UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

# Etude de quelques paramètres qualitatifs des miels produits dans la région de Bugesera

**MIRUKIRO, Chanice Obella; Sous la direction de : Pr. Séverin SINDAYIKENGERA**

**2023**
UB, FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1023

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

**UNIVERSITE DU BURUNDI**

**FACULTE D'AGRONOMIE ET DE BIO-INGENIERIE**
**DEPARTEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE DES ALIMENTS**

# ETUDE DE QUELQUES PARAMETRES QUALITATIFS DES MIELS PRODUITS DANS LA REGION DE BUGESERA

**Par**
**Chanice Obella MIRUKIRO**

**Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences et Technologie des Aliments.**

**Option : Technologie post-récolte**

**Sous la direction de :**

**Pr. Séverin SINDAYIKENGERA**

**Bujumbura, Février 2023**

**IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY**

Président du jury : Pr. Pascal KAKANA

Secrétaire du jury : Doctorant Vincent NTEZIRYAYO

Membre du jury : Pr. Séverin SINDAYIKENGERA

## DEDICACE

Je tiens à dédier ce travail à tous ceux qui m'ont encouragée pour continuer mon chemin universitaire :

- A mes parents qui m'ont quittée tôt ;
- A la famille Gamaliel Ndayishimiye ;
- A la famille Thaddée Siryuyumunsi ;
- A ma fille, mes neveux et nièces ;
- A ma grande sœur et mon beau-frère ;
- A mes frères ;
- A mes chers cousins et cousines.

## REMERCIEMENTS

La présentation de ce travail est pour moi une occasion d'exprimer mes sentiments de gratitude à toutes les personnes sans le concours desquelles ce travail n'aurait certainement pas pu être mené à terme.

Ma respectueuse reconnaissance est adressée à Monsieur Séverin Sindayikengera,
Directeur de ce mémoire, professeur et chercheur à la Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie pour avoir accepté la direction de ce travail.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous les enseignants de l'Université du Burundi, en particulier ceux de la FABI, Département des Sciences et Technologie des Aliments et plus précisément ceux du cycle de maitrise.

Merci aux techniciens du laboratoire de chimie du Bureau Burundais de Normalisation avec qui j'ai pris plaisir à travailler. Ils m'ont guidée dans les différents travaux d'analyse et de documentation.

Merci au personnel du Bureau Provincial de l'Environnement, Agriculture et Elevage des provinces Kirundo et Muyinga pour leur accueil lors de nos déplacements, leur connaissance de la région ainsi que leurs contacts.

Merci aux apiculteurs pour les échanges que nous avons eus, pour leur passion de l'apiculture qu'ils transmettent avec plaisir.

Merci à tous les dégustateurs pour leur participation active. Leur travail a été d'une grande importance.

Mes vifs remerciements s'adressent enfin à toute la famille, mes amis, camarades et connaissances qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

Chanice Obella MIRUKIRO

## RESUME

La filière apicole burundaise est encore à la phase de croissance. Les apiculteurs ne sont pas informés sur les bonnes pratiques et techniques apicoles, les mielleries ne possèdent pas de laboratoires d'analyse appropriés et la traçabilité des miels du Burundi n'est pas possible.

Notre travail de fin d'études intitulé « Etude de quelques paramètres qualitatifs des miels produits dans la région de Bugesera » a pour objet d'identifier les facteurs influençant la qualité des miels produits au Burundi en général et dans la région naturelle de Bugesera en particulier afin de garantir leur qualité qui est essentielle auprès du consommateur.

Nous avons caractérisé huit échantillons de miels de huit communes composantes de la région naturelle de Bugesera. Une enquête a été réalisée dans la région, les analyses physicochimiques ont été faites au laboratoire du BBN et l'analyse sensorielle des miels a été effectuée par un jury composé de dix-huit dégustateurs en utilisant la méthode descriptive.

Les résultats de l'enquête ont permis d'identifier les apiculteurs de la région, la caractérisation des pratiques apicoles au sein des ruchers, la caractérisation des techniques de récolte ainsi que les opérations post-récolte.

Les résultats des analyses physicochimiques montrent une variabilité des paramètres étudiés. La valeur de l'indice de réfraction est comprise entre 1.47 et 1.49 nm ; le degré Brix entre 79.53 et 80.01% ; le taux des matières insolubles entre 0.43 et 0.49% ; le taux des cendres totales entre 0.43 et 0.64% ; l'humidité relative entre 18.02 et 18.29% ; la conductivité électrique entre 0.136 et 0.138 $mS.cm^{-1}$ ; le pH entre 4.1 et 4.2; le taux de l'acidité totale entre 0.10 et 0.12%; la densité relative entre 1.40 et 1.41 $g.cm^{3}$ et le test de Fieche est négatif pour tous les miels analysés. Ces résultats montrent que les miels produits dans la région de Bugesera sont des miels polyfloraux et sont des mélanges du nectar et du miellat.

Les résultats de l'analyse sensorielle révèlent la note donnée par les dégustateurs. Les miels de Bugabira, Busoni, Bwambarangwe, Gitobe, Giteranyi, Ntega et Vumbi ont eu une note très bonne tandis que les miels de Kirundo ont eu une note bonne. Ces résultats montrent que les propriétés sensorielles de ces miels ont été appréciées par les dégustateurs.

L'environnement du rucher, les pratiques apicoles, la biodiversité florale, les techniques de récolte et les opérations post-récolte affectent la qualité des miels de la région de Bugesera.

**SUMMARY**

The Burundian beekeeping sector is still in the growth phase. Beekeepers are not informed about good beekeeping practices and techniques; honey houses do not have appropriate analysis laboratories and the traceability of honey is not possible.

Our graduation work entitled "Study of some qualitative parameters of honey produced in the Bugesera region" aims to identify the factors influencing the quality of honey produced in Burundi in general and in the natural region of Bugesera in particular in order to guarantee their quality, which is becoming essential for the consumer.

We characterized eight samples of honey from eight component municipalities of the natural region of Bugesera. A survey with a questionnaire was carried out in the Bugesera region, physicochemical analyzes were carried out in the BBN laboratory and the sensory analysis was carried out by a jury composed of eighteen tasters using the descriptive method.

The results of the survey allowed the identification of beekeepers, the characterization of beekeeping practices within apiaries, the characterization of harvesting techniques as well as the post-harvest operations carried out by beekeepers.

The results of the physicochemical analyzes show a variability of the parameters. The value of the refractive index is between 1.47 and 1.49 nm ; the Brix degree between 79.53 and 80.01%; the rate of insoluble matter between 0.43 and 0.49% ; the ash content totals between 0.43 and 0.64% ; relative humidity between 18.02 and 18.29% ; electrical conductivity between 0.136 and 0.138 mS.cm-1 ; the pH between 4.1 and 4.2; the rate of total acidity between 0.10 and 0.12%; the relative density between 1.40 and 1.41 $g.cm^3$ and the Fieche test is negative for all the honeys analyzed. These results show that the honeys produced in the Bugesera region are polyfloral honeys and are mixtures of nectar and honeydew.

The results of the sensory analysis reveal the score given by the tasters. the honeys of Bugabira, Busoni, Bwambarangwe, Gitobe, Giteranyi, Ntega and Vumbi had a very good mark while the honeys of Kirundo had a good mark. These results show that the sensory properties of these honeys were appreciated by the tasters.

The environment of the apiary, beekeeping practices, floral biodiversity, harvesting techniques and post-harvest operations affect the quality of honey from the Bugesera region.

**TABLE DES MATIERES**

**IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY** ..... **i**

**DEDICACE** ..... **ii**

**REMERCIEMENTS** ..... **iii**

**RESUME** ..... **iv**

**SUMMARY** ..... **v**

**TABLE DES MATIERES** ..... **v**

**LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES** ..... **viii**

**SIGLES ET ABREVIATIONS** ..... **ix**

**AVANT-PROPOS** ..... **x**

**INTRODUCTION** ..... **1**

**CHAP I. GENERALITES** ..... **2**

I .1. Abeille ..... 2

I.2. Miel ..... 2

I.2.1. Différents types de miel ..... 3

I.2.2. Elaboration du miel ..... 4

I.2.3. Mécanisme de transformation du miel ..... 4

I.2.4. Composition chimique du miel ..... 5

I.2.5. Propriétés du miel ..... 7

**CHAP II. MATERIEL ET METHODES** ..... **9**

II.1. MATERIEL ..... 9

II.1.1. Présentation de la zone d'étude ..... 9

II.1.2. Matériel utilisé sur terrain ..... 11

II.1. 3. Matériel utilisé pour l'analyse des paramètres physico-chimiques ..... 12

II.1.4. Matériel utilisé pour l'analyse sensorielle ..... 12

II.2. METHODES ..... 13

II.2.1. Enquête ..... 13

II.2.2. Echantillonnage des miels ..... 13
II.2.3. Méthodes utilisées pour l'analyse des paramètres physicochimiques ..... 14
II.2.4. Méthodes utilisées pour l'analyse sensorielle ..... 17
**CHAP III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS ..... 19**
III.1. Résultat de l'enquête ..... 19
III.1.1. Identification des apiculteurs ..... 19
III.1.2. Caractérisation des pratiques apicoles ..... 20
III.2. Résultats des analyses physicochimiques ..... 25
III.2.1. Analyse descriptive des résultats ..... 25
III.2.2. Analyses comparatives des résultats ..... 28
III.3. Résultat des analyses sensorielles ..... 32
III.3.1. Miel de Bugabira ..... 32
III.3.2. Miel de Busoni ..... 33
III.3.3. Miel de Bwambarangwe ..... 33
III.3.4. Miel de Gitobe ..... 34
III.3.5. Miel de Giteranyi ..... 35
III.3.6. Miel de Kirundo ..... 36
III.3.7. Miel de Ntega ..... 37
III.3.8. Miel de Vumbi ..... 38
III.3.9. Note générale des miels de la région de Bugesera ..... 39
**CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS ..... 42**
Conclusion ..... 42
Recommandations ..... 43
**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 44**
**ANNEXES ..... 49**

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Nombre total d'apiculteurs par commune.....19

Tableau 2 : Critères d'installation d'un rucher .....20

Tableau 3 : Méthode d'attraction des abeilles.....21

Tableau 4 : Méthodes de lutter contre les maladies .....22

Tableau 5 : Résultat des analyses physicochimiques des miels pour chaque commune .....26

Tableau 6 : Exigence spécifique pour le miel .....29

Tableau 7 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Bugabira.....32

Tableau 8 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Busoni .....33

Tableau 9 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Bwambarangwe .....34

Tableau 10 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Gitobe.....35

Tableau 11 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Giteranyi .....36

Tableau 12 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Kirundo .....37

Tableau 13 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Ntega.....38

Tableau 14 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Vumbi .....39

Figure 1 : Processus de récolte du miel.....23

Figure 2 : Note du goût général des miels de la région de Bugesera .....41

## SIGLES ET ABREVIATIONS

UB : Université du Burundi

FABI : Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie

STA : Sciences et Technologie des Aliments

BPEAE : Bureau Provincial de l'Environnement, Agriculture et Elevage

BBN : Bureau Burundais de Normalisation et de contrôle de la qualité

EAC : East African Community

EAS : East African Standard

pH : potentiel d'hydrogène

IR : indice de réfraction

CE : conductivité électrique

CT : cendres totales

HR : humidité relative

HMF : hydroxyméthylfurfural

MI : matières insolubles

mS : millisiemens

## AVANT-PROPOS

Au Burundi, l'apiculture est un métier peu ou mal connu alors que les abeilles présentent une importance capitale.

L'abeille est un insecte indispensable à la conservation des écosystèmes en participant activement à la pollinisation des plantes. Elle est essentielle à la reproduction des espèces végétales, à la protection des forêts et des zones boisées. Elle joue un second rôle dans la production du miel. Le miel est une substance naturelle sucrée produite par les abeilles à partir du miellat ou du nectar des fleurs. Il possède des vertus pour la santé de l'homme telles que nutritionnelles, thérapeutiques et pharmacologiques. En industrie agroalimentaire, le miel est un édulcorant utilisé dans la fabrication de nombreux produits alimentaires.

Plusieurs facteurs affectent la qualité du miel partant de la production jusqu'au stockage. Le présent travail de recherche fait la synthèse sur le processus de production des miels de la région de Bugesera, ses propriétés physicochimiques et sensorielles dans l'optique de contribuer à la valorisation des miels du Burundi en se référant aux normes et à la législation. La région de Bugesera a été choisie pour des raisons productives du miel. Elle compte un grand nombre d'apiculteurs œuvrant dans toutes les communes de la région.

La filière apicole burundaise est à la phase de développement. Elle doit être structurée et organisée afin d'être développée. Il est nécessaire de mieux connaître la filière, les apiculteurs et leurs pratiques apicoles.

## INTRODUCTION

Le miel est la première chose à laquelle nous pensons lorsque l'on évoque les abeilles. Il est récolté par un apiculteur qui élève les abeilles dans une ruche. Néanmoins, il existe d'autres produits de la ruche comme le pollen, la cire, la propolis et la gelée royale (Hoyet, 2005).

Dans la région naturelle de Bugesera, le domaine apicole est encore à la phase embryonnaire. La plupart des apiculteurs ne sont pas professionnels et cela pour de multiples raisons. D'une part, ils ne sont pas équipés en matériel afin de professionnaliser leur métier. D'autre part, ils ne sont pas informés sur les techniques apicoles, lesquelles permettent de récolter les produits de la ruche de bonne qualité. Certains apiculteurs utilisent des ruches à cadres, d'autres utilisent des ruches traditionnelles. Les mielleries existantes sont des unités de transformation ne possédant pas de laboratoires d'analyse. De cela, les techniques de production et les opérations post-récolte du miel ne sont pas contrôlées.

Ce travail de recherche intitulé « Etude de quelques paramètres qualitatifs des miels produits dans la région de Bugesera » a pour objectif principal de caractériser les paramètres en relation avec la qualité des miels produits dans la région naturelle de Bugesera. La valorisation des miels est essentielle pour la survie de la filière apicole burundaise.

Les objectifs spécifiques sont la caractérisation des pratiques apicoles, la caractérisation des techniques post-récolte du miel et des risques pour limiter les modifications des caractéristiques du miel dues à la gestion des ruchers et aux processus de transformation, la meilleure connaissance de la flore butinée par l'abeille ainsi que la connaissance des paramètres physicochimiques et sensoriels des miels de cette région. Ce travail va apporter une contribution à l'étude des paramètres qualitatifs des miels produits au Burundi en général, et en région de Bugesera en particulier.

Notre travail de recherche, en plus d'une introduction générale, s'articule principalement en trois chapitres. Le premier chapitre parle des généralités sur l'abeille et le miel. Le deuxième chapitre montre le matériel et les méthodes utilisées pour mener à bien cette étude. Le troisième chapitre concerne la présentation et l'interprétation des résultats obtenus. Le travail est clôturé par une conclusion et quelques recommandations.

# CHAP I. GENERALITES

## I .1. Abeille

L'abeille, insecte social, est née il y a plus de cent millions d'années. Associée à l'image du miel, elle a toujours fasciné les hommes qui ont progressivement appris à l'élever, à l'entretenir et à la soigner. C'est *Apis mellifera* qui est l'espèce la plus intéressante en apiculture (Clémence, 2005). *Apis mellifera*, initialement répartie sur les continents européen et africain, est répandue par l'homme dans le monde entier. L'espèce *Apis mellifera* comporte une vingtaine de races ou sous-espèces appartenant à des groupes correspondant à des aires géographiques (Elodie, 2013).

Le terme « abeille domestique » est un nom usuel d'*Apis mellifera* mais il peut être utilisé pour toutes les abeilles sociales élevées par l'homme, en opposition aux abeilles sauvages. Les abeilles solitaires, au contraire des abeilles sociales, ne fondent pas de colonies pluriannuelles, mais, au mieux, des nids durant une saison, le temps que leur descendance devienne autonome. Elles nidifient dans les tiges des plantes, des galeries creusées dans le bois ou la terre (Mélanie, 2014).

Les abeilles possèdent une organisation fascinante. Elles s'organisent en colonie pour effectuer plusieurs tâches dans la ruche. Selon leur morphologie et leur rôle, trois castes structurent la société des abeilles. Il s'agit d'une reine, des ouvrières et des faux bourdons et ils produisent tous des odeurs particulières. La reine a un rôle essentiel de renouveler la population grâce à sa fertilité hors du commun. Les ouvrières sont les femelles qui construisent l'habitat et produisent le miel. Les faux bourdons ont le rôle de féconder une nouvelle reine, assurant ainsi un brassage génétique (Romain, 2012).

## I.2. Miel

La connaissance et l'utilisation du miel remontent aux temps les plus reculés de l'histoire de l'homme. Avant l'apparition du sucre de canne, le miel était la seule substance sucrée disponible pour les préparations culinaires. On lui reconnaît depuis la plus haute Antiquité des propriétés médicinales, préventives et curatives qui ont été longtemps utilisées empiriquement. Les égyptiens, connaissaient bien le miel dont ils se servaient, mélangé à la propolis pour embaumer leurs morts et les empêcher de se putréfier. Ils l'utilisaient également pour panser les blessures et pour soigner les yeux. Lors des jeux olympiques, les athlètes buvaient de l'eau miellée pour retrouver rapidement la force (Clémence, 2005).

Le miel symbolise la fécondité et la richesse dans de nombreuses cultures. Chez les grecs, le miel représentait l'éloquence. Dans la tradition chrétienne, la terre promise est un « pays ruisselant de lait et de miel ». Dans la tradition musulmane aussi, des fleuves de miel coulent au paradis (Lefief Delcourt, 2010 ; Laudine 2010).

Au Burundi, à la fin de l'année quand nous nous souhaitons les meilleurs vœux du nouvel an, nous disons « Que cette année vous soit une année de lait et de miel, de paix et de sécurité ». Sous la monarchie, l'apiculture trouvait son importance capitale pendant la fête des semailles où le miel et l'hydromel provenaient de tous les coins du pays (Ndacayisaba, 2011).

Le miel, par définition du Codex Alimentarius 1999, est une substance sucrée naturelle produite par les abeilles à partir du nectar des plantes ou à partir des sécrétions de parties vivantes de plantes, ou d'excrétions d'insectes qui sucent les parties vivantes des plantes et que les abeilles récoltent et transforment en les combinant à des substances spécifiques qu'elles produisent, déposent, déshydratent, stockent et font mûrir dans les rayons à miel.

Le miel a une importance capitale dans de multiples domaines. En cosmétologie, de nombreux laboratoires utilisent le miel pour la fabrication de savons, de crèmes, de masques, etc. En pharmacopée, le miel est utilisé soit à l'état pur soit mêlé à d'autres produits et sert de remède contre certaines infections respiratoires, brûlures, etc. En industrie agroalimentaire, le miel occupe une place très importante dans la fabrication et transformation de nombreux produits alimentaires (Ngezahayo, 2003).

### I.2.1. Différents types de miel

Il existe deux catégories de miels : les miels monofloraux et les miels polyfloraux. Les miels monofloraux sont élaborés à partir du nectar ou du miellat provenant d'une seule espèce végétale. Ils sont difficiles à obtenir car pour que les abeilles s'intéressent à une variété en particulier, il faut que sa floraison soit localisée sur une étendue suffisante (Elodie, 2013).

Les miels polyfloraux sont élaborés à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs espèces végétales. Il est fréquent que les abeilles d'une même ruche visitent plusieurs espèces végétales différentes fleurissant dans leur secteur de butinage. Il résulte que les miels peuvent être définis, associés à des facteurs physicochimiques ou organoleptiques (Donnadieu, 1978).

Les miels polyfloraux sont, en règle générale, désignés soit par leur origine géographique soit par un type de paysage floral. Cette désignation indique soit l'aire de production (région, province, département, etc.), soit un type de paysage faisant référence à une flore identifiée afin de valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur caractère dominant (Benkhaddra et Ghadbane, 2014).

### I.2.2. Elaboration du miel

#### I.2.2.1. Miel de nectar

Le nectar est produit par des organes propres aux végétaux, les nectaires. Les nectaires sont généralement situés au fond de la corolle des fleurs. Pour y accéder, la butineuse pénètre dans la fleur et allonge sa langue. Lorsque son jabot est rempli, elle rentre à la ruche où elle transfère le nectar prédigéré aux ouvrières ; cet échange s'appelle trophallaxie (Clémence, 2005).

#### I.2.2.2. Miel de miellat

Le miellat est un produit sucré élaboré par divers insectes à partir de la sève des végétaux et dont se nourrissent certaines abeilles et fourmis. Les insectes producteurs de miellat sont tous des insectes qui possèdent des pièces buccales leur permettant de piquer les tissus végétaux pour en prélever la sève. Celle-ci passe dans le tube digestif de l'insecte où elle est transformée en miellat qui est ensuite excrété par l'anus. Les plantes hôtes de ces insectes sont surtout des arbres forestiers ou d'ornementation. Les butineuses recueillent le miellat par léchage et remplissent progressivement leur jabot avant de regagner la ruche (Elodie 2013).

### I.2.3. Mécanisme de transformation du miel

Plusieurs transformations entrent en jeu dès le butinage jusqu'à l'obtention du miel. L'auteur Clémence Hoyet décrit le processus de transformation : Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà dans le jabot de la butineuse où diverses enzymes entrent en action. Les principales enzymes sont la diastase qui permet de modifier l'amidon ; l'invertase qui divise le saccharose en glucose et en fructose ; la glucose-oxydase qui, à partir du glucose, produit de l'acide gluconique et du peroxyde d'hydrogène.

Au fil des échanges entre les abeilles, la composition du miel évolue : des sucres se scindent, d'autres s'assemblent afin de former de nouveaux sucres plus complexes. Les ouvrières complètent ainsi la transformation commencée dans le jabot de la butineuse. Quand la butineuse arrive à la

ruche, la teneur en eau du nectar est supérieure à 50%. Le miel va être déshydraté par les ouvrières. Quand la concentration en eau atteint 40 à 50%, elles entreposent le miel dans les cellules. Les abeilles ventilent également la ruche : elles font rentrer de l'air extérieur que la colonie va chauffer à plus de 30°C et de ce fait, le miel va s'assécher. L'air chaud, chargé de l'humidité excessive du miel, est rejeté vers le milieu extérieur. La teneur en eau du miel doit ainsi être abaissée jusqu'à atteindre environ 18%. La cellule est alors fermée avec un opercule de cire qui permet une bonne conservation.

### I.2.4. Composition chimique du miel

La composition chimique du miel est très complexe et cela s'explique par plusieurs causes : transmission d'abeille en abeille, température, ventilation de la ruche, teneur en eau, enzymes de la butineuse, nature de la flore butinée, qualité du sol sur lequel pousse les plantes, état physiologique de la colonie, la race de l'abeille, conditions météorologiques lors de la miellée. Le miel regroupe près de 200 substances différentes (Louveaux ,1959).

Le nectar à l'origine du miel possède une composition différente pour chaque plante. Cette différence, aussi infime soit-elle, se retrouve dans les miels (Beutler, 1953 ; Wykes, 1952).

#### I.2.4.1. Eau

La teneur en eau des miels varie entre 14 et 23%. Cette eau conditionne la qualité et la conservation de celui-ci, car un miel trop épais est difficile à extraire et à conditionner, tandis qu'un miel trop liquide riche en eau risque de fermenter (Benkhaddra et Ghadbane, 2014).

#### I.2.4.2. Glucides

Les glucides constituent la partie la plus importante du miel. Les principaux sucres constitutifs du miel sont le fructose et le glucose. D'autres apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille (Louveaux, 1959). La proportion des différents sucres présents dans le miel est très aléatoire. Les nectars des fleurs sont caractérisés par le rapport saccharose / (glucose + fructose), qui est constant au sein d'une espèce mais varie grandement d'une espèce à l'autre (Adler, 2000).

Les valeurs du saccharose exigées par l'EAS dépendent du type de miels en provenance de leurs ressources mellifères. Les miels qui sont composés de *Medicago sativa, Citrus spp, Robinia pseudoacacia, Hedysarum, Banksia menziesii, Eucalyptus camaldulensis, Eucryphia lucida, Eucryphia milligani* ont une valeur maximale ne dépassant pas 10g/100g de l'échantillon. Les autres miels ne figurant pas sur cette liste doivent avoir une valeur maximale de 5g dans 100g du miel (EAS 36 : 2000).

### I.2.4.3. Acides organiques

Le miel contient des acides variés mais le plus important est l'acide gluconique. On y trouve aussi d'autres acides organiques comme l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, etc. D'autres composés, les lactones, participent également à l'acidité du miel. Leur provenance est diverse : les unes sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions enzymatiques et de fermentation (Clémence, 2005).

Légalement, l'acidité ne doit pas dépasser 50 milliéquivalents par kg et si elle est exprimée en acide gluconique, elle ne doit pas dépasser 0.2% par masse (Laudine, 2010 ; EAS 36 :2000).

### I.2.4.4. Acides aminés et protéines

Ils sont présents en faible quantité dans le miel (0,26%) et la teneur en azote est négligeable, de l'ordre de 0,041%. Ils proviennent du nectar des fleurs, des sécrétions d'abeilles et des grains de pollen.
Il y a surtout des peptones, albumines, globulines, et tous les acides aminés essentiels comme la proline, la glycine, la méthionine, etc. La proline étant le plus abondant des acides aminés du miel, sa quantité donne une indication sur la qualité du miel et elle ne doit pas être inférieure à 183mg⁄kg (Meda et al, 2005).

### I.2.4.5. Sels minéraux

Les matières minérales ou cendres ne sont présentes qu'à un taux de 0,1 à 1%. Pour les miels de miellats, il y a essentiellement le potassium, les sels de calcium, de sodium, de magnésium, de cuivre, de chlore, de manganèse, et une trentaine d'oligo-éléments. Les miels foncés en contiennent plus que les miels clairs. Les taux dépendent des plantes visitées et des types de sols, les plus élevés se retrouvant surtout chez les miels polyfloraux (Blanc, 2010).

### I.2.4.6. Enzymes

Les enzymes proviennent soit du nectar des fleurs, soit des sécrétions salivaires des abeilles. Le miel contient également des enzymes comme la gluco-invertase qui est dominante, l'amylase, la phosphatase, la glucose-oxydase et les diastases (Blanc, 2010).

### I.2.4.7. Vitamines

Le miel contient une quantité infime de vitamines. Les vitamines du groupe B, B1 (la thiamine), B2 (la riboflavine), B3 (acide nicotinique), B5, B6, B9 (l'acide folique) sont apportées par les grains de pollen (Blanc, 2010). Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées que le pH est faible (Rossant, 2011).

### I.2.4.8. Pigments

Le miel contient des pigments comme les caroténoïdes et les flavonoïdes, intéressants sur le plan nutritionnel (Blanc, 2010). Les caroténoïdes sont en général facilement assimilables par l'organisme. Les flavonoïdes, appartenant aux groupes des polyphénols, possèdent des propriétés antioxydantes très intéressantes (Laudine, 2010).

### I.2.4.9. Hydroxyméthylfurfural

L'HMF, substance qui provient de la transformation du fructose en milieu acide, est présente dans les vieux miels ou ceux ayant subi un surchauffage. Le dosage de l'HMF permet de détecter si le miel a été chauffé et donc dénaturé (Gonnet, 1963 ; Deschamps, 1998).

### I.2.4.10. Autres éléments

Outre les composés déjà mentionnés, on peut aussi retrouver dans le miel des spores, des algues unicellulaires, des levures osmotolérantes, et des champignons microscopiques dont l'identification sous microscope permet d'obtenir des renseignements sur l'origine florale et géographique du miel (Clémence, 2005).

### I.2.5. Propriétés du miel

### II.2.5.1. Propriétés nutritives

Le miel, étant composé de sucres simples, il est facilement assimilé par l'organisme : il passe dans le sang très rapidement et la glycémie décroit ensuite lentement. Il est cependant moins calorique

que le sucre, ce qui en fait un aliment apprécié des diététiciens (Gout, 2009). C'est pour cette raison qu'il est conseillé de remplacer dans l'alimentation le sucre par du miel (Ezéchielle et al., 2020).

### I.2.5.2. Propriétés thérapeutiques

Le miel est doué d'un pouvoir bactériostatique important de par sa haute teneur en sucres, son acidité ainsi que sa faible teneur en eau libre et en humidité (Guarch, 2008 ; Chanaud, 2010). Le miel est régulièrement utilisé dans le traitement des plaies (Tomczak, 2010). Lors d'un chauffage prolongé, le miel perd ses propriétés. Il est préférable d'utiliser un miel qui n'a pas été chauffé à plus de 40°C (Gonnet, 1960).

La capacité antioxydante d'un miel résulte de l'activité combinée d'une large gamme de composés naturellement présents, dont les polyphénols qui jouent un rôle significatif. Le miel contient de nombreux polyphénols appartenant à la famille des antioxydants dont la présence, la concentration et le type varient en fonction de l'origine botanique du miel, des conditions climatiques et géographiques. Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir avec les radicaux libres et fournissent ainsi aux cellules de notre organisme une protection. Ils ont également une capacité de contrer le stress oxydatif (Carine, 2014).

# CHAP II. MATERIEL ET METHODES

## II.1. MATERIEL

### II.1.1. Présentation de la zone d'étude

#### II.1.1.1. Situation géographique

L'étude a été menée dans la région naturelle de Bugesera, l'une des régions naturelles du Burundi dont l'Imbo, Kirimiro, Mugamba, Bututsi, Bweru, Moso, Buyenzi, Buragane, Buyogoma, Mumirwa. Nous avons choisi cette région pour des considérations productives du miel. Elle a également été choisie dans l'optique de la contribution à la caractérisation des miels du Burundi.

Le Bugesera est la région du nord-est du pays du Burundi. Elle est entourée par le Rwanda à l'ouest et au nord, par la Tanzanie à l'est, par le Bweru au sud et par le Buyenzi au sud-ouest. Le climat y est chaud avec des pluies irrégulières (Bergen, 1984).

Au Burundi, une partie du Bugesera s'étend sur la province Kirundo avec une petite partie de la province Muyinga. Une autre partie de cette région continue jusqu'au Rwanda.

#### II.1.1.2. Flore de la région de Bugesera

Les facteurs de variation des paramètres physicochimiques et organoleptiques des miels de la région de Bugesera sont dus aux ressources mellifères disponibles pour les abeilles. La flore de la région permet de produire des quantités importantes de nectar et de pollen accessibles aux abeilles.

La phase terrain a permis de mettre en évidence que les ressources mellifères sont soit nectarifères soit pollinifères. Certaines plantes ont été identifiées par les apiculteurs dans toutes les communes et d'autres ont été énumérées selon différentes études qui ont été faites antérieurement dans le but de recenser la flore de la région. Le ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage, dans son document intitulé « Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la dépression de Bugesera 2013-2020 » ainsi que l'article de Bangirinama Frédéric et Dushimirimana Séverin ont permis d'identifier cette biodiversité floristique.

Les principaux sites de la biodiversité de la région de Bugesera comprennent la réserve gérée du lac Rwihinda, la forêt de Murehe et les complexes marécageux et lacustres de Nyavyamo-Akanyaru-Cohoha et Kanzigiri-Rweru-Akagera.

**II.1.1.2.1. Lac Rwihinda**

Des champs de cultures touchent à certains endroits les rives du lac. Quelques îlots de *Cyperus papyrus*, *Typha domingensis* et *Phragmites mauritianus* sont observables en bordure du lac. La mise en défens à certains endroits de la zone côtière d'une zone tampon de 50 m de largeur a permis le développement d'une végétation artificielle à *Leucaena leucocephala*. Au-delà de cette zone tampon dont la protection n'est pas effective, des champs de bananeraies et de sorgho clairsemés de quelques pieds *d'Albizia versicolor et Acacia sieberiana* prennent la relève. Le long de la rivière Nyavyamo persiste une végétation à *Cyperus papyrus* qui constitue un réservoir hydrique important pour l'alimentation du lac. Une végétation naturelle a pu se maintenir sur une petite île « akagwa » située au cœur du lac Rwihinda. En plein lac tout près de la zone côtière de cette île, une végétation flottante à *Nymphea caerulea et N. lotus* annonce la diminution de la profondeur et l'approche des rives. Une végétation d'hélophytes à *Cyperus papyrus, Miscanthidium violaceum* ou *Phragmites mauritianus* constitue par endroit une transition vers la terre ferme. Enfin, des arbres comme *Phoenix reclinata, Olea africana, Markhamia lutea, Bridelia brideliifolia, Alchornea cordifolia, Acacia polyacantha, Maesopsis eminii, Erythrococca bongensis* entrelacés par des lianes comme *Cissus rotundifolia, Asparagus buchananii, Cissus oliveri* constitue une végétation fermée caractéristique de cette île. Bien que naturelle, cette végétation affiche une empreinte d'activités humaines caractérisées par les pieds de *Synadenium grantii, Erythrina abyssinica, Dracaena steudneri, Vernonia amygdaliwna, Cassia didymobotrya et Musa sp*. Le *Lantana camara* qui est une espèce envahissante est présent aux bordures du Lac.

**II.1.1.2.2. Forêt de Murehe**

Les arbustes dominants sont de type *Rappaea europeae, Erythrococca bongensis, Capparis div. Sp*. Quelques rares arbres *d'Acacia sieberana* et *Acacia polyacantha* subsistent dans les champs. La végétation de la forêt de Murehe comporte des savanes densément boisées à *Haplocoelum gallaense* et *Strychnos lucens* localisée sur les flancs et le sommet de colline de Yanza ; des savanes arborées à *Acacia* comprenant des savanes à *Acacia hockii* et des savanes à *Acacia gerrardii* ; des bosquets xérophiles dispersés sur plusieurs collines ; des pelouses xériques rencontrées dans des zones en état

avancé de dégradation et s'intercalant parfois entre les bosquets; des prairies inondables à dominance de *Sporobolus pyramidalis* et situées dans le bas fond de la forêt de Yanza.

**II.1.1.2.3. Lac Rweru**

La bordure du lac Rweru est totalement occupée par des cultures de bananes, de riz, de sorgho, de colocase, de patate douce et de haricot qui atteignent même les eaux du lac. Une végétation de *Cyperus papyrus, Phragmites mauritianus, Aeschynomene elaphroxylon Miscanthidium violaceum et Typha domingensis* occupent quelques lopins de terre impropres à l'agriculture. Quelques franges côtières ont été également colonisées par la jacinthe d'eau (*Eichornia crassipes)*.

**II.1.1.2.4. Lac Kanzigiri**

Le lac Kanzigiri est relié au lac Rweru par le marais à *Cyperus papyrus* de Ruduhira. La zone côtière est occupée par des lambeaux de végétation à *Cyperus papyrus*, *Miscanthidium violaceum et Phragmites mauritianus* et des cultures de sorgho, de bananeraie et de manioc. La végétation flottante est surtout dominée par *Azolla filiculoides*. A la limite lacustre du marais Ruduhira se trouve une végétation à la manière des mangroves à racines spectaculaires de *Ficus leprieuri*. C'est dans cette formation que l'orchidée *Eulophia horsfallii* et la fougère *Cyclosorus gongylodes* ont trouvé leurs préférendums écologiques.

**II.1.1.2.5. Lac Cohoha**

Les champs de cultures touchent la zone littorale sans aucune transition de formation végétale. Les rares marais à *Cyperus papyrus* et *Cyperus latifolius* sont observés dans les zones limitrophes de ses différents bras. L'envasement créé par le labour et les dépôts de terres cultivables dans le lac occasionne par endroit l'établissement d'une formation marécageuse flottante à *Nymphaea lotus* et *Nymphaea caerulea* avec quelques pieds de *Phragmites mauritianus* et *Cyperus domingensis*.
Même l'île de Rutega située au milieu de ce lac, qui devrait normalement porter la végétation naturelle caractéristique de la région, a été complètement défrichée depuis longtemps et mise en cultures de haricot, bananeraies et sorgho.

**II.1.2. Matériel utilisé sur terrain**

- Bidons de 5l
- Questionnaire d'enquête
- Ordinateur portable

### II.1. 3. Matériel utilisé pour l'analyse des paramètres physico-chimiques

- Refractomètre
- Conductimètre
- Balance analytique
- Baie-Marie
- pH-mètre
- Agitateur magnétique
- Pycnomètre en métal
- Viscosimètre STAR plus
- Plaque chauffante
- Etuve
- Dessiccateur
- Papier-filtre
- Four électrique
- Tube à essai
- Ballon jaugé
- Bécher
- Entonnoir
- Téflon
- Burette graduée
- Ampoule à décanter
- Creuset

### II.1.4. Matériel utilisé pour l'analyse sensorielle

- Flacons en plastique
- Cuillères à soupe
- Gobelets
- Serviettes
- Questionnaire de dégustation

## II.2. METHODES

### II.2.1. Enquête

L'enquête a été conçue dans le but de mieux cerner la situation actuelle de la filière apicole dans la région, l'identification des apiculteurs, le type de plantes et végétation fréquemment observées dans la région, les pratiques et techniques apicoles appliquées par les apiculteurs, les opérations de transformation et traitement du miel, les organismes ou projets opérant dans le domaine apicole ainsi que les problèmes spécifiques de production et d'écoulement.

Dans le cadre de ce travail, le choix des personnes enquêtées a été raisonné afin de cibler les apiculteurs qui sont susceptibles de fournir des données riches en information par rapport aux objectifs de la recherche. Il nous a fallu enquêter plusieurs profils différents puisqu' il existe des apiculteurs utilisant les ruches traditionnelles ou les ruches à cadres. Ces dernières donnent une quantité très élevée par rapport aux ruches traditionnelles lors de la récolte.

La base de sondage utilisée pour réaliser l'enquête se référait sur le rapport de l'an 2021 donnée par le BPEAE des provinces Kirundo et Muyinga. Un échantillon de 960 a été aléatoirement sélectionné parmi un total de 3611 apiculteurs.

### II.2.2. Echantillonnage des miels

Les échantillons pour les analyses physicochimique et sensorielle ont été recueillis auprès des apiculteurs des huit communes composantes de la région de Bugesera. L'analyse de certains paramètres physicochimiques a été faite au laboratoire de chimie du BBN. Nous avons analysé dix paramètres dont l'indice de réfraction, le degré Brix, l'humidité relative, la conductivité électrique, le pH, l'acidité, la densité, les matières insolubles, le taux des cendres totales et le test de Fieche. Pour chaque paramètre étudié, nous avons réalisé trois essais avant de faire la moyenne. En ce qui concerne l'analyse sensorielle, le jury d'analyse était composé par dix-huit personnes.

### II.2.3. Méthodes utilisées pour l'analyse des paramètres physicochimiques

#### II.2.3.1. Détermination de l'indice de réfraction et degré Brix

L'IR est une propriété qui est utilisée pour mesurer la teneur en eau du miel en se référant à des tables de correspondance. Connaissant l'indice de réfraction, on en déduit la teneur en eau. La table de Chataway donne directement la correspondance. Le réfractomètre permet une mesure avec une simple goutte de miel. Le Brix du miel montre sa teneur en composants sucrés. Après avoir prélevé une certaine quantité de miel, on l'a mise dans le refractomètre et on a lu les valeurs trouvées. L'appareil indique à la fois les chiffres de l'indice de réfraction et du degré Brix.

#### II.2.3.2. Détermination de l'humidité relative

L'HR du miel est un critère de qualité qui permet au miel de rester stable. Plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter. L'humidité relative a été déterminée après avoir trouvé la valeur de l'indice de réfraction. On a regardé dans le tableau de Chataway et on a lu la teneur en eau correspondant à l'indice mesuré. Etant donné que la table ne donne pas le chiffre exact qui correspond à l'indice trouvée, il a été calculé en utilisant Microsoft Excel afin d'obtenir l'équation qui donne le chiffre exact correspondant à l'indice trouvée.

#### II.2.3.3. Détermination de la conductivité électrique

La CE est la mesure de la capacité de l'échantillon de miel à transmettre un flux électrique. Le miel de miellat est fortement minéralisé et présente donc une conductivité électrique forte alors que le miel de nectar présente une conductivité plus faible qui est due à sa moindre minéralisation. La mesure s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Le siemens étant l'unité de mesure de la conductance, les laboratoires donnent le plus souvent les mesures de conductivité électrique en microsiemens ou en millisiemens.

On a calculé et pesé une masse théorique $M_1$ selon la formule :

$$M_1 = \frac{100 \times 20}{100 - HR}$$

Où $M_1$=masse théorique

HR= humidité relative en g/100g de l'échantillon

On a ensuite pesé une masse $M_2$ (masse pesée) de l'échantillon sur la balance analytique. On a dissous toutes ces masses $M_1$ et $M_2$ chacune dans 100 ml d'eau distillée sans $CO_2$. Après avoir calibré le conductimètre, on a procédé à la mesure de la conductivité de l'échantillon. La conductivité doit être mesurée à 20°C et exprimée en millisiemens par centimètre. Vu que notre température est ambiante, il faut calculer la valeur de la conductivité à 20°C par les formules :

$$\text{conductivité à 20 °C} = \frac{\text{Conductivité à 28 °C}}{1{,}115}$$

$$\text{conductivité correcte} = \frac{\text{Conductivité à } 20°C \times M_1}{M_2}$$

**II.2.3.4. Détermination du pH et de l'acidité**

Le pH est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un produit. Le pH d'un miel est mesuré en solution dans l'eau à 10% à l'aide d'un pH-mètre. Le pH-mètre a été bien calibré avec les solutions tampons. On a pesé une masse de 10g du miel et elle a été dissoute dans 75 ml d'eau distillée tout en agitant avec l'agitateur magnétique. Ensuite, on a immergé les électrodes du pH-mètre dans la solution et on a noté la première valeur du pH. Il a été ajouté quelques gouttes de phénolphtaléine. On a titré la solution de l'échantillon avec une solution de NaOH 0.1 M tout en surveillant la variation du pH jusqu'à ce que ce dernier soit égal ou légèrement supérieur à 8.30. A ce moment-là, la coloration a changé et on a noté le volume de la solution de NaOH 0.1 M utilisée. L'acidité est exprimée soit en acide gluconique soit en milliéquivalent par kg selon les formules :

$$\text{acidité exprimé en acide gluconique} = \frac{0{,}25\text{X V}}{\text{M}}$$

Où V : volume du NaOH obtenu en ml

M : masse de l'échantillon pesée en g

$$\text{acidité exprimé en milliéquivalent/kg} = \frac{\text{V X } 100}{\text{M}}$$

Où V : volume du NaOH obtenu en ml

M : masse de l'échantillon pesée en g

### II.2.3.5. Densité

La densité, aussi appelée poids spécifique, dépend de la teneur en eau, de la température et de la composition chimique du miel. Elle est mesurée au moyen d'un densimètre.

On a pesé la masse $M_1$ du pycnomètre vide. L'eau distillée a été versée dans le pycnomètre et on a pesé la masse $M_2$ : Pycnomètre + eau. On a ensuite versé l'échantillon dans ce pycnomètre contenant l'eau et on a pesé la masse $M_3$ : pycnomètre + eau + échantillon. La densité est donnée par la formule :

$$\text{densité} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1}$$

### II.2.3.7. Matières insolubles

Le miel contient naturellement des sédiments essentiellement composés de cire d'abeille ou autres débris végétaux. La recherche des matières insolubles permet de s'assurer que le miel a été bien décanté. On a pesé la masse du papier-filtre et la masse de l'échantillon. On a chauffé l'eau à 100°C, on l'a versée dans l'échantillon et on a homogénéisé. On a filtré le mélange avec le papier-filtre. Après avoir filtré, ce papier a été séché dans l'étuve et on a attendu quelques minutes pour que le papier soit bien séché. On a ensuite pesé la masse du papier séché (papiers filtre + matière insoluble) et on a calculé la valeur des matières insolubles en pourcentage selon la formule :

$$\text{MI} = \frac{(C - A)X100}{\text{Masse échantillon}}$$

Où C : masse du papier filtre séché

A : masse du papier filtre seul

### II.2.3.8. Taux des cendres totales

La teneur en cendres ou minéraux est exprimée afin d'évaluer le type de miel. On a pesé la masse du creuset vide $M_0$. On a pesé la masse de l'échantillon $M_1$ et on l'a versée dans le creuset pesé. L'échantillon a été mis dans le four électrique et on a attendu quelques heures pour que les cendres apparaissent. On a retiré le creuset du four et il a été mis dans le dessiccateur pour refroidir. On a pesé la masse du creuset $M_2$ refroidi contenant les cendres. On a calculé en pourcentage la valeur des cendres totales selon la formule :

$$\text{CT en \%} = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \text{X100}$$

Où CT : cendres totales

$M_0$ : masse du creuset vide

$M_1$ : masse de l'échantillon

$M_2$=masse des cendres totales

### II.2.3.9. Test de Fieche

Le test de Fieche permet de vérifier s'il y a présence ou non du sucre inverti dans le miel. On a dissous 2g du miel dans 10ml d'eau distillée et on a homogénéisé. On a extrait 30ml d'éther à l'aide d'une pipette graduée, on l'a mis dans une ampoule à décanter et on a concentré ensuite la phase obtenue jusqu'à 5ml ; c'est à dire chauffer jusqu'à ce qu'il ne reste que 5ml de solution. On a ajouté 2ml de résorcinol fraichement préparé. Après avoir attendu quelques minutes, on a regardé la couleur apparue qui était jaune pale. Si après quelques minutes, apparaît la couleur rouge, c'est que le test est positif puisque la couleur rouge cerise montre qu'il y a présence du sucre inverti dans le miel. S'il apparaît la couleur jaune ou autre couleur, le test est négatif.

### II.2.4. Méthodes utilisées pour l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a fait appel aux dégustateurs avec leurs principaux trois sens qui sont l'œil (couleur), le nez (odeur et arôme) et la bouche (texture, goût). C'est la méthode descriptive qui a été utilisée pour tous les miels échantillonnés.

### II.2.4.1. Questionnaire

Les sujets, après avoir dégusté le miel, devaient attribuer une note sur un questionnaire papier pour chaque miel analysé.

### II.2.4.2. Jury d'analyse sensorielle

Le jury d'analyse sensorielle était constitué de dix-huit personnes. Leur mission principale était de percevoir, identifier et qualifier l'aspect olfactif, visuel et gustatif de différents miels produits dans la région naturelle de Bugesera. Avant de commencer l'analyse sensorielle, la préparation des échantillons et la préparation du jury sont des opérations préliminaires permettant un bon déroulement de l'analyse.

La préparation des échantillons consistait à préparer les flacons contenant les échantillons. Etant tous des miels polyfloraux, l'appellation a été choisie en fonction de leur commune d'origine : miel de Bugabira, miel de Busoni, miel de Bwambarangwe, miel de Gitobe, miel de Giteranyi, miel de Kirundo, miel de Ntega, miel de Vumbi. Tous les miels étaient présentés anonymement avec un code à quatre chiffres de façon à ne pas influencer les dégustateurs. Il y avait également des gobelets contenant de l'eau potable du fait qu'entre chaque dégustation, les sujets avaient la possibilité de se rincer la bouche.

La préparation du jury consistait à expliquer le déroulement de l'analyse sensorielle. L'analyse sensorielle nécessite un lexique où les mots choisis pour décrire l'odeur et l'arôme, la saveur, la couleur et la texture d'un miel ont une signification précise. Une discussion générale a ensuite eu lieu au cours du déroulement de la séance de façon à établir la liste des termes qualifiant l'odeur, la couleur, la saveur, la texture et l'arôme du miel étudié. Le déroulement de l'analyse proprement dite consistait donc à l'observation, la dégustation et le remplissage du questionnaire. L'étape finale a été celle de dépouillement des questionnaires pour leur interprétation.

# CHAP III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

## III.1. Résultat de l'enquête

### III.1.1. Identification des apiculteurs

L'enquête donne les résultats sur le processus de production des miels de la région par l'identification des pratiques et techniques apicoles.

Au Burundi, la région du Bugesera compte 3611 apiculteurs selon le rapport de l'an 2021 des BPEAE Kirundo et Muyinga. Il y a les apiculteurs qui travaillent en association ou en société coopérative et les apiculteurs qui travaillent individuellement donc à leur propre compte.

**Tableau 1 : Nombre total d'apiculteurs par commune**

| **Communes** | **Nombre d'apiculteurs** |
|---|---|
| Bugabira | 498 |
| Busoni | 791 |
| Bwambarangwe | 278 |
| Giteranyi | 468 |
| Gitobe | 625 |
| Kirundo | 437 |
| Ntega | 305 |
| Vumbi | 209 |

Source : Rapport annuel 2021 des BPEAE Kirundo et Muyinga

Le tableau 1 montre la répartition des apiculteurs par communes. L'apiculture est pratiquée dans toutes les communes composant la région de Bugesera. A part les associations ou les sociétés-coopératives apicoles qui regroupent les jeunes hommes et les femmes ayant un niveau d'étude peu ou élevé (du primaire au premier cycle universitaire), un grand nombre d'apiculteurs travaillent à leur propre compte et sont des hommes âgés avec (ou pas) un bas niveau de formation. Les autres apiculteurs pratiquent ce métier comme héritage familial. Même si les ONG opèrent dans le domaine apicole, la filière est encore au stade de développement.

Les apiculteurs sont classés en trois groupes. Il y a les apiculteurs qui pratiquent leur métier comme activité principale. Ceux-ci veulent avoir une production importante sans oublier un revenu suffisant. Il y a les apiculteurs pluriactifs n'ayant pas l'apiculture comme activité principale mais source de revenus ; ceux-ci travaillent mais le temps devient un facteur limitant pour les travaux apicoles. Il y a les apiculteurs dont l'apiculture n'est pas une source de revenus. Ils travaillent pour leur consommation personnelle et ne consacrent pas trop de temps à cette activité.

### III.1.2. Caractérisation des pratiques apicoles

#### III.1.2.1. Pratiques au rucher

Les pratiques apicoles dès l'installation du rucher jusqu'au stockage ont une influence primordiale sur la qualité du miel. Pour les ruches traditionnelles, le type de bois utilisé est primordial et pour les ruches à cadres, le type de couleur utilisé est essentiel. Avant d'installer un rucher, il faut savoir les critères permettant le bon emplacement des ruchers et le type de ruches à utiliser.

**Tableau 2 : Critères d'installation d'un rucher**

| **Critères d'installation** | **Fréquence (%)** |
|---|---|
| Proximité de l'eau | 20 |
| Végétation mellifère | 33 |
| Sécurité des ruches | 27 |
| Proximité des champs cultivés | 7 |
| Direction du vent et de la pluie | 13 |

Le tableau susmentionné montre que 33% d'apiculteurs placent leurs ruchers en suivant l'abondance des ressources mellifères des abeilles pour faciliter la récolte du nectar et du miellat c'est-à-dire près des réserves naturelles ou des forêts ; 20% placent leurs ruchers à proximité de l'eau ; 27% placent leurs ruchers pour des raisons de sécurité des ruches ou des abeilles ; 7% placent leurs ruchers à proximité des champs cultivés pour que les abeilles récoltent le nectar des cultures tandis que 13% d'apiculteurs installent leurs ruchers en regardant la direction du vent et de la pluie pour éviter les vents violents et les intempéries pouvant déstabiliser les abeilles.

Les méthodes d'attraction des abeilles diffèrent de l'apiculteur à l'autre. Certains apiculteurs (associations ou société-coopératives) utilisent des méthodes modernisées pour attirer les colonies d'abeilles tandis que d'autres utilisent des méthodes traditionnelles pour peupler leurs ruchers.

**Tableau 3 : Méthode d'attraction des abeilles**

| **Méthodes utilisées** | **Fréquence (%)** |
|---|---|
| Aromatisation biologique (Plantes, feuilles d'arbres) | 20 |
| Moyen traditionnel : « Kuvuga amazina » | 8 |
| Utilisation de la cire gaufrée | 13 |
| Capture des abeilles « gutahisha umuzinga » | 32 |
| Achat des essaims | 26 |

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montre que 32% d'apiculteurs capturent les abeilles par d'autres ruches ayant été peuplées par les colonies ; 26% achètent les essaims ; 20% utilisent des plantes ou feuilles d'arbres pour peupler leurs ruches ; 13% utilisent la cire gaufrée tandis que 8% utilisent une méthode liée à la tradition. Le fait d'acheter ou muter les abeilles peut parfois occasionner la mort de la colonie à cause des maladies.

La gestion du rucher entraîne certaines pratiques comme l'entretien des ruches en cultivant les plantes mellifères, la sécurité des ruches, l'identification des maladies et des parasites pouvant attaquer les abeilles ainsi que les moyens de lutte. La lutte contre les maladies ou les prédateurs d'abeilles n'est pas négligeable pour éviter la destruction d'une colonie.

**Tableau 4 : Méthodes de lutter contre les maladies**

| **Moyens de lutte** | **Fréquence (%)** |
|---|---|
| Lutte chimique | 8 |
| Lutte biologique | 82 |
| Lutte physique | 10 |

D'après ce tableau, 82% d'apiculteurs utilisent la méthode biologique pour lutter contre les maladies ou les prédateurs. Ils utilisent les plantes ou les feuilles d'arbres. 10% utilisent la méthode physique tandis que 8% utilisent la méthode chimique. Toutes les méthodes utilisées influencent la composition du miel.

### III.1.2.2. Chronologie des activités apicoles

Les apiculteurs de la région ont un calendrier qu'ils suivent pour débuter les activités apicoles.
L'année apicole commence au mois d'avril qui est le mois pour l'installation des ruchers. Le mois de mai c'est le mois intermédiaire entre la grande saison de pluie et la saison sèche, le mois où la floraison des plantes à pollen commence. C'est le mois où les abeilles peuplent les ruches. Au mois de juin, c'est la pleine activité des abeilles qui trouvent une importante floraison des plantes mellifères. Le mois de juillet c'est le début de la récolte. Les mois d'août à octobre, ce sont les mois de forte récolte. Les mois de novembre et décembre, les abeilles restent dans la ruche et sont moins actives à cause de la pluie qui les empêche de butiner pendant cette période. Au début de l'année suivante, il y a une période dite de petite saison sèche où l'apiculteur peut récolter du miel. C'est la période de février-mars mais cette récolte n'est pas assez bonne.
L'apiculteur doit connaitre le calendrier des périodes de miellée. Dans la région de Bugesera, deux périodes de miellée ont été identifiées par les apiculteurs. Une forte miellée de juin avec des récoltes de juillet à octobre. Une seconde miellée de janvier est observée au début de l'année suivante avec des récoltes de février mais elle est très peu récoltée afin de laisser des réserves de miel aux abeilles pour le mois d'avril et mai.

Les apiculteurs de la région ont observé des différences dans leurs miels en fonction des périodes de miellée. Les miels sont plus clairs, plus sucrés et plus liquides sur la période de miellée de juin.

Lors de la seconde miellée (la petite miellée), les miels sont généralement plus foncés. Ces propriétés sont associées aux floraisons des plantes, de l'environnement du rucher (climat, périodes de floraison, etc.) ainsi qu'aux enzymes qui viennent soit des abeilles soit des insectes qui ont rejeté le miellat (pucerons, cochenilles...).

### III.1.2.3. Techniques de récolte du miel

La récolte du miel est faite selon les conditions climatiques de l'année. Elle se fait soit au rucher soit au domicile de l'apiculteur. Pour savoir si le miel est prêt à être récolté, 35% d'apiculteurs observent avec les yeux, 31% dégustent tandis que 34% sentent l'odeur du miel dans la ruche. Les apiculteurs ne contrôlent pas la teneur en eau du miel au moment de la récolte. Outre le miel, quelques apiculteurs récoltent d'autres produits de la ruche comme la cire et la propolis mais ils ne les vendent pas. Ils servent à l'usage personnel. Il est conseillé de mesurer le taux d'humidité avant la récolte afin de récolter le miel avec un taux d'humidité inférieur à 20%.

Le mode d'extraction du miel dépend de l'équipement de l'apiculteur. Les uns pratiquent de l'extraction centrifuge alors que d'autres pratiquent de l'extraction simple par pressage à la main et cela explique le fait qu'ils récoltent les miels qui sont organoleptiquement différents (miel fluide, miel filtré et clarifié, miel à la gelée royale, etc.).

La récolte du miel nécessite le matériel approprié comme les vêtements, voile, gants, bots, enfumoir, extracteur, tamis, maturateur, etc. Seuls les apiculteurs qui ont les moyens financiers ou qui travaillent avec les ONG utilisent ce matériel. La figure 1 montre les étapes de récolte du miel.

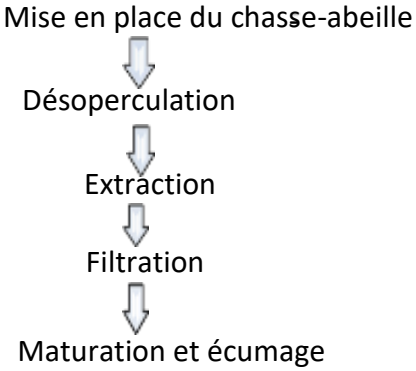



**Figure 1 : Processus de récolte du miel**

### III.1.2.4. Techniques post-récolte

#### III.1.2.4.1. Maturation

Le miel, après la filtration ou à la sortie de l'extracteur, est transféré dans un maturateur. Les apiculteurs qui ont les moyens financiers utilisent des maturateurs modernes tandis que d'autres utilisent des bassines ou des seaux munis de couvercles. Pendant la période de maturation, les apiculteurs mélangent tous les miels récoltés et la durée de maturation est comprise entre cinq jours et un mois. La durée de la maturation des miels dépend de l'apiculture a l'autre et les miels ne réagissent pas tous de la même façon.

#### III.1.2.4.2. Emballages et étiquetage

Les emballages utilisés pour conditionner le miel sont les bidons, seaux ou bouteilles en plastique. Les apiculteurs ne mettent pas d'étiquettes sur les emballages puisque les miels ne passent pas beaucoup de temps dans les lieux de stockage et la demande est supérieure à l'offre. Il y a très peu de stock du produit fini et celui-ci est réalisé au domicile de l'apiculteur.

Les étiquettes sont utiles pour informer le consommateur sur le produit emballé étant donné que la partie de l'étiquette est celle qui définit le produit.

#### III.1.2.4.3. Contrôle de qualité

Les apiculteurs ne fassent pas d'analyses des paramètres physicochimiques pour le contrôle de qualité des miels récoltés. Ils ne contrôlent ni la température ni la teneur en eau lors de la conservation. Une fois récolté, le miel est stocké à une température ambiante.

Les apiculteurs enquêtés ont pu observer le phénomène de cristallisation et de fermentation lors du stockage des miels. Les facteurs qui influencent le phénomène de cristallisation sont la température de stockage, la composition en sucres et l'humidité. Le miel, s'il est cristallisé, les apiculteurs de la région appliquent certaines pratiques qui sont l'ensemencement et la refonte. Ils mettent les contenants (bidons) du miel dans de l'eau chaude, d'autres chauffent le miel dans une marmite à une température et temps non connus. Selon Gonnet et Lavie, ce n'est pas interdit de chauffer un miel cristallisé, mais à une température connue autour de 45°C.

Pendant la conservation, plusieurs paramètres doivent être contrôlés pour préserver la qualité des miels récoltés : teneur en eau, acidité, température de stockage, humidité, etc. La responsabilité revient à l'apiculteur de bien connaître l'évolution de son produit.

#### III.1.2.4.4. Vente

Les pratiques de vente qui ont été identifiées grâce aux résultats de l'enquête sont la vente directe aux consommateurs ; l'expédition via les revendeurs ; l'expédition à des magasins et l'exportation dans d'autres provinces via des commandes passées par les consommateurs auprès des apiculteurs.

## III.2. Résultats des analyses physicochimiques

### III.2.1. Analyse descriptive des résultats

Les résultats de l'analyse descriptive de chaque paramètre physicochimique étudié pour tous les miels échantillonnés de la région de Bugesera permettent de déduire les conditions optimales du miel dès la production jusqu'à la consommation. Nous avons analysé dix paramètres dont l'indice de réfraction, le degré Brix, l'humidité relative, la conductivité électrique, le pH, l'acidité totale, la densité relative, les matières insolubles, les cendres totales, le test de Fieche pour les miels échantillonnés dans huit communes composantes de la région de Bugesera. Mis à part le test de Fieche qui a été trouvé négatif pour tous les miels échantillonnés, d'autres résultats trouvés sont présentés dans le tableau 5 pour chaque commune.

**Tableau 5 : Résultat des analyses physicochimiques des miels pour chaque commune**

| COMMUNES | IR | DB | MI | CT | HR | CE | pH | D | AT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BUGABIRA | 1.48±0.005 | 79.53±0.3 | 0.47±0.047 | 0.64±0.089 | 18.27±1.664 | 0.138±0.006 | 4.1±0.04 | 1.40±0.003 | 0.11±0.007 |
| BUSONI | 1.49±0.004 | 80.01±0.28 | 0.43±0.041 | 0.43±0.09 | 18.26±1.666 | 0.136±0.006 | 4.1±0.04 | 1.41±0.003 | 0.11±0.006 |
| BWAMBARANGWE | 1.49±0.005 | 79.98±0.28 | 0.46±0.046 | 0.63±0.088 | 18.26±1.667 | 0.138±0.005 | 4.2±0.03 | 1.41±0.002 | 0.11±0.006 |
| GITOBE | 1.49±0.003 | 79.92±0.29 | 0.48±0.047 | 0.63±0.087 | 18.29±1.668 | 0.137±0.005 | 4.1±0.04 | 1.41±0.003 | 0.12±0.007 |
| GITERANYI | 1.48±0.004 | 79.94±0.29 | 0.48±0.047 | 0.46±0.089 | 18.06±1.668 | 0.137±0.005 | 4.1±0.03 | 1.41±0.002 | 0.10±0.007 |
| KIRUNDO | 1.48±0.005 | 79.67±0.3 | 0.49±0.047 | 0.47±0.087 | 18.02±1.666 | 0.137±0.005 | 4.1±0.03 | 1.40±0.003 | 0.11±0.006 |
| NTEGA | 1.47±0.005 | 79.88±0.29 | 0.48±0.047 | 0.49±0.088 | 18.08±1.666 | 0.137±0.005 | 4.1±0.04 | 1.41±0.002 | 0.11±0.006 |
| VUMBI | 1.49±0.005 | 79.92±0.29 | 0.47±0.047 | 0.63±0.089 | 18.27±1.667 | 0.137±0.006 | 4.1±0.04 | 1.41±0.003 | 0.11±0.007 |

Où :
IR : indice de réfraction
DB : degré Brix
MI : matières insolubles
CT : cendres totales
HR : humidité relative
CE : conductivité électrique
pH : potentiel d'hydrogène
AT : acidité totale
D : densité

Le tableau 5 montre les moyennes pour chaque paramètre étudié des miels de huit communes de la région de Bugesera. Dans les différentes communes échantillonnées, les moyennes pour chaque paramètre ne sont pas égales.

Statistiquement, selon le test de comparaison des moyennes (test de Bonferroni), le miel de la commune Giteranyi a un indice de réfraction inférieur de 0.01077 à celui de la commune Busoni, inférieur de 0.0108 à celui de la commune Bwambarangwe, inférieur de 0.010777 à celui de la commune Gitobe, inférieur de 0.010797 à celui de la commune Vumbi. Le miel de la commune Ntega a un indice de réfraction inférieur de 0.01954 à celui de la commune Busoni, inférieur de 0.01857 à celui de la commune Bwambarangwe, inférieur de 0.016547 à celui de la commune Gitobe. Le miel de la commune Vumbi a un indice de réfraction supérieur de 0.019567 à celui de la commune Ntega.

Le miel de la commune Bugabira a une teneur en cendres totales supérieure de 0.2111 à celle de la commune Busoni, supérieure de 0.181 à celle de la commune Giteranyi, supérieure de 0.169833 à celle de la commune Kirundo, supérieure de 0.152367 à celle de la commune Ntega. Le miel de la commune Bwambaragwe a une teneur en CT supérieure de 0.203767 à celle de la commune Busoni tandis que le miel de la commune Gitobe a une teneur en CT supérieure de 0.1961 à celle de la commune Busoni. Le miel de la commune Giteranyi a une teneur en CT inférieure de (-0.181) à celle de la commune Bugabira, inférieure de (-0.173667) à celle de la commune Bwambarangwe et une teneur inférieure de (-0.166) à celle de la commune Gitobe. Le miel de la commune Kirundo a une teneur en CT inférieure de (-0.169833) à celle de la commune Bugabira, inférieure de (-0.1625) à celle de la commune Bwambarangwe et une teneur en CT inférieure de (-0.154833) à celle de la commune Gitobe. Le miel de la commune Ntega a une teneur en CT inférieure de (-0.152367) à celle de la commune Bugabira, inférieure de 0.058733 à celle de la commune Busoni, inférieure de (-0.145033) à celle de la commune Bwambarangwe et une teneur en CT inférieure de (-0.137367) à celle de la commune Gitobe. Enfin, le miel de la commune Vumbi a une teneur en CT inférieure de 0.201767 à celle de la commune Bwambarangwe, inférieure de 0.171667 à celle de la commune Giteranyi, inférieure de 0.1605 à celle de la commune Kirundo et une teneur en CT inférieure de 0.143033 à celle de la commune Ntega.

Le miel de la commune Bugabira a une conductivité électrique supérieure de 0.0011667 à celle de la commune Bwambarangwe, une CE supérieure de 0.010333 à celle de la commune Gitobe et une CE

supérieure de 0.009333 à celle de la commune Giteranyi. Le miel de la commune Busoni a une CE inférieure de 0.0010333 à celle de la commune Ntega. Le miel de la commune Bwambarangwe a une CE inférieure de 0.0017667 à celle de la commune Ntega et une CE inférieure de 0.0010533 à celle de la commune Vumbi. Enfin, le miel de la commune Gitobe a une CE inférieure de 0.0010533 à celle de la commune Ntega et une CE inférieure de 0.00092 à celle de la commune Vumbi. Le miel de la commune Kirundo a une CE inférieure de 0.0012 à celle de la commune Ntega.

Le miel de la commune Bwambarangwe a un pH supérieur de 0.116667 à celui de la commune Gitobe, un pH supérieur de 0.133333 à celui de la commune Giteranyi et un pH supérieur de 0.103333 à celui de la commune Ntega.

Le miel de la commune Bugabira a une densité inférieure de 0.005822 à celle de la commune Busoni, une D inférieure de 0.007345 à celle de la commune Bwambarangwe, une D inférieure de 0.006905 à celle de la commune Gitobe, une D inférieure de 0.00991 à celle de la commune Giteranyi, une D inférieure de 0.005315 à celle de la commune Ntega et une D inférieure de 0.007308 à celle de la commune Vumbi. Le miel de la commune Kirundo a une D inférieure de 0.005469 à celle de la commune Bwambarangwe, une D inférieure de 0.005029 à celle de la commune Gitobe et une D inférieure de 0.008034 à celle de la commune Giteranyi. Le miel de la commune Ntega a une D supérieure de 0.005315 à celle de la commune Bugabira. Enfin, le miel de la commune Vumbi a une D supérieure de 0.007308 à celle de la commune Bugabira et une D supérieure de 0.005432 à celle de la commune Kirundo.

### III.2.2. Analyses comparatives des résultats

Les résultats trouvés pour chaque paramètre étudié ont été comparées aux valeurs seuils exigées par le BBN. Ces dernières sont présentées dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Exigence spécifique pour le miel**

| **Caractéristiques** | **Valeurs requises** |
|---|---|
| Densité relative | 1,37 $g.cm^3$ ; minimum |
| Indice de réfraction | 1.47 et 1.50 nm |
| Acidité, exprimée comme acide gluconique | 0,2 ; % par masse, maximum |
| Test de Fieche | Négatif |
| Humidité relative | 20 ; % par masse, maximum |
| Cendres totales | 0,5 ; % par masse, maximum |
| Degré Brix | 20%, maximum |
| pH | 3.5 – 4.5 : miel de nectar ;<br>>4.5 : miel de miellat |
| Conductivité électrique | <0.8 mS/cm ; miel de nectar et de miellat |
| Matières insolubles totales | Miel pressé : 0,5% par masse<br>Autres miels : 0.1% par masse |

Source : EAS 36 : 2000 ; manuel du BBN, 2021

### III.2.2.1. Degré Brix, humidité relative et indice de réfraction

Le DB des miels polyfloraux est compris entre 78 et 80% (manuel du BBN, 2021). L'humidité du miel est le critère de qualité du miel pour rester stable et résister à la détérioration par la fermentation ; plus elle est élevée, plus le miel risque de fermenter rapidement ou de cristalliser. Le miel ne doit pas dépasser 20% d'humidité (EAS : 2010).

L'IR est inversement proportionnel à l'humidité du miel. L'IR est en quelque sorte le résultat de chacun de ses constituants. La plupart des miels ont un indice de réfraction compris entre 1.47 et 1.50 pour une teneur en eau de 13 à 18% (Dailly, 2010). Cette propriété est d'ailleurs utilisée pour mesure la teneur en eau d'un miel en se référant à des tables de correspondance (table de Chataway) (Bogdanov, 2002 ; Rossant, 2011).

En comparant les valeurs trouvées de l'IR, DB et HR des miels échantillonnés aux valeurs exigées par le BBN et celles trouvées par d'autres chercheurs ci-haut cités, on constate qu'elles se trouvent dans la marge d'exigence pour toutes les communes de la région.

### III.2.2.2. Matières insolubles

Les normes de l'EAC pour le miel exigent que la valeur en matières insolubles (MI) ne doive pas dépasser 0.5% pour le miel pressé tandis que pour d'autres types de miel, la valeur maximale est de 0.1% (EAS : 2010). Les résultats montrent que les valeurs des matières insolubles des échantillons sont dans la fourchette normale.

### III.2.2.3. Acidité et pH

La plupart des miels sont acides. L'acidité des miels est essentiellement due à l'acide gluconique. L'acidité est un critère de qualité important durant l'extraction et le stockage, en raison de son influence sur la texture et la stabilité du miel (Bogdanov, 2011 ; Schweizer, 2005).

Les miels de nectar, très acides, ont un pH compris entre 3.5 et 4.5. Les miels de miellats, moins acides, ont un pH supérieur à 4.5 (Schweizer, 2005). En tenant compte des valeurs du pH trouvées pour tous les miels échantillonnés, les miels de la région sont composés du nectar en grande partie.

La norme de l'EAC pour le miel exige que la valeur maximale de l'acidité qui est exprimée en acide gluconique soit de 0.2% par masse de l'échantillon. En comparant les moyennes trouvées

pour tous les miels échantillonnés à la valeur standardisée, ses valeurs sont dans la marge d'exigence.

### III.2.2.4. Cendres totales

La teneur en cendres ou minéraux est exprimée afin d'évaluer le type de miel. La norme de l'EAC pour le miel exige que la teneur en cendres ne dépasse pas 0.5g (EAS 36 : 2000).

En analysant les valeurs trouvées en moyenne, on constate qu'elles sont légèrement supérieures à la valeur de la norme pour les miels de Bugabira, Bwambarangwe, Gitobe et Vumbi. Les taux des minéraux dépendent des plantes visitées et des types de sols, les plus élevés se retrouvant surtout chez les miels polyfloraux : fer, calcium (Blanc, 2010). Un sol riche en tel ou tel autre minéral confiera à la plante et par la suite au nectar le même minéral et dans les mêmes proportions (Ngezahayo, 2003).

### III.2.2.5. Conductivité électrique

La CE est un bon critère pour déterminer l'origine botanique d'un miel. Elle est intéressante, car elle permet de distinguer facilement les miels de miellat des miels de nectar, les premiers ayant une conductibilité bien plus élevée que les seconds (Vorwohl, 1964).

Les mélanges de miel de nectar et de miel de miellat ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm (Manuel du BBN, 2021 ; codex stan-12,1981). Tenant compte des résultats trouvés, on constate que les valeurs de la CE se trouvent dans la marge d'exigence pour tous les miels échantillonnés.

### III.2.2.6. Densité relative

La densité est importante pour la production du miel. Elle dépend de la teneur en eau, de la température et de la composition chimique (Benkhaddra et Ghadbane, 2014).

Le miel a une densité relative élevée qui varie entre 1.40 et 1.45 g/cm $^3$ à 20°C (Bogdanov, 2011). La valeur minimale exigée par l'EAC est de 1.37 g/cm $^3$(EAS 36 :2000). En tenant compte des résultats trouvés pour le paramètre densité, les miels échantillonnés sont dans la marge d'exigence.

### III.3. Résultat des analyses sensorielles

#### III.3.1. Miel de Bugabira

Le miel de Bugabira a une couleur marronne, texture crémeuse, odeur boisée et végétale. Il a une saveur sucrée et le goût est très bon.

**Tableau 7 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Bugabira**

| | Miel de Bugabira | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 9 | 16 | 6 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 3 | 12 | 6 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 12 | 12 | 3 | 3 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 12 | 0 | 0 | 16 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 15 | 6 | 0 | | |

### III.3.2. Miel de Busoni

Le miel de Busoni a une couleur marronne ; la texture est crémeuse ; l'odeur est particulière et les arômes sont très forts. Le miel est sucré et le goût est noté très bon.

**Tableau 8 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Busoni**

| | Miel de Busoni | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 7 | 13 | 8 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 0 | 16 | 7 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 14 | 5 | 3 | 3 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 0 | 0 | 0 | 17 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 12 | 10 | 0 | | |

### III.3.3. Miel de Bwambarangwe

Le miel de Bwambarangwe a une couleur marronne ; l'odeur est particulière et les arômes sont très forts ; les odeurs remarquées sont : végétale et boisée. Le miel est sucré et le goût est noté très bon.

**Tableau 9 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Bwambarangwe**

| | Miel de Bwambarangwe | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 3 | 8 | 12 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 5 | 14 | 3 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 14 | 12 | 9 | 0 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 0 | 7 | 0 | 17 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 12 | 6 | 0 | | |

### III.3.4. Miel de Gitobe

Le miel de Gitobe présente deux couleurs : couleur marronne et noire. La texture est crémeuse ; les odeurs d'arômes remarquées sont : boisée, végétale et caramélisée. Le miel est sucré et le goût est noté très bon.

**Tableau 10 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Gitobe**

| | Miel de Gitobe | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 4 | 9 | 9 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 9 | 15 | 3 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 9 | 9 | 0 | 9 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 0 | 12 | 0 | 18 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 17 | 6 | 0 | | |

### III.3.5. Miel de Giteranyi

Le miel de Giteranyi a une couleur marronne ; la texture est crémeuse ; les arômes sont très forts et les odeurs remarquées sont : boisée et végétale. Le miel est sucré et le goût est très bon.

**Tableau 11 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Giteranyi**

| | Miel de Giteranyi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 9 | 16 | 3 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 7 | 13 | 8 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 4 | 7 | 0 | 16 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 14 | 12 | 0 | | |

### III.3.6. Miel de Kirundo

Le miel de Kirundo a une couleur brune ; la texture est trouvée crémeuse ; les arômes sont moyennement forts. Les odeurs ressenties sont : végétale, florale et fumée. Le miel est sucré et le goût est noté bon.

**Tableau 12 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Kirundo**

| | Miel de Kirundo | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 16 | 7 | 10 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 3 | 7 | 11 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Fumée | Caramélisée |
| | 0 | 10 | 13 | 6 | 3 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 0 | 0 | 0 | 16 | |
| Goût | Très bonne | Bonne | Appréciable | | |
| | 10 | 13 | 3 | | |

### III.3.7. Miel de Ntega

Le miel de Ntega a une couleur marronne ; la texture est crémeuse ; les arômes sont moyennement forts avec une note apparue de végétale et florale. Le miel est sucré et le goût est noté très bon.

**Tableau 13 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Ntega**

| | Miel de Ntega | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 0 | 12 | 6 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 6 | 9 | 3 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 9 | 9 | 3 | 3 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 9 | 0 | 0 | 17 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 16 | 6 | 0 | | |

### III.3.8. Miel de Vumbi

Le miel de Vumbi a une couleur marronne et peu de sujets ont pu remarquer les couleurs brunes et noires. La texture est crémeuse pour les uns, liquide pour les autres. Les arômes sont remarquables avec une note ressentie de végétale, florale, boisée. Le goût est très bon.

**Tableau 14 : Résultat de l'analyse sensorielle du miel de Vumbi**

| | Miel de Vumbi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Couleur | Brune | Marronne | Noire | | |
| | 7 | 13 | 5 | | |
| Texture | Gélatineuse | Crémeuse | Liquide | | |
| | 3 | 15 | 6 | | |
| Odeur | Boisée | Végétale | Florale | Caramélisée | Fumée |
| | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 |
| Saveur | Acide | Amère | Salée | Sucrée | |
| | 0 | 0 | 0 | 18 | |
| Goût | Très bon | Bon | Appréciable | | |
| | 13 | 10 | 0 | | |

### III.3.9. Note générale des miels de la région de Bugesera

Les miels de la région du Bugesera sont polyfloraux et sont beaucoup plus complexes d'un point de vue organoleptique. Les aspects visuel, olfactif et gustatif des miels ne sont pas identiques pour les huit communes. Cette différence est due à plusieurs facteurs dont les ressources mellifères, les conditions d'élevage des abeilles, la période de récolte du miel, l'âge du miel, les conditions de récolte et de stockage, etc.

### III.3.9.1. Coloration

La coloration est une caractéristique physique importante du miel car elle est en rapport avec son origine florale ainsi qu'avec sa composition. La palette des couleurs du miel est vaste : de quasiment incolore à presque noire en passant par le beige, l'oranger, le brun et le marron (Gonnet et al, 1986).

La couleur marronne a été appréciée par les dégustateurs.

### III.3.9.2. Consistance et saveur

Le miel peut avoir une consistance fluide, épaisse ou cristallisée en fonction de sa composition et de ses conditions de conservation (Benkhaddra et Ghadbane, 2014).

Les huit échantillons ont une saveur sucrée et présentent un arrière-goût qui est soit amère soit acide. La sensation amère a été appréciée par plusieurs sujets tandis que d'autres ont apprécié la sensation acide. La sensation salée n'a pas été ressentie.

### III.3.9.3. Odeurs et arômes

Les arômes sont des mélanges de plusieurs dizaines de composés : alcool, cétones, acides, aldéhydes, dont l'analyse est compliquée car la composition des arômes dans le miel n'est pas stable et évolue avec le temps (Damiri, 2010).

Les odeurs qui ont été beaucoup plus remarquées par les dégustateurs sont : végétale, florale et boisée. Les odeurs fumées et caramélisées ont été moins ressenties.

### III.3.9.4. Texture et goût

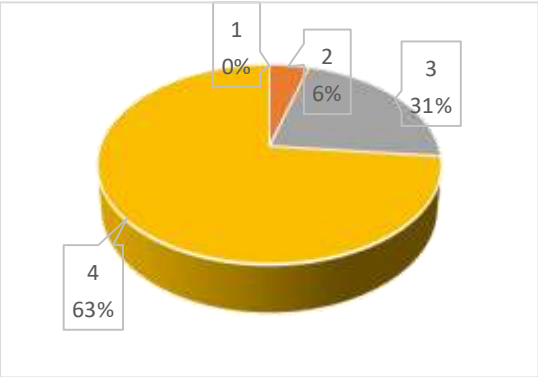
Le miel peut se présenter sous de nombreux aspects : cristallisé finement ou grossièrement, dur ou souple, pâteux ou liquide. Les techniques de récolte et les opérations post-récolte du miel occasionnent les modifications des paramètres physicochimiques dont la cristallisation ou la fermentation.

L'aspect gustatif des miels de la région n'est pas la même pour les miels échantillonnés. Le goût des huit échantillons a été apprécié par les dégustateurs.

En général, les miels de la région du Bugesera ont plu les sujets ayant participé à l'analyse sensorielle. Selon les apiculteurs ayant participé à l'analyse, cette étude leur a permis de découvrir une palette d'odeurs et d'arômes qu'ils méconnaissaient. Elle a également permis aux apiculteurs de prévoir certaines propriétés organoleptiques en fonction de la flore entourant les ruchers.

La figure ci-dessous montre la note donnée par les dégustateurs du goût général des miels de la région du Bugesera.

**Figure 2 : Note du goût général des miels de la région de Bugesera**




1 : mauvais ; 2 : appréciable ; 3 : Bon ; 4 : Très bon

La figure susmentionnée montre que 63% de dégustateurs ont trouvé très bon les miels ayant fait l'objet d'étude, 31% ont donné la note bonne tandis que 6% de dégustateurs ont donné la note appréciable.

# CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

## Conclusion

Notre travail est centré sur l'étude de quelques paramètres physicochimiques et sensoriels des miels produits dans la région de Bugesera en relation avec leur qualité. Nous avons caractérisé les échantillons de huit communes composantes de la région naturelle du Bugesera en vue d'identifier les paramètres de qualité de ces miels dans le but de la valorisation des miels du Burundi. Les analyses physicochimiques et sensorielles ont été faites dans le but de montrer les propriétés physiques et chimiques des miels produits dans cette région. Les résultats ont été traités en fonction de l'enquête et des analyses faites.

Les résultats de l'enquête ont permis de mettre en évidence certaines conclusions :

L'apiculture est pratiquée dans toutes les communes constitutives de la région naturelle du Bugesera. Les pratiques apicoles diffèrent de l'apiculteur à l'autre et cela fait qu'ils ne récoltent pas les miels identiques. La composition d'un miel dépend de nombreux facteurs : facteurs environnementaux, facteurs liés au travail de récolte, facteurs liés aux techniques post-récolte.

Les résultats de l'analyse physicochimique des miels ont permis de mettre en évidence quelques conclusions :

Le Brix du miel montre sa teneur en composants sucrés. Les miels de la région du Bugesera ont un degré Brix qui est compris entre 79.53 et 80.01%.

L'HR du miel est un critère de qualité qui permet au miel de rester stable. Les miels de la région ont une HR comprise entre 18.02 et 18.29%.

L'IR est une propriété qui est utilisée pour mesurer la teneur en eau d'un miel. Les miels de la région ont un IR compris entre 1.47 et 1.49 nm.

Le pH est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un produit. Les miels de la région ont un pH compris entre 4.1 et 4.2.

La teneur en cendres ou minéraux est exprimée afin d'évaluer le type de miel. Les miels de la région ont une teneur en cendres comprise entre 0.43 et 0.64%. Un bon nombre de miels échantillonnés ont une teneur en matières minérales se trouvant dans la marge exigée par les normes de l'EAC tandis que d'autres ont une teneur dépassant légèrement la valeur seuil.

La CE est la mesure de la capacité de l'échantillon de miel à transmettre un flux électrique. La mesure s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Les miels de la région ont une conductivité comprise entre 0.136 et 0.138 mS/cm.

La densité, aussi appelée poids spécifique, dépend de la teneur en eau, de la température et de la composition chimique. Les miels de la région ont une densité relative comprise entre 1.40 et 1.41 $g.cm^3$.

Le test de Fiche est négatif pour tous les miels échantillonnés.

Les résultats de l'analyse sensorielle des miels ont permis de structurer quelques conclusions :

Les miels de huit communes composantes de la région naturelle du Bugesera ont plu les sujets ayant participé à l'analyse sensorielle. 63% de dégustateurs ont trouvé très bon les miels de la région de Bugesera, 31% ont donné la note bonne ; 6% les ont trouvés appréciables et 0% pour la note mauvaise. Les pratiques apicoles, les techniques de récolte et de post-récolte, les ressources mellifères de la région permettent aux miels d'avoir les propriétés organoleptiques appréciables. Les principaux sites de la biodiversité de la région du Bugesera sont formés par l'ensemble de végétaux et cultures, réserve gérée du Lac Rwihinda, la forêt de Murehe et les complexes marécageux et lacustres de Nyavyamo-Akanyaru-Cohoha et Kanzigiri-Rweru-Akagera.

Il est nécessaire que la filière apicole se structure pour son développement durable.

**Recommandations**

Cette étude étant effectuée dans le but de valoriser les miels du Burundi, les chercheurs devraient réaliser la suite du travail en réalisant des études portant sur :

1. Analyse pollinique ;
2. Dosage de l'hydroxyméthylfurfural ;
3. Analyse des résidus de pesticides ;
4. Production des miels monofloraux.

Les apiculteurs doivent savoir l'utilité d'autres produits de la ruche comme la cire, le pollen, la propolis etc. Lors du stockage, l'utilisation du matériel de contrôle de qualité serait utile et ce, afin de garantir la qualité du miel auprès du consommateur.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


1. Adler L.S., 2000: The ecological significance of toxic nectar. OIKOS.
2. Alix Lefief-Delcourt, 2010 : Le miel malin.
3. Amiot M.J., Aubert S., Gonnet M., Tacchini M. 1989 : Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. Apidologie.
4. Bangirinama F. et Dushimirimana S., 2020 : Conservation et restauration des zones riveraines des lacs du Nord au Burundi : un impératif pour faire face aux changements climatiques de la région de Bugesera. Article de recherche, Ecole Normale Supérieure, Bujumbura-Burundi.
5. Benkhaddra H. et Ghadbane R., 2014 : Les paramètres physicochimiques du miel et l'effet de l'humidité sur le développement des microorganismes. Mémoire, Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi –Bordj Bou Arreridj, Faculté des Sciences de La Nature et de la Vie et Sciences de La Terre et de l'Univers, Algérie.
6. Bergen Dirk W., 1984 : Contribution à la connaissance des régions naturelles du Burundi : flux des produits agricoles et des facteurs influents : Région naturelle du Bugesera. ISABU.
7. Beutler R., 1953: Nectar. Bee World, 34, 106-116, 128-136, 156-162.
8. Bogdanov S., Martin P., Lüllmann C., 1997 : Harmonised methods of the European Honey Commission. Apidologie, Extra issue, 1-59.
9. Chanaud P., 2010 : Les miels : Variétés, bienfaits, recettes. Edisud, Aix-en-Provence, 192p.
10. Chauvin R., 1968 : Action physiologique et thérapeutique des produits de la ruche. In : Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris.
11. Commission du Codex Alimentarius, 1999 : Projet de norme codex révisée pour le miel Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, comite du codex sur les sucres. CX/S 00/3. Pp : 1-40.
12. Clémence H., 2005 : Le miel : de la source à la thérapeutique. Thèse, Université Henri Poincare-Nancy 1, France.
13. Clémence H., 2002 : Guide des miels. Paris, Rustica, pp : 64
14. Damiri A., 2010 : Les molécules aromatiques : comportement électrique et polarité. Document Powerpoint, Habana.
15. Donnadieu Y., 1978 : Le miel thérapeutique naturel. 2° Edition, Paris, Maloine edit, pp:36.

16. Deschamps V.C., 1998 : Production et commercialisation du miel. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse.
17. Dustmann J.H., Van praagh J.P., Bote K., 1985: Zur bestimmung von diastase invertase und H.M.F. in honig. Apidologie, 16, (1), 19-30.
18. East African Standard, 2021: specific exigences of honey contents. EAS 36 : 2000.
19. Elodie C., 2013 : Le miel : composition et techniques de production. Mémoire, Université Sorbonne, Paris.
20. Ezéchielle Francine Bouet Kouanou, Akim Belco Latifou, Christiane Adda, Lucienne Edah, Cica Vissienon, Zachari Vissienon et Virgile Ahyi, 2020 : Le miel : facteur influençant sa qualité. International Journal of Progressive Sciences and Technologies, Vol. 21 No. 1 June 2020, pp. 79-107.
21. Gonnet M. et Lavie P., 1960 : Influence du chauffage sur le facteur antibiotique présent dans les miels. Ann. Abeille, 3, (4), 349-364.
22. Gonnet M., 1963 : L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. Ann. Abeille, 6, (1), 53-67.
23. Gonnet M., Lavie P., Louveaux J., 1964 : La pasteurisation des miels. Ann. Abeille, 7, (2), 81-102.
24. Gonnet M. 1965 : Les modifications de la composition chimique des miels au cours de la conservation. Ann. Abeille, 8, (2), 129-146.
25. Gonnet M., Aubert S., Ferry P. 1986 : Evolution de la couleur du miel lors de sa cristallisation. Apidologie, 17, (1), 49-62.
26. Gonnet M., 1994 : La cristallisation dirigée des miels : actualisation des méthodes de travail et avantages liés à cette pratique technologique. Abeilles et Fleurs, 430, 9-10.
27. Gout J., 2009 : Le miel. Editions Jean-Paul Gisserot, Paris, 64 p.
28. Guarch C., 2008 : Le miel : Cuisine, santé et beauté. Editions Cabédita, Yens sur Morges, pp : 72.
29. Jones K C., 1987: Honey as an indicator of heavy metal contamination. Water, Air, and Soil Pollution 33, pp : 179-189.
30. Justine N., Paul T., Corentin D., Cathie B., 2014 : Analyse organoleptique et chimique du miel en fonction de son vieillissement, de son origine et de sa conservation. Epreuve E7-2M58, BTSA ANABIOTEC.

31. Laudine L., 2010 : Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur. Ecole Nationale Vétérinaire De Lyon. N° 085, pp : 195.
32. Laugrost C., 2017 : Etude relative au vieillissement du miel en Polynésie française. Tahiti, Polynésie française : DAG, 23 p.
33. Lavie P., 1968 : Les substances antibiotiques dans la colonie d'abeilles. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 1-115.
34. Lecerf J M., 2009 : Effets métaboliques du fructose et du miel. Phytothérapie, vol.7, n°2, pp : 8386.
35. Lombard A., 2021 : Caractérisation des pratiques apicoles en vue de la caractérisation des miels de Polynésie française. Mémoire, Ecole supérieure d'agro-développement international, Montpellier.
36. Louveaux J., 1959 : La technologie du miel. Ann. Abeille, 2, (4), 343-354.
37. Louveaux J. ,1968a : Composition, propriétés et technologie du miel. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 277-324.
38. Louveaux J. et Trubert E., 1958 : Etude technique sur la fonte du miel cristallisé. Ann. Abeille, 1, (1), 19-30.
39. Manikis I. et Thrasyvoulou A., 2001 : La relation entre les caractéristiques physiques et chimiques des miels et leurs paramètres de cristallisation. Apiacta, 36, (2), 106-112.
40. Manuel du BBN, 2021 : Les paramètres physicochimiques du miel. Document consulté le 10 avril 2021.
41. Maurizio A., 1968 : La formation du miel. In : CHAUVIN R. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 264-276.
42. Meda A., Lamien C. E., Marco R., et al., 2005: Determination of the total phenolic, flavonoïde and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. Food Chemistry, vol. 91, n°3, pp : 571-577.
43. Mélanie Marie P., 2014 : Ressources pollinifères et mellifères de l'Abeille domestique, *Apis mellifera*, en paysage rural du nord-ouest de la France. Thèse en Ecologie, Ecole doctorale des sciences de la vie, santé, agronomie, environnement.
44. Mineagrie, 2013 : Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité dans la dépression de Bugesera 2013-2020.

45. Ndacayisaba J., 2011 : Etude comparative de la production du miel en ruches traditionnelles et modernes : cas de la zone péri-urbaine et urbaine de Gitega. Mémoire, Université du Burundi, Faculté des Sciences Agronomiques, Bujumbura.
46. Ngezahayo J., 2003 : Essai de caractérisation des propriétés physico-chimiques des miels du Burundi : cas des miels de Burambi (Bururi), Mbaye (Citole), et mont Sion- Ging (Mairie de Bujumbura). Mémoire, Université du Burundi, Faculté des Sciences Agronomiques, Bujumbura.
47. Polus P., 2007 : Récolte et conditionnement du miel. L'Abeille de France, 937, 255-261.
48. Popa A., 1962: The maturation of honey.J. Insect Physiol., 5, 180-183.
49. Porrini C., Sabatini A G., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti L., Gattavecchia E., et Celli G., 2003: Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination, Apiacta, volume 38, pp: 63-70.
50. Romain R., 2012 : La disparition des abeilles (Colony Collapsus Disorder) : Etat des lieux, analyse des causes et des conséquences. Thèse, Université Victor Segalen, Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Bordeaux.
51. Rossant A., 2010 : Le miel, un composé complexe aux propriétés sur prenantes. Thèse Pharm : Université de Limoges.
52. Rossant A., 2011 : Le miel, un composé complexe aux propriétés surprenantes. PP : 132.
53. Schweitzer P., 2004 : La cristallisation des miels. L'Abeille de France, 901, 149-157.
54. Soler C., Gil M.I., Garcia-Viguera C., Tomas-Barberan F.A., 1995: Flavonoid patterns of French honeys with different floral origin. Apidologie, 26, (1), 53-60.
55. Tabouret T., 1979 : Rôle de l'activité de l'eau dans la cristallisation du miel. Apidologie, 10, (4), 341-358.
56. Tabouret T., Carteron A., Lheritier J., 1987 : La tendance des miels à cristalliser : un essai d'approche statistique. Apidologie, 18, (1), 11-26.
57. Tabouret T., Berdague J.L., Lheritier J., 1992 : La tendance des miels à cristalliser : nouvel essai d'approche statistique. Apidologie, 23, 415-429.
58. Thomas Arnaud, 2016 : Analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique. Thèse en Sciences de l'Alimentation, Université de Bourgogne Franche-Comté, Ecole Doctorale Environnement Santé.

59. Tomczak C., 2010 : Utilisation du miel dans le traitement des plaies. Revue bibliographique. Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon.
60. Vorwohl G., 1964: Die Beziehungen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer trachtmässigen Herkunft. Ann. Abeille, 7, (4), pp : 301-309.
61. Wykes G.R., 1952: An investigation of the sugars present in the nectar of flowers of various species. New Phytol., 51, 210-215.
62. Yang Y., 2014 : Qualification des miels de Corse par une approche multifactorielle : Diversité pollinique et variabilité chimique. Corte, Corse : Université de Corse Pascal Paoli, 197 p.

# ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

SUJET : *Etude de quelques paramètres qualitatifs des miels produits dans la région de Bugesera*

1. SITE D'EXPLOITATION

Nom de l'enquêteur : ……..

Date de l'enquête : [_____[_____[_____[_____[_____[_____[____[____]

Région :……..

Pays : ……

Province : ……

Commune : ……..

Colline : ……

2. IDENTIFICATION DE L'APICULTEUR

Nom et prénom :

Age :

Téléphone/mail :

Niveau de formation :

Déclaré à la BPEAE ? □ Oui □ Non

Activité principale ? □ Oui □ Non Si non, autre activité :

Combien de ruches :

3. IDENTIFICATION DE L'ASSOCIATION

Nom et prénom :

Age de l'association :

Effectif des associés :

Effectif des femmes associées :

Effectif des hommes associés :

Déclaré à la BPEAE ? □ Oui □ Non

Activité principale ? □ Oui □ Non

Activité secondaire ? □ Oui □ Non Si non, autre activité :

Combien de ruches :

4. QUESTIONNAIRE AUPRES DES SERVICES PUBLIQUES

Combien d'associations/coopératives apicoles existant dans la région Bugesera ?

Combien d'apiculteurs œuvrant dans la région ?

Les apiculteurs utilisent-ils quel type de ruches ?

Quel type de miellerie ? Combien ?

Organisez-vous des visites auprès des apiculteurs/associations/coopératives ?

Organisez-vous des visites dans les mielleries ?

Comment appréciez-vous l'apiculture dans votre zone d'action ?

Stade embryonnaire : □

Stade de croissance : □

Que pensez-vous de l'avenir de l'apiculture

Essor positif ? □

Essor négatif ? □

# 5. QUESTIONNAIRE AUPRES DES APICULTEURS

## 5.1. RUCHERS

Quelles sont les critères du choix de l'emplacement d'un rucher ?

Proximité d'une rivière : □

Végétation mellifère : □

Sécurité des ruches : □

Proximité des champs cultivés : □

Quels sont les critères d'emplacement des ruchers ?

Quand les installez-vous ?

Comment attirez-vous les abeilles ?

Utilisation de la cire gaufrée : □

Utilisation des plantes odorantes : □

Kuvuga amazina : □

Achat des essaims : □

Capture des abeilles par des ruches traditionnelles : □

Quel est le calendrier apicole dans la région de Bugesera ?

Pourriez-vous décrire la chronologie des activités apicoles ?

Quels sont les produits que vous utilisez pour faire le nettoyage de la ruche :

Produits chimiques : □

Plantes : □

Autres : □

Y aurait-il des maladies ou parasites d'abeilles déjà observés ?

5.2. SOURCES MELLIFERES

Quelles sont les plantes ou végétation fréquemment observées dans la région ?

Pourriez-vous me donner le calendrier floral de ces plantes présentes ?

Est-ce que vous envisagez de multiplier les sources mellifères en cultivant les plantes à fleur ?

5.3. RECOLTE ET TECHNIQUES POSTE-RECOLTES

Comment éloigner les abeilles de la ruche lors de la période de récolte ?

Comment se fait le transport des cadres à miel lors de la récolte ?

Décrivez les étapes d'extraction du miel

Mélangez-vous les miels récoltés ? □ Oui □ non ; pourquoi ?

Quel matériel utilisé pour la récolte du miel ?

Combien de fois récoltez-vous le miel par an ?

Une fois : □

Deux fois : □

Trois fois : □

A part le miel, quels autres produits de la ruche récoltez-vous ?

Quel type d'emballages /contenants pour le stockage/conservation du miel :

Acier inoxydable : □

Fût : □

Bidons : □

Seaux : □

Bouteilles en plastique : □

Pots en verre : □

Bassines : □

Mettez-vous de l'étiquetage sur les emballages ?

5 .4. QUALITE DU MIEL

Comment savoir si le miel est prêt pour être récolté ?

La maturation se fait pour combien de temps après la récolte ?

Quelles sont les analyses faites-vous pour évaluer la qualité du miel ?

Physicochimique ?

Sensorielle ?

Avez-vous déjà remarqué le phénomène de cristallisation du miel ? □ Oui □ non

Et la fermentation ? □ Oui □ non

Avez-vous déjà remarqué des différences entre les miels récoltés ? □ Oui □ non

Comment savoir si le miel n'est pas mélangé avec d'autres produits ?

5.5. VENTE

Comment est votre marché d'écoulement ?

Marché de Kirundo : □

Marché de Muyinga : □

Ménages : □

Exportation : □

Dans quelles provinces exportez-vous le miel ?

La production est-elle suffisante par rapport à la demande ? □ Oui □ non

Les autres produits de la ruche que vous récoltez, à quel prix vous vendez par kg ?

ANNEXE 2: QUESTIONNAIRE: ANALYSE SENSORIELLE

SUJET : *Etude de quelques paramètres qualitatifs des miels produits dans la région de Bugesera*

Numéro :

I. Aspect visuel

1. De quelle couleur est le miel ? □ Brune □ marronne □ noire

2. Donner une note de satisfaction sur la couleur : □ mauvaise □appréciable □bonne □très bonne

3. Le miel est-il : □ moins visqueux ? □ visqueux ? □ Très visqueux ?

4. Donner une note de satisfaction sur la viscosité : □ mauvaise □appréciable □bonne □très bonne

5. Appréciez-vous l'aspect visuel de ce miel ? □ Oui □ non

II. Aspect gustatif

6. Quelle texture remarquez-vous ? □ Gélatineuse □ crémeuse □ liquide

7. Noter l'homogénéité de la texture : □ homogène □ hétérogène

8. Noter la texture : □ crémeuse □ granuleuse □ lisse

9. Donner une note de satisfaction sur la texture : □ mauvaise □appréciable □bonne □très bonne

10. Noter la saveur (entourer votre réponse) :

1 – peu
2 – moyennement
3 – fortement
4 – très fortement

Acide : | | | | |
Amère : | | | | |
Salée : | | | | |
Sucrée : | | | | |

Notez le goût : □ mauvais □appréciable □bon □très bon

III. Aspect olfactif

11. Sentez-vous une odeur particulière ? □ oui □ non

12. L'odeur des arômes est-elle : □ très forte □ forte □ aucune

13. Noter l'odeur ressentie :

1) Florale
2) Végétale
3) Boisée
4) Caramélisée
5) Fumée

14. Donner une note de satisfaction générale sur ce miel :

□ Mauvaise □appréciable □bonne □très bonne

ANNEXE 3: TABLE DE CHATAWAY (1935)

| Indice de Réfraction(20°C) | Teneur en eau (%) | Indice de Réfraction(20°C) | Teneur en eau (%) | Indice de Réfraction(20°C) | Teneur en eau (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.5044 | 13.0 | 1.4935 | 17.2 | 1.4835 | 21.2 |
| 1.5038 | 13.2 | 1.4930 | 17.4 | 1.4830 | 21.4 |
| 1.5033 | 13.4 | 1.4925 | 17.6 | 1.4825 | 21.6 |
| 1.5028 | 13.6 | 1.4920 | 17.8 | 1.4820 | 21.8 |
| 1.5023 | 13.8 | 1.4915 | 18.0 | 1.4815 | 22.0 |
| 1.5018 | 14.0 | 1.4910 | 18.2 | 1.4810 | 22.2 |
| 1.5012 | 14.2 | 1.4905 | 18.4 | 1.4805 | 22.4 |
| 1.5007 | 14.4 | 1.4900 | 18.6 | 1.4800 | 22.6 |
| 1.5002 | 14.6 | 1.4895 | 18.8 | 1.4795 | 22.8 |
| 1.4997 | 14.8 | 1.4890 | 19.0 | 1.4790 | 23.0 |
| 1.4992 | 15.0 | 1.4885 | 19 ?2 | 1.4785 | 23.2 |
| 1.4987 | 15.2 | 1.4880 | 19.4 | 1.4780 | 23.4 |
| 1.4982 | 15.4 | 1.4875 | 19.6 | 1.4775 | 23.6 |
| 1.4976 | 15.6 | 1.4870 | 19.8 | 1.4770 | 23.8 |
| 1.4971 | 15.8 | 1.4865 | 20.0 | 1.4765 | 24.0 |
| 1.4966 | 16.0 | 1.4860 | 20.2 | 1.4760 | 24.2 |
| 1.4961 | 16.2 | 1.4855 | 20.4 | 1.4755 | 24.4 |
| 1.4956 | 16.4 | 1.4850 | 20.6 | 1.4750 | 24.6 |
| 1.4951 | 16.6 | 1.4845 | 20.8 | 1.4745 | 24.8 |
| 1.4946 | 16.8 | 1.4840 | 21.0 | 1.4740 | 25.0 |
| 1.4940 | 16.0 | | | | |