

Remerciements

Nous remercions notre Dieu miséricordieux de nous avoir amené à réaliser ce projet et de nous avoir donné la possibilité de poursuivre nos études supérieures et de les réussir.

Cette thèse d'exercice a pu voir le jour grâce au soutien de plusieurs personnes que nous tenons à remercier.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre promotrice Dr IBOUKHOULEF maitre assistante en hydro-bromatologie pour son dynamisme scientifique, son aide, sa rigueur, sa disponibilité et sa sympathie. Nous vous prions de trouver ici l'expression de notre respect et de notre profonde reconnaissance.

Nos profonds remerciements vont à mesdames, messieurs les membres du jury, Dr MAMOU, Dr SELLAH et Dr DAHMOUNE, pour le temps et l'énergie que vous avez consacrés pour évaluer notre travail.

Nos sincères remerciements au Dr Mamou, maitre-assistant en Chimie Analytique, pour avoir mis à notre disposition le nécessaire pour la réalisation de ce travail.

Nous remercions chaleureusement Dr BRAHIMI Rabah, résident en Chimie Analytique, qui nous a été d'une aide précieuse lors de la réalisation de ce travail.

Merci à Mesdames SLIMANI et SAADA, ingénieurs du laboratoire d'hydro-bromatologie, pour leurs conseils, leurs compétences, leur gentillesse, leur bonne humeur et leur patience à notre égard.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers tous nos professeurs de la faculté de médecine de l'UMMTO.

Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse d'exercice.

Dédicaces

A mes parents Younes et Zahoua, qui m'ont soutenue pendant toutes ces années. Qu'ils y trouvent l'accomplissement de leur fille cadette, avec toute sa reconnaissance et son amour.

A mes sœurs, Sabrina et Sonia, ainsi qu'à mes frères, Saïd et Masten pour leur joie de vivre, leurs conseils si précieux et leur soutien. Je vous remercie de tout cœur.

A mon beau-frère Mounir, pour ses conseils, sa gentillesse, sa bonne humeur et pour tous les endroits magnifiques qu'il nous a fait découvrir.

A celle qui m'a tant dorlotée que forgée, à ma défunte grand-mère Djazia pour tous les moments de bonheur passés ensemble depuis ma plus tendre enfance.

A toute ma famille et plus particulièrement à ma défunte tante Nana Messad.

A mon ami Rabah Brahimí pour son implication et sa participation à la réalisation de cette thèse d'exercice.

A mes amis, Nassima, Melissa, Sabah, Cyria, Lydia, Lhadí, Noredine, Salah, pour leur fidèle amitié et les bons moments passés ensemble tout au long de ces six années d'études et en dehors.

Lydia 



Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents **RACHID** et **GHANIA** qui ont sacrifiés leurs vies pour moi, qui m'ont tout donné, et qui ont toujours été l'appui et la force dont j'avais besoin. Merci pour leurs amours, patience et affection, Dieu les garde et les protège.*

A mes frères d'amour, qui, chaque jour, m'apportent joie et bonheur.

A ma tante Malika, pour son soutien depuis que j'étais enfant.

A mon grand-père, qui est à des milliers de kilomètres de nous, mais tout près de nos cœurs, longue vie à lui.

A ma douce grand-mère Ourida.

A la mémoire de mes grands-parents, puisse Dieu les accueillir dans son vaste paradis.

A tous mes amis, que j'ai pu connaître lors de mon cursus universitaire.

A tous mes proches.

Ainsi qu'à une personne très particulière, qui a su m'apprendre tellement de choses que j'ignorais auparavant.

Nassima 

TABLE DES MATIERES



LISTE DES ABRÉVIATIONS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES ANNEXES	
INTRODUCTION	1
OBJECTIFS	2
 PARTIE THÉORIQUE	
 CHAPITRE I- GENERALITES SUR LE MIEL	
1. Définition	3
2. Historique	3
3. Types de miel	4
3.1. Miels monofloraux (unifloraux)	4
3.2. Miels multifloraux (polyfloraux)	4
4. L'élaboration du miel	4
4.1. Le nectar	5
4.2. La transformation du nectar en miel	6
4.2.1. Collecte du nectar par l'abeille	6
4.2.2. Maturation du nectar en miel	6
5. Composition chimique du miel	8
6. Production et commercialisation du miel	13
6.1. Récolte	14
6.2. Extraction	16
6.3. Maturation	17
6.4. Conditionnement	17
6.5. Pasteurisation	17
6.6. Contrôle de cristallisation	17
6.7. Emballage et étiquetage	18
7. Principales transformations physiques et chimiques du miel	19
7.1. La cristallisation	19
7.2. La fermentation	20
8. La conservation du miel	20
8.1. L'eau	20
8.2. Le rôle des enzymes	21
8.3. L'hydroxyméthylfurfural	21

8.4. Date limite d'utilisation optimale (DLUO).....	22
---	----

CHAPITRE II- CARACTERISTIQUES DU MIEL

1. Caractéristiques organoleptiques	23
1.1. La couleur.....	23
1.2. L'odeur et le goût.....	23
2. Analyses physiques	25
2.1. La densité	25
2.2. La conductibilité électrique	25
2.3. La conductibilité thermique	25
2.4. Le pH.....	25
2.5. L'acidité	26
2.6. La viscosité.....	26
2.7. Le pouvoir rotatoire.....	26
2.8. La turbidité	26
2.9. La Chaleur spécifique.....	26
2.10. L'indice de réfraction	27
3. Analyses chimiques	27
3.1. La teneur en eau	27
3.2. La teneur en cendres.....	27
3.3. Le dosage des sucres	28
3.4. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)	28
3.5. L'activité diastasiq (ou enzymatique)	29
3.6. Le dosage des protéines.....	29
4. La palynologie	30

CHAPITRE III-QUALITE DU MIEL ET NORMES INTERNATIONALES

1. La qualité du miel	31
1.1. Facteurs essentiels de composition et de qualité	31
1.2. Les normes internationales relatives aux miels	31

CHAPITRE IV-LES PROPRIETES BIOLOGIQUES DU MIEL

1. Valeurs alimentaires et diététiques	34
2. Propriétés thérapeutiques	35

2.1. Propriétés cicatrisantes et anti inflammatoires du miel.....	35
2.2. Propriétés anti bactériennes du miel.....	36
2.3. Effet anti oxydant du miel.....	37
2.4. Propriétés anti néoplasiques.....	37
2.5. Effets métaboliques.....	37
2.6. Propriétés anti-diarrhéiques.....	38
2.7. Propriétés expectorantes et antitussive.....	38
3. Propriétés spécifiques à chaque miel.....	38

PARTIE EXPÉRIMENTALE

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	40
1.1. Echantillonnage.....	40
1.2. Verrerie, consommable et appareillage utilisés.....	42
1.3. Réactifs.....	44
1.4. Présentation et analyse des résultats.....	45
1.5. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	45
2. RÉSULTATS.....	59
3. DISCUSSION.....	68
CONCLUSION.....	72

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

% : Pour cent

° B : Degré Baumé

°C : Degré Celsius

A : Absorbance

AC : Acidité Combinée

AL : Acidité Libre

AT : Acidité Totale

BBT : Bleu de BromoThymol

Cal/cm.s.°C : Calorie par centimètre seconde degré Celsius

CARI : Centre Apicole de Recherche et d'Information

CHU : Centre Hospitalo-Universitaire

cm : centimètre

cm² : centimètre cube

Cu : Cuivre

d : densité

D : Dilution

DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale

E : Potentiel

FFP2 : Filtering Facepiece Particles

g : gramme

HDL : High Density Lipoprotein

Hg : Mercure

HMF : Hydroxy-2-MéthylFurfural

K : Potassium

kg/dm³ : kilogramme par décimètre cube

LDL : Low Density Lipoprotein

Log : Logarithme

méq/kg : milliéquivalents par kilogramme

mg/kg : milligramme par kilogramme

min : minutes

ml : millilitres

mmPFund : millimètres PFund

mS/cm : milliSiemens par centimètre

N : Normalité

nm : nanomètres

pH : Potentiel Hydrogène

Qsp : Quantité suffisante pour

Réf. : Référence

S/cm : Siemens par centimètre

U.E : Union Européenne

UMMTO : Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou

UV : Ultra-Violet

Veq : Volume équivalent

Zn : Zinc

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple de localisation des nectaires floraux sur une plante	5
Figure 2 : Diagramme de composition du miel d'après Louveaux J.	9
Figure 3 : Schéma représentant les différentes parties d'une ruche	14
Figure 4 : Cadre de miel operculé	15
Figure 5 : Couteau à désoperculer	15
Figure 6 : Cadres désoperculés dans le panier de l'extracteur	16
Figure 7 : Evolution au fil du temps de la teneur en HMF dans le miel (Traité Rustica de l'apiculture)	22
Figure 8 : La roue des odeurs et des arômes des miels	24
Figure 9 : Réfractomètre à miel (Chincan).....	46
Figure 10 : pH-mètre (Mettler Toledo)	47
Figure 11 : Dosage en retour par H ₂ SO ₄	48
Figure 12 : Virage du bleu au vert foncé.....	48
Figure 13 : Conductimètre (Inolab cond 720 wtw series)	50
Figure 14 : Pesée de 10 g de miel.....	52
Figure 15 : Agitation du mélange.....	52
Figure 16 : Repos du mélange.....	52
Figure 17 : Filtration du mélange	52
Figure 18 : Neutralisation du mélange avec NaOH (30%) en présence de phénolphtaléine ..	53
Figure 19 : Formation de l'oxyde cuivreux	53
Figure 20 : Filtration sous vide.....	53
Figure 21 : Dosage permanganométrique de la solution.....	54
Figure 22 : Mise en solution du miel.....	56
Figure 23 : Filtration du mélange	56
Figure 24 : Solutions aqueuses du miel (solution échantillon, solution de référence)	57
Figure 25 : Spectrophotomètre UV-VISIBLE.....	58
Figure 26 : Représentation graphique du taux d'humidité des miels analysés	60
Figure 27 : Représentation graphique du degré Brix des échantillons de miel	61
Figure 28 : Représentation graphique de la densité des échantillons de miel	62
Figure 29 : Représentation graphique de la conductivité électrique des échantillons de miel	63
Figure 30 : Représentation graphique du pH des différents échantillons de miel	Er
reur ! Signet non défini.	
Figure 31 : Représentation graphique de l'acidité libre des échantillons de miel	64
Figure 32 : Représentation graphique des teneurs en sucres réducteurs des différents échantillons de miel.....	65
Figure 33 : Représentation graphique du taux de saccharose des échantillons de miel	66
Figure 34 : Représentation graphique du taux d'HMF des différents échantillons de miel	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition moyenne des miels européens	8
Tableau II : Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel dans l'année qui suit d'après Lochhead A.G. cité par Merlet P.Y. (1981)	21
Tableau III : Norme concernant la qualité du miel selon le projet du Codex Alimentarius et selon le projet de l'UE	32
Tableau IV : Teneur en sucre et conductivité électrique : Proposition d'une nouvelle norme Bogdanov et al. (2004)	33
Tableau V : Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux (Donadieu, 1984)	38
Tableau VI : Présentation des échantillons de miel étudiés.....	41
Tableau VII : Verrerie et consommable utilisés lors de l'analyse physico-chimique.....	42
Tableau VIII : Les appareils utilisés lors de l'analyse physico-chimique	43
Tableau IX : Les réactifs utilisés et leurs préparations	44
Tableau X : Préparation de la solution aqueuse de miel	57
Tableau XI : Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des différents échantillons de miel collectées	59

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Codex Alimentarius, Les normes alimentaires internationales.

Annexe II : Action de l'invertase sur le saccharose.

Annexe III : Formation de l'hydroxyméthylfurfural.

Annexe IV : Table de conversion des sucres en mg.

Annexe V : Table de correspondance des sucres invertis.

Annexe VI : Spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible.

INTRODUCTION GENERALE



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le miel, cette substance précieuse, offerte par la nature est connue et utilisée par l'homme depuis les temps les plus reculés. Ce produit noble de la ruche représente l'une de denrées alimentaires les plus appréciées par l'homme et ceci grâce à ses propriétés nutritives et thérapeutiques.

La production du miel en Algérie reste très inférieure par rapport aux potentialités mellifères existantes. La douceur relative du climat, et la présence des ressources naturelles très variées des zones rurales du littoral ainsi que des zones steppiques pourraient pourtant nous offrir la possibilité de développer la production nationale du miel, et d'éviter par ailleurs son importation massive.

Actuellement, en Algérie le miel est sujet à un certain nombre de spéculations, quant à son origine et ses qualités physico-chimiques, en plus le consommateur algérien est confronté à la cherté de ce produit noble et n'arrive pas à faire la différence entre un produit authentique et un autre falsifié, à cause de l'absence d'une réglementation qui obligerait les apiculteurs à faire un contrôle systématique de leurs produits, ce qui engendre les fraudes et met en danger la santé du consommateur.

Dans ce contexte global et vu la valeur nutritionnelle ainsi que la valeur marchande du miel notre travail pourra s'inscrire comme une contribution à l'étude de la qualité des miels locaux tout en les comparant avec quelques miels importés trouvés dans les commerces.

Notre étude sera scindée en trois parties :

Dans une première partie nous présenterons les connaissances bibliographiques actuelles sur le miel, en particulier l'aspect physico-chimique en relation avec l'origine botanique ainsi que ces principales propriétés biologiques ;

Dans une deuxième partie expérimentale, nous présenterons le choix de l'échantillonnage effectué ainsi que les différentes méthodes utilisées pour les analyses physicochimiques ;

Dans une troisième partie, nous présenterons les différents résultats obtenus et qui seront confrontés à la synthèse bibliographique.

Enfin, suite aux différentes investigations réalisées, nous concluons par notre contribution à ce travail de recherche sur le miel.

INTRODUCTION GENERALE

OBJECTIFS

L'objectif de ce travail est de faire un contrôle qualité des miels locaux produits par des apiculteurs de différentes régions du pays, ainsi que des miels importés disponibles dans les commerces.

Pour atteindre cet objectif notre étude sera répartie en trois volets :

- ❖ Une analyse des paramètres physico-chimiques des miels locaux et importés ;
- ❖ Une étude comparative des résultats obtenus pour chaque paramètre analysé avec les normes internationales de qualité ;
- ❖ Et enfin, comparaison du profil qualité entre les miels locaux et importés.

PREMIÈRE PARTIE :
PARTIE THÉORIQUE



CHAPITRE I :
Généralités sur le miel

1. Définition

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles *Apis mellifera* à partir du nectar de plantes ou à partir de sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche [1]. (Annexe I)

2. Historique

La plus ancienne représentation des relations Homme-abeille date de la période du Néolithique : elle concerne une peinture rupestre datant de 7 000 ans avant Jésus-Christ, trouvée sur les parois d'une grotte espagnole "grotte de l'Araignée" (cueva de aralia) de la région de Valence, montrant une silhouette humaine pratiquant la récolte du miel.

On lui reconnaît aussi depuis la plus haute antiquité des propriétés médicinales préventives et curatives qui ont été longtemps utilisées empiriquement.

Dès 2700 avant J.c., des tablettes d'argile mésopotamiennes mentionnent le miel non pas comme un aliment, mais comme un médicament.

Mille ans plus tard, le papyrus d'Ebers écrit à Thèbes, donne la formule d'un mélange de miel et de pain de Saint Jean indiqué comme médicament propre à la diurèse.

Les égyptiens connaissaient bien le miel dont ils se servaient mélangé à de la propolis pour embaumer leurs morts. Ils l'utilisaient également pour panser les blessures et pour soigner les yeux.

A Babylone, des textes médicaux assyriens font état de l'utilisation du miel en friction : "Tu froteras la bouche du malade avec du miel et du beurre purifié".

Les philosophes grecs Démocrite et Pythagore, affirmaient que leur exceptionnelle longévité était due à leur consommation régulière de miel.

Lors des jeux Olympiques les athlètes buvaient de l'eau miellée pour recouvrer rapidement leurs forces.

Les médecins hindous déclaraient, il y a 5000 ans que les hommes ne s'alimentant que de lait et de miel pouvaient vivre 500 ans.

Hippocrate (460-377 avant J.c.), père spirituel de la médecine, conseillait le miel dans le but de prolonger l'existence dans toute sa vigueur. Il faisait du miel un fortifiant de la vue et des

organes sexuels, un remède contre les douleurs d'oreille et un cicatrisant efficace des plaies de toutes sortes. Nikandros de Colophon (135 avant J.c.) donne des formules à base de miel : ce sont les fameuses thériaques.

Les armées napoléoniennes transportaient dans leurs campagnes du miel afin de soigner les soldats blessés.

Le miel est aussi le premier aliment sucré de l'histoire avant la découverte de la canne à sucre [2].

3. Types de miel

3.1. Miels monofloraux (unifloraux)

Un miel monofloral provient principalement d'une seule origine botanique (une fleur) [3], il n'existe pas de miel monofloral pur à 100 % [4]. Comme leur nom l'indique, les miels monofloraux sont en principe issus d'un seul genre floral, mais il est dans la pratique impossible de certifier que les abeilles ont bien butiné le nectar de ce seul et unique genre à 100%.

On considère qu'un miel est monofloral s'il provient d'un seul et même genre à 80 %. Même si la floraison d'un genre est abondante et bien localisée, il suffit parfois de quelques facteurs imperceptibles pour l'homme (un changement de vent dominant, de température, d'hygrométrie) pour que les abeilles décident d'aller un peu plus loin, là où d'autres genres sont également en train de fleurir [5].

3.2. Miels multifloraux (polyfloraux)

Ces miels sont élaborés par les abeilles à partir du nectar et/ou du miellat provenant de plusieurs sources botaniques.

Pour valoriser leur spécificité et permettre au consommateur de reconnaître leur caractère dominant, les apiculteurs indiquent de manière plus ou moins précise leur origine géographique. Celle-ci correspond soit à l'aire de production (région, massifs...), soit à un type de paysage faisant référence à une flore identifiée (garrigues, maquis, forêts...) [6].

4. L'élaboration du miel

Le miel produit par les abeilles de l'espèce *Apis mellifera* (l'abeille domestique) peut provenir de deux sources mellifères distinctes : le nectar ou le miellat (et non le pollen, contrairement à ce qui est couramment pensé).

Le nectar, qui est en général la source principale du miel, est le liquide sucré sécrété par les glandes, dites nectarifères, présentes sur de nombreuses plantes. Les nectaires qui abritent ces glandes sont situés le plus souvent dans les fleurs, mais peuvent aussi se trouver à la base de certaines feuilles.

Pour certains miels (le miel de sapin par exemple) la principale source sucrée est le miellat. Il s'agit de l'excrétion d'insectes parasites vivant sur la plante, tels que des pucerons, des cochenilles ou des cicadelles par exemple. Il est difficile d'observer les abeilles effectuer ce type de butinage. Il a été montré qu'en présence d'une grande quantité de nectar, elles délaissent le miellat. Cependant, lorsque les conditions climatiques sont défavorables, le miellat peut représenter une source nutritive intéressante pour l'abeille.

La composition du nectar est différente de celle du miellat qui se rapproche de celle de la sève végétale. Mais une fois de retour à la ruche, l'abeille les transforme tous deux de la même manière, afin d'en obtenir du miel [7].

4.1. Le nectar

Le nectar est sécrété par les glandes nectarifères des nectaires de la plante en quelques heures à quelques jours.

En fonction de leur localisation, on distingue (figure 1) :

- les nectaires extra-floraux, situés sur les parties végétatives de la plante (sur les bractées, feuilles, pétioles, stipules et tiges),
- les nectaires floraux, situés sur le réceptacle floral, à la base du périgone (sépales et pétales), ou des organes reproducteurs : étamines ou pistil.

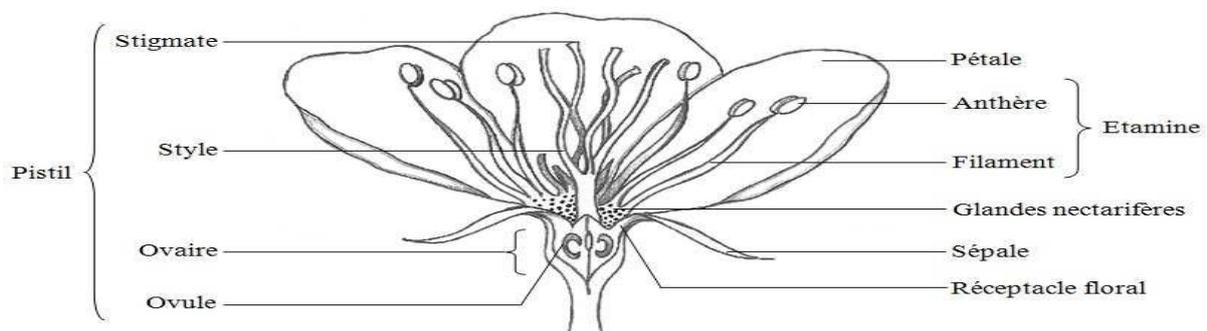


Figure 1 : Exemple de localisation des nectaires floraux sur une plante [7]

4.2. La transformation du nectar en miel

La transformation du nectar en miel est réalisée par les abeilles ouvrières (femelles non reproductrices) à partir de leur dixième jour de vie.

4.2.1. Collecte du nectar par l'abeille

Pour produire 100g de miel, l'abeille butineuse doit visiter un nombre considérable de fleurs : environ un million selon IOÏRICHE N. (1984).

Elle aspire le nectar de chacune d'entre elles à l'aide de sa trompe.

L'appareil suçoir est composé d'un ensemble de pièces buccales dont principalement : des palpes labiaux, des galea des maxillaires et de la langue. L'ensemble est parfaitement étanche, ce qui permet l'aspiration du liquide sucré par les muscles du pharynx. Le nectar est ainsi envoyé dans l'œsophage puis dans le jabot. Des glandes annexes ont également un rôle important. Afin que l'aspiration soit plus facile, l'abeille dilue le nectar avec de la salive, mélange de sécrétions riches en enzymes, provenant des glandes pharyngiennes labiales et thoraciques.

Après son aspiration par la trompe, le nectar arrive dans le jabot. Celui-ci peut contenir jusqu'à 60 mm³ de liquide. Il est ouvert du côté de l'oesophage et fermé par le proventricule du côté de l'intestin moyen.

Le proventricule a la fonction particulière de filtrer le contenu du jabot et d'envoyer les particules solides de petite taille (grains de pollen, spores de noséma et de loque, etc.) dans l'intestin moyen de l'abeille, sans laisser passer le contenu liquidien. Cette filtration n'est pas absolue, mais permet d'une certaine manière à la récolte de nectar emmagasinée par l'abeille d'être purifiée [7].

4.2.2. Maturation du nectar en miel

La maturation du nectar en miel consiste en une transformation des sucres et une diminution de la teneur en eau. Elle commence dès la récolte du nectar par l'abeille, se poursuit lors du stockage dans la ruche et même un peu après la récolte du miel par l'apiculteur.

En moyenne, la durée de maturation du miel est de 2 à 5 jours. Elle dépend :

- De la teneur en eau initiale lors de l'emmagasinage du miel dans les alvéoles ;
- De la quantité de miel présente dans les cellules ;
- De la température et du degré d'humidité de l'air à l'intérieur de la ruche ;
- De la place dont les abeilles disposent dans la ruche.

Lorsque la butineuse rentre à la ruche, elle régurgite de son jabot le liquide récolté et le transmet à d'autres ouvrières par la gouttière linguale.

Des échanges successifs entre abeilles vont permettre un enrichissement de ce liquide en enzymes et sa déshydratation (trophallaxie).

Quand la teneur en eau de la goutte de matière première est de 40 à 50%, elle est déposée dans une alvéole.

Lors d'une récolte très abondante, la matière première subit peu de passages d'une abeille à l'autre, et elle est assez rapidement entreposée.

Lors des récoltes modérées, le processus de maturation a lieu pendant plus longtemps.

Une alvéole est une « petite case » hexagonale, faite de cire dans laquelle soit la reine pond un œuf à l'origine d'une future abeille, soit l'abeille ouvrière dépose du miel ou du pollen.

L'ensemble des alvéoles et le cadre des bois qui les maintient sont appelés communément « Cadre ». Les sucres caractéristiques du miel mûr apparaissent suite à différentes réactions enzymatiques.

Les enzymes apportées par la salive (et en particulier l'invertase) hydrolysent le saccharose en glucose et fructose. Cette réaction d'hydrolyse est appelée « inversion du saccharose », car le saccharose est dextrogyre et le produit de l'hydrolyse (glucose et fructose) est lévogyre.

Une autre enzyme appelée glucose-oxydase catalyse l'oxydation de certaines molécules de glucose en acide gluconique, ce qui confère au miel son acidité. Lors de cette réaction, du peroxyde d'hydrogène est également produit. (Annexe II)

La déshydratation subie par le nectar en cours de maturation s'explique par le fait que son degré hygrosopique soit plus élevé que celui de la ruche. Les abeilles y maintiennent en effet une température élevée (proche de 35°C) ce qui diminue le taux d'humidité.

Puis commence la phase d'évaporation passive de l'eau qui dure 1 à 3 jours pendant lesquels les abeilles ventilent les cadres par un mouvement rapide des ailes pour amener la teneur en eau à environ 18%, qui est la teneur idéale comme nous l'étudierons plus tard.

Lorsque le miel est mature et qu'il a atteint un faible degré d'humidité, la glucose-oxydase devient inactive et le produit se stabilise. Les abeilles cirières operculent l'alvéole à l'aide d'une fine couche de cire, imperméable à l'air, ce qui permet une longue conservation du miel.

La colonie dispose en réserve d'un aliment hautement énergétique, stable, de longue conservation et peu sensible aux fermentations [7].

5. Composition chimique du miel

Tableau I: Composition moyenne des miels européens [25]			
Composition	Pourcentage total	Type de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20% (moyenne 17%)		
Hydrates de carbone	75 à 80%	Monosaccharides	Glucose (33%) Fructose (39%)
		Disaccharides	Maltose (0,9%), Isomaltose, Saccharose (2,3%)
		Polysaccharides	Erllose, Raffinose, (mélézitose), (kojiibiose), (dextrantriose), (mélibiose)
Substances diverses	1 à 5%	Acides (0,1 à 0,5%)	Gluconique (0,1 à 0,4%), (maléique),(succinique), (oxalique), (glutamique), (pyroglutamique), (citrique), (gluconique), formique (0,01 à 0,05%)
		Protéines et acides aminés (0,2 à 2%)	Matières albuminoïdes, matières azotées, (proline), (tyrosine), (leucine), (histidine), (alanine), (glycine), (méthionine), (acide aspartique)
		Vitamines	B,C, (A,D,K)
		Enzyme provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylases α et β , gluco-invertase, glucose oxydase
		Enzymes provenant du nectar	(Catalase), (amylases), (phosphatase acides)
		Minéraux	K, Ca, Na, Mg, Mn, Fe, Cu, (Co, B, Si, Cr, Ni, Au, Ag, Ba, P, Cr)
Aromes		Esters	Méthylantranlylates, acétates, méthyléthylcétone...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde...
		Alcools	Méthanol, éthanol, isobutanol, 2-phényléthanol...
Flavonoïdes		Polyphénols	Flavanol, catéchine, quercétine
Lipides	Traces	Acides gras	
Les substances indiquées entre parenthèses sont à l'état de traces; les % sont donnés par rapport au poids total du miel			

Le miel doit, dans la mesure du possible, être exempt de matières organiques et inorganiques étrangères à sa composition (particules de cire, résidus ou contaminants).

Louveaux J. (1959 et 1968a) résume parfaitement les résultats des différents travaux relatifs à la composition du miel (figure 2) [8,9].

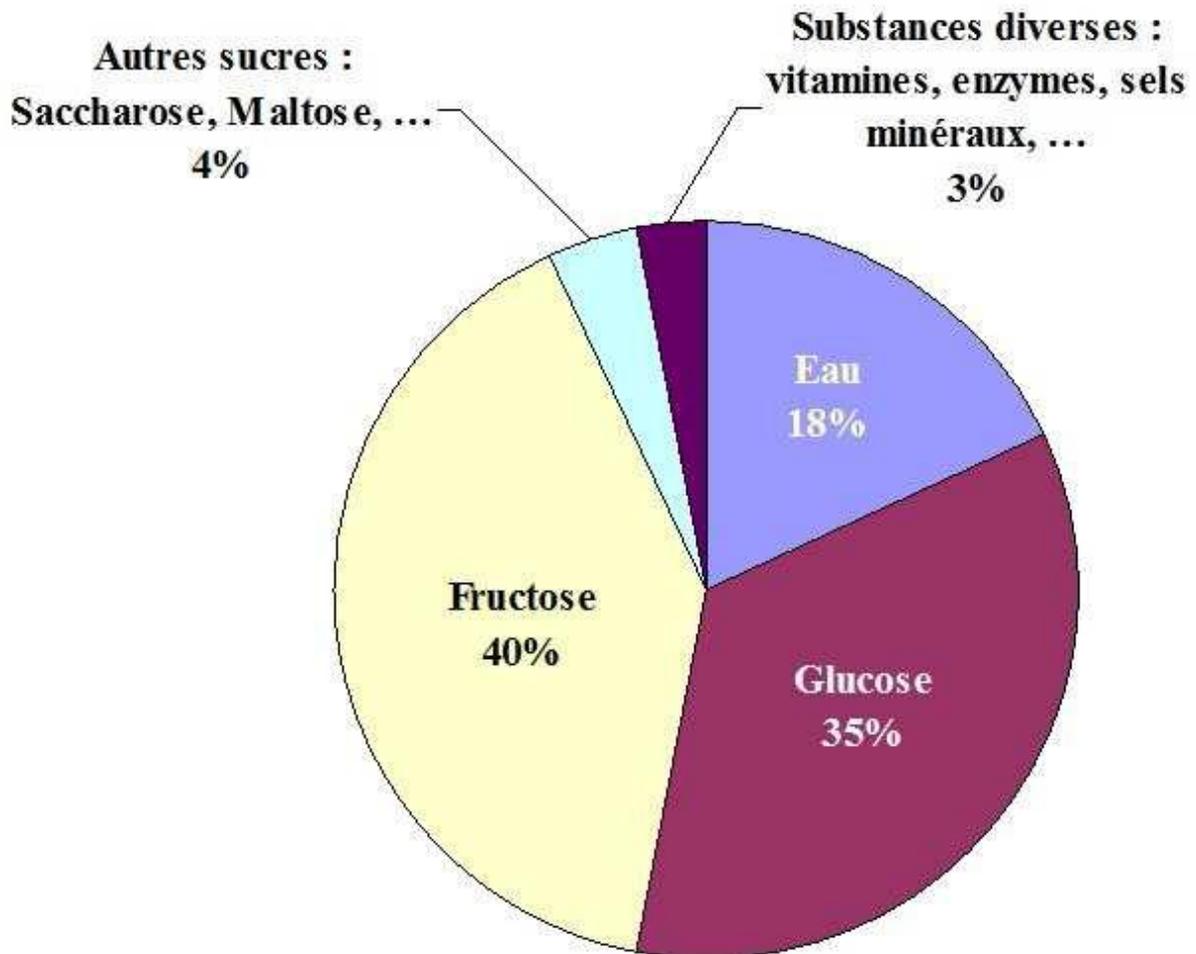


Figure 2 : Diagramme de composition du miel d'après Louveaux J. [8]

La composition biologique présentée ci-dessus a été précisée dans un cadre légal par l'annexe II du Décret n°2003-587 du 30 juin 2003 [10].

Les caractéristiques légales de la composition d'un miel destiné à la consommation humaine sont les suivantes :

5.1. Eau

La teneur en eau varie entre 14 et 25% selon les miels. L'humidité du miel favorisant sa fermentation, nous verrons que pour qu'un miel de fleurs se conserve plus de 2 ans, il ne faut pas que sa teneur en eau dépasse 18% [11].

5.2. Glucides

Selon les miels, les glucides représentent 90 à 99% de la matière sèche. Les principaux sucres constitutifs du miel sont le fructose et le glucose. De nombreux autres sucres sont également présents dans le miel, en plus faible quantité. Certains sont d'origine purement végétale (ils entrent dans la composition du nectar ou du miellat) : le glucose, le fructose, le saccharose, le kestose, le mélézitose et la raffinose. D'autres, tels que le maltose, l'isomaltose, l'erlose et le dextrantriose, apparaissent seulement comme des produits secondaires après transformation par les enzymes de l'abeille.

La proportion des différents sucres présents dans un miel est très aléatoire. Elle dépend, en effet, directement du type de fleurs butinées par les abeilles [9]. Les nectars de ces fleurs sont caractérisés par leur ratio saccharose / (glucose + fructose), qui est constant au sein d'une espèce mais varie grandement d'une espèce à l'autre [11].

Il est par conséquent impossible d'obtenir deux fois le même miel sur le même site, lors de deux récoltes différentes de la même année ou d'une année sur l'autre.

Enfin, le miel ne contient que très peu d'amidon, car une enzyme de l'abeille, la diastase ou l'amylase, provoque la dégradation de l'amidon du nectar en dextrine puis en maltose [11].

5.3. 5-hydroxy-2-méthylfurfural (HMF)

L'HMF est un composé organique dérivé de la déshydratation du fructose. Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais n'en contiennent. (Annexe III)

Cette molécule apparaît au cours du processus de vieillissement naturel du miel. Ce processus est accéléré si les miels sont chauffés ou s'ils sont très acides. L'analyse de la quantité d'HMF est donc une excellente méthode pour apprécier la qualité d'un miel : son vieillissement et son chauffage.

Si le miel est porté à température plus élevée, même pendant un court moment, la teneur en HMF augmentera plus vite [12].

5.4. Acides

Les miels contiennent des acides organiques (dont certains sont volatils), ainsi que des lactones. Leur provenance est diverse : certains sont issus du nectar directement, d'autres sont le fruit de réactions enzymatiques et de fermentations.

Les acides identifiés dans le miel sont : l'acide gluconique (constituant acide majoritaire, issu du glucose), les acides butyriques, l'acide acétique, l'acide formique, l'acide lactique, l'acide succinique, l'acide proglutamique, l'acide malique et l'acide citrique.

L'acidité totale est la somme des acides libres et des lactones [7].

5.5. Protides

Les miels convenablement récoltés sont pauvres en protéines, la source de protéine dans la ruche étant le pollen. Quelques traces de pollen sont cependant inévitables et participent d'ailleurs à son identification florale [7].

5.6. Sels minéraux

Les matières minérales ne sont présentes qu'à un taux d'environ 0,1 % dans les miels courants, mais sont plus abondantes dans les miels foncés. Du potassium, du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du soufre, du silicium, du fer ainsi que plus de trente oligo-éléments sont trouvés dans le miel. Leur teneur dépend des plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel les végétaux poussent [7].

5.7. Vitamines

Le miel contient une quantité infime de vitamines, essentiellement des vitamines du groupe B provenant des grains de pollen en suspension.

Le miel de menthe (*Mentha aquatica*) a la particularité de contenir de la vitamine C (ou acide ascorbique). Les vitamines du miel sont d'autant mieux conservées que le pH est faible [6].

5.8. Enzymes

Les enzymes contenues dans le miel sont de deux origines : végétale et animale. Le nectar contient des enzymes produites par les nectaires de la plante. Les abeilles y ajoutent des enzymes provenant de leurs glandes salivaires.

Deux enzymes sont étudiées plus particulièrement : l'invertase, qui provoque la scission du saccharose en fructose et en glucose, et l'amylase.

L'activité enzymatique du miel est utilisée comme indicateur de chauffage du miel.

D'un point de vue légal, un miel ne doit, en effet, pas être chauffé au point que ses enzymes naturelles soient détruites ou considérablement inactivées. Or cette destruction est proportionnelle au temps et à la température de chauffage [7].

5.9. Colloïdes

La teneur en colloïdes varie entre 0,1 et 1%. Ils sont constitués principalement par des protéines, des substances cireuses, des pigments, des pentosanes et diverses autres substances. Les colloïdes sont responsables de la turbidité lorsque l'on dilue un miel dans l'eau [7].

5.10. Substances aromatiques et composés phénoliques

Les substances aromatiques sont, comme leur nom l'indique, à l'origine de l'arôme du miel. Seules quelques-unes ont été identifiées, notamment l'antranilate de méthyle, le diacétyl, le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, l'acétone et l'isobutyraldéhyde.

Depuis quelques années, plusieurs auteurs s'efforcent de trouver des marqueurs de l'origine florale des miels. Certains pensent que les substances aromatiques sont de bons candidats. Dans une publication récente, SESTA G. *et al.* (2008) a étudié l'antranilate de méthyle, comme possible facteur caractéristique des miels des plantes du genre *Citrus* (oranger, citronnier, mandarinier, pamplemoussier, clémentinier, etc.). Ses résultats montrent qu'en réalité cette substance aromatique ne peut pas servir de marqueur pour ces miels unifloraux [13].

Les composés phénoliques sont retrouvés principalement dans la propolis, car ils proviennent souvent des sécrétions de bourgeons et autres exsudats des plantes. Quelques études en parlent cependant en tant que composants du miel.

On en distingue trois familles : les acides benzoïques, les acides cinnamiques et les flavonoïdes. Leur composition dans le miel varie elle aussi avec l'origine florale [14].

Certains phénols participent à l'arôme au même titre que les substances terpéniques (caractéristiques de la lavande ou du sapin) ou d'autres composés à noyau aromatique d'origine naturelle, tels les acides phénylacétique et benzoïque (abondants dans les miels de bruyère). Certains composés phénoliques sont impliqués dans les qualités organoleptiques du miel (l'amertume du miel d'arbousier de Sardaigne, par exemple). Les substances phénoliques interviennent également sur la couleur du miel : la couleur jaune, par exemple, est liée aux flavonoïdes.

Ces substances phénoliques possèdent certaines activités biologiques intéressantes : germicide, bactériostatique et anti-inflammatoire [14].

6. Production et commercialisation du miel

Depuis quelques dizaines d'années, la commercialisation du miel a cependant subi de profondes transformations.

De plus en plus, la production du miel est appelée à passer par des circuits commerciaux complexes qui nécessitent la mise en œuvre de moyens modernes de conditionnement pour assurer une présentation agréable et la fourniture en quantités importantes de produits d'excellente qualité.

L'obtention de très grosses quantités d'un produit homogène et irréprochable nécessite l'application d'une véritable technologie du miel, dont on peut situer la naissance vers 1929 avec les travaux de Dyce sur la cristallisation contrôlée, et qui constitue, à l'heure actuelle, un objet de recherches et de mises au point continues.

Les problèmes de technologie commencent à se poser dès la récolte du miel. Viennent ensuite la maturation, l'ajustement de la teneur en eau, la fonte, la pasteurisation, la cristallisation dirigée, le conditionnement et la conservation [15].

6.1. Récolte

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand la ruche est devenue très lourde (mi-avril, mi-mai).

En pratique, il est conseillé de ne récolter que les rayons entièrement garnis et operculés, on peut retirer un cadre operculé au $\frac{3}{4}$ [16]. L'apiculteur retire les cadres du miel (Figure 4), il laisse que les provisions nécessaires pour que les abeilles puissent nourrir les jeunes larves et éventuellement passer l'hiver.

C'est pourquoi la ruche (Figure 3) est divisée en deux parties : une partie inférieure, le corps, qui contient de hauts rayons garnis non seulement du miel, mais aussi de pollen et de couvain, il ne faut pas y toucher. Au-dessus est placée la hausse garnie de cadres moitié moins hauts, qui ne contient en général que du miel : c'est d'elle que l'apiculteur va obtenir sa récolte.

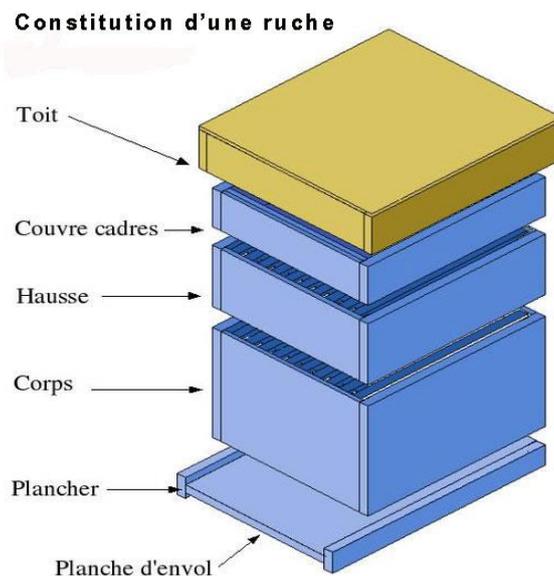


Figure 3 : Schéma représentant les différentes parties d'une ruche [25]

Après avoir chassé les abeilles par enfumage, les hausses sont transportées dans la miellerie, les opercules ensuite enlevées à l'aide d'un couteau à désoperculer (Figure 5) [17]. Il est préférable de choisir une journée calme, ensoleillée. On peut intervenir soit le matin, les butineuses sont encore nombreuses dans la ruche mais le calme règne, soit en fin d'après-midi [16].



Figure 4 : Cadre de miel operculé [7]



Figure 5 : Couteau à désoperculer [25]

6.2. Extraction

Le miel est extrait des cellules par la force centrifuge et séparé ensuite de ses impuretés par une épuration qui s'effectue généralement par filtration, centrifugation, ou décantation [17]. Les rayons récoltés sont transportés à la miellerie pour être extraits de suite, pendant que le miel est encore chaud. La miellerie est un local propre, sec, bien ventilé avec possibilité de chauffage et de déshumidification. Il devra posséder une source d'eau si possible chaude et être inaccessible aux abeilles. Ce local doit être aménagé de façon à faciliter le travail de l'apiculteur au maximum. L'outillage minimum comprend un extracteur en inox, des seaux inox ou en plastique alimentaire, un bac à désoperculer, un maturateur inox ; des éponges et chiffons pour nettoyer les bavures de miel [16].

Les cadres sont désoperculés sur les deux faces avec une herse ou un couteau électrique, placés dans l'extracteur et centrifugés sur les deux faces également (Figure 6). Le miel recueilli passera par un tamis à double filtre : un premier à mailles larges pour recueillir les plus grosses impuretés (des fragments de cire), un second à mailles plus fines permet de retenir les plus petites particules [16].



Figure 6 : Cadres désoperculés dans le panier de l'extracteur [25]

6.3. Maturation

L'extraction centrifuge ne fournit pas directement un miel prêt à la mise en pots. Pour obtenir un miel commercialisable il est indispensable de l'épurer [18]. Selon Prost (1987), la maturation signifie épuration, quand il s'agit du miel [19].

Selon le même auteur, la maturation est une simple décantation dans un récipient où le miel abandonne ces impuretés (débris de cire, amas de pollen), ainsi que les bulles d'air incorporées pendant l'extraction. D'après Louveaux (1985), la meilleure façon d'épurer le miel est encore de le laisser reposer pendant quelques jours dans un récipient appelé maturateur [18], Donadieu (1984), signale que la maturation dure 2 à 8 jours [20].

6.4. Conditionnement

Du maturateur, le miel est coulé directement dans les récipients de vente. Le miel doit être mis à l'abri de l'air et de l'humidité ceci afin d'éviter certaine dénaturation et surtout des fermentations, d'où la nécessité de récipients bien remplis et hermétiquement fermés [20].

D'après Huchet (1996), le miel est gardé dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20°C. Si le miel a stocké présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5°C [21].

6.5. Pasteurisation

La pasteurisation consiste à porter le miel à l'abri de l'air, à une température de l'ordre de 78°C pendant 6 à 7 minutes, puis le refroidir rapidement.

L'appareillage comporte principalement des plaques chauffantes parallèles entre lesquelles le miel va circuler en lames minces [19]. Le miel pasteurisé est à l'abri des fermentations puisque les levures ont été détruites, et il se conservera à l'état liquide pendant au moins six mois, le temps nécessaire pour qu'il ait été consommé [18].

PROST (1987), mentionne que la pasteurisation peut augmenter très sensiblement la couleur et le taux de l'HMF, qu'il caractérise les miels chauffés et vieux [19].

6.6. Contrôle de cristallisation

Pour éviter les défauts de cristallisation et accroître la popularité d'un miel auprès des consommateurs, on contrôle la cristallisation, en particulier celle des miels de fleurs à cristallisation rapide [19].

Tous les miels n'ont pas la vocation pour rester à l'état liquide. Trop riches en glucose, même après pasteurisation, ils risqueraient de recristalliser de façon irrégulière.

Pour obtenir une cristallisation fine et homogène, on procède à un ensemencement du miel après pasteurisation et refroidissement complet. On mélange intimement au moyen d'appareils spéciaux un miel à cristallisation très fine avec le miel à faire cristalliser. On utilise environ 10 % de semence. Les cristaux ajoutés au miel servent d'amorce et, en quelques jours, à la température de 14 °C, la plus favorable à la croissance des cristaux, tout le miel est cristallisé dans le système souhaité. Bien entendu, c'est le mélange encore pâteux du miel et de la semence qui est envoyé dans la machine à empoter [18].

6.7. Emballage et étiquetage

Les récipients doivent être étanches à l'eau et à l'air pour éviter toute pénétration d'humidité dans le miel. Les récipients et cuves en fer blanc, en aluminium, en acier chromé et en plastique (qualité alimentaire) conviennent parfaitement à cet usage.

Pour les emballages de consommation, les pots en verre, mais aussi ceux en plastique (qualité alimentaire) et en fer blanc conviennent. Quant aux boîtes en paraffine, elles ne sont étanches ni à l'eau ni à l'air et sont en conséquence inutilisables pour le stockage du miel. Selon la loi sur les denrées alimentaires, elles sont même interdites (car la paraffine contient des substances toxiques qui peuvent migrer dans le miel) et ne pourront plus être utilisées une fois la période de transition est écoulée [22].

D'après Prost (1987), le verre est le meilleur emballage pour le miel, mais son poids, sa fragilité et transparence rend visible les traînées blanches, causées par les bulles d'air, dans le miel cristallisé lui font préférer le carton ou la matière plastique [19].

Légalement (Selon le CODEX ALIMENTARIUS), l'étiquette doit fournir les indications suivantes:

- Le nom et l'adresse de l'apiculteur;
- L'appellation du miel;
- Le poids du miel contenu dans le récipient;
- Une date de garantie, à consommer de préférence avant fin mois/année (exemple, à consommer avant fin 04/2010), mais il ne s'agit pas d'une date de péremption, tout miel peut être consommé sans risque après cette date. Il est normal de s'en tenir à une

durée de conservation maximale de 18 à 24 mois selon les miels, à condition de garantir au consommateur que le miel aura au moins jusqu' à cette date, conservé ses qualités et ses caractéristiques sensorielles [23]. En outre, l'apiculteur valorise d'autant mieux son produit qu'il mentionne aussi le résultat d'une analyse de laboratoire (espèces butinées, consistance...) et une région de production [22].

7. Principales transformations physiques et chimiques du miel

7.1. La cristallisation

Selon Huchet et al, (1996), La cristallisation des miels est un phénomène très important car c'est de lui que dépend en partie la qualité du miel [21]. Il dépend des facteurs suivants :

➤ La teneur en sucres

Plus la teneur en glucose est élevée, plus rapide sera la cristallisation du miel, les miels avec plus de 28% de glucose se cristallisent très rapidement, mais aussi, plus la concentration en fructose par rapport à celle du glucose (rapport fructose/glucose) est élevée, plus la cristallisation est lente. En principe, le miel reste liquide au-dessus d'un rapport fructose/glucose proche de 1,3 [22].

➤ La température

La température optimale pour la cristallisation du miel se situe entre 10 et 18°C. Une température constante de 14°C est idéale pour un miel à teneur en eau moyenne. Les basses températures retardent la croissance des cristaux. Les hautes températures entraînent la dissolution des cristaux qui disparaissent totalement à 78°C [21,22].

La température idéale pour une bonne conservation du miel doit être comprise entre 12 et 16°C, elle est ralentie à plus basse comme à plus haute température. Mais dans ce dernier cas, la dégradation du miel se caractérise par un taux d'HMF croissant dans le temps (CARTEL, 2003 in DJERD, 2008).

➤ La teneur en eau

Les miels avec une teneur en eau de 15 à 18% ont une bonne cristallisation. Ceux dont la teneur est inférieure ou supérieure se cristallisent plus lentement, ceux au contenu hydrique faible deviennent durs, alors que ceux avec plus de 18% d'eau restent mous [22].

7.2. La fermentation

Tous les miels naturels contiennent des levures, champignons microscopiques responsables de fermentations alcooliques. Ces derniers proviennent du nectar, mais également de pollutions accidentelles dues aux abeilles ou intervenant après la récolte [18].

Selon GONNET (1982), la fermentation peut intervenir lorsque plusieurs facteurs favorables sont réunis :

- ❖ Une teneur en eau du miel supérieure à 18%,
- ❖ La présence de levures vivantes en quantité suffisante,
- ❖ Une température voisine de 16°C, et comprise de toute façon entre 10 et 25°C [24].

PROST (1987), ajoute que le miel qui fermente dégage des bulles de gaz carbonique ; sa surface se soulève, son goût change, et il n'est plus commercialisable [19].

8. La conservation du miel

Le miel est une solution aqueuse, sucrée et acide qui va se dégrader au fil du temps, va subir des transformations, des modifications de ses caractéristiques physico chimiques [25].

8.1. L'eau

Le miel est une solution aqueuse ; or les microorganismes ont besoin d'eau pour se développer. Une teneur trop importante d'eau dans le miel constitue un environnement favorable à la prolifération de ces microorganismes : il se produit alors un phénomène de fermentation.

Pour éviter ce désagrément, l'apiculteur doit veiller à ce que le miel récolté soit suffisamment sec. Idéalement, la teneur en eau d'un miel ne doit pas dépasser 18%.

Le codex alimentarius (ensemble de normes alimentaires internationales sur la qualité et l'innocuité des aliments élaborés par la Commission mixte (Food and Agriculture Organization -Organisation mondiale de la santé) limite à 21% la teneur en eau des miels. Seuls les miels de Bruyère et de Trèfle peuvent avoir une teneur supérieure sans toutefois dépasser 23% [25].

Tableau II : Influence de l'humidité et de la présence de levures sur le risque de fermentation du miel dans l'année qui suit d'après Lochhead A.G. cité par Merlet P.Y. (1981) [7].

Teneur en eau	Risque de fermentation en fonction du nombre de levures par gramme de miel
Moins de 17,1 %	Aucun risque quel que soit le nombre de levures
De 17,1% à 18 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1000
De 18,1% à 19 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 10
De 19,1% à 20 %	Aucun risque si le nombre de levures est inférieur à 1
Plus de 20%	Risque de fermentation quel que soit le nombre de levures

8.2. Le rôle des enzymes

Les miels contiennent des enzymes qui viennent des abeilles ou des insectes qui ont rejeté les miellats (pucerons, cochenilles...).

Les enzymes sont des protéines fragiles qui vont se dégrader lentement et ce processus est accéléré par la chaleur. En fonction de l'origine botanique du miel, la quantité d'enzymes présentes varie fortement.

La mesure de l'activité des enzymes va indiquer si le miel a subi ou non une dégradation. Deux enzymes peuvent être analysées dans le miel : l'amylase et l'invertase.

La mesure de leurs activités permet de savoir si un miel a été chauffé ou conservé à une température trop élevée.

Normalement, les opérations réalisées par l'apiculteur de la récolte au conditionnement ne portent pas préjudice à ces enzymes [25].

8.3. L'hydroxy méthyl furfural

Les monosaccharides, et tout particulièrement le fructose, sont dégradés en milieu acide par déshydratation moléculaire avec formation d'hydroxy méthyl furfural (HMF).

Le taux d'HMF est le critère le plus fiable pour déterminer l'âge d'un miel ainsi que pour étudier son éventuelle dégradation. Ni les nectars, ni les miellats, ni les miels frais ne

contiennent de l'HMF. Ce produit se forme très lentement au fil du temps et son évolution est exponentielle (figure 7) [25].

La production de HMF est favorisée par la forte teneur en fructose et par l'acidité du milieu.

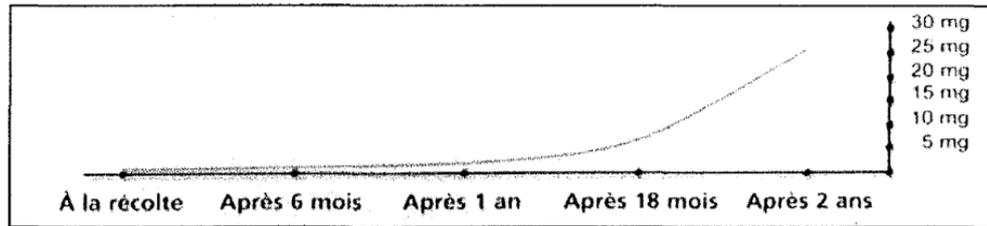


Figure 7 : Evolution au fil du temps de la teneur en HMF dans le miel (Traité Rustica de l'apiculture) [25]

Tous les miels n'évoluent pas de la même façon : les miels de nectar atteignent entre 5 et 15 mg/kg de HMF au bout de deux ans, alors que les miels de miellats (souvent plus riches en fructose et plus acides), peuvent atteindre 25 mg/kg de HMF.

La concentration en HMF est augmentée par des chauffages excessifs.

Le volume 11 du "Codex alimentarius", qui est consacré aux produits sucrés, précise que le miel ne doit pas posséder une teneur en HMF supérieure à 80 mg/kg. (Cette teneur élevée s'explique par la nécessité de prendre en compte l'ensemble des miels produits dans le monde et notamment les miels tropicaux). Mais pour les miels produits dans l'Union Européenne, le taux maximum d'HMF a été fixé à 40 mg/kg [25].

8.4. Date limite d'utilisation optimale (DLUO)

Jusqu'à la DLUO le miel doit conserver ses propriétés sensorielles et physico-chimiques. Cette date limite garantit au consommateur que le miel possède toutes ses qualités. Généralement la DLUO est de deux ans [25].

PREMIÈRE PARTIE :
PARTIE THÉORIQUE



CHAPITRE II :
Caractéristiques du miel

1. Caractéristiques organoleptiques

1.1. La couleur

En fonction de ses origines florales et géographiques et donc de sa composition, le miel peut présenter différents coloris. La couleur du miel va du jaune très pâle (presque blanc) au brun très foncé en passant par toutes les gammes de jaunes, d'oranges, de marrons et même parfois de verts. Si le nectar ou le miellat n'ont pas de pigments, les miels liquides seront incolores et les miels cristallisés seront blancs (exemple du miel de colza). Dans le cas contraire, la palette de couleur est très large [26].

1.2. L'odeur et le goût

L'odeur du miel est variable [27]. L'arôme et le goût du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donne un miel jaune d'or ; le trèfle donne un miel sucré et blanc. Le miel foncé a généralement un goût plus prononcé et sa teneur en sels minéraux est élevée ; le miel clair a une saveur plus délicate [28].

Suivant son origine florale, le miel peut présenter une grande variété de saveurs et d'arômes différents. Il existe une roue des odeurs et des arômes (figure 8) qui permet de décrire, les sensations perçues tant au niveau olfactif que gustatif lors de la dégustation d'un miel. Le Centre Apicole de Recherche et d'Information (CARI) est une association wallonne à but non lucratif qui œuvre pour la promotion et le développement de l'apiculture. Le CARI a mené des recherches sur les saveurs et les arômes des miels et a réalisé une roue des odeurs et des arômes [29].

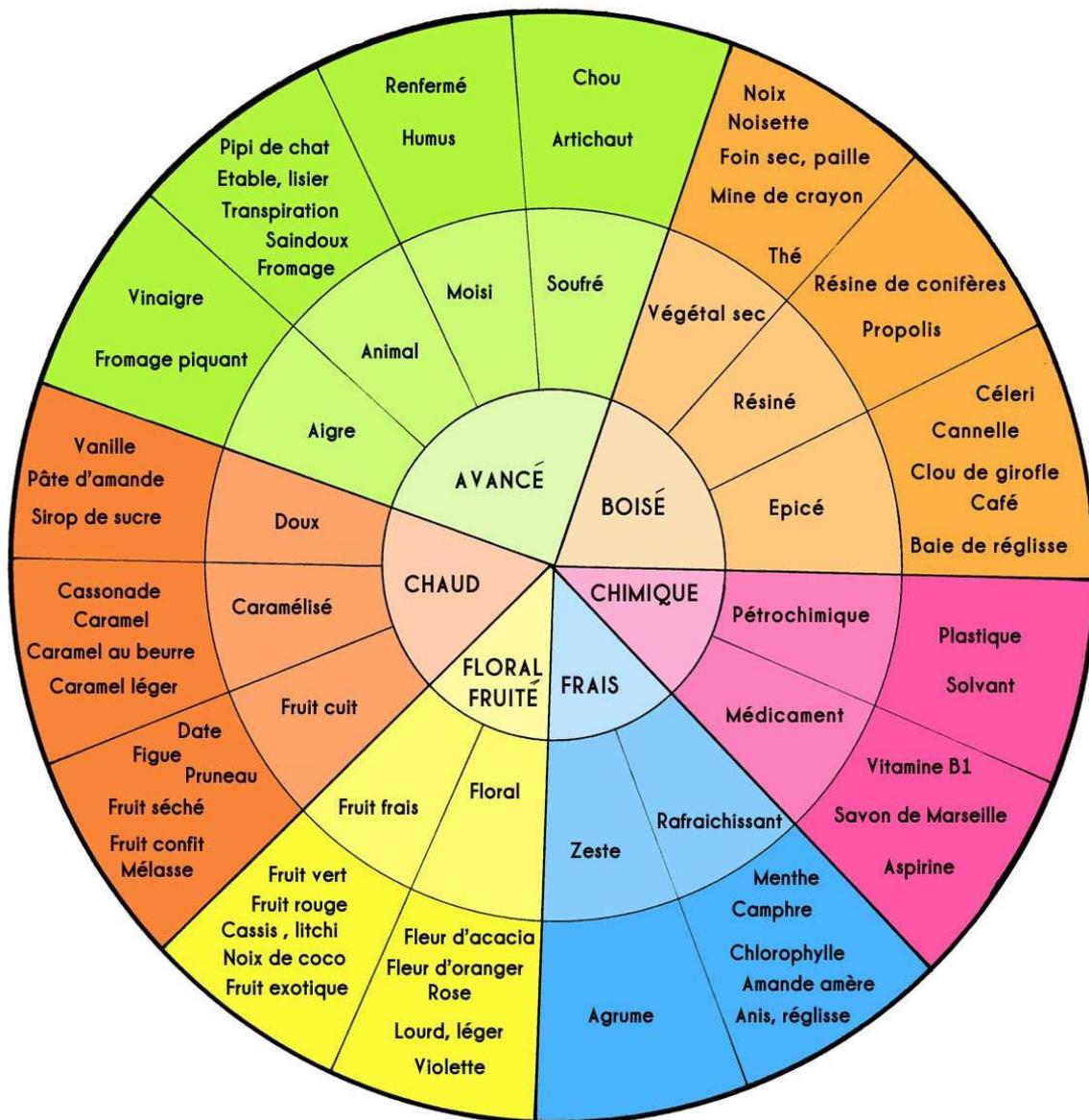


Figure 8 : La roue des odeurs et des arômes des miels [29]

2. Analyses physiques

2.1. La densité

La densité d'un miel homogène est le rapport, exprimé en nombre décimal, de la masse volumique de ce miel à la masse volumique de l'eau pure à 4 °C. (La masse volumique s'exprime en kg/dm³). Pour une teneur moyenne en eau de 17,2% à 20°C, la densité moyenne est de 1,42 et varie généralement de 1,39 à 1,44 selon la nature des miels analysés. Le miel est donc un produit relativement dense. Les variations de la densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense [24].

2.2. La conductibilité électrique

La conductibilité électrique est la propriété d'un corps de permettre le passage du courant électrique. C'est donc l'inverse de la résistivité [24].

Il existe des variations importantes suivant la teneur en eau et en éléments minéraux.

Elle est exprimée en Siemens par centimètre (S/cm). Selon leur origine florale, les miels ont une conductivité variable. D'une manière générale, les miels de miellat conduisent beaucoup mieux le courant que les miels de nectar [9].

2.3. La conductibilité thermique

La conductivité thermique est une mesure du transfert de chaleur. Elle est aussi désignée en tant qu'indice thermique. La conductivité du miel est relativement faible. Pour un miel liquide, elle s'élève à $12 \cdot 10^{-4}$ cal/cm.s.°C, pour un miel cristallisé, elle est de $12,9 \cdot 10^{-5}$ cal/cm.s.°C (BOGDANOV et al. 2004). Selon GONNET, (1985), le miel est mauvais conducteur de la chaleur, donc bon isolant thermique [3,30].

2.4. Le pH

Le pH ou « potentiel hydrogène », encore appelé indice de « Sorensen », est la mesure du coefficient caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il représente la concentration des ions H⁺ d'une solution. Le pH d'un miel est fonction de la quantité d'acides ionisables qu'il renferme ainsi que de sa composition minérale. Les phénomènes de dégradations spontanées du miel lors de son vieillissement naturel ou d'un chauffage sont largement dépendants du pH au moment de la mise en pot et font eux-mêmes évoluer le pH (le miel s'acidifie en vieillissant) [9] [10].

Le pH d'une solution de miel à 10% est compris pour les miels de nectar entre 3,5 et 4,5 tandis qu'il dépasse les 4,5 pour les miels de miellat [31].

2.5. L'acidité

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. Cette acidité provient d'acides organiques dont certains sont libre et d'autres combinés sous forme de lactones. Certains de ces acides proviennent du nectar ou du miellat mais leur origine principale provient des sécrétions salivaires de l'abeille ; le principal acide dérive du glucose sous forme d'acide gluconique. Sa formation s'accompagne de dégagement d'eau oxygénée [32,3,9].

2.6. La viscosité

La viscosité peut être définie comme la résistance à l'écoulement uniforme et sans turbulence se produisant dans la masse d'une matière.

La majorité des miels ont une viscosité normale, c'est-à-dire qu'ils suivent les lois de Newton sur l'écoulement des fluides [18].

Selon HUCHET et al. (1996), La viscosité du miel dépend de trois facteurs qui sont, sa teneur en eau, sa composition chimique et de sa température [21].

La viscosité est très élevée à basse température. Elle décroît rapidement lorsque la température augmente [24].

2.7. Le pouvoir rotatoire

Le pouvoir rotatoire des miels concerne leur action sur la lumière polarisée. La majorité des miels font tourner à gauche la lumière polarisée, mais il existe des miels dextrogyres, qui par conséquent font tourner le plan de polarisation à droite. Le pouvoir rotatoire du miel est une donnée peu significative, car les divers sucres qu'il contient ont tous un pouvoir rotatoire différent [18].

2.8. La turbidité

A moins d'avoir été filtrés d'une façon parfaite, les miels sont toujours plus ou moins troubles, même lorsqu'ils ont été très bien refondus. Cette turbidité est due aux particules en suspension : grains de pollen, poussière, levures, particules de cire et de propolis, colloïdes, protéines, etc... [18]

2.9. La Chaleur spécifique

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température d'une unité de poids de ce corps. Un miel à 17 % d'humidité et à 20°C, sa chaleur

spécifique moyenne est de 0,54 calories. Cela veut dire qu'il faut approximativement deux fois moins de calories pour réchauffer du miel que pour réchauffer la même masse d'eau [8].

2.10. L'indice de réfraction

Il s'agit d'une propriété optique. Tout corps transparent est caractérisé par un certain indice de réfraction. C'est une constante qui dépend de la nature chimique du corps. Lorsque le corps en question est en solution dans l'eau, l'indice de réfraction varie régulièrement entre l'indice de l'eau pure et l'indice du corps pur. La mesure de l'indice de réfraction permet donc de connaître facilement la teneur en eau d'un produit en solution tel que le miel. Cette mesure se fait au moyen d'un réfractomètre. Les tables de Chataway donnent la correspondance directe entre indice de réfraction et teneur en eau [8].

3. Analyses chimiques

3.1. La teneur en eau

La teneur en eau est un facteur hautement important car il permet l'estimation du degré de maturité des miels et peut renseigner sur sa stabilité contre la fermentation et la cristallisation au cours du stockage ; donc elle conditionne la conservation du produit [33,34].

Le risque de fermentation est très faible pour les miels qui contiennent moins de 18% [35].

La norme de Codex Alimentarius et de U.E prescrivent actuellement une teneur en eau maximale de 21%, le miel qui contient une teneur en eau élevée fermente plus facilement, exemple les miels de bruyère et de trèfle ont une teneur en eau de 23% [1].

3.2. La teneur en cendres

L'incinération du miel est donc le procédé qui permet de connaître sa teneur en constituants minéraux, cette teneur est très variable. Celle des miels clairs est plus faible que les miels foncés. Elle est comprise entre 0.020 et 1.028 g/100g de miel [9].

La teneur en cendres est un critère de qualité qui dépend de l'origine botanique du miel. Le miel de nectar a une teneur en cendres plus faible que le miel de miellat. La teneur maximale autorisée par les normes internationales est de 0,6 g/100 g, et pour le miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier elle est de 1,20 g/100g [1].

3.3. Le dosage des sucres

Chaque miel est susceptible de contenir une bonne dizaine de sucres. Ce sont des mono, di, tri ou polysaccharides représentant au total plus de 80% du poids total du miel.

Deux d'entre eux, le glucose et le fructose, dominent nettement et font à eux seuls près de 70%. Les autres sucres, loin d'être tous présents, dans un même miel, peuvent se trouver à l'état de traces ou en quantité plus ou moins importantes mais toujours dans des proportions ne dépassant pas quelques pour cent.

La détermination de ces sucres et leur dosage s'obtient par la méthode de Bertrand.

Dans ce contexte, nous pouvons citer l'exemple de la législation Française qui (décret sur le miel 1976) prévoit :

- une teneur apparente en sucres réducteurs exprimés en sucre intervertis pas moins de 65% pour le miel de nectar, et une teneur apparente en saccharose inférieur à 5% exception faite pour les miels d'acacia, lavande et bauksie (flore Australienne) [36].

3.4. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)

L'évaluation de la qualité du miel par le taux d'HMF est sans contredit la méthode la plus fiable et la plus répandue. Pour la santé, l'ingestion d'un miel à concentration élevée de HMF (40 ou 80 mg/kg) ne présente pas de risques. Par contre, un miel qui possède une concentration d'HMF aussi élevée, est un miel dénaturé. L'effet le plus négatif dans la commercialisation d'un miel altéré se fait ressentir auprès du consommateur qui connaît bien le miel. A l'état frais, le miel contient plusieurs composés aromatiques qui lui donne un goût typique qui attire les consommateurs. Ces composés étant très volatiles, un miel soumis à un mauvais traitement subira une altération du goût qui risque d'éloigner ces adeptes de miel à saveur caractéristique. A 60°C, la décoloration est très rapide avec une augmentation moyenne de 6,4 mmPFund pour la première journée de chauffage. En ce qui a trait au HMF, l'accumulation est aussi très rapide, de sorte qu'en moins de 72 heures, la limite de non-conformité des miels est atteinte.

Il y a beaucoup de possibilités d'altération dans les différents processus de traitement et de manutention du miel. Dans l'étude sur les miels américains, on attribue au temps d'entreposage une bonne part de la dégradation des miels américains avec des gains de près de 20 mg/kg d'HMF pour un miel placé dans un entrepôt conventionnel durant une période d'un an. Il faut apporter une attention particulière à l'endroit où le miel est entreposé en choisissant un endroit qui demeurera frais en tout temps de l'année.

La chaleur excessive lors de l'extraction et lors de la reprise du miel est probablement une autre des raisons principales de l'altération des miels. Il y aurait lieu de réviser chacune des opérations pratiquées de façon à préserver le plus possible les qualités originales du miel [37].

3.5. L'activité diastasique (ou enzymatique)

Le miel contient de nombreuses diastases parmi lesquelles on cite :

- Les amylases et qui provoquent la dégradation de l'amidon en donnant des dextrines puis du maltose ;
- La gluco-invertase (glucosidase) qui joue un rôle essentiel dans la scission des molécules de saccharose ;
- La gluco-oxydase qui est à l'origine de la formation de l'acide gluconique.

L'activité diastasique et en particulier celle de l'amylase est susceptible d'apporter de précieux renseignements sur l'état de fraîcheur d'un miel ou sur les dégradations éventuellement subies lors d'un excès de chauffage par exemple [12].

Légalement, d'après le Décret n°2003-587 du 30 juin 2003, le miel ne doit pas être chauffé au point que les enzymes naturelles soient détruites ou considérablement inactivées.

L'indice diastasique d'un miel doit être supérieur à 8 dans l'échelle de Schade, à l'exception des miels destinés à l'industrie. Pour les miels ayant une faible teneur naturelle en enzymes et une teneur en HMF inférieure à 15 mg/kg, l'indice diastasique doit être supérieur à 3 dans l'échelle de Schade.

Le codex Alimentarius inclut sa détermination comme un standard de qualité [1].

3.6. Le dosage des protéines

Détermination du taux de protéine par la méthode de KJELDAHL.

Cette méthode consiste à un dosage indirect des protéines par le dosage de l'azote, sachant que la quantité de protéines est de 6,25 fois celle de l'azote protéique.

La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications. On considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 183 mg/kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification [38].

4. La palynologie

La palynologie permet d'analyser et de confirmer l'origine florale des miels. Différents types de pollens peuvent être présents simultanément dans le miel. Le taux de pollen prédominant (ex : plus de 45%) détermine le type de miel [39].

La présence de grains de pollen dans le miel en plus ou moins grandes quantité est un phénomène remarquablement constant [40].

La science qui propose de déterminer l'origine florale des miels, s'appelle la méliissopalynologie [41].

Elle permet d'identifier les plantes butinées à l'origine de la production du miel, ce qui est d'un grand intérêt dans la détermination des appellations et la détection des fraudes concernant l'étiquetage des produits [42].

PREMIÈRE PARTIE :
PARTIE THÉORIQUE



CHAPITRE III :
Qualité du miel et normes internationales

1. La qualité du miel

Un miel de qualité doit être un produit sain, extrait dans de bonnes conditions d'hygiène, conditionné correctement, qui a conservé toutes ses propriétés d'origine et qui les conservera le plus longtemps possible. Il ne doit pas être adultéré et doit contenir le moins possible (peut-on encore dire pas du tout) de polluants divers, antibiotiques, pesticides, métaux lourds ou autres produits de notre civilisation industrielle [43].

1.1. Facteurs essentiels de composition et de qualité

Le miel vendu en tant que tel ne doit pas contenir d'ingrédient alimentaire, y compris des additifs alimentaires, et seul du miel pourra y être ajouté. Le miel ne doit pas avoir de matière, de goût, d'arôme ou de contamination inacceptable provenant de matières étrangères absorbées durant sa transformation et son entreposage. Le miel ne doit pas avoir commencé à fermenter ou être effervescent. Ni le pollen ni les constituants propres au miel ne pourront être éliminés sauf si cette procédure est inévitable lors de l'élimination des matières inorganiques ou organiques étrangères.

-Le miel ne doit pas être chauffé ou transformé à un point tel que sa composition essentielle soit changée et/ou que sa qualité s'en trouve altérée.

-Aucun traitement chimique ou biochimique ne doit être utilisé pour influencer la cristallisation du miel [1].

1.2. Les normes internationales relatives aux miels

Les normes internationales concernant le miel sont spécifiées dans une directive européenne relative au miel et dans la norme pour le miel du *Codex Alimentarius* qui font tous deux actuellement l'objet d'une révision [22]. (Annexe I)

➤ **Projets du Codex Alimentarius et de l'UE relatifs aux normes pour le miel :**

Cette norme valable pour le commerce international du miel devra être respectée par tous les gouvernements. Les critères spécifiques relatifs à la composition du miel de qualité (tableau n°8) n'ont par contre pas force de loi et les partenaires commerciaux sont libres de les appliquer [22].

Tableau II : Norme concernant la qualité du miel selon le projet du Codex Alimentarius et selon le projet de l'UE [1] [10]

Critères de qualité	Projet du Codex-	Projet de l'UE
Teneur en eau		
Général	≤ 21 g/100g	≤ 21 g/100g
Miel de bruyère, de trèfle	≤ 23 g/100g	≤ 23 g/100g
Miel industriel ou miel de pâtisserie	≤ 25 g/100g	≤ 25 g/100g
Teneur en sucres réducteurs		
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous	≥ 65 g /100 g	≥ 65 g /100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45 g /100 g	≥ 60 g /100 g
<i>Xanthorrhoea pr.</i>	≥ 53 g /100 g	≥ 53 g /100 g
Teneur en saccharose apparent	≤ 5 g/100 g	≤ 5 g/100 g
Miels qui ne sont pas mentionnés ci-dessous		
<i>Robini, Lavandula, Hedysarum, Trifolium, Zitrus, Medicago,</i>	≤ 10 g/100 g	≤ 10 g/100 g
<i>Eucalyptus cam., Eucryphia luc. Banksia menz.*</i>	≤ 15 g/100 g	-
<i>Calothamnus san., Eucalyptus scab., Banksia gr., Xanthorrhoea pr.</i> Miel de miellat et mélanges de miel de miellat et de nectar		
Teneur en matières insolubles dans l'eau		
Général	≤ 0,1g/100 g	≤ 0,1 g/100 g
Miel pressé	≤ 0,5 g/100 g	≤ 0,5 g/100 g
Teneur en matières minérales (cendres)	≤ 0,6 g/100 g	≤ 0,6 g/100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar, miel de châtaignier	≤ 1,2 g/100 g	≤ 1,2 g/100 g
Acidité	≤ 50 meq/kg	≤ 40 meq/kg
Activité diastasique , (indice diastasique en unités de Schade)		
Après traitement et mise en pot (Codex)	≥ 8	≥ 8
Tous les miels du commerce (UE)	≥ 8	≥ 8
Miels avec une teneur enzymatique naturellement faible	≥ 3	≥ 3
Teneur en hydroxyméthylfurfural	≤ 40 mg/kg	≤ 40 mg/kg
Miels d'origine déclarée provenant de pays ou de régions où règnent des températures ambiantes tropicales, et des mélanges de ces miels	≤ 80 mg/kg	-

Tableau III : Teneur en sucre et conductivité électrique : Proposition d'une nouvelle norme BOGDANOV et al. (2004) [44]	
Nouveaux critères de qualité proposés	Valeur proposée
Teneur en sucre	
<i>Somme du fructose et du glucose</i>	
Miel de nectar	≥ 60 g / 100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	≥ 45 g / 100 g
<i>Saccharose</i>	
	≤ 5 g / 100 g
Miels qui ne sont pas énumérés ci-dessous	
<i>Banksia, Citrus, Hedysarum, Medicago, Robinia, Rosmarinus</i>	≤ 10 g / 100 g
<i>Lavandula</i>	≤ 15 g / 100 g
Conductivité électrique	
Miel de nectar à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci; mélanges de miel de miellat et de nectar.	$\leq 0,8$ mS/cm
Miel de miellat et de chataîgnier, à l'exception des miels énumérés ci-dessous et des mélanges de ceux-ci.	$> 0,8$ mS/cm
Exceptions: <i>Banksia, Erika, Eucalyptus, Eucryphia, Leptospermum,</i>	
<i>Melaleuca, Tilia.</i>	

PREMIÈRE PARTIE :
PARTIE THÉORIQUE



CHAPITRE IV:
Les propriétés biologiques du miel

Introduction

Le miel, substance sucrée totalement naturelle est l'un des produits issus de la ruche employée depuis des millénaires par de nombreuses civilisations, pour ses qualités nutritionnelles et ses utilisations thérapeutiques. [45]

Avant l'apparition du sucre de canne, le miel était la seule substance sucrée disponible pour les préparations culinaires.

Il était aussi considéré comme un remède capable de prévenir et de guérir de nombreux maux, et ce, dans diverses civilisations. Mais, avec l'avènement de la chimie moderne, son usage est tombé dans l'oubli. N'ont subsisté que des utilisations empiriques.

Des études scientifiques commencent à redonner au miel et aux produits de la ruche, la juste place que les anciens leur avaient attribuée.

Des chercheurs ont récemment démontré scientifiquement les multiples vertus du miel : antibactérien, antifongique, antiviral, cicatrisant....

A l'heure où la médecine moderne se trouve confrontée à divers problèmes (résistances aux antibiotiques, augmentation des dépenses de santé...), les thérapeutiques dites naturelles suscitent un regain d'intérêt.

Le miel, au vu de ses multiples propriétés, mériterait plus d'attention de la part du corps médical. [25]

1. Valeurs alimentaires et diététiques

Le miel est composé essentiellement de sucres (78 %) et d'eau. Les trois sucres qu'il renferme sont le saccharose, le glucose et le fructose. Selon les proportions de chaque sucre, l'index glycémique du miel est variable, ce qui signifie que tous les miels ne provoquent pas une élévation similaire de la glycémie (taux de sucre dans le sang). Mais d'une manière générale, le miel provoque une élévation de la glycémie plus importante qu'un simple sucre de table. Il est donc conseillé aux sportifs ayant besoin de beaucoup d'énergie mobilisable rapidement. [46]

Le miel est utilisé par les athlètes car il est composé à la fois de glucose qui est un sucre rapide et de fructose qui est un sucre lent. C'est à dire que le glucose se retrouve dans le sang plus vite que le fructose.

L'augmentation de la glycémie va augmenter l'insuline qui va ensuite nourrir les muscles pour leur donner de l'énergie. Comme le fructose passe plus lentement dans le sang, il permet de reconstituer les réserves, que le sportif soit au repos ou non. Ainsi il aura moins de risque d'être sujet à une fringale.

C'est ce mélange fructose/glucose qui est utilisé dans les boissons énergétiques. Les travaux du Dr. Asker Jeukendrup, professeur à l'université de Birmingham ont même démontré que les performances en endurance peuvent s'améliorer de 8% après la consommation d'un mélange de fructose et de glucose par rapport à l'ingestion de glucose en quantité égale. [47]

Il a été prouvé que le miel favorise aussi l'assimilation du calcium et la rétention de magnésium. [48]

Il est donc conseillé, autant que possible, de remplacer dans l'alimentation le sucre par du miel car il a non seulement de bonnes propriétés nutritives, mais surtout de bonnes propriétés thérapeutiques [49].

2. Propriétés thérapeutiques

On attribue au miel un très grand nombre de propriétés thérapeutiques (propriétés antiseptiques, antianémiques et antitussives par exemple) [50].

2.1. Propriétés cicatrisantes et anti inflammatoires

Le miel est considéré comme un remède précieux pour le traitement des brûlures, des blessures chirurgicales infectées et des ulcères de décubitus. Le miel est très visqueux capable ainsi d'absorber l'eau entourant les tissus en inflammation. Une étude en Afrique occidentale a montré que la greffe de peau, l'intervention chirurgicale voire l'amputation ont été évitées grâce à l'application locale du miel qui a favorisé la cicatrisation des blessures au moment où le traitement classique a échoué. Une autre étude a montré que grâce à l'application locale du miel, une cicatrisation accélérée des blessures a été observée chez les femmes ayant subi une ablation radicale de vulve à cause d'un cancer. De plus, des auteurs ont suggéré que le miel puisse être utile dans le traitement des ulcères chroniques d'odeurs fétides observées en cas de lèpre [25,51].

2.2. Propriétés anti bactériennes

L'application du miel sur des plaies infectées aboutit à leur aseptie. A partir de ce constat de nombreux essais cliniques ont été conduits à travers le monde.

Au département de Chirurgie du CHU de Bujumbura au Burundi [52] quarante patients avec des plaies diverses et infectieuses ont été traitées avec du miel, les prélèvements bactériologiques effectués avant le traitement ont montré la prédominance des *Staphylococcus aureus*, suivis d'*Escherichia coli* et des *Pseudomonas spp.* Ont aussi été isolés des plaies : des *Klebsiella*, des *Enterobacter cloacae* des *Proteus*, des *Acinetobacter*, des *Citrobacter* et des *Staphylocoques* autres que *S.aureus*.

Au fur et à mesure du traitement, le nombre de prélèvements bactériologiquement positifs a diminué. Au stade cicatrisation des plaies, seules quelques plaies présentaient encore des germes.

Le miel a aussi été testé sur des souches bactériennes présentant des résistances aux antibiotiques. Cooper et al. (2002) [53] ont réalisé une étude qui démontre l'efficacité *in vitro* du miel de Manuka et du miel pasteurisé sur une souche de *Staphylococcus aureus* résistante à la Méthicilline ainsi que sur des souches d'entérocoques résistant à la vancomycine. Le miel est capable d'inhiber la croissance d'*Helicobacter pylori* [54,55] qui provoque des gastrites, des ulcères gastriques et des ulcères duodénaux.

Dans un contexte où de plus en plus de souches bactériennes résistantes aux antibiotiques émergent, ces résultats sont encourageants ; le miel pourrait être une alternative intéressante dans la thérapeutique anti-infectieuse.

L'activité antibactérienne du miel est principalement due à sa forte teneur en sucres. Plusieurs hypothèses concernant le mécanisme d'action peuvent être envisagées. Tout d'abord, comme nous l'avons vu précédemment, le miel, quel que soit son origine, contient de fortes quantités de sucres mais très peu d'eau. Ce dernier facteur empêche la prolifération bactérienne.

De plus, l'hyper osmolarité du miel contribue à extraire l'eau contenue dans les œdèmes mais également dans les bactéries ce qui a pour conséquence leur déshydratation et leur élimination. [56]

2.3. Propriétés anti oxydantes

Le miel est une source alimentaire d'antioxydants. La majorité de ces antioxydants sont des flavonoïdes. Ces derniers interagissent dans la neutralisation des radicaux libres du corps, permettant ainsi de prévenir l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et de certaines maladies neurodégénératives.

La quantité et le type de flavonoïdes trouvés dans le miel varient selon la source florale. Règle générale, les miels les plus foncés, comme ceux issus du tournesol et du sarrasin, contiennent des quantités de flavonoïdes supérieures aux miels plus pâles, ainsi qu'une plus grande capacité antioxydante. D'ailleurs, pour une même quantité, le miel possède un pouvoir antioxydant équivalent à celui de la majorité des fruits et légumes. [57]

2.4. Propriétés anti néoplasiques

Dans notre vie quotidienne, nous sommes en permanence au contact de composés dangereux et toxiques. Certains de ces composés dit tumoraux, participent au développement et à la prolifération anarchique des cellules, pour aboutir au cancer. Ces composés mutagènes attaqueront le code génétique, ce qui peut entraîner des mutations dangereuses voire létales pour l'organisme.

Le miel montre des propriétés anti-cancéreuses. Les composés du miel limitent la prolifération des cellules cancéreuses mais également, leur propagation par voie sanguine ou lymphatique. Egalement prouvé, le miel lutte efficacement contre le cancer de la vessie. [58]

2.5. Effets métaboliques

Des études ont montré que le fructose réduit les niveaux de glycémie dans des modèles de rongeurs diabétiques. La consommation de fructose prolonge la vidange gastrique, ce qui peut ralentir la vitesse d'absorption intestinale.

L'effet du miel sur les micro-organismes intestinaux non pathogènes est bénéfique et bien documenté. Des études in vitro et in vivo ont montré que le miel augmente de manière largement significative le nombre de Lactobacillus (*L. acidophilus* et *L. plantarum*). Il renforce également la croissance de Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium bifidum, Streptococcus thermophilus et Lactobacillus sous delbrukeii. sp. bulgaricus. Le miel a été signalé pour produire une réponse glycémique plus faible chez des lapins diabétiques ou non. Chez les rats nourris au miel, on a constaté une augmentation significative du taux de cholestérol HDL et une réduction des triglycérides et du LDL. Aussi, la combinaison de glibenclamide avec du miel a abouti à de nouvelles réductions des triglycérides et du LDL.

La combinaison de metformine et de miel a entraîné des réductions supplémentaires des triglycérides, du cholestérol total, du LDL cholestérol tandis que le cholestérol HDL a été légèrement augmenté chez les rats diabétiques [59-64].

2.6. Propriétés anti-diarrhéiques

A une concentration de 40%, le miel a un effet bactéricide sur différentes bactéries de l'intestin souvent associées à la diarrhée et la dysenterie comme Salmonella, Shigella, E. coli enteropathogène et Vibrio cholera. Une étude a montré que le miel donné avec un liquide de réhydratation aux enfants réduit la durée de la diarrhée bactérienne. [65]

2.7. Propriétés expectorantes et antitussives

Ces propriétés sont liées à la capacité du miel de diluer les sécrétions bronchiques et d'améliorer la fonction d'épithélium bronchique. [66]

3. Propriétés spécifiques à chaque miel

À ces facultés générales, chaque miel allie les vertus médicinales de la fleur dominante dont il provient. Même s'il n'existe aucun transfert de principe actif de la plante au miel, un mécanisme similaire à celui de la potentialisation homéopathique est envisagé.

Il existe donc des miels spécifiques préconisés dans certaines pathologies comme le montre le tableau IV. Les quantités que l'on conseille d'absorber sont, en général, de 1 à 2g de miel par kilogramme de poids (pour une personne pesant 60 kg : 60 à 120 g de miel). [45]

Tableau V : Propriétés et indications thérapeutiques plus spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux (DONADIEU, 1984) [20].		
Origine botanique	Propriétés plus spécifiques	Indicateurs plus particulières
Acacia	- Régulateur intestinal	- Paresse intestinal, notamment chez le jeune enfant
Bruyère	- Antiseptique des voies urinaires et diurétiques ; - Antianémique ; - Dynamogénique des voies respiratoires et des voies urinaires.	- Affections de l'arbre urinaire dans son ensemble et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale et chronique ; - Certains anémies ; - Etats de fatigue en général ; - convalescences ; Sénescentes.
Eucalyptus	- Antiseptique des voies respiratoires et des voies urinaires.	- Affection touchant à la sphère respiratoire et à l'arbre urinaire dans leur ensemble.

Oranger	- Antispasmodique ; - Sédatif nerveux.	- Etats spasmodiques d'origines diverses ; - Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations.
Sapin	- Antianémique ; - Antiseptique et anti-inflammatoire des voies respiratoires ; - Diurétique.	- Certains anémies ; - Affection touchant à la sphère respiratoire dans tout son ensemble ; - Affections de l'arbre urinaire dans son ensemble et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale et chronique.
Lavande	- Antiseptique et anti-inflammatoire des voies respiratoires ; - Antispasmodique ; - Sédatif nerveux.	- Affection touchant à la sphère respiratoire dans tout son ensemble ; - Rhumatismes chroniques (arthrose).
Thym	- Antiseptique général.	- Maladies infectieuses en général touchant aussi bien les sphères respiratoires, digestives et urinaires.
Tilleul	- Antispasmodique ; - Sédatif nerveux.	- Etats spasmodiques d'origines diverses ; - Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations.
Trèfle	- Dynamogénique.	- Etats de fatigue ; - Convalescences ; - Efforts physiques (chez les sportifs en particulier).

DEUXIEME PARTIE :
PARTIE EXPERIMENTALE



1. Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes

Toute la partie expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire d'hydro-bromatologie de la faculté de médecine UMMTO, à l'exception du dosage spectrophotométrique de l'HMF, qui a été réalisée au niveau du laboratoire de chimie analytique de la faculté de médecine UMMTO.

1.1. Echantillonnage

Notre étude a porté sur 15 échantillons de miel dont :

- 6 miels importés disponibles dans les commerces algériens ;
- 9 miels locaux collectés auprès des apiculteurs de différentes régions des wilayas de Tizi Ouzou, Boumerdés, Msila.

Le choix de ces régions a pour but d'avoir un échantillonnage diversifié par sa localisation géographique ainsi que son origine botanique.

La collecte de nos échantillons s'est déroulée à la fin de l'année 2017 et s'est étalée sur une période d'un mois, et cela pour satisfaire à l'exigence d'avoir des miels frais et pouvoir donner une interprétation correcte à nos résultats.

Les miels sont classés selon leurs origines florales, leurs provenances ainsi que la date de leurs récolte (Tableau VI).

Tableau VI : Présentation des échantillons de miel étudiés				
	N° Echantillon	Date de récolte	Origine géographique	Origine florale présumé/nom de marque
Miels locaux	E 1	2017	Ahrik Bouzguene (Tizi Ouzou)	Miel toutes fleurs
	E 2	Mai 2016	Souk el had (Tizi Ouzou)	Miel toutes fleurs
	E 3	2017	Bousaada (Msila)	Miel de jujubier
	E 4	2017	Bordj mnail (Boumerdes)	Miel multi-fleurs
	E 5	2017	Fréha (Tizi Ouzou)	Miel multi-fleurs
	E 6	Juillet 2017	Azazga (Tizi Ouzou)	Miel d'eucalyptus
	E 7	Juillet 2017	Azazga (Tizi Ouzou)	Miel multi-fleurs
	E 8	Juillet 2017	Azazga (Tizi Ouzou)	Miel de jujubier
	E 9	Juillet 2017	Azazga (Tizi Ouzou)	Miel d'Euphorbe
Miels importés	E 10	Janvier 2017	Allemagne	Miel Langnese
	E 11	Avril 2016	Espagne	Miel Granja SanFrancisco
	E 12	Mars 2016	Canada	Miel Brownbee
	E 13	Janvier 2016	Canada	Miel Dutchman's gold
	E 14	Mai 2016	Espagne	Miel Al shifa
	E 15	Mai 2016	Espagne	Miel Santa fé

1.2. Verrerie, consommable et appareillage utilisés

Le tableau VII suivant présente la verrerie et le consommable que nous avons utilisés. Le tableau VIII suivant présente la liste des appareils utilisés pour réaliser l'analyse physico-chimique des différents échantillons de miels.

Tableau VII : Verrerie et consommable utilisés lors de l'analyse physico-chimique	
Verrerie	Consommable
Baguette en verre	Baguette magnétique
Becher en verre de différents Volumes	Barreaux magnétiques
Burettes graduée de 10ml, 25ml	Compte-Goutte
Entonnoir Büchner	Gants propres
Entonnoir en verre	Lunette de protection
Erlenmeyers de différents Volumes	Masque FFP2
Flacons en verre, hermétiques, opaques de différents volumes	Pissettes d'eau distillée
Flacons en verre, hermétiques, transparents de différents volumes	Poires
Fiole à vide	
Fiole jaugée de 50ml, 100ml, 200ml	
Pipettes gradués en verre de 2ml, 5ml, 10 ml, 20 ml, 25 ml	

Tableau VIII : Les appareils utilisés lors de l'analyse physico-chimique

Appareillage	Model	Fonction
Agitateurs magnétiques/ Plaques chauffantes	Nahita 690-1	Agitation magnétique et chauffage
Agitateurs magnétiques/ Plaques chauffantes	Stuart YB 1720	Agitation magnétique et chauffage
Bain marie	Harry Gestigkeit	Chauffage du miel
Balance de précision	Kern PLT 2000-3DM	Pesée précise
Conductimètre	Inolab cond 720 wtw series	Mesure de la conductivité
Distillateur	GFL 2004	Fournir de l'eau distillée
PH-mètre	Mettler Toledo	Mesure du PH
Pompe à vide		Filtration sous vide
Spectrophotomètre UV-Visible	Série Lambda 25 Perkin Elmer	Mesure des densités optiques à des longueurs d'ondes du spectre UV-Visible
Refractomètre à miel	Chincan FG 116	Mesure de l'humidité du miel
Thermomètre		Mesure de la température

1.3. Réactifs

Tableau IX : Les réactifs utilisés et leurs préparations		
	Réactifs	Préparation
Détermination de l'acidité	1. Bleu de bromothymol	4 g bbt dans 200 mL d'alcool à 95 %. Ajouter 200 mL d'eau distillée bouillie et refroidie à l'abri de l'air jusqu'à l'obtention de la coloration verte. Ajuster ensuite à 1000 ml avec de l'eau distillée bouillie et refroidie à l'abri de l'air.
	2.Solution d'hydroxyde de sodium à 0,05N	Hydroxyde de sodium 2g Eau distillée 1000 ml
	3.Solution d'acide sulfurique à 0,05N	Acide sulfurique 2.45 ml Eau distillée 1000 ml
Détermination des sucres réducteurs	1.Solution d'acétate de zinc à 30%	Acétate de zinc 30g Eau distillée 100 ml
	2.Solution de ferrocyanure de potassium à 15%	Ferrocyanure de potassium 15g Eau distillée qsp 100 ml
	3.Liqueur cuivrique	Sulfate de cuivre 40g Eau distillée qsp 1000 ml
	4.Liqueur alcaline	Sel de seignette 200g Soude caustique 150g Eau distillée qsp 1000 ml
	5.Liqueur ferrique	Sulfate ferrique 50g Acide sulfurique concentré 200g Eau qsp 1000 ml
	6.Solution de permanganate de potassium 0,1 N	Permanganate de potassium 3.16g Eau distillé 1000 ml
Détermination de l'HMF	1. solution Carrez I	Ferrocyanure de potassium 15g Eau distillée 100 ml
	2. solution Carrez II	Acétate de zinc 30g Eau distillée 100 ml
	3. Solution de sulfite de sodium	0,20% dans de l'eau distillée

1.4. Présentation et analyse des résultats

Microsoft Excel : Ce logiciel permet d'organiser des données numériques et textuelles dans des feuilles de calcul ou des classeurs.

Il nous a permis de visualiser plus efficacement nos données en les intégrant à des graphiques et à des diagrammes.

1.5. Analyse des paramètres physico-chimiques

1.5.1. Teneur en eau

➤ Principe

Selon LOUVEAUX, la mesure de la teneur en eau se fait simplement au moyen d'un réfractomètre (Figure 9). Le miel à analyser doit être parfaitement liquide.

La réfractométrie est la technique la plus simple et la plus reproductible pour mesurer le taux d'humidité dans un miel.

Le principe de la mesure repose sur la détermination de l'angle limite de réfraction entre deux milieux, l'un solide et d'indice connu et très élevé, la plupart du temps, c'est le "Prisme de Flint", l'autre liquide d'indice inconnu du liquide étudié. L'appareil fournit une lecture directe de l'indice relatif à la raie "D" du Sodium, mais il est possible d'opérer à la lumière naturelle ou encore d'une lampe ordinaire pour lire la valeur.

➤ Mode opératoire

Le réfractomètre (Chincan FG 116) est réglé à 20 °C, il est étalonné avec de l'eau distillé. L'échantillon du miel est placé dans un flacon fermé après homogénéisation, le flacon est placé dans un bain marie à 50 °C jusqu'à ce que les cristaux des sucres soit dissous, il faut assurer la propreté du prisme du réfractomètre, la surface de ce dernier est couverte par une goutte du miel. La lecture est faite à travers l'oculaire au niveau de la ligne horizontale de partage entre une zone claire et une zone obscure. Cette ligne coupe une échelle verticale graduée directement en pourcentage d'humidité dans le miel [67].



Figure 9 : Réfractomètre à miel (Chincan)

1.5.2. Degré Brix

Le réfractomètre est un appareil de mesure qui détermine l'indice de réfraction de la lumière d'une matrice solide ou liquide. Cet indice s'observe par la déviation d'un faisceau lumineux suivant la nature du milieu dans lequel il se propage. L'angle du faisceau dévie en fonction du taux de matière sèche soluble dans le milieu, plus la concentration de matière sèche soluble est élevée, plus la réfraction est importante.

Grâce à cette méthode de réfractométrie, on peut évaluer le taux de matière sèche.

La lecture est faite sur l'échelle qui indique la teneur en matière sèche ou « Degré Brix » qui se trouve en parallèle avec l'échelle de l'indice d'humidité [67].

1.5.3. Degré Baumé

Le degré Baumé est une unité de mesure indirecte de concentration, via la densité, inventée par Antoine Baumé. On le note par °B, °Be ou °Bé.

À 20 °C, la correspondance entre la densité et les degrés Baumé est la suivante :

- Pour les liquides plus lourds que l'eau (densité > 1) : $d = 145 \div (145 - B^\circ)$;
- Pour les liquides plus légers que l'eau (densité < 1) : $d = 140 \div (B^\circ + 130)$.

Grâce à la méthode de réfractométrie, on peut mesurer directement ce dernier (Degré Baumé) qui nous indique la concentration en matières sèches dans un liquide [67].

1.5.4. pH

➤ Principe

Le pH du miel est donné par une solution à 10% de miel à l'aide d'un pH-mètre.

C'est une méthode potentiométrique utilisant une électrode de verre spécifique aux ions H^+ .

La notion de pH qui traduit « l'acidité » d'une solution rend compte de la concentration en ions H^+ (H_3O^+) de la solution grâce à la relation suivante : $pH = -\log [H_3O^+]$

Un pH-mètre est composé d'un millivoltmètre électronique relié à deux électrodes rassemblées dans la sonde.

Le pH-mètre mesure la tension (différence de potentiel) entre ces deux électrodes. Celle-ci est directement liée au pH de la solution dans laquelle la sonde est immergée.

L'une des électrodes est appelée électrode de référence au calomel (Hg) saturé ou Ag/AgCl (préférable pour l'environnement). Son potentiel E est constant à une température donnée. L'électrode de verre est l'électrode indicatrice de pH : son potentiel est une fonction affine du pH.

Par conséquent, la tension E mesurée par le millivoltmètre est de la forme suivante :

$$E = E_{\text{verre}} - E_{\text{ref}}$$

➤ Mode opératoire

Le pH-mètre est d'abord calibré à pH égal à 4 et 9 avec des solutions tampons. 5g de miel sont dissous dans 50ml d'eau distillée. Pour prendre le pH, les électrodes du pH-mètre sont immergées dans la solution et la valeur du pH s'affiche [18].



Figure 10 : pH-mètre (Mettler Toledo)

1.5.5. Acidité libre et combiné

➤ Principe

L'acidité libre est la quantité d'acide titrable par une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à pH 7 en présence de bleu de bromothymol comme indicateur de fin d'équivalence.

L'acidité mesurée est celle d'une solution de miel à 10%.

L'acidité combinée est titrée par une solution d'acide sulfurique, c'est un dosage volumétrique en retour [44].

➤ Mode opératoire

- Utiliser une solution du miel à tester qui a été obtenue par dissolution dans l'eau distillée de 10 g de miel pour 100 ml de solution. Le pH est d'abord mesuré à l'aide d'un pH-mètre.
- Remplir les burettes avec 10 ml de NaOH à 0,05N.
- Peser une prise d'essai de 5g de la solution de miel à 10%, noté m.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de BBT. Le milieu réactionnel se colore en jaune.
- Titrer avec du NaOH à 0,05N jusqu'à coloration du BBT en vert foncé (pH 7).
- Relever le volume équivalent de NaOH noté V_{eq} .
- Verser le NaOH restant dans le bécher et sans tarder opérer un dosage en retour avec une autre burette contenant 10ml de H_2SO_4 à 0.05N, jusqu'à virage de la couleur du bleu au vert foncé.
- Relever le volume équivalent de H_2SO_4 , noté V_{eq}' .



Figure 11 : Dosage en retour par H_2SO_4 Figure 12 : Virage du bleu au vert foncé

➤ Mode de calcul

L'acidité libre se calcule selon la formule suivante :

$$AL = 1000 \times V_{eq} \times N / m \text{ en meq/kg}$$

Avec :

AL : acidité libre en meq/kg

Ve_q : Volume équivalent de NaOH en l

N : normalité de la solution de NaOH eq/l

m : prise d'essai de la solution de miel en kg

L'acidité combinée :

$$AC = 1000[(10 - Ve_q) N - 0.05 Ve'_q] / m \text{ en meq/kg}$$

Avec :

AC : Acidité combinée en meq/kg

Ve_q : volume équivalent de NaOH en l

N : normalité de la solution de H₂SO₄ eq/l

Ve'_q : volume équivalent de H₂SO₄ en l

m : prise d'essai de la solution de miel en kg

$$\text{Acidité totale : } AT = AC + AL$$

1.5.6. Conductivité électrique

➤ Principe

La détermination de la conductivité électrique est basée sur la mesure de la résistance électrique, dont la conductivité électrique est la réciproque. La conductivité électrique d'un fluide correspond à la conductance d'une colonne de liquide comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est mesurée par un conductimètre. Le temps de mesure doit être aussi court que possible à cause du phénomène de polarisation qui peut conduire à de faux résultats.

Les mesures sont effectuées à 20°C dans une solution aqueuse de miel à 20% (p/v). La lecture est faite directement après immersion de la cellule du conductimètre dans la solution. Le résultat est exprimé en milliSiemens par centimètre (mS/cm) [68].

➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 10g de miel est mise dans un bécher de 50ml, le miel est dissout avec de l'eau distillée, puis le volume est ramené à 50ml. Cette solution est transférée dans un autre bécher placé dans un bain thermostaté à 20°C. Après que la température voulue est atteinte, la cellule du conductimètre est plongée dans le bécher pour la mesure de la conductivité électrique. Il faut noter qu'avant chaque mesure, la cellule du conductimètre est rincée soigneusement avec de l'eau.



Figure 13 : Conductimètre (Inolab cond 720 wtw series)

1.5.7. Teneur en sucres

➤ **Principe**

Le dosage des sucres se fait par la méthode de Bertrand.

C'est une méthode d'oxydoréduction qui permet le dosage des oses réducteurs grâce à un dosage en retour.

Les sucres réducteurs réduisent partiellement la liqueur de Fehling en excès, l'oxyde cuivreux constitué (précipité rouge) est dosé par manganimétrie. Une table donne la correspondance entre la masse de cuivre et la masse des sucres réducteurs.

La réaction doit se dérouler à chaud et pendant trois minutes à partir de l'ébullition pour respecter la correspondance des tables.

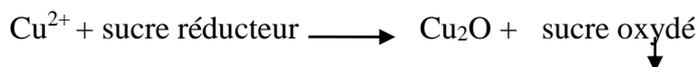
Une quantité des sucres réducteurs réagit avec les ions cuivre (II) en excès pour former un précipité rouge brique. L'excès d'ions cuivre (II) est éliminé. Le précipité réagit avec un excès d'ions fer (III) pour le dissoudre. On obtient des ions fer (II) dosés par une solution de permanganate de potassium [69].

Avant d'effectuer le dosage de ces sucres, il est nécessaire de déféquer la solution de miel.

❖ Equations de réactions

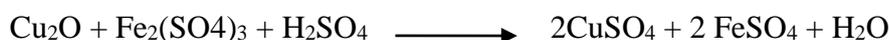
➤ 1^{er} étape :

Réduction de la liqueur alcalino-tartro-cuivrique (FEHLING A+ FEHLING B) par les sucres réducteurs avec formation d'oxyde cuivreux (Cu_2O) de coloration rouge brique.



➤ 2^{ème} étape :

Réaction de l'oxyde cuivreux avec un excès d'ions ferriques.



➤ 3^{ème} étape:

Dosage manganométrique des ions Fe^{2+} formés en milieu acide



- ❖ **Défécation des solutions :** Les hydrates de carbone à doser se trouvent généralement mélangés à d'autres substances en solution ou en suspension comme eux et pouvant empêcher ou fausser le dosage des sucres. Ces substances étrangères doivent être éliminées sans que la teneur en hydrates de carbone s'en trouve modifiée ; cette clarification est obtenue en provoquant la formation d'un précipité dans le liquide, opération appelée « défécation ». Les agents de défécation ou clarification doivent donc avoir une action sélective. Certains, tel l'acétate de plomb, agissent par précipitation (sel de plomb) et partiellement par adsorption. Les réactifs de Carrez (hexacyanoferrate II de K et sulfate de Zn) agissent uniquement par adsorption. Ils provoquent la formation d'un précipité à "l'état naissant" entraînant les substances étrangères par "occlusion".

➤ **Mode opératoire**

❖ **Mise en solution du miel (Défécation)**

- Prendre 10g de miel, ajouter 2 ml de Ferrocyanure de Potassium plus 2 ml d'acétate de zinc et on complète avec l'eau distillée à 100 ml, on laisse la solution de miel 15min au repos puis on filtre.



Figure 14 : Pesée de 10 g de miel

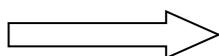


Figure 15 : Agitation du mélange

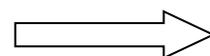


Figure 16 : Repos du mélange

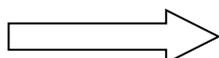


Figure 17 : Filtration du mélange

❖ **Inversion de solution de miel**

-Prendre 10ml de solution de miel filtré, ajouter 50ml d'eau distillée plus 1ml de HCL concentré ($d=1,19$) puis mettre au bain marie à 75°C pendant 15min

-Refroidir puis neutraliser avec une solution de NaOH (30%) en présence de phénolphtaléine ensuite avec la solution de HCL à 10% jusqu'à décoloration puis on complète à 100ml avec de l'eau distillée.



Figure 18 : Neutralisation du mélange avec NaOH (30%) en présence de phénolphtaléine

❖ **Dosage des sucres réducteurs avant inversion et après inversion**

- Avec un mélange cupro-alcalin de 20 ml de solution CuSO_4 et de 20 ml de solution tartrique et 10 ml de solution à doser de miel à 10% ainsi que 10 ml d'eau distillée. Mettre quelques billes en verre comme régulateur d'ébullition, faire bouillir pendant 3 min et laisser refroidir. Il y aura formation de l'oxyde cuivreux (Cu_2O).
- Filtration sous vide à l'aide d'un erlen à vide et d'un entonnoir à verre fritté (Büchner) de porosité 4.
- Dissolution de l'oxyde cuivreux formé à l'aide d'une solution de liqueur ferrique.
- Dosage de la solution récupérée avec le permanganate de potassium à 0,1N.
- Se reporter à la table dressée par Gabriel Bertrand pour la correspondance entre le volume versé de KMnO_4 0,1 N et le taux de sucre réducteur avant et après inversion.
- On obtient le taux de Saccharose par déduction de sucre réducteur après inversion et de sucre réducteur avant inversion en le multipliant par un facteur de 0,95. (Annexe IV et annexe V)



Figure 19 : Formation de l'oxyde cuivreux



Figure 20 : Filtration sous vide



Figure 21: Dosage permanganométrique de la solution

➤ **Conditions opératoires**

- Le précipité n'est jamais en contact avec l'air pour éviter son oxydation.
- Utiliser de l'eau distillée bouillie pour éviter l'oxydation par l'O₂ dissout dans l'eau.
- Laver abondamment le précipité pour éliminer le tartrate, sinon le virage avec le permanganate ne sera pas visible.

➤ **Mode de calcul**

Utilisation des tables de Bertrand :

$$\text{Masse du Cuivre} = 5 \times V_{\text{KMnO}_4} \times C \text{ en mole/l KMnO}_4 \times \text{Masse molaire Cu}$$

Il n'y a pas de proportionnalité entre les masses de cuivre formé et les sucres. On ne peut donc pas utiliser le produit en croix, mais néanmoins une interpolation linéaire est envisageable. De plus, on trouve rarement une masse de cuivre qui est écrite dans le tableau.

Dans l'exemple suivant, on trouve une masse de cuivre de 22 mg.

sucre en mg	cuivre en mg
10 A	20,6 D
x B	22,0 E
11 C	22,6 F

$$AB/AC = DE/DF$$

$$X-10/11-10 = 22-20,6/22,6-20,6$$

$$X-10 = 0,7 \quad x = 10,7 \text{ mg}$$

Tenir compte des dilutions pour retrouver la concentration en sucre de la solution initiale [69].

1.5.8. HMF ou Hydroxy-méthyl-furfural

➤ Principe

Une nouvelle méthode est décrite pour l'hydroxyméthylfurfural (HMF) dans le miel ; la précision est améliorée par rapport aux méthodes optiques et chimiques les plus utilisées. La spectroscopie UV-Visible permet d'accéder qualitativement à des renseignements quant à la nature des liaisons présentes au sein de l'échantillon mais également de déterminer quantitativement la concentration d'espèces absorbant dans un domaine spectral.

Avec une solution clarifiée de miel contenant 0,2% de sulfite de sodium comme témoin et une solution similaire sans sulfite comme échantillon, on obtient une différence de spectre qui représente la teneur en HMF dans l'échantillon, sans l'absorption interférente du miel. (Annexe VI) [70].

➤ Mode opératoire

- Préparation de l'échantillon :
- Peser approximativement 5g de miel dans un bécher de 50ml.
- Dissoudre dans 25 ml d'eau distillée et transférer cette quantité dans une fiole de 50 ml.



Figure 22 : Mise en solution du miel

- Ajouter 0,5 ml de la solution carrez 1 et mélanger.
- Ajouter 0,5 ml de la solution carrez 2 et mélanger puis compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée (une goutte d'éthanol peut être ajouté pour éliminer la mousse).
- Filtrer la solution en utilisant un papier filtre en jetant la première dizaine de ml de filtrat.



Figure 23 : Filtration du mélange

- Pipeter 5 ml dans deux tubes à essais.
- Dans le premier tube, on ajoute 5ml d'eau et on mélange (solution échantillon).
- Dans le second tube on ajoute 5 ml de la solution bisulfite (0,2) et on mélange (solution témoin).

Tableau X : Préparation de la solution aqueuse de miel		
Ajouter au tube à essai	Solution échantillon	Solution témoin
Solution initiale de miel	5 ml	5 ml
Eau distillé	5 ml	0 ml
Solution de bisulfite (0,01)	0 ml	5 ml

La lecture de l'absorbance des solutions aqueuses de miel (solution échantillon, solution de référence) se fait dans les 60 min à 284nm puis à 336nm. Si l'absorbance à 284 nm est supérieure à 0,8, la solution est diluée avec de l'eau distillée pour obtenir des absorbances suffisamment basses.

Si une dilution D est nécessaire elle est calculée par :

$D = \text{volume finale de la solution échantillon} / 10$

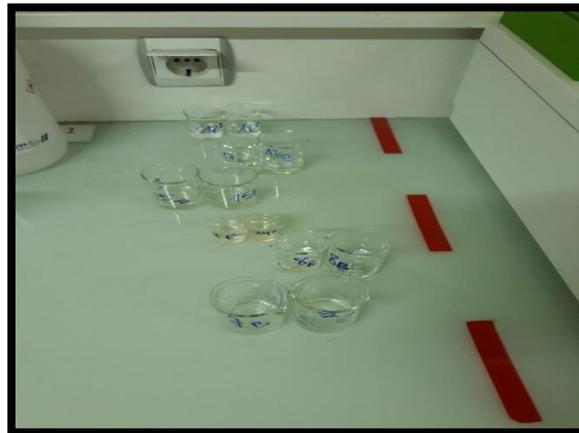


Figure 24 : Solutions aqueuses du miel (solution échantillon, solution de référence)



Figure 25 : Spectrophotomètre UV-VISIBLE

➤ **Mode de calcul**

La teneur en hydroxy-méthyl-furfural est exprimée en milligramme par kilogramme et donnée par la formule suivante :

$$\text{HMF} = (A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times D$$

Avec :

HMF : quantité d'HMF en mg/Kg

D = facteur de dilution (si la dilution est nécessaire)

A₂₈₄ et A₃₃₆ : absorbances respectives à 284nm et à 336nm

Le facteur 149,7 = $126 \times 1000 \times 1000 / 1683 \times 10 \times 5$

Où :

126 : La masse moléculaire de HMF

1683 : L'absorptivité molaire de HMF à 284 nm.

1000 : La conversion des grammes en milligrammes.

1000 : La conversion des grammes de miel en kilogrammes.

10 : facteur de dilution

DEUXIÈME PARTIE :
PARTIE ÉXPÉRIMENTALE



2. Résultats

2. Résultats

2.1. Présentation globale des résultats

Le tableau XI suivant présente les résultats obtenus suite à l'analyse physico-chimique des différents échantillons de miel collectés.

Tableau XI : Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques des différents échantillons de miel collectés

Origine	Nom	Paramètres physiques					Paramètres chimiques			
		Humidité%	Degré Brix°	Densité	Conductivité (mS/cm)	pH	Acidité libre (méq/kg)	Taux de sucres		HMF (mg /kg)
								Sucres réducteurs (%)	Saccharose (%)	
Miels locaux	E1	16	82,5	1,42	1,527	5,44	1	62	2,7	3,59
	E2	15	83	1,42	0,223	3,96	1	84	4,53	8,08
	E3	15	83	1,42	0,467	3,8	2,5	83,54	4,74	27,24
	E4	16	83	1,42	0,777	4,36	2,5	79	1,38	1,94
	E5	15	84	1,42	0,801	4,22	2,5	86	2,4	5,38
	E6	16	82	1,42	0,723	3,95	3	75,68	0,77	28,44
	E7	17	82	1,42	0,302	3,75	2	72,15	4,13	22
	E8	14	84	1,42	0,540	4,88	0,5	75	1,42	1,04
	E9	16	82	1,42	0,528	4,3	1,5	76	4,23	0,149
Miels importés	E10	18	80	1,42	0,345	4,01	1,5	65,36	3,15	16,92
	E11	18	81	1,41	0,289	4,65	0,5	70,23	2,24	15,11
	E12	16	82,5	1,42	0,0607	4,15	0,25	75	5,18	88,17
	E13	18	80	1,41	0,1375	4,04	1,5	66,48	2,09	15,71
	E14	18	80,5	1,41	0,366	4,21	1,5	68,84	6,32	25,14
	E15	14	84	1,42	0,0354	4,6	0,5	79	9,05	20,95

2.2. Résultats de l'analyse physico-chimique

2.2.1. Taux d'humidité

Le taux d'humidité nous renseigne sur la teneur en eau de chaque échantillon de miel collecté. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 26.

Les valeurs obtenues sont comprises entre 14 et 18%, avec une valeur moyenne de 15,55% pour les miels locaux et 17% pour les miels importés.

L'échantillon (E8) des miels locaux présente la valeur la plus basse qui est de 14% la même valeur pour l'échantillon (E15) des miels importés.

La plupart des échantillons des miels importés (E10, E11, E13, E14) présentent la valeur la plus élevée qui est de 18%

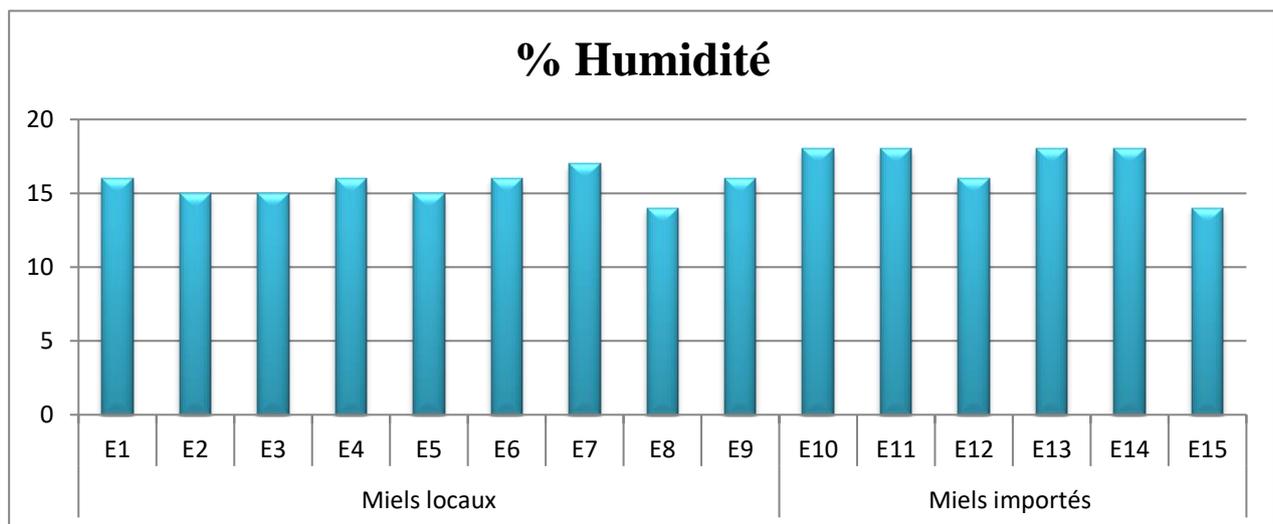


Figure 26 : Représentation graphique du taux d'humidité des miels analysés

2.2.2. Degré Brix

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 27.

Les valeurs varient entre 80 et 84 % avec une valeurs moyenne de 82,23.

Les échantillons (E5) et (E8) des miels locaux présentent la valeur la plus élevée qui est de 84%, même résultat pour (E15) qui est le miel Santé Fé d'Espagne. Les échantillons de miel importés (E10) et (E13) présentent la valeur la plus basse qui est de 80% .

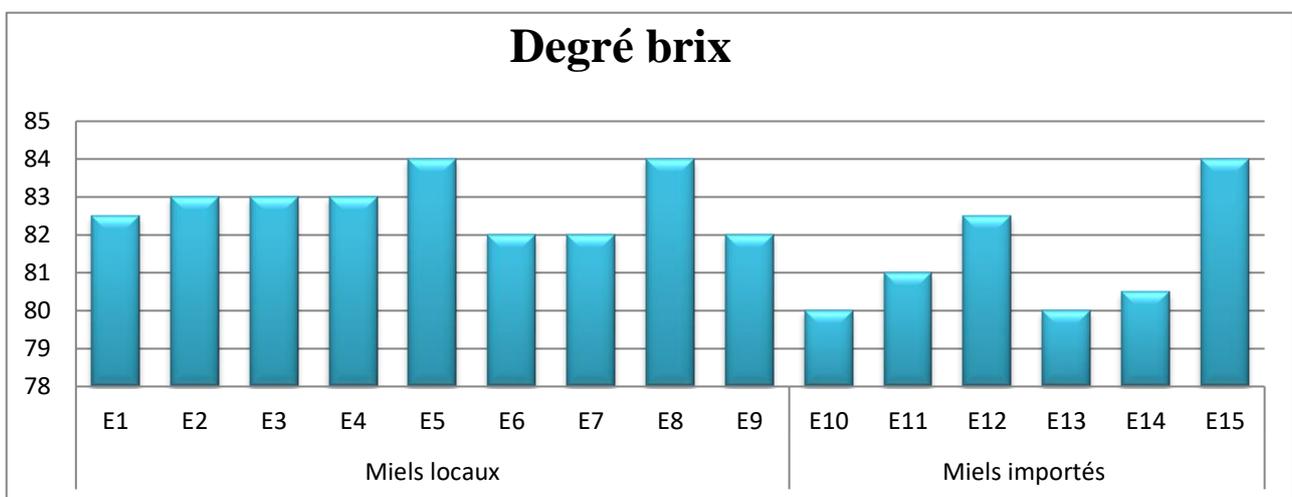


Figure 27 : Représentation graphique du degré Brix des échantillons de miel

2.2.3. Densité

Les valeurs obtenues sont représentées par la figurent 28.

Tous nos échantillons de miels locaux présentent une densité de 1,42.

Les valeurs varient de 1,41 à 1,42 pour les miels importés.

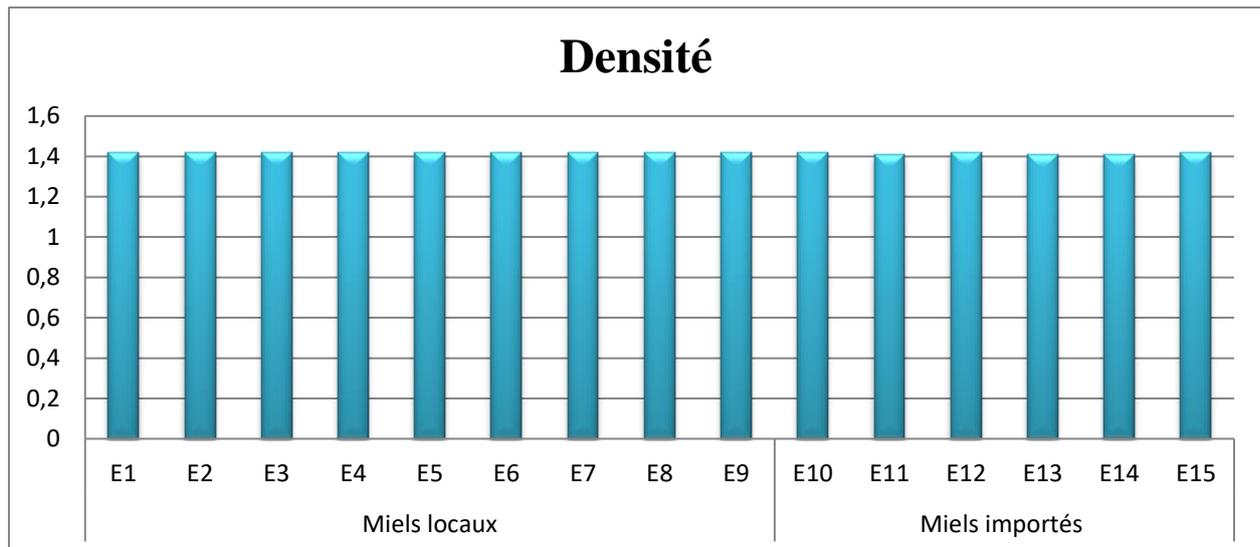


Figure 28 : Représentation graphique de la densité des échantillons de miel

2.2.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique mesure toutes substances organiques et inorganiques. Les résultats obtenus sont représentés par la figure 29.

L'examen des résultats montre que la conductivité électrique des échantillons est comprise entre 0,0354 et 1,527 mS /cm avec une moyenne de 0,64 mS/cm pour les miels locaux et 0,20 mS/cm pour les miels importés.

La valeur maximale est de 1,527 mS /cm observée dans l'échantillon (E1) qui est un miel local, les miels importés présentent des conductivités nettement inférieures à celles des miels locaux, comme le miel BrownBee du Canada (E12) et Santa Fé d'Espagne (E15) avec des valeurs respectives de 0,0607 et 0,0354 mS /cm.

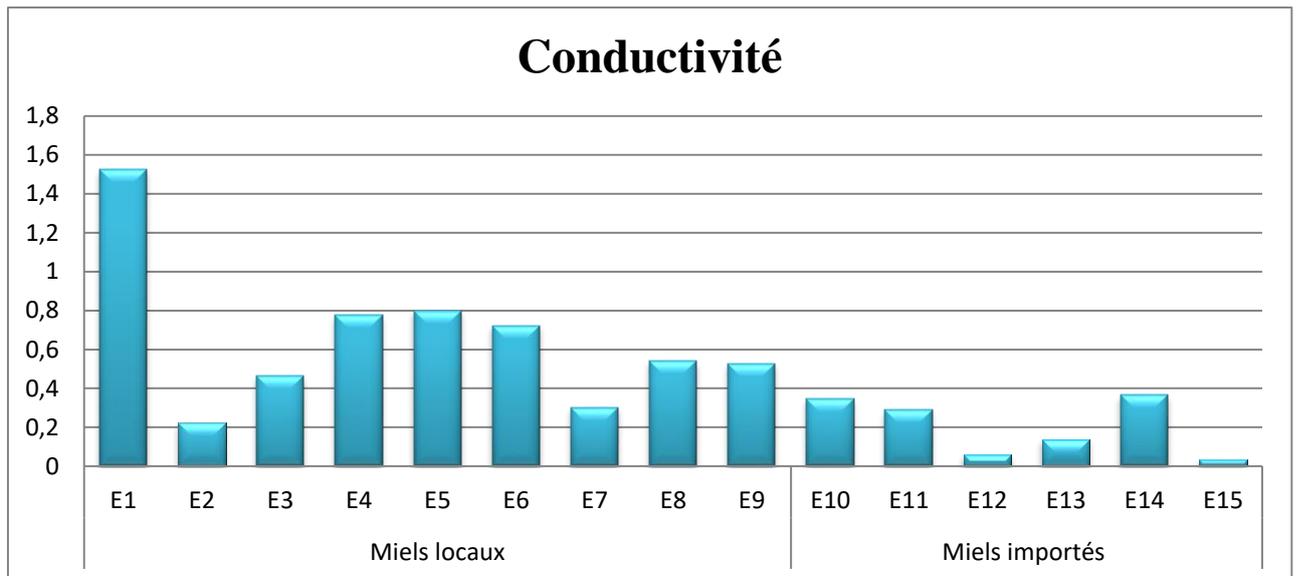


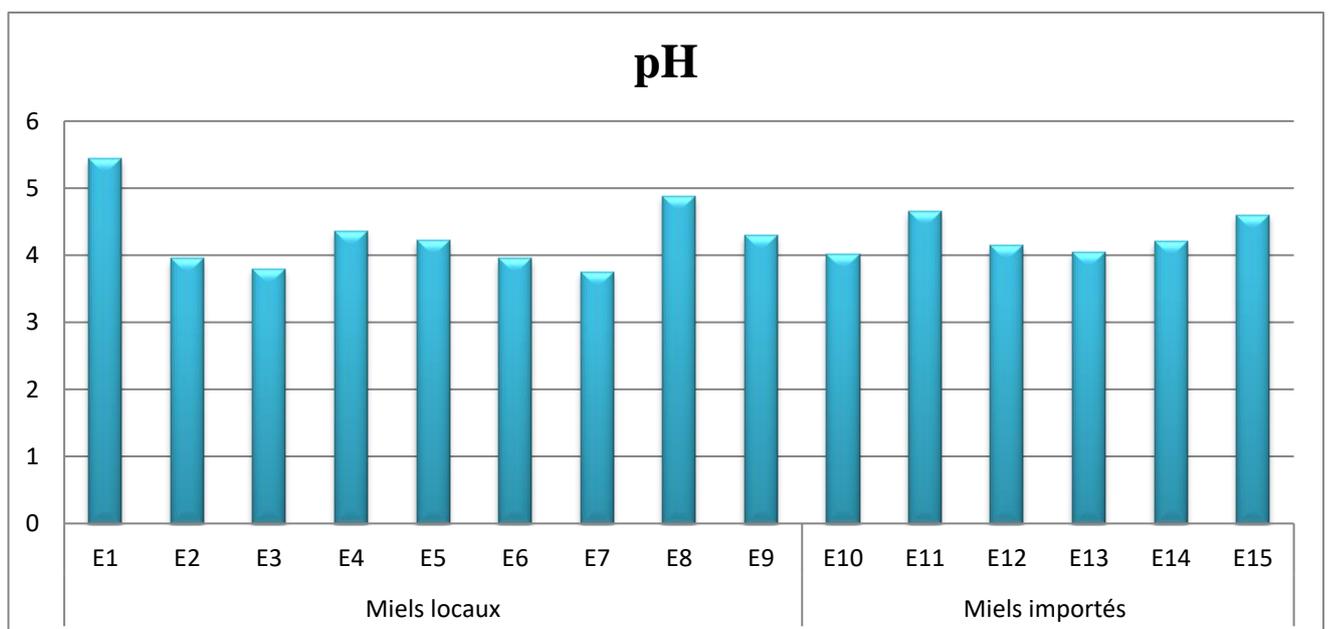
Figure 29 : Représentation graphique de la conductivité électrique des échantillons de miel

2.2.5. Le pH

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 30.

Le pH de tous types de miels présentés oscille entre 3,75 et 5,44 avec une moyenne de 4,29 pour les miels locaux et 4,27 pour les miels importés.

Les miels locaux présentent des valeurs très variables 3,75 pour (E7), 4,22 pour (E5) et 5,44 pour (E1), les miels importés présentent tous des pH autour du 4.



2.2.6. Acidité libre

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 31.

Les résultats montrent que les valeurs de l'acidité libre oscillent entre 0,5 et 3 méq/kg avec une moyenne de 1,83 méq/kg pour les miels locaux et 0,95 méq/kg pour les miels importés.

Le miel local (E6) présente l'acidité libre la plus élevée, le miel d'importation BrownBee du Canada (E12) présente la valeur la plus basse qui est de 0.25 méq/kg.

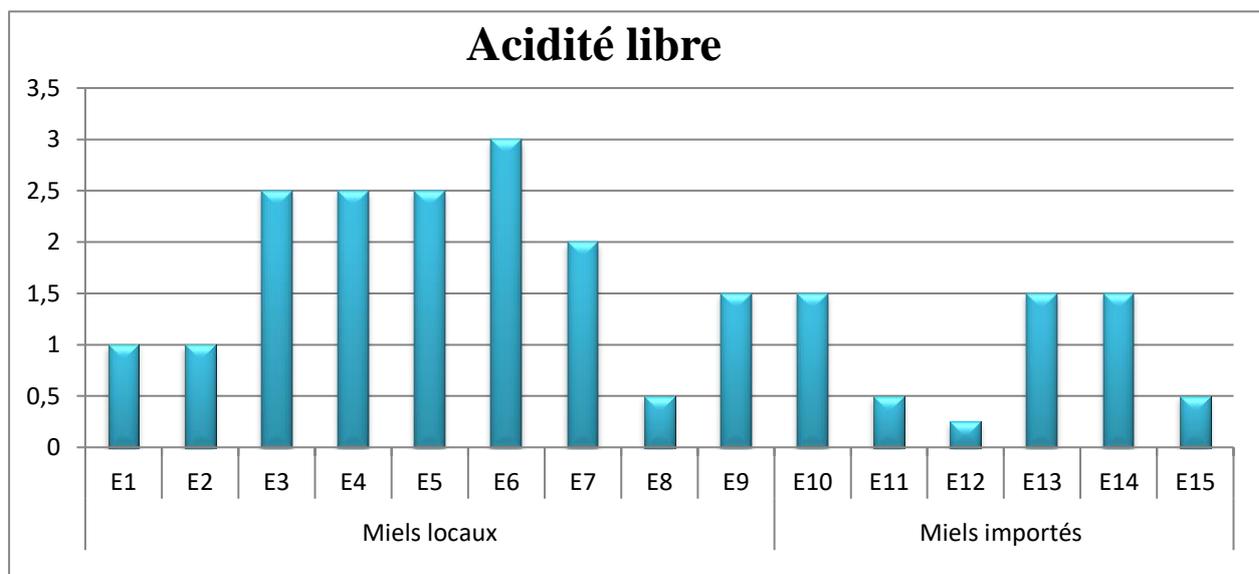


Figure 30 : Représentation graphique de l'acidité libre des échantillons de miel

2.2.7. Taux de sucres réducteurs

Les teneurs obtenues sont représentées par la figure 32.

Les teneurs obtenues pour les sucres réducteurs des miels varient de 62 à 86 % pour les miels locaux et de 65.36 à 79 % pour les miels importés, avec une moyenne de 69.34% et de 70.82% respectivement pour les miels locaux et importés.

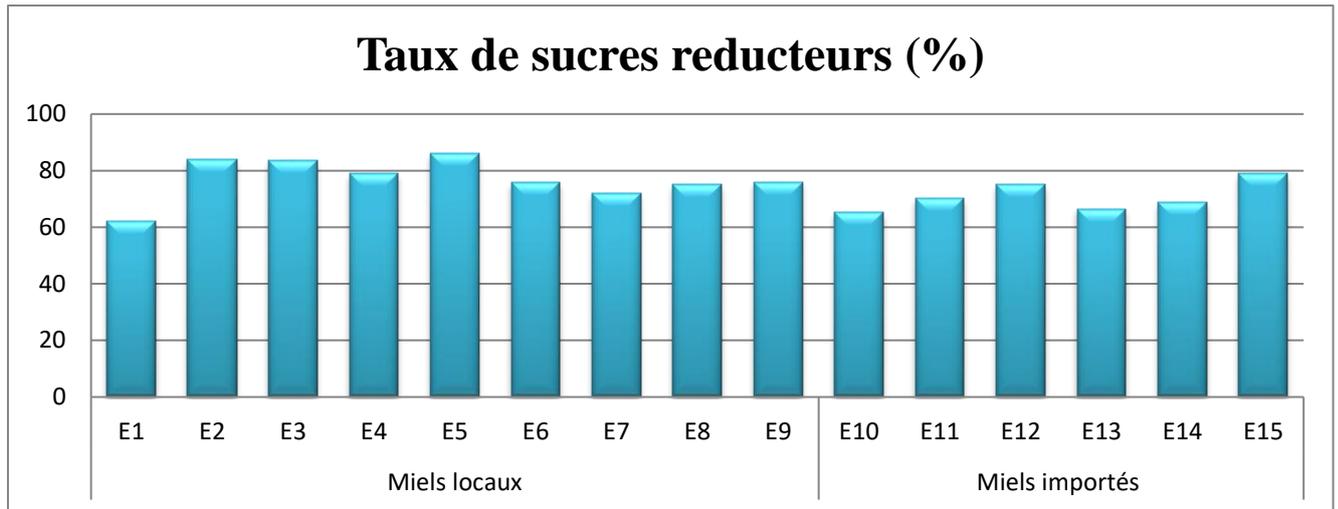


Figure 31 : Représentation graphique des teneurs en sucres réducteurs des différents échantillons de miel

2.2.8. Saccharose

Les taux obtenus sont représentés dans par la figure 33.

Le taux de saccharose des miels locaux des régions étudiées varie de 0,77 à 4,74 % avec une valeur moyenne de 2,92 %, ce taux varie de 2,09 à 9,05 % avec une valeur moyenne de 4,67 % pour les miels importés.

Les miels importés : BrownBee du Canada, Al shifa et Santa Fé d'Espagne présentent des valeurs très élevées respectivement de 5,18 %, 6,32 et 9,05%.

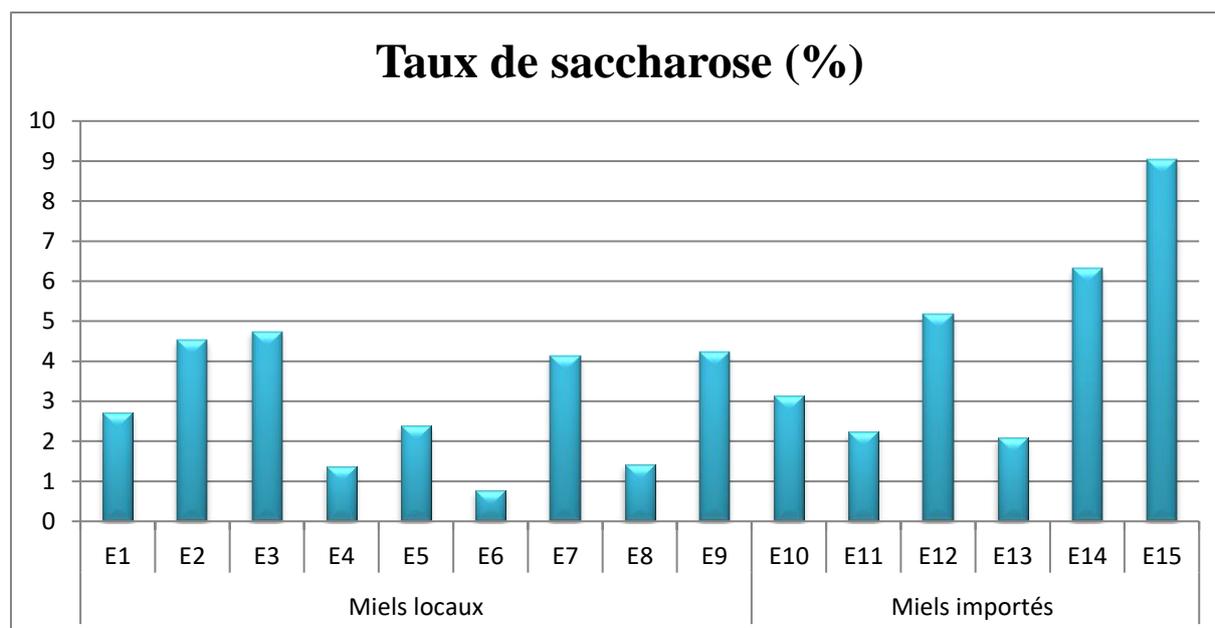


Figure 32 : Représentation graphique du taux de saccharose des échantillons de miel

2.2.9. Hydroxyméthylfurfural (HMF)

Les résultats obtenus sont représentés par la figure 34.

Les teneurs en HMF, montrent des valeurs comprises entre 0,149 et 2,44 mg/kg pour les miels locaux et des valeurs allant de 15,11 à 88,17 mg /kg pour les miels importés.

Le miel BrownBee importé du Canada, (E12), présente la valeur la plus élevée qui est de 88,17%.

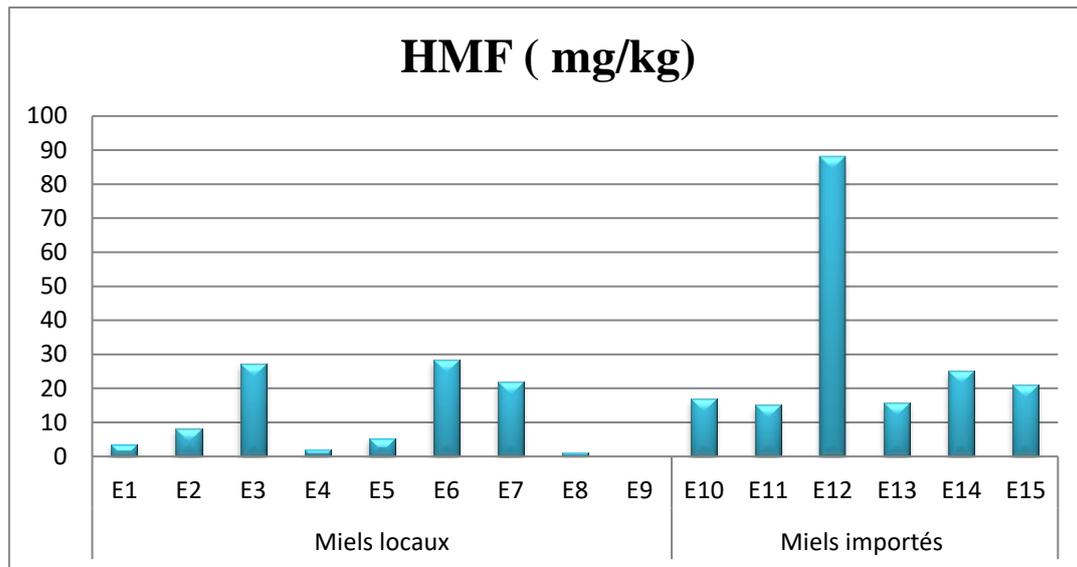


Figure 33 : Représentation graphique du taux d'HMF des différents échantillons de miel

DEUXIÈME PARTIE :
PARTIE ÉXPÉRIMENTALE



3. Discussions

3. Discussions

3.1. Le taux d'humidité

La teneur en eau est un paramètre lié au degré de maturité. Il est responsable de la stabilité du miel lors de l'entreposage. Les valeurs obtenues sont inférieures à 21%, le maximum préconisé par les normes européennes (Journal officiel des Communautés européennes).

Ces résultats sont révélateurs d'un bon stockage des miels étudiés.

Selon la thèse de Chibane et Djillali (Thèse Algérienne, 2007), en analysant des miels d'origines diverses, les valeurs obtenues varient entre 13 à 19,2% avec une moyenne de 17%.

L'étude effectuée par Amrouche et Kessi (Thèse Algérienne, 2003) sur les miels algériens a révélé des valeurs comprises entre 15,0 et 22,6% avec une moyenne de 17,7 %.

Généralement, un taux d'humidité élevé peut entraîner la fermentation du miel, la perte de saveur et la perte de sa qualité.

Les risques de fermentation d'un miel sont très élevés dans le cas où sa teneur en eau est supérieure à 19%, la fermentation devient rare dans les miels ayant une teneur en eau inférieure à 19%, c'est le cas de tous nos échantillons.

Au-dessous de 17% la fermentation n'intervient pas à cette faible valeur d'humidité.

Selon (Manikis et Hrasvoulou, 2001) la cristallisation des miels est directement liée à quelques paramètres sensibles tels que la teneur en eau.

3.2. Degré Brix et densité

Le degré Brix du miel indique la quantité de matières sèches (en g) contenue dans 100 g de miel refroidi à 20°C. Il existe donc une légère différence entre le taux de sucres et le pourcentage de matière sèche d'un miel. Plus le miel est minéralisé, plus il contient de matières autres que des sucres et plus l'écart entre le véritable pourcentage de matière sèche (degré Brix) et le pourcentage de sucre risque de devenir appréciable.

Tous nos échantillons de miels locaux présentent une densité de 1,42.

Les valeurs varient de 1,41 à 1,42 pour les miels importés, nos résultats répondent aux normes préconisées par L'association française de la normalisation et qui sont de 1,39 à 1,41 jusqu'à 1,52.

Louveaux (1985), indique que les variations de la densité des miels proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense.

3.3. La conductivité

Les miels de nectar doivent avoir des valeurs de conductivité inférieures à 0,8 mS/cm, tandis que les miels de miellats doivent avoir des valeurs supérieures à 0,8 mS/cm (Codex Alimentarius, 2001).

Les valeurs de la conductivité électrique sont inférieures à 0,8 mS/Cm cela veut dire que ce sont des miels de nectars à l'exception de l'échantillon E1 (miel toutes fleurs Bouzguene) dont la conductivité est supérieure à 0,8 mS/cm c'est donc un miel de miellat.

Gonnet (1982), signale que les miels foncés sont les plus riches en matières minérales ionisables, donc bon conducteur de courant. C'est le cas de l'échantillon local E1, ce paramètre nous permet de vérifier la véracité des différentes appellations du miel (miel de miellat, miel de nectar, miel mixte)

Les résultats concordent avec ceux obtenues par Amri Assia (Thèse Algérienne réalisée en 2010) sur les miels algériens qui révèlent une conductivité comprise entre 0.1205 ms/cm et 1,137 ms/cm.

3.4. Le pH

Le Codex Alimentarius (2001) et les Directives européennes 2001/110/CE (Conseil de l'Union européenne, 2001) et 2014/63/UE (Conseil de l'Union européenne et Parlement européen, 2014) ne citent aucune valeur de référence pour le pH mais on le retrouve dans la littérature comme indicateur de l'origine botanique.

Un classement selon lequel 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.

Les échantillons E1, E8, E11 et E15 serait donc des miels de miellat. Or, selon la conductivité seule l'échantillon E1 est issu du miellat. Cette discordance peut être expliquée par le fait que ces 3 échantillons soit un mélange de miellat et de nectar, donc tous nos échantillons de miel locaux sont des miels de nectar à l'exception de l'échantillon (E1) qui est un miel de miellat et l'échantillons (E8) qui est un miel mixte.

Nos échantillons de miels importés sont des miels de nectar à l'exception du miel Granja San Francisco (E11) et Santa Fé (E15) qui sont des miels mixtes.

Les valeurs obtenues rentrent dans l'intervalle des pH obtenues par Nair Samira (thèse réalisé en 2014) [3,58-5,7] et concordent avec ceux obtenues par Makhloufi et al. (Thèse Algérienne réalisée en 2010) [3,40-6,20].

3.5. L'acidité libre

Comparativement aux normes préconisées limitant l'acidité libre des miels à 50méc/kg, les valeurs résultant de l'analyse sont très faibles (0,5 à 3 meq/kg) et se trouvent dans la limite considérée.

L'acidité libre du miel est due à la présence des ions inorganiques tel que les phosphates et les chlorites et des acides libres ou combinées sous forme de lactone (El-Sherbiny et Rizk, 1979 ; ALL-Khalifa et Al-Arif, 1999 ; Nanda, 2003).

Les résultats obtenus sont très inférieurs par rapport à ceux obtenus par Yilmaz et al., 2000 ,1999 ; Ozcan et al., 2006 ; Finola et al., 2007 ; Makhloufi et al.,2007.

Les différences entre les résultats obtenus à partir de plusieurs études et nos résultats peuvent être dues à des différences de géographie, les procédures de récolte et les conditions de stockage. L'acidité naturelle du miel s'accroît avec le vieillissement du miel, lorsqu'il est extrait de rayons avec de la propolis et notamment lorsqu'il s'altère par fermentation (Horn et Lullman, 1992).

3.6. Les sucres réducteurs

Les teneurs obtenues pour les sucres réducteurs des miels varient de 62 à 86 % pour les miels locaux et de 65,36 à 79 % pour les miels importés, avec une moyenne de 69,34% et de 70,82% respectivement pour les miels locaux et importés.

Ces résultats concordent avec ceux établis par Gonnet (1979) qui précise que la teneur des miels varie de 57,90 à 86,70 % pour les sucres réducteurs « Glucose +fructose ».

Les résultats obtenus confirment que les sucres sont les constituants majoritaires du miel.

Si on compare ces valeurs avec celle de la norme du Codex Alimentarius qui recommande une teneur en sucres réducteurs supérieure à 60%, on peut dire que les valeurs obtenues correspondent à cette dernière.

3.7. Le taux de saccharose

Le taux de saccharose des miels locaux des régions étudiées varie de 0,77 à 4,74 % avec une valeur moyenne de 2,92 %, ce taux varie de 2,09 à 9,05 % avec une valeur moyenne de 4,67 % pour les miels importés.

Ces valeurs sont proches de celles trouvées par Doukani et al. (Thèse Algérienne, 2014) qui ont trouvé une teneur qui varie entre 2,75 et 4,08 % avec une moyenne de 3,45%.

Les miels importés : BrownBee du Canada (E12), Al shifa (E14) et Santa Fé (E15) d'Espagne présentent des valeurs très élevées respectivement de 5,18 %, 6,32 et 9,05%.

Les échantillons de miel locaux répondent aux recommandations établies par le codex Alimentarius qui fixe une limite maximale de 5% pour tous types de miels et de 15 % pour le miel d'eucalyptus.

Certains échantillons de miels importés (E12, E14, E15) excèdent la limite recommandée, une teneur élevée en saccharose pourrait être attribuée à des raisons telles que la suralimentation des abeilles avec du sirop de saccharose, la falsification ou la récolte précoce de miel, le saccharose n'étant pas entièrement transformé en glucose et fructose (Anklam, 1998 ; Azeredo et al., 2003 ; Guler et al., 2007). Certains miels monofloraux comme Banskia, les agrumes, Hedysarum, les Medicago et Robinia peuvent contenir jusqu'à 10% de saccharose, alors que, jusqu'à 15% de saccharose a été rapportée pour les miels « Lavandula » (Bogdanov et al., 1999).

3.8. HMF (Hydroxymethylfurfural)

Les recommandations du Codex Alimentarius fixent un maximum de 40 mg d'HMF/Kg de miel, suite à cette analyse nous constatons que tous nos échantillons de miel répondent à cette recommandation à l'exception du miel Brownbee provenant du Canada (E12) qui présente une valeur de 88.17 mg/kg ceci peut être dû au fait que ce dernier a subi un traitement de pasteurisation, ou bien un chauffage lors de l'ajout de saccharose.

La concentration en HMF reconnue comme indicateur du niveau de fraîcheur du miel (Corbella et Cozzolino ,2006), critères important pour la détection des miels surchauffés, d'autant que l'HMF est présent en quantité faible ou absent dans les miels frais (Karabourniotti et Zervalaki ,2001).

La production d'HMF est donc un phénomène naturel dont le processus est lent à température ambiante. Par contre, le chauffage du miel l'accélère énormément et ce quel que soit la nature du miel (plus ou moins acide) (Predrix, 2003).

La teneur en HMF n'est pas une propriété intrinsèque du miel donc on ne peut pas l'utiliser pour la détermination de l'origine botanique. Par contre, l'HMF est une excellente méthode pour apprécier la qualité. Sa teneur est donc un très bon indice de dégradation (Schweitzer et al. 2004)

CONCLUSION



CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

D'un miel à l'autre existe des différences de saveur, d'odeur, de coloration, d'aspect général qui font que le consommateur se trouve placé devant un choix qu'il a parfois du mal à interpréter.

La récolte, le conditionnement, la conservation irrationnelle ou non contrôlée, conduisent parfois à l'obtention d'un produit de qualité inférieur. Il est indispensable de mieux contrôler la qualité des miels pour qu'ils soient toujours dignes de la grande confiance du consommateur vis-à-vis du produit, considéré comme produit naturel par excellence.

L'étude que nous avons menée nous a permis d'évaluer la qualité des miels par différentes analyses physicochimiques, et par la suite de comparer les miels locaux et ceux importés.

Au terme de ce travail nous pouvons constater les particularités suivantes :

La teneur en eau est importante pour la qualité du miel. Elle nous a permis de connaître les conditions de stockage, la fermentation, le climat et les conditions d'extraction du miel. Les résultats obtenus montrent que tous les échantillons étudiés, locaux et importés, contiennent un taux d'humidité inférieur ou égale à 18%. La fermentation devient rare dans les miels ayant une teneur en eau inférieure à 19% c'est le cas de tous nos échantillons.

La détermination de la conductivité électrique, du pH et de l'acidité libre nous a permis de connaître l'origine et le type des miels. Les résultats obtenus révèlent que tous nos échantillons de miel locaux sont des miels de nectar à l'exception de l'échantillon (E1) qui est un miel de miellat et l'échantillon (E8) qui est un miel mixte. Nos échantillons de miels importés sont des miels de nectar à l'exception de l'échantillon (E11) et (E15) qui sont des miels mixtes.

Nos échantillons de miels locaux présentent des valeurs répondant aux recommandations du Codex Alimentarius concernant les sucres réducteurs et le saccharose, contrairement à certains échantillons de miels importés (E12, E14, E15) qui excèdent la limite recommandée, phénomène qui pourrait être dû à la suralimentation des abeilles avec du sirop de saccharose, la falsification ou la récolte précoce de miel.

La détermination de l'hydroxyméthylfurfural (HMF) est utilisée pour apprécier la fraîcheur du miel ainsi que les détériorations dues au stockage et à la chaleur. Les résultats obtenus montrent que tous nos échantillons de miels locaux sont des miels frais, par contre un

CONCLUSION

échantillon de miel importé (E12) provenant du Canada a présenté un taux d'HMF supérieur à la norme autorisée par le Codex Alimentarius, phénomène qui peut être dû au fait est que ce dernier ait subi un traitement de pasteurisation.

Notre étude nous a conduit à déduire que les miels locaux répondent aux normes internationales, car ils sont naturels n'ayant subi aucun traitement technologique qui pourrait nuire à leur qualité. Cependant on aurait complété notre étude par l'analyse du spectre des sucres et l'étude du rapport glucose/fructose qui pourra nous aider à mieux interpréter la qualité et l'âge des miels en général, et ceux importés en particuliers, ainsi que la détermination des contaminants de miel tel que les métaux lourds, les antibiotiques et les pesticides afin de mieux comprendre l'influence de l'environnement sur la qualité du miel. Nous tenons à citer que l'absence des moyens nous a empêché de procéder à ce type d'analyses importantes pour la détermination de la qualité des miels.

Ces résultats sont des informations utiles surtout actuellement, et avec l'ouverture du marché, la commercialisation d'un miel de qualité nécessite de développer sa technologie, suivre de bonnes conduites d'hygiène afin d'offrir un produit sain, et propre à la consommation et à la conservation.

En perspective, il convient de :

- Aider et encourager les apiculteurs en matière de disponibilité des produits sanitaires et des moyens matériels divers ;
- Œuvrer à la labialisation des miels du territoire avec la création d'une marque ;
- Sensibiliser les consommateurs sur les bienfaits des produits de l'abeille ;
- Sensibiliser les consommateurs sur l'importance de la traçabilité du miel ;
- Enfin élaborer des réglementations (lois) sur la qualité des miels locaux, et travailler sérieusement sur la normalisation des miels algériens afin de faire face à l'importation frauduleuse sur certains miels de mauvaise qualité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Codex norme pour le miel CODEX STAN 12-1981.
- [2] Viel C, Doré J.C. Histoire et emplois du miel, de l'hydromel et des produits de la ruche. Dans : Revue d'histoire de la pharmacie, 91^e année, n°337, p. 7-20 ; 2003.
- [3] Bogdanov S, Bieri K., Gremaud G, Känzig A, Seiler K., Stöckli H, et al. Produits apicoles : le Miel, Revus par le groupe d'experts « Produits apicoles ». 37p ; 2004.
- [4] Barbara R. Le chemin du miel. Atelier de reproduction, Agridea, 23p ; 2009.
- [5] Les miels monofloraux et polyfloraux [En ligne]. [Consulté en Déc. 2017]. Disponible sur : <http://www.guide-du-miel.com/Lemiel/Miels-monofloraux.html>
- [6] Bonté F. Desmoulière A. Le miel : origine et composition. Actualités pharmaceutiques Volume 52, n° 531 pages 18-21 ; 2013.
- [7] Lequet L. Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie. Du nectar à un miel de qualité : contrôles analytiques du miel et conseils pratiques à l'intention de l'apiculteur amateur [Thèse]. Lyon : Université Claude-Bernard - Lyon I ; 2010.
- [8] Louveaux J. La technologie du miel. Les Annales de l'Abeille, INRA éditions 2, (4), 343-354 ; 1959.
- [9] Louveaux J. Composition, propriétés et technologie du miel. Traité de biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 277-324 ; 1968a.
- [10] Directive européenne 2001/110 CE, appelée « directive Miel », transcrite dans le droit français par le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 (dit : décret Miel).
- [11] Adler L.S. The ecological significance of toxic nectar. OIKOS, 91, 409-420; 2000.
- [12] Gonnet M. L'hydroxyméthylfurfural dans les miels. Mise au point d'une méthode de dosage. Les Annales de l'Abeille, INRA Edition, 6 (1), pp.53-67 ; 1963.
- [13] Sesta G, Piana L, Persano oddo L, Lusco L, BELLIGOLI P. Methyl anthranilate in Citrus honey. Analytical method and suitability as a chemical marker. Apidologie, 39, (3), 334-342 ; 2008.
- [14] Amiot M. J, Aubert S, Gonnet M, Tacchini M. Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. Apidologie, 20, (2), 115-125 ; 1989.
- [15] Louveaux. J : L'analyse pollinique des miels, Traité biologique de l'abeille, Tome 3. Edition Masson et Cie, Paris. p. 324-361 ;1968b
- [16] Anchling F : Raconte-moi le miel. L'abeille de France. APISERVICES, Galerie Apicole Virtuelle ; 2009

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [17] Emmanuelle H, Julie C, Laurent G. Les Constituants Chimiques du Miel. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaire. APISERVICES, Galerie Virtuelle apicole ; 1996.
- [18] Louveaux J. Les abeilles et leur élevage. Edition Opida. p.165-181 ; 1985.
- [19] Prost PJ. L'apiculture. ED J.B. Ballière, Lavoisier, Paris, p.141-153 ; 1987.
- [20] Donadiou Y. Toutes les thérapeutiques de ma pharmacie naturelle : les produits de la ruche. Lavoisier Ed, p .12 ; 1984.
- [21] Huchet E, Coustel J, Guinot L. Les constituants chimiques du miel. Méthode d'analyse chimique. Département de science et l'aliment. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaire. France. 16p ; 1996.
- [22] Bogdanov S. Stockage, cristallisation et liquéfaction du miel. Centre suisse de recherche apicoles .05p ;1999.
- [23] Gheriat H. Etre performant en apiculture. Rucher de Tilleul, Daussois, 2000.
- [24] Gonnet M. Le miel ; composition, propriétés, conservation. O.P.I.D.A., Echauffour, 2e édition, 31 p. 1982.
- [25] Hoyet C. Le miel : de la source a la thérapeutique. Thèse.Nancy1 : Université Henri Poincaré ; 2005.
- [26] Bruneau E. Les produits de la ruche. Le traité rustica de l'apiculture. Rustica éditions 2002, p. 354-384
- [27] Blanc M. Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de doctorat, Univ. Limoges, 142 p. 2010.
- [28] Bradbear N. Apiculture et moyens d'existence durables. Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 64 p. 2005.
- [29] Apiculture wallone et bruxelloise [en ligne]. [Consulté en Jan. 2018] Disponible sur <http://www.cari.be/article/roue-des-aromes/>
- [30] Gonnet M, Vache G. Le gout de miel. Ed. UNAF, Paris. 150p. 1985.
- [31] Pesenti ME, Spinelli S, Bezirard V, Briand L, Pernollet JC, Tegoni M, et al. Structural Basis of the Honey Bee PBP Pheromone and pH-induced Conformational Change. Journal of Molecular Biology, Volume 380, Issu 1 ,Page 158-169. 2008.
- [32] Gomes S, Luis GD, Leandro L, Rodrigues P, Estevinho L. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of comercial honeys from Portugal. Food and Chemical Toxicologie, Volume 48. Issue 2, Pages 544-548. 2010.
- [33] Küçük M, Kolayli S, Karaolu S, Ulusoy E, Baltaci C, Candan F. Biological activities and

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

chemical composition of three honeys of different types of Anatolia . Food Chemistry ,100 :526-534. 2007.

[34] De Rodriguez GP, De Ferrer BS. Characterization of honey produced in Venezuela. Food Chemistry, 84 : 599-502. 2004.

[35] Carvalho CAL. et al Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae : Meliponiane) submitted to a dehumidification process. Anais de academia Brasileira de Ciências , volume 81, numéro 1, p.143-149. 2009.

[36] Guerzou MN, Nadji N. Etude comparative entre quelques miels locaux et autres importés [Thèse]. Djelfa : Université Ziane Achour, 2002.

[37] Marceau J, Noreau J, Houle E. Les HMF et la qualité du miel. Fédération des Apiculteurs du Québec. L'abeille Volume 15 numéros 2, 1994.

[38] Bessas A. Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud algérien [Thèse]. Sidi Bel Abbes : Université Djillali Liabes, 2008.

[39] Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. Methods of melissopalynology, Bee world, 59. 139-159. 1978.

[40] Huberson J. L'analyse pollinique des miels. Galerie apicole virtuelle. 2001.

[41] Louveaux J. Atlas photographique d'analyse pollinique des miels. Tome III. Des annexes microphotographiques aux méthodes officielles d'analyse. Service de la répression des fraudes et du contrôle de la qualité, 24 p. 1970.

[42] Clément M.C. Melissopalynologie en Nouvelle-Calédonie, importance des spectres pollinique dans la typification des miels [Mémoire]. Paris : École pratique des hautes études, 77p. 2002.

[43] Schweitzer P. Le monde des miellats. Revue l'abeille de France N°908. Laboratoire d'analyse et d'Ecologie Apicole. 02p. 2004.

[44] Bogdanov S, Lullmann C, Martin P. Qualité du miel et norme international relative au miel. Rapport de la commission international du miel. Abeille Cie N° 71-4.1 2p. 2001.

[45] Irlande D. Le miel et ses propriétés thérapeutiques, Utilisation dans les plaies cutanées [en ligne]. Disponible sur : www.hippocratus.com [consulté en Jan.2018].

[46] Miel : valeurs nutritionnelles et bienfaits santé du miel [En ligne]. [Consulté en Fév. 2018]. Disponible sur : <http://www.mgc-prevention.fr/les-atouts-sante-du-miel/>

[47] Miel et nutrition [En ligne]. [Consulté en Fév. 2018]. Disponible sur : <http://vertusdumiel.info/miel-nutrition>

[48] Chauvin R. Action physiologique et thérapeutique des produits de la ruche. Traité de

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

biologie de l'abeille. Editions Masson et Cie, Paris, Tome 3, 116-154. 1968.

[49] Yahia mahammed S, Yahia mahammad W. Diplôme d'état de Master en sciences agronomiques. Analyses physico-chimique du miel de quelque miel de la wilaya : Ain Defla, Djendel, Bathia, Bourached et Miliana. [Mémoire]. Khemis Meliana : Université DJILAALI BOUNAAMA .2015.

[50] Guarch C, Le Coze G. Le miel. Cuisine, santé et beauté. Editions Cabédita, Yens sur Morges, 72 p. 2008.

[51] Franty A. L'apiculture aujourd'hui. Edition dunob, Paris, France, p31-222. 1984.

[52] Ndayisaba G, Bazira L, Habonimana E. Evolution clinique et bactériologique des plaies traitées par le miel. Analyse d'une série de 40 cas. Médecine d'Afrique Noire : 1992.

[53] Cooper RA, Molan PC, Harding KG. The sensitivity to honey of Gram-positive cocci of clinical significance isolated from wounds. J Appl Microbiol. 93(5) :857-63.2002.

[54] Osato MS, Reddy SG, Graham DY. Osmotic effect of honey on growth and viability of Helicobacter pylori. Dig Dis Sci. 44(3) :462-4.1999.

[55] Al somal N, Coley KE, Molan PC, Et al. Susceptibility of Helicobacter pylori to the antibacterial activity of manuka honey. JR Soc Med. 87(1) :9-12.1994.

[56] Eddy JJ, Gideonsen MD, Mack GP. Practical considerations of using topical honey for neuropathic diabetic foot ulcers : a review. WMJ,107 (4), p. 187-190. 2008.

[57] Le miel-vraies vertus, Composition, Intérêt, Bien les choisir [En ligne].

[Consulté en Fév. 2018] Disponible sur :

<https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/>

[58] Anso J. Du miel à volonté. D2A, N°. 1,23 p.2012.

[59] Ahmad A, Azim MK, Mesaik MA, Khan RA. Natural honey modulates physiological glycemic response compared to stimulated honey and D-glucose. J Food Sci. 73(7) :165-7. 2008.

[60] Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MS. oligosaccharides might contribute to the antidiabetic effect of honey : a review of the literature. Molecules; 28(17) : 248-66. 2011.

[61] Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MS. Honey a novel antidiabetic agent. Int J Biol Sci. 8(6) :913-34. 2012.

[62] Katsilambros NL, Philippides P, Touliatou A, Goergakopoulos K, Kofotzouli L, Frangaki D, Siskoudis P, Marangos M, Sfikakis P. Metabolic effects of honey (alone or combined with other foods) in type II diabetics. Acta Diabetol Lat. 25(3) :197-203. 1988.

[63] Münstedt K, Hoffman S, hauenschild A, Bülte M, Von Georgi R, Hackethal A. Effect of honey on serum cholesterol and lipid values. J Med Food.12(3) : 624-8. 2009.

[64] Shambaugh P, Worthington V, Herbert JH. Differential effects of honey, sucrose, and fructose on blood sugar levels. J Manipulative Physiol Ther. 13(6): 322-5. 1990.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[65] Khenfer A, Fettal N. Le miel. Edition el ouafak, p : 23. 1997.

[66] Philippe JM. Le guide de l'apiculteur. 3eme éd, edisud, la calade, aix-en-provence. France, 347p. 1995.

[67] HARMONISED METHODS OF THE INTERNATIONAL HONEY COMMISSION (I.H.C)., 2002 - International Honey Commission, Swiss Bee Research Centre, 62 p.

[68] Bogdanov S et al. Harmonised methods of the European Honey Commission. Apidologie. p 1-59. 1997.

[69] Benameur A. Etude physico-chimique et pollinique du miel eucalyptus globulus de la région de Tlemcen. [Mémoire] Université Abou Bakr Belkaid. Tlemcen, 2013.

[70] PHARMACOPÉE EUROPÉENNE. SEPTIÈME ÉDITION.

ANNEXES



Annexe I : Codex Alimentarius, Les normes alimentaires internationales



Réseau international des autorités de sécurité sanitaire des aliments (INFOSAN)

6 juin 2008

Note d'information INFOSAN n° 4/2008 – Codex Alimentarius

Codex Alimentarius Les normes alimentaires internationales

NOTES RECAPITULATIVES

- La Commission du Codex Alimentarius, organe intergouvernemental commun de la FAO et de l'OMS, s'attache depuis 1963 à élaborer des normes alimentaires internationales harmonisées pour rendre les aliments plus sûrs et les pratiques commerciales plus équitables.
- Rassemblant 176 pays et une organisation membre, la Commission représente plus de 99 % de la population mondiale. La société civile participe par l'intermédiaire de plus de 200 organisations ayant le statut d'observateurs.
- La Commission a adopté des centaines de normes alimentaires, directives et codes d'usage et fixé des milliers de limites maximums (pour les additifs alimentaires, les contaminants et les résidus de pesticides et de médicaments vétérinaires dans les aliments), qui sont réunis dans le *Codex Alimentarius*.
- La grande majorité des produits alimentaires faisant l'objet d'un commerce international sont couverts par les normes du Codex et les textes apparentés. Les normes contribuent à garantir la sécurité sanitaire des aliments au niveau mondial et à faciliter le commerce international de denrées, qui représentait une valeur d'environ US \$700 milliards en 2005.
- Les travaux de la Commission, qui s'appuient sur une évaluation scientifique des risques, respectent les exigences en matière de santé et de sécurité définies par l'Organisation mondiale du Commerce.

Qu'est-ce que le Codex Alimentarius ?

Le *Codex Alimentarius* (« code alimentaire » en latin) est un recueil de normes alimentaires, de directives et de codes d'usage internationaux principalement destinés à protéger la santé des consommateurs et à garantir l'équité des pratiques dans le commerce des denrées. Il sert de base à de nombreuses normes alimentaires nationales et réglementations apparentées.

La Commission du Codex Alimentarius, coparrainée par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), a tenu sa première session en 1963 et se réunit actuellement tous les ans, une fois à Rome, une fois à Genève. Elle compte aujourd'hui 176 pays membres et une organisation membre, auxquels il faut ajouter plus de 200 organisations gouvernementales et non gouvernementales internationales ayant le statut d'observateurs.

La Commission et ses organes subsidiaires offrent un lieu de débat neutre pour traiter de différentes questions concernant la sécurité sanitaire des aliments et le commerce de denrées. Des représentants des gouvernements, des groupes de défense des consommateurs, des industriels et du monde universitaire se réunissent pour échanger leurs points de vue sur la sécurité sanitaire et le commerce des aliments et pour adopter des normes. Le *Codex Alimentarius* contribue à la sécurité sanitaire des aliments et au bon fonctionnement du commerce mondial de denrées en facilitant l'harmonisation des normes. Depuis 1995, les normes et les textes apparentés du Codex sont devenus des références internationales en matière de sécurité sanitaire des aliments en vertu de l'Accord de l'Organisation mondiale du Commerce sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS). Aux termes de cet accord, les exigences en matière de santé et de sécurité s'appliquant aux aliments doivent reposer sur une évaluation scientifique des risques. Pour le Codex, les avis scientifiques sont émis par différents groupes d'experts convoqués par l'OMS et la FAO, par exemple le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, les réunions conjointes FAO/OMS sur les résidus de pesticides et les réunions mixtes d'experts FAO/OMS sur l'évaluation des risques microbiologiques. Si des mesures plus strictes que les normes du Codex sont proposées au niveau national, elles doivent se justifier scientifiquement, c'est-à-dire se fonder sur une évaluation des risques.

La Commission du Codex Alimentarius travaille en proche collaboration avec les autres organes chargés de fixer des normes qui sont mentionnés dans l'Accord SPS : l'Organisation mondiale de la Santé animale (OIE), qui a son siège à Paris, et la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV), hébergée par la FAO, à Rome. Dernièrement, la Commission a renforcé sa collaboration avec l'OIE en ce qui concerne l'élaboration de normes pour la sécurité sanitaire des aliments issus de la zootechnie, sachant qu'une bonne gestion des risques sanitaires doit englober toute la chaîne alimentaire, depuis la production primaire jusqu'à l'assiette du consommateur.

La Commission du Codex Alimentarius – un lieu de débat où traiter des questions nouvelles et difficiles

Après 45 ans d'activité, la Commission du Codex Alimentarius conserve toute son actualité et il serait difficile d'envisager un monde sans elle. La Commission est toujours prête à aborder les questions nouvelles et difficiles, sur l'initiative de ses membres, et notamment :

- À examiner des méthodes d'évaluation de la sécurité des aliments génétiquement modifiés ;
- À définir des règles pour mieux informer les consommateurs sur la valeur nutritionnelle des aliments ;
- À gérer les risques que présentent les agents pathogènes transmis par voie alimentaire comme *Listeria*, *Salmonella* et *Campylobacter* ; et
- À apprécier et réduire le risque pour la santé humaine associé à la présence dans les aliments de bactéries devenues résistantes aux antibiotiques.

Avantages pour tous les acteurs de la chaîne alimentaire

Consommateurs

Les consommateurs disposent aujourd'hui d'une variété d'aliments provenant de partout dans le monde. Il se peut cependant que ces denrées présentent un danger dû à des contaminants ou à des additifs ou contribuent, de par leur valeur nutritionnelle, à une alimentation déséquilibrée.

Grâce au *Codex Alimentarius*, les règles applicables à l'étiquetage des denrées, aux additifs alimentaires, aux résidus de pesticides, aux contaminants ou encore à l'hygiène alimentaire servent de base pour garantir la sécurité sanitaire des aliments et leur valeur nutritionnelle. Les consommateurs sont ainsi plus certains de la salubrité et de la qualité des aliments qu'ils consomment, quelle que soit leur origine.

Exportateurs de produits alimentaires

Sur un marché mondial qui ne cesse de croître, les exportateurs se sont empressés d'adopter les normes alimentaires universelles et uniformes du *Codex Alimentarius*. De plus en plus de pays participent activement à l'élaboration de normes au sein de la Commission et ont adopté les normes relatives à la production et à la transformation des aliments, facilitant ainsi le commerce de denrées.

Producteurs de produits alimentaires

Les producteurs de produits alimentaires, y compris les agriculteurs et les pêcheurs, jouent un rôle crucial dans l'alimentation de la population mondiale. La Commission du *Codex Alimentarius* les aide en élaborant des normes couvrant différents types d'aliments comme les graisses et les huiles, le lait et les produits laitiers, le poisson et les produits de la pêche, les fruits et légumes, pour n'en citer que quelques-uns. S'ils se conforment à ces normes, les producteurs ont l'assurance que leurs produits sont sûrs, de bonne qualité et, ce qui n'est pas sans importance, acceptables sur les marchés d'exportation.

Pays en développement

La FAO et l'OMS ont des programmes de renforcement des capacités pour aider les pays en développement à se conformer aux normes du *Codex Alimentarius* et à améliorer la qualité et la sécurité sanitaire des denrées. Cette assistance consiste notamment à aider les pays à revoir à la lumière du *Codex Alimentarius* leurs lois et réglementations dans le domaine alimentaire et à renforcer leurs systèmes nationaux de contrôle alimentaire (gestion, inspection et services de laboratoire).

Fonds fiduciaire du Codex

Le Projet et fonds FAO/OMS visant à faciliter la participation Codex (Fonds fiduciaire du Codex) a été créé en 2003 par les directeurs généraux de la FAO et de l'OMS pour aider les pays en développement et les pays dont l'économie est en transition à participer de plus près à la Commission du *Codex Alimentarius*. C'est une initiative cruciale pour faire en sorte que le système du Codex soit universel, participatif et équitable.

Le Fonds fiduciaire du Codex fournit un appui aux pays remplissant les conditions voulues afin qu'ils puissent :

- Se préparer et participer aux comités du Codex et aux réunions apparentées ;
- Suivre les cours de formation au Codex destinés à faciliter la participation aux réunions ; et
- Établir et présenter des avis scientifiques/techniques et des données concernant les travaux du Codex.

ANNEXES

Actuellement, 133 pays remplissent les conditions requises pour recevoir l'appui du Fonds et ils sont invités à soumettre chaque année des demandes qui sont examinées à la lumière de leur niveau de développement et des fonds disponibles. Le Fonds a principalement pour but d'aider les pays à franchir une série d'étapes jusqu'à ce qu'ils puissent utiliser leurs propres ressources pour continuer à soutenir les activités du Codex.

Jusqu'à présent, le Fonds a reçu plus de US \$5,4 millions de 12 pays et de l'Union européenne. Des pays ayant bénéficié de l'aide du Fonds envisagent maintenant de verser une contribution. C'est ainsi que la Malaisie deviendra en 2008 le premier pays en développement contributeur. Plus de 600 participants, venant pour la plupart des pays les moins avancés, ont participé aux réunions du Codex avec l'aide du Fonds et ont présenté des rapports indiquant en quoi cette participation a été utile à leur pays. Le Fonds a en outre aidé plus de 100 participants à suivre les cours de formation au Codex dans les Régions. Ces programmes de formation s'appuient sur un module didactique FAO/OMS destiné à faciliter la participation au Codex. Le module décrit l'organisation et les procédures du Codex, les bases scientifiques de ses travaux et conseille sur la mise en place de structures et d'activités nationales en rapport avec lui. Le cours est disponible sur CD-ROM et sur Internet. Il est en accès gratuit sur le site Web de la FAO : http://www.fao.org/ag/agn/agns/capacity_tools_codex_en.asp

Pour en savoir plus sur le *Codex Alimentarius* et obtenir les coordonnées du correspondant du Codex dans votre pays, consultez le site Web du *Codex Alimentarius* :
www.codexalimentarius.net

Pour de plus amples informations sur le Fonds fiduciaire FAO/OMS, consultez le site :
<http://www.who.int/foodsafety/codex/trustfund/en/>

Pour de plus amples informations sur le module de formation au Codex FAO/OMS, écrivez à : elarningcodex@fao.org

Correspondants du Codex

Programme FAO/OMS sur les normes alimentaires
Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie
Tél. : +39 06 57051
Fax : +39 06 5705 3152 ; +39 06 5705 4593
Courriel : Codex@fao.org

Publications du Codex :

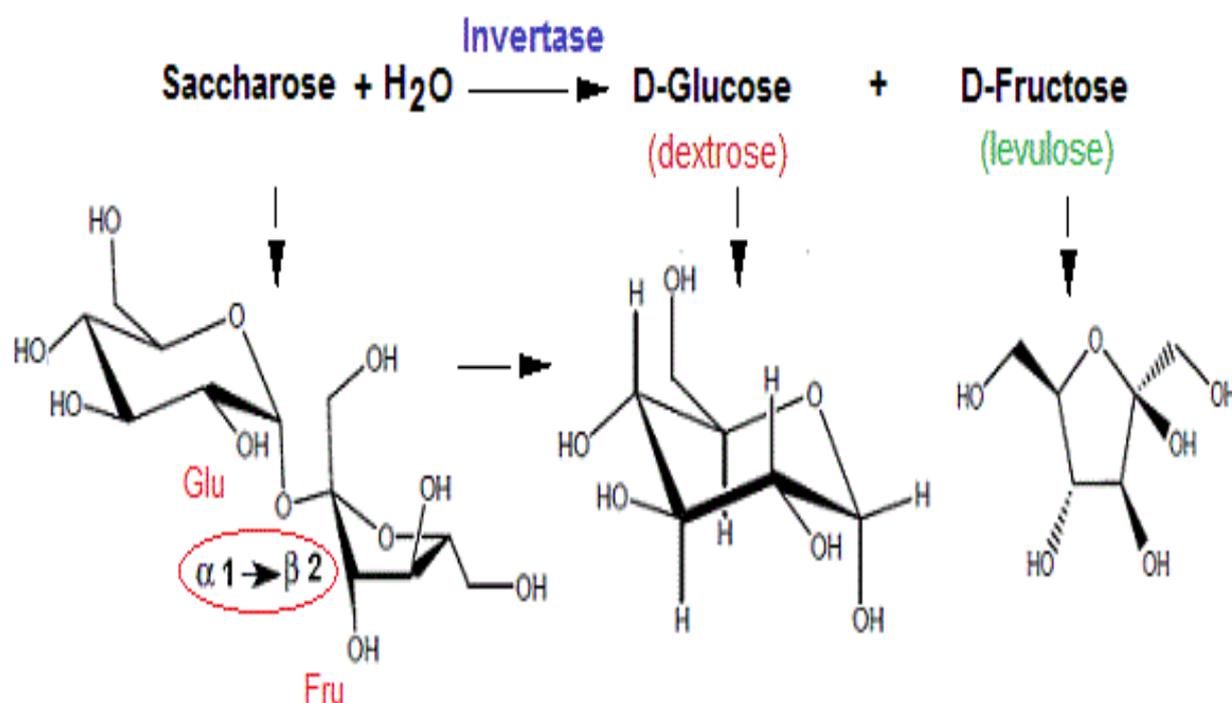
Groupe des ventes et de la commercialisation
Division de la communication
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome,
Italie Catalogue en ligne :
www.fao.org/catalog/giphome.htm
Adresse électronique pour les commandes et les demandes de renseignements :
Publications-Sales@fao.org
Fax : +39 06 5705 3360

INFOSAN sert aux autorités de sécurité sanitaire des aliments et autres organismes pertinents à échanger des informations sur la sécurité sanitaire des aliments et à améliorer la collaboration entre les diverses autorités chargées de la sécurité sanitaire des aliments aux niveaux national et international. INFOSAN Urgence, qui est intégré dans INFOSAN, relie les points de contact officiels nationaux pour faire face aux flambées et aux urgences ayant une importance internationale et permet l'échange rapide de l'information. INFOSAN Urgence vise à compléter et à soutenir le réseau mondial OMS d'alerte et d'action en cas d'épidémie existant.

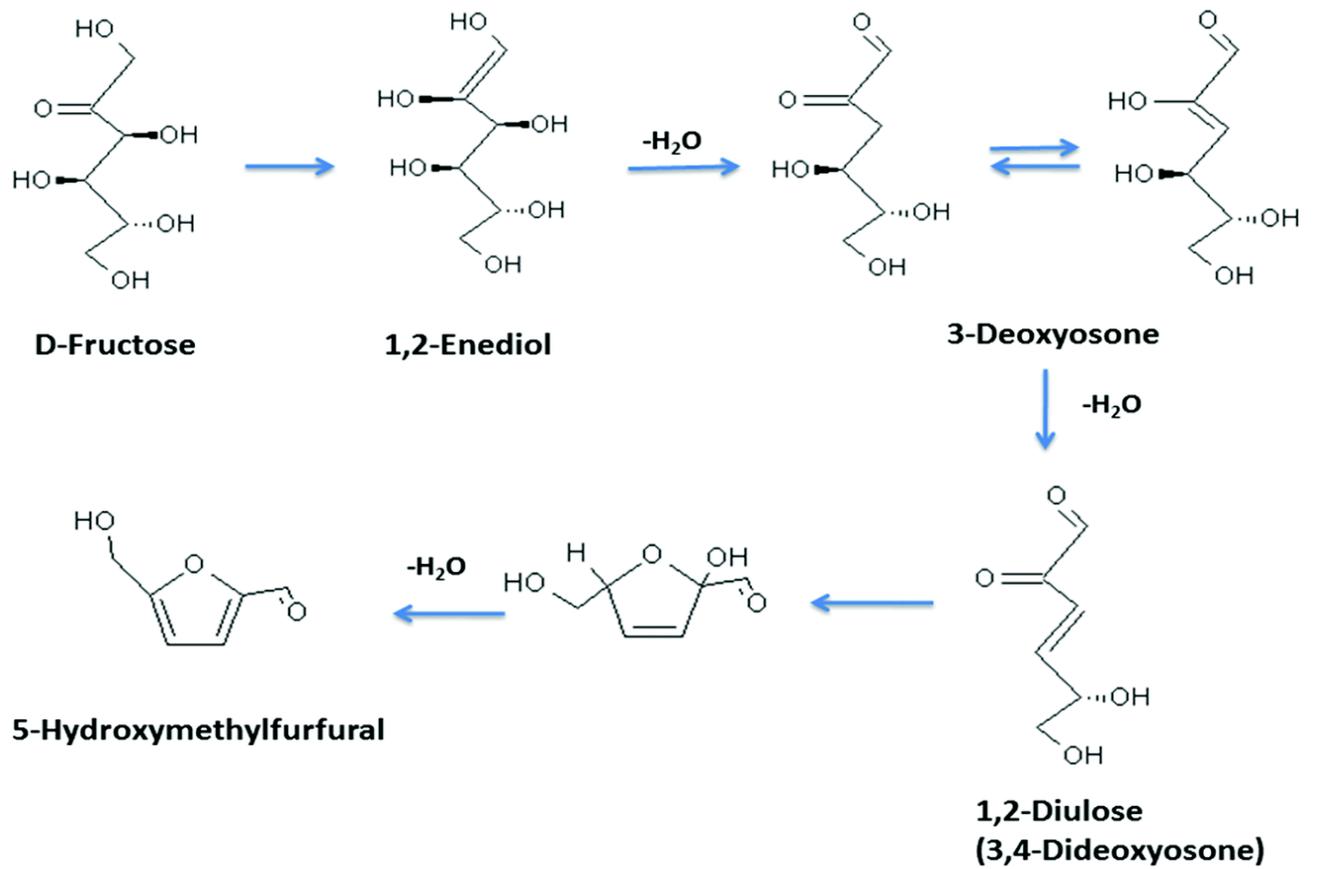
L'OMS fait fonctionner/gère INFOSAN à Genève. INFOSAN comprend actuellement 167 Etats Membres.

Pour de plus amples informations, veuillez consulter : www.who.int/foodsafety.

Annexe II : Action de l'invertase sur le saccharose



Annexe III : Formation de l'hydroxyméthylfurfural



ANNEXES

Annexe IV : Table de conversion des sucres en mg

sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg
10	20,4	40	77,5	70	129,8
11	22,4	41	79,3	71	131,4
12	24,3	42	81,1	72	133,1
13	26,3	43	82,9	73	134,7
14	28,3	44	84,7	74	136,3
15	30,2	45	86,4	75	137,9
16	32,2	46	88,2	76	139,6
17	34,2	47	90,0	77	141,2
18	36,2	48	91,8	78	142,8
19	38,1	49	93,6	79	144,5
20	40,1	50	95,4	80	146,1
21	42,0	51	97,1	81	147,7
22	43,9	52	98,9	82	149,3
23	45,8	53	100,6	83	150,9
24	47,7	54	102,3	84	152,5
25	49,6	55	104,1	85	154,0
26	51,5	56	105,8	86	155,6
27	53,4	57	107,6	87	157,2
28	55,5	58	109,3	88	158,8
29	57,2	59	111,1	89	160,4
30	59,1	60	112,8	90	162,0
31	60,9	61	114,5	91	163,6
32	62,8	62	116,2	92	165,2
33	64,6	63	117,9	93	166,7
34	66,5	64	119,6	94	168,3
35	68,3	65	121,3	95	169,9
36	70,1	66	123,0	96	171,5
37	72,0	67	124,7	97	173,1
38	73,8	68	126,4	98	174,6
39	75,7	69	128,1	99	176,2
				100	177,8

ANNEXES

Annexe V : Table de correspondance des sucres invertis

sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg	sucre en mg	cuivre en mg
10	20,6	40	77,7	70	129,2
11	22,6	41	79,5	71	130,8
12	24,6	42	81,2	72	132,4
13	26,5	43	83,0	73	134,0
14	28,5	44	84,8	74	135,6
15	30,5	45	86,5	75	137,2
16	32,5	46	88,3	76	138,9
17	34,5	47	90,1	77	140,5
18	36,4	48	91,9	78	142,5
19	38,4	49	93,6	79	143,7
20	40,4	50	95,4	80	145,3
21	42,3	51	97,1	81	146,9
22	44,2	52	98,8	82	148,5
23	46,1	53	100,6	83	150,0
24	48,0	54	102,5	84	151,6
25	49,8	55	104,0	85	153,2
26	51,7	56	105,7	86	154,8
27	53,6	57	107,4	87	156,4
28	55,5	58	109,2	88	157,9
29	57,4	59	110,9	89	159,5
30	59,3	60	112,6	90	161,1
31	61,1	61	114,3	91	162,6
32	63,0	62	115,9	92	164,2
33	64,8	63	117,6	93	165,7
34	66,7	64	119,2	94	167,3
35	68,5	65	120,9	95	168,8
36	70,3	66	122,6	96	170,3
37	72,2	67	124,2	97	171,9
38	74,0	68	125,9	98	173,4
39	75,0	69	127,5	99	175,0
				100	176,5

Annexe VI : Spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible

1. Rappels sur La spectrophotométrie d'absorption moléculaire UV-visible

1.1. Principe

En spectroscopie UV-visible, une molécule est susceptible d'absorber une radiation lumineuse d'énergie correspondante au domaine UV-visible (200 à 800 nm) faisant passer la molécule d'un état fondamental à un état excité d'énergie supérieure. Les transitions électroniques mises en jeu se font après formation des orbitales moléculaires de différents types : σ et σ^* (combinaison linéaire des orbitales atomiques s ou pz), π et π^* (combinaison linéaire des orbitales atomiques px et py) et n (paire d'électrons non liants localisés sur des hétéroatomes). L'absorption d'une intensité incidente de radiation par la molécule est proportionnelle à la concentration de l'échantillon qui est déterminée par la loi d'absorption de Beer-Lambert.

En absorption moléculaire dans l'UV-vis, seules les transitions électroniques sont importantes, sachant que la modification de l'énergie électronique entraîne des perturbations de l'énergie de rotation et de l'énergie de vibration.

Une transition électronique est ainsi analysée comme un changement de population entre une orbitale moléculaire fondamentale occupée (orbitales moléculaires liante et non liante remplies) et une orbitale moléculaire excitée vacante (orbitales moléculaires anti-liantes). Lorsqu'elle a lieu, la matière absorbe un photon (UV-vis) dont l'énergie correspond à la différence d'énergie entre ces niveaux fondamental et excité.

1.2. Le spectre d'absorption UV-visible

Le spectre UV-vis d'une molécule est un spectre de bande qui établit l'absorbance A ou la transmittance T en fonction de la longueur d'onde λ .

Cette bande présente généralement un pic d'absorption au niveau de la longueur d'onde maximale λ_{max} (longueur d'onde de la radiation qui provoque la transition électronique) et au niveau de l'intensité reliée au coefficient d'extinction molaire ϵ_{max} .

En optique, la *transmittance* T est une mesure de l'atténuation d'un faisceau lumineux monochromatique basée sur la comparaison entre l'intensité lumineuse transmise (I) et l'intensité incidente (I_0) selon que l'échantillon est placé ou non sur le trajet optique entre la source et le détecteur. T est exprimée par un nombre fractionnaire ou sous forme de pourcentage :

$$T = I/I_0 \text{ ou } \%T = I/I_0 \times 100$$

Les spectres des composés pris en phase condensée, purs ou en solution, présentent généralement des bandes d'absorption larges et peu nombreuses. Mais les spectres obtenus à partir d'échantillons à l'état gazeux et sous faible pression font apparaître une « structure fine » (fig. 9.2). Pour les composés dont la composition atomique est particulièrement simple, les transitions fondamentales apparaissent isolément si le spectromètre possède une très grande résolution. Dans ces situations extrêmes, les positions des absorptions sont repérées en cm^{-1} , unité mieux adaptée que le nm (le calcul montre, par ex., qu'il y a 110 cm^{-1} entre 300 et 301 nm).

1.3. Groupement chromophores

Les groupes fonctionnels des composés organiques (cétones, amines, dérivés nitrés, etc.) responsables de l'absorption en UV/VIS sont appelés groupements chromophores.

Une espèce formée d'un squelette carboné transparent dans le proche UV et porteur d'un ou de plusieurs chromophores constitue un chromogène.

- Chromophores isolés : pour une série de molécules possédant le même chromophore, la position et l'intensité des bandes d'absorption restent sensiblement constantes. Si une molécule possède plusieurs chromophores isolés, c'est-à-dire n'interagissant pas l'un sur l'autre parce que séparés par au moins deux liaisons simples, on observe la superposition des effets de chacun des chromophores individuels.
- Chromophores des systèmes conjugués : quand les chromophores interagissent l'un sur l'autre, le spectre d'absorption est déplacé vers les grandes longueurs d'onde (effet bathochrome) avec augmentation de l'intensité d'absorption (effet hyperchrome). Un cas particulier est celui des systèmes conjugués, c'est-à-dire des structures organiques comportant plusieurs chromophores insaturés séparés entre eux par une liaison simple. Le spectre est alors fortement perturbé par rapport à la simple superposition des effets produits par les chromophores isolés. Plus le nombre d'atomes de carbone, sur lequel le système conjugué s'étend est élevé, plus l'écart entre le niveau des orbitales frontières diminue. Cela se traduit par un effet bathochrome très important.

2.Appareillage

Un spectrophotomètre est conçu autour de trois modules : ceux de la source et du système dispersif (souvent conçu comme un monochromateur), qui constituent la partie optique et celui qui est responsable de la détection. L'ensemble est réuni dans un bâti unique.

Un compartiment échantillon est inséré sur le trajet optique après ou avant le système dispersif selon la conception du montage.

Il existe plusieurs spectromètres, parmi lesquels :

- Spectromètre à simple faisceau mono canal
- Spectromètre à double faisceau.
- Spectromètre multi canaux (à barrette de diodes).

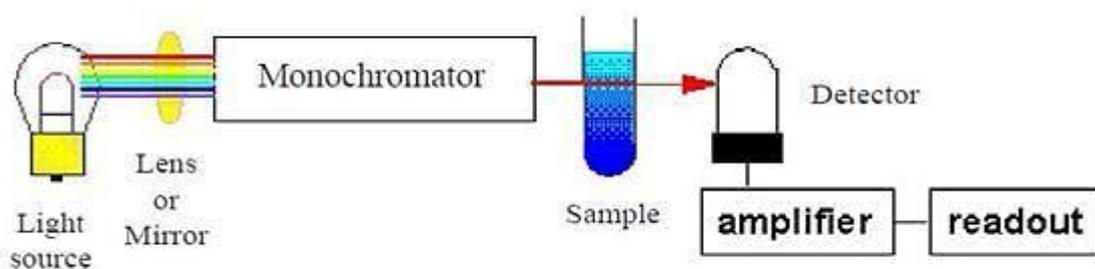


Schéma général d'un spectrophotomètre.

- **Source lumineuse :**

C'est un organe essentiel car la mesure dépend en grande partie de ses caractéristiques, en effet, l'intensité émise doit être aussi grande, car ce n'est que si le flux de photons est suffisamment important que la probabilité de rencontrer avec la substance à doser est suffisamment grande pour espérer une mesure quantitative.

- **Système de sélection de longueur d'onde :**

Ils sont caractérisés par la longueur de leur transmission maximale et par leur bande passante plus ou moins large, pour les filtres colorés. Elle est de 20 à 50 nm ; pour les filtres interférentiels elle est de 10 nm.

- **Système dispersif (souvent un monochromateur) :**

Système qui permet d'obtenir un rayonnement monochromatique et permet d'envoyer dans la cellule contenant l'échantillon un faisceau parallèle ou d'ouverture optique très faible.

- **Cuves :**

Les cuves sont généralement des faces parallèles. Elles sont en verre ou en matière plastique pour les mesures dans le visible en quartz pour l'ultraviolet, le trajet optique généralement de 1 cm.

- **Détecteurs** (de type photodiode ou photomultiplicateur) :

Le détecteur fournit une tension électrique proportionnelle ou inversement proportionnelle à l'intensité du rayonnement.

3. Classe du spectrophotomètre d'absorption moléculaire (UV/Visible) utilisé lors du dosage HMF

Appareils bi-faisceaux : Le flux de photons est divisé en deux faisceaux dont l'un traverse la cuve contenant l'échantillon à doser et l'autre d'une cuve de référence. Ces appareils peuvent être munis de deux détecteurs placés en apposition, ou bien un seul détecteur recevant alternativement les deux faisceaux .

4. Lois de la spectrométrie

L'atténuation d'un faisceau lumineux mono chromatique s'exprime par sa transmittance T (ou pourcentage de transmission), définie comme le rapport entre l'intensité lumineuse transmise (I) et l'intensité incidente (I_0) :

On définit également l'absorbance A par :

$$A = -\log T = \log I / I^0$$

Pour un rayonnement monochromatique de longueur d'onde λ , la loi de BEER-LAMBERT établit une proportionnalité entre la concentration C d'une entité chimique en solution, sa nature chimique (caractérisée par son coefficient d'extinction molaire ϵ), son absorbance A et la longueur du trajet parcouru par la lumière dans la solution (trajet optique l) :

$$A = \log \frac{I}{I_0} = \epsilon_{\lambda} l c$$

A = Absorbance (ou densité optique) à une longueur d'onde (A est sans unité)

I_0 = intensité du faisceau lumineux monochromatique incident

I = intensité du faisceau lumineux émergent

l = longueur du trajet optique (en cm), qui correspond à l'épaisseur de la cuve de mesure

C = concentration molaire de l'entité absorbante dans la solution (en mol. L-1)

ε_λ = coefficient d'absorption molaire de la substance en solution (en L. mol⁻¹.cm⁻¹) à la longueur d'onde considérée.

- Le coefficient d'absorption molaire dépend de la longueur d'onde, de la nature chimique de l'entité, du solvant et de la température. Sa valeur est généralement exprimée au maximum d'absorption du composé.

À une longueur d'onde donnée λ , l'absorbance A d'un mélange de n espèces absorbantes est la somme des absorbances individuelles des n constituants du mélange. Cette propriété est dite loi d'additivité des densités optiques

$$A = \sum_{i=1}^n A_i(\varepsilon, l, C)$$

- **Application de la loi de ■ BEER-LAMBERT à l'analyse quantitative d'espèces chimiques**

La loi de BEER-LAMBERT indique que l'absorption de la lumière est proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante. La spectrométrie consiste à mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée pour en déduire sa concentration. Cette absorbance est déterminée à l'aide d'un spectromètre, réglé à la longueur d'onde spécifique.

La réalisation préalable d'une courbe d'étalonnage ou droite d'étalonnage (détermination de l'absorbance de solutions de concentrations connues et tracé de la courbe $A = f([C])$) permet alors de déterminer la concentration de l'espèce dans la solution, et si on le souhaite, le coefficient d'extinction molaire de la substance absorbante.

La longueur d'onde mise en œuvre dépend des caractéristiques de la substance chimique concernée par l'absorption.

Contrôle qualité des miels locaux et importés.

Réalisée par : BOUNSIAR Nassima & YOUNES CHAUCHE Lydia

Encadrées par Docteur IBOUKHOULEF Sabrina, Maître Assistante Hospitalo-Universitaire en Hydro-bromatologie. Faculté de Médecine. UMMTO

❖ Résumé

Dans le cadre du contrôle qualité des miels locaux et importés, une analyse des paramètres physicochimiques ainsi qu'une étude comparative des résultats obtenus avec les normes internationales de qualité, ont été réalisées sur 9 échantillons de miels locaux et 6 miels importés trouvés dans les commerces. Des méthodes titrimétriques, spectrophotométriques et potentiométriques ont été utilisées pour la détermination du taux d'humidité, pH, densité, conductivité, acidité, sucres réducteurs, saccharose, et enfin HMF. Les différentes investigations montrent que les miels locaux répondent aux normes internationales, et sont de meilleure qualité par rapport à certains échantillons de miels importés. Par ailleurs, l'étude nous a également renseigné sur l'origine et les types de miels analysés.

Mots clés : Contrôle qualité, miels locaux, miels importés, normes internationales, HMF.

❖ Abstract

In the frame of the quality control of local and imported honey, an analysis of the physicochemical parameters and a comparative study of the results obtained with the international quality standards, were performed on 9 specimens of local honeys and 6 imported honeys found in the trade. Titrimetric, spectrophotometric and potentiometric methods were used to determine the moisture content, pH, density, conductivity, acidity, reducing sugars, sucrose, and finally HMF. The various investigations show that local honeys meet the international standards, and are better compared to some imported honeys specimens. Furthermore, the study also informed us about the origin and types of honeys studied.

Keywords : Quality control, local honeys, imported honeys, international standards, HMF.