'identifier 84 types polliniques, répartis dans 60 genres et 42 familles de plante. Le nombre de taxons par échantillon varie de 15 à 28. Les fréquences relatives des taxons varient de 0,03% à 94,77%. D'après les spectres polliniques obtenus, les échantillons montrent la dominance (fréquence relative > 45%) ou non d'un pollen. Les pollens dominants comprennent *Litchi chinensis*, *Macaranga cuspidata* et *Mimosa pudica*. Neuf échantillons sont à dominance de *Litchi chinensis*, 13 à dominance de *Macaranga cuspidata*, 1 à dominance de *Mimosa pudica* et 8 sans dominance.

Les échantillons à dominance de pollen de *Litchi chinensis* ont été considérés comme des miels monofloraux de litchi où les fréquences relatives de ce pollen ont été de 48,95% à 71,20%.

Des problèmes sur la typologie des miels ont été mis en évidence. Cette étude a amené à discuter de la dominance des pollens de plantes à forte production pollinique dont *Macaranga cuspidata* qui fleurit au moment de la récolte des miels de litchi. De même, la fréquence relative des pollens de *Litchi chinensis* dans un miel monofloral est encore à considérer en présence de pollens surreprésentés.

Par ailleurs, l'existence d'un miel monofloral de macaranga est à confirmer.

L'origine géographique des miels a été caractérisée par l'association de 13 types polliniques dont *Litchi chinensis*, *Macaranga cuspidata*, *Mimosa pudica*, *Elaeis guineensis*, *Psiadia altissima*. Les analyses statistiques ont permis de catégoriser la plupart des miels selon leur provenance, soit dans la région de Fénérive Est, soit dans le sud-est suivant leur contenu pollinique.

L'analyse quantitative a montré que la plupart des miels appartiennent à la classe II et à la classe III de MAURIZIO.

Les résultats des études physico-chimiques concernant 8 paramètres de qualité ont pu être inclus dans cette étude.

La qualité des miels étudiés a pu être discutée en considérant l'humidité des échantillons et en comparant les résultats des études physico-chimiques avec les normes existantes.

Les miels de litchi de la côte est malgache ont montré une humidité excessive due au climat de l'est de Madagascar ou à des techniques apicoles inadéquates. Pour les autres paramètres de qualité, les miels sont en général conformes aux normes établies par le Codex Alimentarius et par la Directive de l'Union Européenne. Cependant, il existe des exceptions. Ces résultats ont amené à faire des recommandations au niveau des apiculteurs pour une meilleure qualité des miels de litchi :

- Utiliser des matériels adéquats tels que des ruches à cadres, des enfumoirs et des extracteurs pour éviter l'introduction d'impuretés dans les miels.
- Faire la récolte des miels au moment opportun pour obtenir une humidité convenable.
- Réaliser les traitements post récolte (extraction, conditionnement) dans une miellerie ou un locale spécialisé.

D'après les résultats obtenus, complétés de ceux effectués par analyses physico-chimiques, des valeurs référentielles pour les miels commerciaux ont été proposées.

A l'issue de cette étude, des analyses sensorielles sont considérées indispensables pour confirmer l'origine botanique des miels.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABOUSALIM, A., 2003. Développement des cultures fruitières tropicales au Maroc. *Transfert de technologie en agriculture*. 4p.

AMBAPOUR, S., 2003. Introduction à l'analyse des données. Bureau d'Application des Méthodes Statistiques et Informatiques. Bamsi Reprint, 80p.

ANDRIANARIVELO, A., 1998. Contribution à l'étude du potentiel mellifère en vue de l'amélioration de l'apiculture autour de la réserve de Beza Mahafaly. Mém. E.S.S.A., Univ. Antananarivo, 67p.

ANONYME, 1986. Miel: Etude des principaux marchés. CCI, CNUCED/GATT. Genève, 201p.

BACCINI, A., 2010. Statistique Descriptive Multidimensionnelle. Institut de Mathématiques de Toulouse, 33p.

BATTESTI, M. J., 1990. Contribution à la méliissopalynologie méditerranéenne. Les miels corses. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, 261p.

BONNEFILLE, R., 1971. Atlas de pollen d'Ethiopie. Pollens actuels de la basse vallée de l'Omo, récoltes botaniques 1968. *Adansonia* 11 (3) : 463 -518.

BONNEFILLE, R. & RIOLLET, G., 1980. Pollens des savanes d'Afrique orientale. CNRS. Paris, 253p.

CRANE, E., 1973. Honey source in some tropical and subtropical countries. *Bee World* 54 (4) : 177- 186.

DIMON, M. Th., 1971. Problèmes soulevés par l'étude pollinique des composées Méditerranéennes. *Naturalia mouspelensia* 22 : 129-144.

DONQUE, G., 197. Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar. NIAG, Tananarive, 478p.

ERDTMAN, G., 1943. An introduction to pollen analysis. New ser. Pl. Sci. Books, 12. Waltham, Mass. 239p.

ERDTMAN, G., 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms, Almqvist et Wicksell, Stockholm, 539p.

FARAMALALA, M. & RAJERIARISON, C., 1999. Notice de la carte des divisions des zones écofloristiques de Madagascar. *ANGAP*, 43p.

GADBIN, C., 1979. L'intérêt de l'acétolyse en méliissopalynologie. *Apidologie* 10 : 23-28.

GUINET, Ph. & CARATINI, Cl., 1974. Pollen et spores d'Afrique tropicale. Centre d'Etudes de Géographie Tropicale, CNRS, n° 16, 282p.

HUMBERT, H., 1955. Les territoires phytogéographiques de Madagascar. Colloques internationaux du CNRSLIX : les divisions écologiques du monde. *Année biologique* 31 : 329-448.

LAGARDE, L. & RAKOTOVELO, N., 2004. Etude de la filière apiculture en vue du développement de l'exportation - Synthèse et recommandations. CITE, Informer et Développer, 38p.

LOBREAU-CALLEN, D. & CALLEN, G., 1982. Quelle est la composition pollinique d'un miel exotique ? *I. Bulletin de la société versaillaise de Sciences Naturelles*. Versailles. Tome 10. Fasc. 4, Série 4 : 70-88.

LOUVEAUX, J., 1968. L'analyse pollinique des miels. *Les produits de la ruche*. Tome III. Masson et Compagnie, Paris, pp 325-362.

LOUVEAUX, J. & ABED, L., 1984. Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie* 15 (2) : 145-170.

LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A. & VORWOHL, G., 1970. Commission internationale de botanique apicole de l'U.I.S.B. Les méthodes de la méliissopalynologie. *Apidologie* 1(2): 211- 227.

LOUVEAUX, J., MAURIZIO, A. & VORWOHL, G., 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World* 54(4): 139-157.

MAURIZIO, A., 1968. La récolte et l'emmagasinage du pollen par les abeilles. *In : Traité de Biologie de l'Abeille*. Tome III. Masson Ed, Paris, pp 168-173.

MULLER, J., SCHULLER, M., STRAKA, H. & FRIEDRICH, B., 1989. Palynologia Madagassica et Mascarenica, Fam. 60, 98 ter, 111, 120, 182, 182 bis, 183, 189, Addenda. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt* 219p.

PUNT, W., 1962. Pollen morphology of Euphorbiaceae with special reference to taxonomy. *Webbia* 7 : 1- 116.

PUNT, W., BLACKMORE, S., NILSON, S. & LE THOMAS, A., 1994. Glossary of pollen and spore terminology. LPP Foundation, UTRECHT. LPP contributions series n°1, 69p.

RAHARIMBOLA, R., 2001. Application de l'analyse pollinique aux miels de la région d'Ambohimadana. Mém. DEA, Univ. Antananarivo, 94p.

RAJERIARISON, C., 1984. Influences des formations végétales malgaches et des principaux facteurs climatiques dans la composition des flux polliniques atmosphériques de la région de Tananarive (Madagascar) au cours de 3 cycles annuels (1979, 1980 et 1981). Thèse de doctorat d'Etat. USTL, Montpellier, 150p.

RAKOTONDRAPARANY, M. L., 2011. Caractérisation alimentaire des miels malgaches en vue d'une authentification : cas du miel de litchi. Mém. DEA. Biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition, Univ. Antananarivo, 75p.

RALIMANANA, H., 1994. Contribution à la connaissance de l'apiculture et à la méliissopalynologie dans le parc national de Ranomafana. Mém. DEA Ecologie Végétale., Univ. Antananarivo, 79p.

RAMAMONJISOA, R. Z., 1992. Analyses polliniques et comportement de butinage d'*Apis mellifera* var. *unicolor* dans la végétation de différents sites des hauts plateaux malgaches. Thèse EPHE, Paris, 152p.

RAMAMONJISOA, R. Z., RALIMANANA, H. & LOBREAU- CALLEN, D., 1996. Comportement de butinage d'*Apis mellifera* var. *unicolor* dans divers biotopes. *In : Biogéographie de Madagascar* : 519-522.

RAMAVOVOLOLONA, 1986. Recherches sur les émissions polliniques atmosphériques des formations végétales de la région de Majunga. Morphologie des principaux types

polliniques. Mise en évidence des caractéristiques régionales des spectres polliniques de Majunga et de Tananarive. Thèse 3^e Cycle, Univ. Antananarivo, 171p.

RANDRIAMPENO, T. V., 1999. Perception paysanne de l'apiculture et étude de quelques plantes mellifères autour de la forêt classée de Tampolo (Fénérive Est). Mém. E.S.S.A, Univ. Antananarivo, 81p.

RANDRIANARIVELO, R. H. M., 2010. Application de l'analyse pollinique aux miels de différentes régions de Madagascar. Mém. DEA. Palynologie Appliquée, Univ. Antananarivo, 71p.

RAZAFINDRAKOTO, N., 2005. Les plantes mellifères et les caractéristiques des miels produits dans la région nord-ouest de Madagascar (cas de Boriziny). Mém. DEA. Palynologie Appliquée, Univ. Antananarivo, 94p.

RAZAIARIMANANA, J., 1998. Etude des pollens de miels (Mélissopalynologie) et ressources mellifères dans la réserve de Biosphère de Mananara- Nord. Mém. DEA, Univ. Antananarivo, 59p.

SCHNEIDER, E., 2007. Synthèse filière miel. Région Analanjirofo. Programme de Promotion des Revenus Ruraux (PPRR), 20p.

SCHWEITZER, P., 2011. Le miel de litchi. *Abeille de France* 981: 17-19.

STRAKA, H., 1966. Palynologia Madagassica et Mascarenica. Fam 122-125. *Pollen et Spores* 11 (1) : 61-70.

STRAKA, H. & SIMON, A., 1969. Palynologia Madagassica et Mascarenica. Fam. 184-188. *Pollen et Spores* 11 (2) : 229-232.

STRAKA, H. & FRIEDRICH, B., 1984. Palynologia Madagassica et Mascarenica. Fam. 17-49. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt* 49: 401- 485.

STRAKA, H. & FRIEDRICH, B., 1988. Palynologia Madagassica et Mascarenica. Fam. 65-87. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt* 61. 111p.

VAN CAMPO, M., 1958. Palynologie africaine. II. *Bull. Inst. Fond. Afri. Noire*, A. XX, 3 : 650-677.

VERGERON, Ph., 1964. Interprétation statistique des résultats en matière d'analyse pollinique des miels. *Ann. Abeille* 7(4) : 349-364.

VESTALYS, H. & ANDRIANARIVELO ANDRIANTOAVINA, M. S., 2008. Analyse de la filière apiculture dans les régions Analamanga et Haute Matsiatra. Programme de soutien aux pôles de micro-entreprises rurales et aux économies régionales (PROSPERER), 43p.

VON DER OHE, W., PERSANO ODDO, L., PIANA, M. L., MORLOT, M. & MARTIN, P., 2004. Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie* 35: 18-25.

ZOMLEFER, B. W., 1994. Guide to flowering plant families. The University of North Carolina Press, Chapel Hill & London, 430p.

ANNEXES

Annexe 1 : Données météorologiques de Toamasina (2010)

Température mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T° max (°C)	30,7	31,2	30,4	29,9	29	26,8	25,3	25,4	26,9	28,3	29,2	29,4
T° min (°C)	23,8	23,9	23,6	22,3	21,4	20	17,7	17,9	18,5	19,8	20,3	20,5
T° moyenne (°C)	27,25	27,55	27	26,1	25,2	23,4	21,5	21,65	22,7	24,05	24,75	24,95

(Source : Service National de la Météorologie d'Ampandrianomby Antananarivo)

Précipitation mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	764,5	431,9	633,1	244,1	165	267,7	414,3	271,2	31,2	45,8	122,4	52,8
Nbre de jours	26	20	26	20	20	24	23	27	8	10	16	8

(Source : Service National de la Météorologie d'Ampandrianomby Antananarivo)

Annexe 2 : Données météorologiques de Farafangana (2010)

Température mensuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°max (°C)	28,4	29,4	28,6	28	26,7	24,3	22,7	20,7	25,3	27,2	28,3	30,9
T°min (°C)	23,8	23,6	23,6	22,6	20,5	17,5	16,5	16,7	17,3	20,6	22,3	23,1
T°moyenne (°C)	26,1	26,5	26,1	25,3	23,6	20,9	19,6	18,7	21,3	23,9	25,3	27

(Source : Service National de la Météorologie d'Ampandrianomby Antananarivo)

Précipitation mensuelle

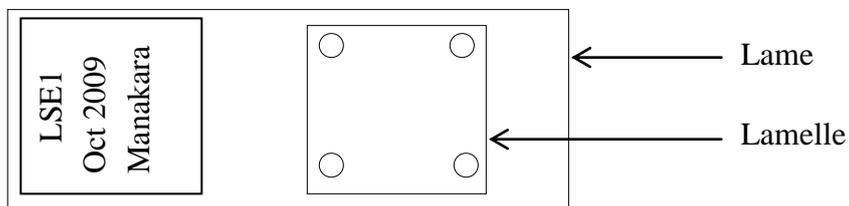
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation (mm)	388,7	156,2	836,6	256,3	25,2	85,1	126,9	148,4	27,6	59,41	16,7	118,7
Nbre de jours	19	21	24	10	2	12	14	22	5	13	8	11

(Source : Service National de la météorologie d'Ampandrianomby Antananarivo)

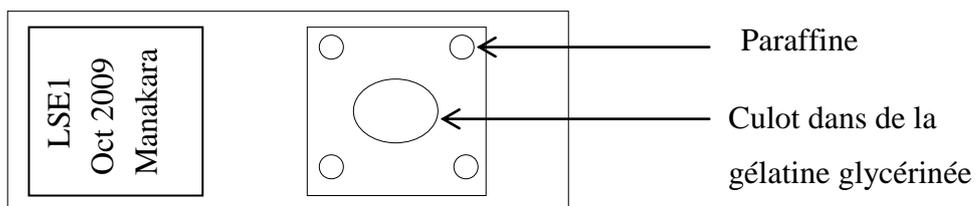
Annexe 3 : Montages des préparations

- Montage dans de la gélatine glycinée (montage fixe)

Le prélèvement du culot est fait à l'aide d'une aiguille platinée. Le sédiment de pollen extrait et séché est mélangé avec un peu de gélatine glycinée. Le mélange gélatine glycinée - pollen est porté sur la lame porte objet. Ensuite la lame est posée sur une plaque chauffante afin de liquéfier le mélange. Puis le mélange est recouvert d'une lamelle carrée de 24mm × 24mm (LOUVEAUX & al., 1970). La préparation est enfin scellée à l'aide de la paraffine fondue.



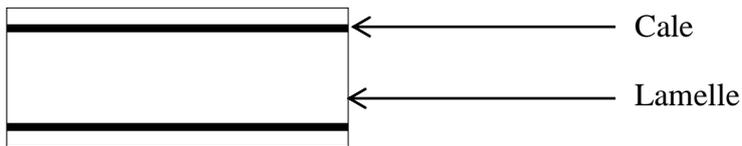
Préparation de la lame



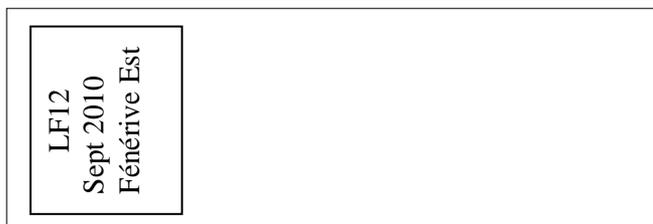
Culot de pollens montés entre lame et lamelle

- Montage dans de la glycérine phénolée (montage mobile)

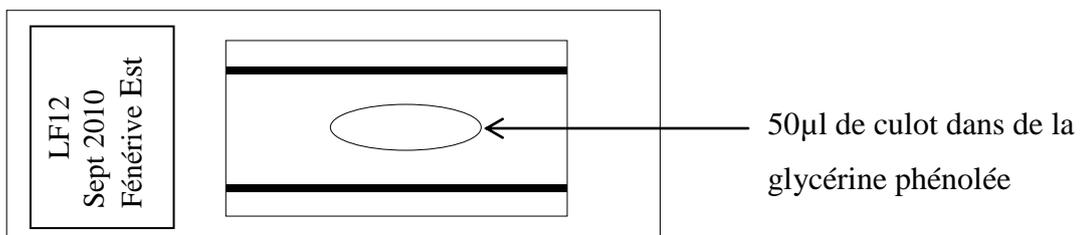
A l'aide d'un cône de micropipette, on a tracé deux cales avec un liquide de lutage (vernis à ongle dans le cas présent) sur les bords des deux grands côtés de la lamelle 24 x 50 mm. Ces cales ont servi à créer un espace entre la lame et la lamelle pour permettre de tourner les pollens. 50µl de la suspension de pollens sont aspirés par micropipette puis déposés sous forme de goutte elliptique au milieu de la lame. On a recouvert la lame par la lamelle, qui est munie d'une deuxième couche de liquide de lutage sur les deux cales précédemment tracés afin d'assurer une meilleure fixation. Pour bien répartir le culot, il faut appuyer légèrement sur les cales. Avant l'observation au microscope, les quatre côtés de la préparation doivent être lutés et la lame doit porter une référence.



Préparation de la lamelle



Préparation de la lame



Suspension pollinique montée entre lame et lamelle

Annexe 4 : Terminologie de la palynologie

La description des pollens comprend quelques termes usuels qui vont être définis d'après VAN CAMPO (1957) et PUNT & al. (1994).

1. Symétrie et forme

La symétrie et la forme permettent de mettre en évidence les différents types de pollens.

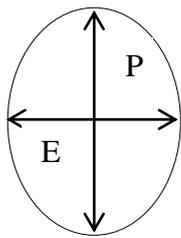
La forme des grains de pollen est variable, on peut avoir :

- des grains simples (les grains se séparent tout de suite après la méiose) : eumonades ;
- des grains composés (les grains formés ne se séparent pas) : tétrades (grains groupés en 4), polyades (formés par plusieurs grains).

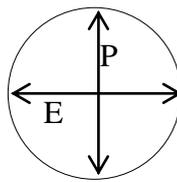
En vue polaire, les pollens peuvent être circulaires, triangulaires ou lobés. En vue équatoriale, ils peuvent être circulaires ou elliptiques.

En vue équatoriale, la valeur de l'axe P et de l'axe E définit également la forme du pollen :

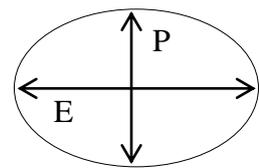
- l'axe polaire P : ligne joignant les deux pôles ; le pôle proximal étant celui qui est situé vers le centre de la tétrade mère, le pôle distal lui étant opposé à l'extérieur.
- L'axe équatorial E : perpendiculaire à l'axe P.



Pollen longiaxe



Pollen équiaxe



Pollen bréviaxe

La symétrie des pollens est définie par l'emplacement des zones germinales ou ouvertures :

- pollen apolaire : sans plan de symétrie ;
- le pollen isopolaire : vues polaires identiques et symétriques par rapport au plan équatorial ;
- le pollen hétéropolaire : présentant un axe de symétrie mais les vues polaires sont différents au pôle proximal et au pôle distal.

2. Apertures ou zones germinales

L'aperture est une zone de moindre résistance, due à l'amincissement ou à la disparition de l'exine, qui permet la sortie du tube pollinique (ERDTMAN, 1952). Ces apertures peuvent se situer aux pôles, à l'équateur ou être réparties sur l'ensemble du grain. Les ectoapertures affectent la couche la plus externe de l'exine, l'ectexine tandis que les endoapertures affectent sa couche la plus interne, endexine.

La forme de l'aperture peut être variable :

- pore (monoporé, diporé, periporé),
- colpus (monocolpé, dicolpé, stéphanocolpé),
- pore et colpus (tricolporé, stéphanocolporé).

3. Exine

L'exine est une membrane externe, inerte et très résistante du pollen, sa morphologie permet la caractérisation des pollens. La méthode de L.O. ou Lux Obscuritas (lumière, obscurité) permet l'observation de l'ornementation de l'exine par la mise au point de la vis micrométrique du microscope.

L'exine peut être lisse, scabre, verruqueuse, clavée, échinulée, rugulée, striée ou réticulée.

Annexe 5 : Mesure volumétrique du culot

Le culot est mesuré à l'aide d'une micropipette à affichage digital avec une précision de plus ou moins 1% après une dilution dans un volume donné de glycérine phénolée. Pour les observations au microscope, une dilution 10x du culot donne une bonne dispersion des grains de pollens.

Deux cas peuvent se présenter en estimant le culot:

1^{er} cas : Le culot forme une tache au fond du tube (< 10µl)

Vingt millilitres de glycérine phénolée sont introduits dans le tube et l'ensemble est mélangé à l'aide de l'extrémité du cône de prélèvement de la pipette. La suspension est aspirée et le volume total V est lu.

- Si V est moins de 25µl, le contenu du cône est directement porté sur la lame et les pollens restants sont récupérés en introduisant 20µl de glycérine phénolée dans le tube.
- Si V dépasse 25µl, le culot est réintroduit dans le tube et le volume total est ramené à 100µl si V est compris entre 25 et 30µl, et à 150µl si V est compris entre 30 et 35µl.

2^{ème} cas : Le culot est relativement important et forme une couche au fond du tube.

La dilution est faite dans un volume V_1 de glycérine phénolée égal à :

- 100µl si le culot a une épaisseur de 0,5 à 5mm
- 200 ou 300µl si le culot est entre 5 et 10mm
- 400 ou 500µl pour un culot supérieur à 10mm

Le mélange culot- glycérine est aspiré dans la micropipette et donne le volume V_2 .

Et le volume V du culot est obtenu par la formule :

$$\mathbf{V (ml) = V_2 - V_1}$$

V_2 : volume total du culot dilué

V_1 : volume de glycérine phénolée ajouté

Exemple : Cas de l'échantillon **LF₁₁**

$$V_1 = 100\mu\text{l}$$

$$V_2 = 160\mu\text{l}$$

$$\mathbf{V = V_2 - V_1 = 16\mu\text{l}}$$

Puisque le culot doit être dilué 10x, c'est-à-dire dans 160 μl de glycérine phénolée, il reste donc à ajouter 60 μl de glycérine phénolée car 100 μl se trouvent déjà dans le tube. Le volume final est $160\mu\text{l} + 16\mu\text{l} = 176\mu\text{l}$. Ce volume du culot dilué a été utilisé dans l'analyse quantitative.

Annexe 6 : Calcul de la largeur moyenne du champ microscopique

La largeur du champ microscopique diffère d'un microscope à un autre, et sur le même microscope, d'un objectif à un autre. Elle est mesurée à partir d'un micromètre objectif c'est-à-dire une lame graduée. Une graduation sur la lame est égale à $10\mu\text{m}$.

La lame est posée sur la platine du microscope. Ensuite on observe dans l'oculaire avec l'objectif par lequel on effectuera le comptage et on compte les graduations qui couvrent la largeur du champ.

Exemple : Microscope Zeiss

Objectif x40 : 52,5 graduations

1 graduation \longrightarrow $10\mu\text{m}$

52,5 graduations \longrightarrow $525\mu\text{m}$

La largeur moyenne du champ du microscope Zeiss avec l'objectif x40 est de $525\mu\text{m}$.

Annexe 7 : Mesure de la largeur moyenne de la lamelle

La largeur moyenne utile de la lamelle correspond à la distance moyenne séparant les deux cales longitudinales. Pour déterminer cette largeur, l'ordonnée du contact culot-cale est relevée tous les 5mm à l'aide du vernier de la platine du microscope ; 10 mesures sont effectuées sur le bord supérieur et de même sur le bord inférieur.

Le point de contact culot-cale est centré à l'intérieur du champ microscopique. Pour chaque mesure, on garde le même point en abscisse par deux points correspondants de deux bords (RAMAVOVOLOLONA, 1986).

La largeur moyenne utile de la lamelle a été utilisée lors du calcul de la teneur en grains de pollen pour l'analyse pollinique quantitative.

$$L = \frac{\sum bs - \sum bi}{n}$$

L : largeur moyenne de la lamelle

bs : bord supérieur

bi : bord inférieur

n : nombre de mesure

Les valeurs observées pour la préparation LSE₁₀.

											Somme
Ordonnées des points de contacts du bord supérieur (mm)	23	23	23	23,5	23	23,1	23,1	23,4	23,4	23,5	232
Ordonnées des points de contacts du bord inférieur (mm)	3,9	3,6	3,6	3,8	4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,7	40

$$L = \frac{232 - 40}{10}$$

L= 19,2mm

L= 19 200µm

Pour la préparation LSE₁₀, la largeur moyenne utile de la lamelle est de 19 200µm.

Annexe 8 : Exemple de calcul de la teneur absolue en pollen

Echantillon LSE₁₀ récolté en octobre 2010 à Analabe (Manakara)

$$N = \frac{Nc}{n \times l} \times L \times \frac{Vt}{Vf}$$

Nc : nombre total de grains de pollens comptés = 12 900

n : nombre de lignes parcourues = 5

l : largeur du champ du microscope = 525 μ m

L : largeur moyenne de la lamelle = 19 200 μ m

Vt : volume total du culot = 121 μ l

Vf : volume de la fraction étudiée montée entre lame et lamelle = 50 μ l

$$N = \frac{12900}{5 \times 525} \times 19\,200 \times \frac{121}{50}$$

$N = 228\,337$ pollens

La teneur absolue en pollens dans 10g de l'échantillon LSE₁₀ est de 228 337.

Annexe 9 : Classification des pollens suivant les classes de fréquence (LOUVEAUX & al., 1970 ; 1978)

Echantillons	Pollens dominants (Fréquence > 45%)	Pollens d'accompagnement (16 ≤ Fréquence ≤ 45%)	Pollens isolés importants (3 ≤ Fréquence < 16%)	Pollens isolés (Fréquence < 3%)
LSE 1	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Elaeis guineensis</i> , cf. <i>Sterculia</i> sp.	<i>Ficus</i> sp., <i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Rhus tarantana</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Terminalia</i> sp., <i>Maesa lanceolata</i> , <i>Scoparia</i> sp., <i>Dalbergia</i> sp., <i>Celtis</i> sp., cf. <i>Nesogordia</i> sp., POACEAE cf. <i>Cynodon</i> , CAPPARIDACEAE, MYRTACEAE 1, LOGANIACEAE, CELASTRACEAE 1, Indéterminé 1
LSE 2		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Cyperus</i> sp., <i>Bidens pilosa</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Polygonum</i> sp., <i>Vernonia appendiculata</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Scoparia</i> sp., <i>Dalbergia</i> sp., <i>Asteropeia</i> sp., <i>Combretum</i> sp., cf. <i>Brassica</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE cf. <i>Eugenia</i> sp., LAMIACEAE
LSE 3	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	ANACARDIACEAE 1	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Rhus tarantana</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Weinmannia</i> sp., <i>Dombeya</i> sp., <i>Terminalia</i> sp., MYRTACEAE 2, RUBIACEAE 1, spore 1, Indéterminé 2
LSE 4	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Coffea</i> sp., ANACARDIACEAE 1	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Bakerella hoyifolia</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Brexia madagascariensis</i> , cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, LAMIACEAE, RHAMNACEAE, ROSACEAE, spore 1
LSE 5	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Coffea</i> sp.	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Terminalia</i> sp., <i>Scoparia</i> sp., cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, LAMIACEAE, RHAMNACEAE, RUBIACEAE 1, spore 1
LSE 6	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Grevillea banksii</i>	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Bidens pilosa</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Trema orientalis</i> , <i>Maesa lanceolata</i> , cf. <i>Sterculia</i> sp., cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, RHAMNACEAE, CELASTRACEAE 1
LSE 7	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Grevillea banksii</i>	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Scoparia</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., <i>Carica papaya</i> , <i>Combretum</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, RHAMNACEAE, CELASTRACEAE 1, spore 2, Indéterminé 2

Echantillons	Pollens dominants (Fréquence > 45%)	Pollens d'accompagnement (16 ≤ Fréquence ≤ 45%)	Pollens isolés importants (3 ≤ Fréquence < 16%)	Pollens isolés (Fréquence < 3%)
LSE 8	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Litchi chinensis</i>	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Acalypha</i> sp., <i>Maesa lanceolata</i> , Cf <i>Sterculia</i> sp., <i>Carica papaya</i> , MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1
LSE 9	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Grevillea banksii</i>	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Psiadia altissima</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Acalypha</i> sp., <i>Maesa lanceolata</i> , Cf <i>Sterculia</i> sp., <i>Carica papaya</i> , cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, spore 2, Indéterminé 2
LSE 10	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Grevillea banksii</i>	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Rhus tarantana</i> , <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Vernonia appendiculata</i> , <i>Syzygium</i> sp., cf. <i>Ageratum conyzoides</i> , <i>Maesa lanceolata</i> , <i>Carica papaya</i> , <i>Scoparia</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., <i>Combretum</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, spore 2
LSE 11	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Litchi chinensis</i>	<i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Rhus tarantana</i> , <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., <i>Helichrysum</i> sp., <i>Alberta minor</i> , <i>Maesa lanceolata</i> , <i>Scoparia</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, RHAMNACEAE, spore 1, spore 2, Indéterminé 2
LSE 12	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Citrus aurantium</i> , spores 2	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Psiadia altissima</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Alberta minor</i> , cf. <i>Rauvolfia concolor</i> , cf. <i>Catharanthus</i> sp., <i>Maesa lanceolata</i> , cf. <i>Sterculia</i> sp., cf. <i>Oncostemon</i> sp., cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, LAMIACEAE, EUPHORBIACEAE 1, CELASTRACEAE 1, spore 1, Indéterminé 2
LSE 13		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Grevillea banksii</i> , ANACARDIACEAE 1	<i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Psiadia altissima</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., <i>Acalypha</i> sp., <i>Panicum</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., <i>Terminalia</i> sp., <i>Scoparia</i> sp., <i>Carica papaya</i> , cf. <i>Oncostemon</i> sp., cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, ASTERACEAE 1, LAMIACEAE, EUPHORBIACEAE 1, LOGANIACEAE, CELASTRACEAE 1, spore 1, spore 2, Indéterminé 2

Echantillons	Pollens dominants (Fréquence > 45%)	Pollens d'accompagnement (16 ≤ Fréquence ≤ 45%)	Pollens isolés importants (3 ≤ Fréquence < 16%)	Pollens isolés (Fréquence < 3%)
LSE 14	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Brexia madagascariensis</i> , <i>Coffea</i> sp.	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Rhus tarantana</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Acalypha</i> sp., <i>Kaliphora madagascariensis</i> , cf. <i>Sterculia</i> sp., LOGANIACEAE, Indéterminé 2
LSE 15	<i>Macaranga cuspidata</i>		spores 2	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Trema orientalis</i> , <i>Helichrysum</i> sp., cf. <i>Catharanthus</i> sp., <i>Scoparia</i> sp., <i>Brexia madagascariensis</i> , MYRTACEAE 2, BIGNONIACEAE
LSE 16	<i>Macaranga cuspidata</i>			<i>Litchi chinensis</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Rhus tarantana</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Vernonia appendiculata</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Acalypha</i> sp., <i>Helichrysum</i> sp., <i>Aphloia theiformis</i> , <i>Macaranga</i> sp., <i>Cyperus</i> sp., <i>Panicum</i> sp., <i>Carica papaya</i> , cf. <i>Acacia</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, EUPHORBIACEAE 1, LOGANIACEAE, ROSACEAE, spore 2
LSE 17	<i>Macaranga cuspidata</i>			<i>Litchi chinensis</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Trema orientalis</i> , <i>Kaliphora madagascariensis</i> , <i>Syzygium</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., MYRTACEAE 2, EUPHORBIACEAE 1, spore 2, Indéterminé 2
LSE 18	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Citrus aurantium</i> , spores 2	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Mimosa pudica</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Psiadia altissima</i> , <i>Syzygium</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, EUPHORBIACEAE 1, ROSACEAE
LSE 19	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Mimosa pudica</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE, LAMIACEAE, spore 1, spore 2
LF 1	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Psiadia altissima</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Coffea</i> sp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Macaranga</i> sp., <i>Vernonia appendiculata</i> , <i>Terminalia</i> sp., <i>Combretum</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, spore 1, Indéterminé 1
LF 2	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Psiadia altissima</i> , <i>Coffea</i> sp.	<i>Citrus aurantium</i> , <i>Kaliphora madagascariensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Philippia</i> sp., <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Ipomoea</i> sp., <i>Terminalia</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, ACANTHACEAE, Indéterminé 1

Echantillons	Pollens dominants (Fréquence > 45%)	Pollens d'accompagnement (16 ≤ Fréquence ≤ 45%)	Pollens isolés importants (3 ≤ Fréquence < 16%)	Pollens isolés (Fréquence < 3%)
LF 3		<i>Mimosa pudica</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Grevillea banksii</i>	<i>Macaranga cuspidata</i> , RUTACEAE 1	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Acalypha</i> sp., <i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Asteropeia</i> sp., MYRTACEAE 2, spore 3
LF 4		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Mimosa pudica</i>		<i>Coffea</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Syzygium</i> sp., cf. <i>Ageratum conyzoides</i> , cf. <i>Sterculia</i> sp., <i>Carica papaya</i> , cf. <i>Bridelia pervilleana</i> , MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, LAMIACEAE, spore 1, Indéterminé 1
LF 5		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Mimosa pudica</i>		<i>Psiadia altissima</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Coffea</i> sp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., <i>Harungana madagascariensis</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Polygonum</i> sp., <i>Macaranga</i> sp., <i>Brachylaena</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., cf. <i>Cucumis</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, ACANTHACEAE
LF 6		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Mimosa pudica</i>	<i>Psiadia altissima</i>	<i>Citrus aurantium</i> , <i>Kaliphora madagascariensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Bidens pilosa</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., <i>Harungana madagascariensis</i> , <i>Helichrysum</i> sp., <i>Combretum</i> sp., <i>Macaranga</i> sp., cf. <i>Cassia</i> sp., ANACARDIACEAE 1, POACEAE 1, LAMIACEAE, ASTERACEAE 2, LOGANIACEAE, spore 1
LF 7	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Mimosa pudica</i> , ANACARDIACEAE 1	<i>Psiadia altissima</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Vernonia appendiculata</i> , <i>Macaranga</i> sp., <i>Terminalia</i> sp., <i>Combretum</i> sp., cf. <i>Sterculia</i> sp., cf. <i>Dumasia</i> sp., MYRTACEAE 2, spore 1, spore 2
LF 8	<i>Litchi chinensis</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Psiadia altissima</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Trema orientalis</i> , <i>Alberta minor</i> , <i>Macaranga</i> sp., cf. <i>Bridelia pervilleana</i> , cf. <i>Adenium</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, ACANTHACEAE, ASTERACEAE 2, ROSACEAE, spore 1, spore 2

Echantillons	Pollens dominants (Fréquence > 45%)	Pollens d'accompagnement (16 ≤ Fréquence ≤ 45%)	Pollens isolés importants (3 ≤ Fréquence < 16%)	Pollens isolés (Fréquence < 3%)
LF 9		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Mimosa pudica</i>	ANACARDIACEAE 1	<i>Psiadia altissima</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Acalypha</i> sp., <i>Syzygium</i> sp., <i>Harungana madagascariensis</i> , <i>Trema orientalis</i> , cf. <i>Adenium</i> sp., cf. <i>Cassia</i> sp., cf. <i>Cynodon</i> sp., ACANTHACEAE, ROSACEAE, spore 1, spore 2, Indéterminé 1
LF 10		<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i>	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Citrus aurantium</i> , <i>Kaliphora madagascariensis</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Philippia</i> sp., <i>Grevillea banksii</i> , <i>Acalypha</i> sp., <i>Grewia</i> sp., <i>Leptolaena multiflora</i> , <i>Myrica</i> sp., <i>Macaranga</i> sp., <i>Asteropeia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, ACANTHACEAE, LAMIACEAE, EUPHORBIACEAE 1, ROSACEAE, spore 1, spore 2, spore 3, Indéterminé 1
LF 11	<i>Litchi chinensis</i>		<i>Macaranga cuspidata</i> , <i>Mimosa pudica</i> , ANACARDIACEAE 1	<i>Psiadia altissima</i> , <i>Coffea</i> sp., <i>Elaeis guineensis</i> , <i>Grevillea banksii</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Harungana madagascariensis</i> , <i>Rhus tarantana</i> , <i>Combretum</i> sp., MYRTACEAE 2, LAMIACEAE, EUPHORBIACEAE 1, ASTERACEAE 2, spore 1
LF 12	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Litchi chinensis</i> , <i>Macaranga cuspidata</i>		<i>Psiadia altissima</i> , <i>Citrus aurantium</i> , <i>Melaleuca quinquenervia</i> , <i>Dombeya</i> sp., <i>Coffea</i> sp., <i>Cocos nucifera</i> , <i>Weinmannia</i> sp., <i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Syzygium</i> sp., <i>Harungana madagascariensis</i> , <i>Macaranga</i> sp., <i>Dalbergia</i> sp., MYRTACEAE 2, ANACARDIACEAE 1, LAMIACEAE, spore 1

Annexe 10 : Fréquence d'apparition des taxons par rapport aux échantillons étudiés

n°	Taxons	Familles	Nombre d'échantillons	Fréquence d'apparition (%)
1	<i>Litchi chinensis</i>	SAPINDACEAE	31	100
2	<i>Macaranga cuspidata</i>	EUPHORBIACEAE	31	100
3	<i>Mimosa pudica</i>	FABACEAE	28	90,32
4	<i>Elaeis guineensis</i>	ARECACEAE	28	90,32
5	<i>Coffea</i> sp.	RUBIACEAE	27	87,10
6	MYRTACEAE 2	MYRTACEAE	26	83,87
7	ANACARDIACEAE 1	ANACARDIACEAE	24	77,42
8	<i>Psiadia altissima</i>	ASTERACEAE	21	67,74
9	<i>Citrus aurantium</i>	RUTACEAE	20	64,52
10	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	MYRTACEAE	19	61,29
11	<i>Grevillea banksii</i>	PROTEACEAE	18	58,06
12	<i>Syzygium</i> sp.	MYRTACEAE	16	51,61
13	spore 1	–	16	51,61
14	spore 2	–	15	48,39
15	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	MYRTACEAE	14	45,16
16	<i>Dombeya</i> sp.	MALVACEAE	14	45,16
17	cf. <i>Sterculia</i> sp.	MALVACEAE	14	45,16
18	<i>Cocos nucifera</i>	ARECACEAE	11	35,48
19	<i>Trema orientalis</i>	ULMACEAE	11	35,48
20	LAMIACEAE	LAMIACEAE	11	35,48
21	<i>Weinmannia</i> sp.	CUNONIACEAE	10	32,26
22	<i>Eucalyptus robusta</i>	MYRTACEAE	9	29,03
23	cf. <i>Cynodon</i> sp.	POACEAE	9	29,03
24	<i>Acalypha</i> sp.	EUPHORBIACEAE	8	25,81
25	<i>Macaranga</i> sp.	EUPHORBIACEAE	8	25,81
26	<i>Scoparia</i> sp.	SCROPHULARIACEAE	8	25,81
27	Indéterminé 2	–	8	25,81
28	<i>Rhus tarantana</i>	ANACARDIACEAE	7	22,58
29	<i>Carica papaya</i>	CARICACEAE	7	22,58
30	<i>Combretum</i> sp.	COMBRETACEAE	7	22,58
31	<i>Terminalia</i> sp.	COMBRETACEAE	7	22,58
32	EUPHORBIACEAE 1	EUPHORBIACEAE	7	22,58
33	<i>Maesa lanceolata</i>	MYRSINACEAE	7	22,58
34	<i>Taraxacum officinale</i>	ASTERACEAE	6	19,35
35	<i>Bidens pilosa</i>	ASTERACEAE	6	19,35
36	cf. <i>Dumasia</i> sp.	FABACEAE	6	19,35
37	ROSACEAE	ROSACEAE	6	19,35
38	Indéterminé 1	–	6	19,35
39	<i>Vernonia appendiculata</i>	ASTERACEAE	5	16,13
40	<i>Harungana madagascariensis</i>	CLUSIACEAE	5	16,13
41	<i>Kaliphora madagascariensis</i>	MONTINIACEAE	5	16,13
42	ACANTHACEAE	ACANTHACEAE	5	16,13
43	RHAMNACEAE	RHAMNACEAE	5	16,13
44	CELASTRACEAE 1	CELASTRACEAE	5	16,13
45	<i>Helichrysum</i> sp.	ASTERACEAE	4	12,90

n°	Taxons	Familles	Nombre d'échantillons	Fréquence d'apparition (%)
46	LOGANIACEAE	LOGANIACEAE	4	12,90
47	ASTERACEAE 2	ASTERACEAE	3	9,68
48	<i>Asteropeia</i> sp.	ASTEROPEIACEAE	3	9,68
49	<i>Brexia madagascariensis</i>	CELASTRACEAE	3	9,68
50	<i>Dalbergia</i> sp.	FABACEAE	3	9,68
51	<i>Alberta minor</i>	RUBIACEAE	3	9,68
52	cf. <i>Catharanthus</i> sp.	APOCYNACEAE	2	6,45
53	cf. <i>Adenium</i> sp.	APOCYNACEAE	2	6,45
54	cf. <i>Ageratum conyzoides</i>	ASTERACEAE	2	6,45
55	cf. <i>Cucumis</i> sp.	CUCURBITACEAE	2	6,45
56	<i>Cyperus</i> sp.	CYPERACEAE	2	6,45
57	<i>Philippia</i> sp.	ERICACEAE	2	6,45
58	cf. <i>Cassia</i> sp.	FABACEAE	2	6,45
59	cf. <i>Oncostemon</i> sp.	MYRSINACEAE	2	6,45
60	cf. <i>Bridelia pervilleana</i>	PHYLLANTHACEAE	2	6,45
61	<i>Panicum</i> sp.	POACEAE	2	6,45
62	<i>Polygonum</i> sp.	POLYGONACEAE	2	6,45
63	RUBIACEAE 1	RUBIACEAE	2	6,45
64	spore 3	–	2	6,45
65	<i>Aphloia theiformis</i>	APHLOIACEAE	1	3,23
66	cf. <i>Rauvolfia concolor</i>	APOCYNACEAE	1	3,23
67	<i>Brachylaena</i> sp.	ASTERACEAE	1	3,23
68	ASTERACEAE 1	ASTERACEAE	1	3,23
69	BIGNONIACEAE	BIGNONIACEAE	1	3,23
70	cf. <i>Brassica</i> sp.	BRASSICACEAE	1	3,23
71	CAPPARIDACEAE	CAPPARIDACEAE	1	3,23
72	<i>Ipomoea</i> sp.	CONVOLVULACEAE	1	3,23
73	cf. <i>Acacia</i> sp.	FABACEAE	1	3,23
74	<i>Bakerella hoyifolia</i>	LORANTHACEAE	1	3,23
75	cf. <i>Nesogordia</i> sp.	MALVACEAE	1	3,23
76	<i>Grewia</i> sp.	MALVACEAE	1	3,23
77	<i>Ficus</i> sp.	MORACEAE	1	3,23
78	<i>Myrica</i> sp.	MYRICACEAE	1	3,23
79	cf. <i>Eugenia</i> sp.	MYRTACEAE	1	3,23
80	MYRTACEAE 1	MYRTACEAE	1	3,23
81	POACEAE	POACEAE	1	3,23
82	RUTACEAE	RUTACEAE	1	3,23
83	<i>Leptolaena multiflora</i>	SARCOLAENACEAE	1	3,23
84	<i>Celtis</i> sp.	ULMACEAE	1	3,23

PLANCHES
PHOTOGRAPHIQUES

ARECACEAE

Cocos nucifera

14 : vue polaire

15 : vue polaire sur le sillon

Elaeis guineensis

10 : vue polaire

11 : vue polaire montrant l'ornementation

ASTERACEAE

Psiadia altissima

8 : vue polaire en coupe optique

9 : vue équatoriale en coupe optique

CUNONIACEAE

Weinmannia sp.

1 : vue polaire

2 : vue équatoriale

EUPHORBIACEAE

Macaranga cuspidata

5 : vue polaire

6 : vue équatoriale en coupe optique

7 : vue équatoriale en surface montrant l'aperture

FABACEAE

Mimosa pudica

3 - 4 : vue de la tétrade

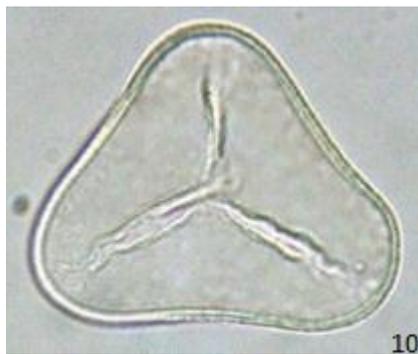
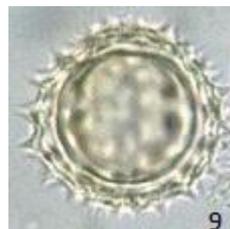
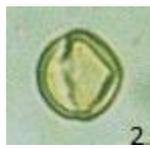
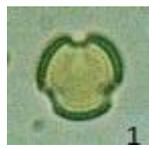
MALVACEAE

Dombeya sp.

12 : vue polaire en coupe optique

13 : vue en surface sur les épines

PLANCHE I



PROTEACEAE

Grevillea banksii

- 23: vue équatoriale sur l'aperture
- 24: vue équatoriale sur l'intercolpium
- 25 : vue polaire en coupe optique

RUBIACEAE

Coffea sp.

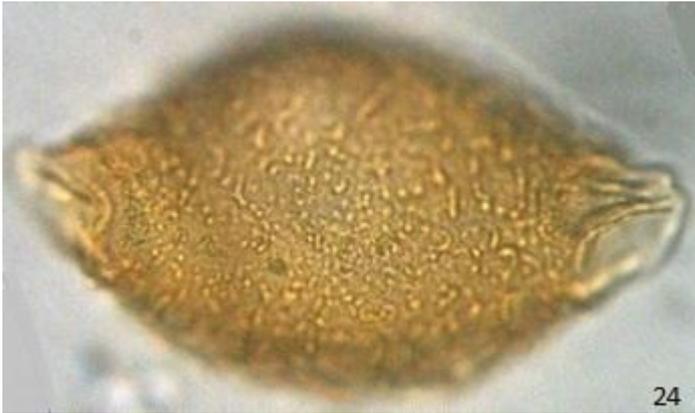
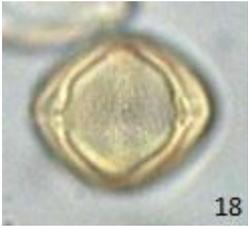
- 20: vue équatoriale en surface sur l'intercolpium
- 21: vue équatoriale en coupe optique
- 22 : vue équatoriale sur l'aperture

SAPINDACEAE

Litchi chinensis

- 16 : vue polaire en surface
- 17 : vue polaire en coupe optique
- 18 : vue équatoriale montrant l'ornementation
- 19 : vue équatoriale montrant l'aperture

PLANCHE II



Title: POLLEN ANALYSIS FOR THE CREATION OF COMMERCIAL REFERENCES
FOR MALAGASY HONEY: CASE OF LITCHI HONEY.

Author: ANDRY MISANDRATRA Henintsoa

Supervisor: Dr. RAMAMONJISOA RALALAHARISOA Z.

SUMMARY

Quantitative and qualitative pollen analysis and physico-chemical analysis were done on presumed malagasy litchi honey for the creation of commercial references, to verify their floral origin and to characterize geographical provenance.

The qualitative pollen analysis showed the presence of 84 pollen types, belonging to 60 genera and 42 families of plants. The relative frequency of *Litchi chinensis* pollen's honeys were ranged from 0.37 to 71.20%. Among 31 samples of presumed litchi honey, 9 samples were with dominance of *Litchi chinensis* pollen, 13 samples with pollen of *Macaranga cuspidate*, 1 sample with *Mimosa pudica* pollen while 8 samples were without dominant pollen. Some pollen were considered as overrepresented. Results of quantitative pollen analysis showed that most of samples belonged to MAURIZIO class II (20 000 to 100 000 pollens per 10g of honey) or class III (100 000 to 500 000 pollens per 10g). 13 pollen types in which *Litchi chinensis* and *Macaranga cuspidata* were indicated geographical origin of honeys.

The physico-chemical analysis provided globally data in accordance with existing standards. Referential data about pollen and physico-chemical properties were proposed for Malagasy litchi honeys.

Keywords: Floral origin - Geographical provenance - Litchi honey - Madagascar - Physico-chemical analysis – Pollen analysis.

Titre : ANALYSES POLLINIQUES EN VUE DE LA CREATION DES REFERENTIELS COMMERCIAUX DES MIELS MALGACHES : CAS DES MIELS DE LITCHI.

Auteur : ANDRY MISANDRATRA Henintsoa

Encadreur : Dr. RAMAMONJISOA RALALAHARISOA Z.

RESUME

Des analyses polliniques qualitative et quantitative et des analyses physico-chimiques ont été entreprises en vue de la création des référentiels commerciaux pour les miels de litchi de Madagascar, de vérifier leur origine florale et de caractériser leur provenance géographique.

L'analyse pollinique qualitative a révélé la présence de 84 types polliniques répartis dans 60 genres et 42 familles de plante. La fréquence relative en pollens de *Litchi chinensis* des miels ont varié entre 0,37% et 71,20%. Parmi 31 échantillons de miels présumés de litchi, 9 échantillons sont à dominance du pollen de *Litchi chinensis*, 13 échantillons sont à dominance du pollen de *Macaranga cuspidata*, 1 échantillon à dominance du pollen de *Mimosa pudica* tandis que 8 échantillons sont sans dominance d'un pollen particulier. Certains pollens ont été considérés comme surreprésentés. L'analyse pollinique quantitative a montré que la plupart des échantillons étudiés appartiennent à la classe II (20 000 à 100 000 pollens/10g de miel) et à la classe III (100 000 à 500 000 pollens /10g de miel) de MAURIZIO. Une association de 13 types polliniques, dont *Litchi chinensis* et *Macaranga cuspidata*, est considérée comme indicatrice de l'origine géographique.

Les analyses physico-chimiques ont donné des valeurs globalement conformes aux normes existantes. Des valeurs référentielles polliniques et physico-chimiques ont été proposées pour les miels de litchi de Madagascar.

Mots clés : Analyses physico-chimiques - Analyses polliniques – Madagascar - Miels de litchi - Origine florale – Provenance géographique.