

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المدرسة الوطنية العليا للبيطرية- الحراش
الجزائر
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – EL HARRACH
ALGER

Mémoire de magistère en sciences vétérinaires
Option : Hygiène et sécurité alimentaire
Présenté par : M^{me} DAHMANI eps ISSIAKHEM Kheira.

Etude de la qualité du miel
produit en région nord centre de
l'Algérie par analyses physico-
chimiques.

Soutenu le :12-05-2010.

Jury

Président:

Mr BESSEKHOUD Y. Maître de conférences classe A
École nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Promoteur :

Mr GUEZLANE L. Professeur
École nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Co-promoteur :

Mr BENDEDOUCHE B. Maître de conférences classe A
École nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Examineurs:

Mr HAMDI T.M. Maître de conférences classe A
École nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Mr BERKANI M.L. Maître de conférences classe A
École nationale supérieure d'agronomie d'Alger

Mr ZOUAMBI B. Maître assistant " A "
École nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Remerciements

A Monsieur le Professeur GUEZLANE L.

Directeur de l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Qui nous a fait l'honneur d'avoir accepté de diriger ce travail qu'il trouve ici, l'expression de notre reconnaissance.

A Monsieur BENDEDDOUCHE B. Maître de Conférences Classe A

De l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Qui a accepté d'encadrer la réalisation de ce travail,

Pour ses conseils avisés, sa patience et sa constante disponibilité.

Vive reconnaissance.

A Monsieur BESSEKHOUD Y. Maître de conférences classe A

De l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse

Hommage respectueux.

A Monsieur BERKANI M. L. Maître de conférences classe A

De l'école nationale supérieure d'agronomie d'Alger

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury.

Sincères remerciements.

A Monsieur HAMDI T. M. Maître de Conférences Classe A

De l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de faire parti de notre jury de thèse

Mais aussi pour tout le soutien et la générosité dont il a fait preuve durant toutes les années d'études.

Sincères remerciements.

A Monsieur ZOUAMBI B. Maître assistant « A »

De l'école nationale supérieure vétérinaire d'Alger

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury.

Sincères remerciements.

A Mme FERFERA Asma

De l'unité miel du laboratoire d'analyse de l'ITELV.

Pour son aide, sa disponibilité, son accueil chaleureux et sa passion communicative

Sincères remerciements.

Au professeur ELHADEF

De l'université de Constantine ainsi qu'aux membres du laboratoire pour leur contribution à ce travail par leur analyse quantitative des résidus d'antibiotiques.

Sincères remerciements.

Dédicaces

A mes parents,

*Pour le soutien et l'affection qu'ils m'ont toujours accordés,
Pour l'éducation qu'ils m'ont donnée,
Qu'ils trouvent dans ce modeste travail le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

A mon mari,

Qui m'a encouragé, supporté et surtout aidé à dépasser les moments de doute.

A mes enfants Kamélia et Mohamed,

Ce travail est pour eux essentiellement.

A ma famille,

Ma sœur Nawel la courageuse, mes frères Nabil, Kader et Kamel, mon neveu Mehdi et mes nièces Mayessene, Lina et Alaa.

A ma chère grand-mère.

Ames tantes, oncle et cousins, Imène, Lylia et les autres.

A ma belle mère et mes belles sœurs Lynda et Fatiha.

A mes amies,

Wahiba et Samia,

Pour toute l'aide qu'elles m'ont apportée.

Maya ,Nadia, Karima ,Faiza, Safia, Djamila,Amel,Almia,Fouzia et Nassima ,

Pour leurs encouragements.

Lila, Asma et Lynda,

Pour leur soutien.

A toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à ce travail,

Les responsables et le personnel des laboratoires de l'ITELV et du CACQE,

Les apiculteurs passionnés que j'ai rencontrés.

A vous tous je dis merci.

Sommaire

Table des illustrations	8
1- Liste des figures	8
2- Liste des tableaux	9
3- Liste des abréviations	10
Partie bibliographique	12
Introduction	13
Chapitre I Le miel : Généralités (Définition- Historique et Production du miel)	14
1-1-Définition du miel	14
1-2 Historique	14
1-2-1 Le miel à travers les civilisations	15
1-2-2 Les bienfaits "thérapeutiques" du miel	15
1-2-3 Valeur nutritive du miel	16
1-3 Production mondiale de miel	17
1-4 Fabrication du miel	22
1-4-1 Origine	22
1-4-2 Concentration	23
1-4-3 Protection	23
1-4-4 Transformation	23
1-5 Techniques de fabrication	24
1-5-1 Fabrication artisanale	24
1-5-2 Fabrication industrielle	24
1-5-2-1 Extraction	24
1-5-2-2 Filtration	25
1-5-2-3 Maturation.	25
1-5-2-4 Cristallisation.	25
1-5-2-5 Pasteurisation.	26
1-5-3 Conditionnement	27
1-5-4 Conservation	27
1-5-5 Evolution du miel dans le temps	27
1-6 Classification du miel	30
1-6-1 Origine florale.	30
1-6-2 Origine géographique.	31
1-6-3 Différences au niveau chimique.	31
1-6-3-1 La teneur en saccharose	31
1-6-3-2 Le miellat	31
1-6-3-3 Les substances aromatiques	31
Chapitre II : Caractéristiques du miel	31
2-1 Composition moyenne du miel	31
2-1-1 L'eau	31
2-1-2 Les hydrates de carbone	32
2-1-3 Les acides	34
2-1-4 Matières minérales ou cendres	35
2-1-5 Protides	35

2-1-6	Enzymes	35
2-1-7	Vitamines	36
2-1-8	Lipides	37
2-1-9	Substances aromatiques	37
2-1-10	Hydroxy-Méthyle-Furfural	37
2-1-11	Constituants figurés	39
2-2	Caractéristiques physico-chimiques du miel	41
2-2-1	Poids spécifique	41
2-2-2	Viscosité	41
2-2-3	Coloration des miels	41
2-2-4	Chaleur spécifique	42
2-2-5	Conductibilité thermique	42
2-2-6	Abaissement du point de congélation	43
2-2-7	Conductibilité électrique	43
2-2-8	Indice de réfraction	43
2-2-9	Fluorescence	45
2-2-10	Hygroscopicité du miel	45
2-2-11	pH	45
2-2-12	Densité	46
2-3	Caractéristiques organoleptiques du miel	46
2-3-1	Goût	47
2-3-2	Odeur	47
Chapitre III Qualité du miel.		49
3-1	Critères de qualité	49
3-1-1	Définition d'un critère de qualité	49
3-1-2	Critères de qualité du miel	49
3-1-3	Paramètres légaux	50
3-1-3-1	Teneur en eau	50
3-1-3-2	Teneur en H.M.F	51
3-1-4	Paramètres permettant la mesure de vieillissement	52
3-1-5	Critères permettant les contrôles d'appellation et/ou d'origine	52
3-2	Résidus	53
3-2-1	Résidus d'antibiotiques	53
3-2-2	Contaminants de l'apiculture	55
3-2-2-1	Acaricides	55
3-2-2-2	Acides organiques	56
3-2-3	Pesticides utilisés dans l'agriculture	56
3-2-3-1	Insecticides	56
3-2-3-2	Herbicides, bactéricides, fongicides	57
3-2-4	Contaminants organiques	57
3-2-5	Métaux lourds	58
3-2-6	Radioactivité	59
3-2-7	Organismes génétiquement modifiés (OGM)	59
3-3	Détérioration de la qualité du miel	61
3-3-1	Fermentation	61

3-3-2	Perte de qualité par le chauffage et le stockage	61
3-3-3	Les adultérations	62
3-4	Caractéristiques microbiologiques du miel	64
3-4-1	Survie des micro-organismes dans le miel	64
3-4-2	Micro-organismes isolés dans le miel	65
Conclusion		67
Partie expérimentale		68
Chapitre IV	Matériels et méthodes	69
4-1	Buts et objectifs	69
4-2	Echantillonnage	70
4-3	Teneur en eau	74
4-3-1	Intérêt de la mesure	74
4-3-2	Principe	74
4-3-3	Matériel	75
4-3-4	Mode opératoire	75
4-4	Conductivité électrique	75
4-4-1	Intérêt de la mesure	75
4-4-2	Principe	75
4-4-3	Matériel utilisé	75
4-4-4	Mode opératoire	76
4-5	pH	76
4-5-1	Intérêt de la mesure	76
4-5-2	Principe	76
4-6	Acidité libre	76
4-6-1	Intérêt de la mesure	76
4-6-2	Principe	77
4-6-3	Mode opératoire	77
4-7	Teneur en Hydroxy –méthyle- furfural	77
4-7-1	Intérêt de la mesure	77
4-7-2	Principe	77
4-7-3	Réactifs	78
4-7-4	Appareillage	78
4-7-5	Mode opératoire	78
4-8	Mesure de la coloration	80
4-8-1	Intérêt de la mesure	80
4-8-2	Principe	80
4-8-3	Matériel	81
4-8-4	Mode opératoire	81
4-9	Recherche de falsification	82
4-9-1	Intérêt	82
4-9-2	Principe	83
4-9-3	Réactifs	83
4-9-4	Matériel	83
4-9-5	Mode opératoire	83
4-10	Recherche d'antibiotiques	84
4-10-1	Intérêt	84
4-10-2	Standards antibiotiques utilisés	84

4-10-3	Paramètres d'analyse	84
4-10-3-1	Paramètres d'analyse échantillons 21	84
4-10-3-2	Paramètres d'analyse échantillons 37	85
4-10-3-3	Paramètres d'analyse échantillons 49	85
4-10-4	Mode opératoire	85
Chapitre V-	Résultats et discussions	87
5-1	Teneur en eau	87
5-2	Conductivité électrique	89
5-3	pH	90
5-4	Acidité libre	92
5-5	Hydroxy-méthyle-Furfural	94
5-6	Coloration	96
5-7	Recherche de falsification par la réaction de FIEHE	97
5-8	Recherche d'antibiotiques	99
5-9	Discussion générale	104
Conclusion		107
Bibliographie		108
Résumé.		112

Table des illustrations :

1-Liste des figures

Figure n°01	Dessins des grottes d'Arana près de Valence	12
Figure n°02	Evolution de la production mondiale du miel	17
Figure n°03	Equation représentant la dégradation du saccharose en glucose et fructose sous l'action de la gluco-invertase	31
Figure n°04	Réaction de déshydratation des sucres conduisant à la production de HMF	36
Figure n°05	Figure représentant la composition du miel	37
Figure n°06	Principe du réfractomètre	42
Figure n°07	Photo montrant miel chinois (densité pollinique faible)	61
Figure n°08	Photo montrant miel chinois (véritable tapis de levures)	61
Figure n°09	Photo montrant miel toute fleurs français	62
Figure n°10	Photo montrant miel d'acacia français	62
Figure n°11	Distribution des échantillons selon l'origine florale	70
Figure n°12	Diagramme représentant le protocole expérimental	71
Figure n°13	Système de mesure de l'humidité par transparence	72
Figure n°14	Refractomètre manuel (Honey Tester NEOPTA)	73
Figure n°15	Conductivimètre et pH mètre CORNING 442	74
Figure n°16	Spectrophotomètre CECIL 3041	76
Figure n°17	Bain marie CLIFTON	79
Figure n°18	Comparateur LOVIBOND	79
Figure n°19	Photo Chromatographe	82
Figure n°20	Distribution des échantillons de miel selon les valeurs la teneur en eau	85
Figure n°21	Distribution des échantillons de miel selon les valeurs de conductivité électrique	87
Figure n°22	Distribution des échantillons de miel selon les taux d'acidité libre	90
Figure n°23	Distribution des échantillons de miel selon les valeurs en HMF	92
Figure n°24	Distribution des échantillons selon la coloration	98
Figure n°25	Photo montrant une réaction de FIEHE positive	99
Figure n°26	Photo montrant une réaction de FIEHE négative.	99
Figure n°27	Distribution des échantillons selon la recherche de falsification par la réaction de FIEHE	99
Figure n°28	Chromatogramme de l'échantillon 21	100
Figure n°29	Chromatogramme de l'échantillon n°21 dopé à la Terramycine	100
Figure n°30	Chromatogramme de l'échantillon n°37	101
Figure n°31	Chromatogramme de l'échantillon n°37 dopé au Chloramphénicol	101
Figure n°32	Chromatogramme de l'échantillon n°49	102
Figure n°33	Chromatogramme de l'échantillon n°49 dopé en Streptomycine.	102

2-Liste des tableaux :

Tableau n°01	La production mondiale du miel par pays	15
Tableau n°02	Les quantités de miel produit en Algérie	17
Tableau n°03	Nombre d'apiculteurs et de ruches en Algérie	17
Tableau n°04	Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de la température de stockage	35
Tableau n°05	Composition moyenne des miels (européens)	37
Tableau n°06	Table de CHATAWAY(1935)	42
Tableau n°07	Synthèse sur les caractéristiques physicochimiques du miel	43
Tableau n°08	Les différentes classes d'arômes	45
Tableau n°09	Augmentation du taux d'humidité du miel par rapport à l'humidité relative de l'air	48
Tableau n°10	Contamination du miel par le plomb et le cadmium	55
Tableau n°11	Normes de qualité des miels	57
Tableau n°12	Identification des échantillons analysés	67
Tableau n°13	Dilution des solutions témoin et de référence	74
Tableau n°14	Classification de la coloration des miels	76
Tableau n°15	Table de conversion des numéros de filtre LOVIBOND en unités PFUND	78
Tableau n°16	Résultats de la mesure de la teneur eau	84
Tableau n°17	Résultats de la mesure de la conductivité électrique	90
Tableau n°18	Résultats de la mesure du pH	89
Tableau n°19	Résultats de la mesure de l'acidité libre	90
Tableau n°20	Résultats de la mesure de l'HMF	92
Tableau n°21	Résultats de la mesure de la coloration	95
Tableau n°22	Résultats de l'analyse pollinique	97
Tableau n°23	Résultats de la Réaction de Fiehe.	99
Tableau n°24	Résumé des résultats des analyses physicochimiques.	103

3-Liste des abréviations

A	Absorbance
AOAC	Association of official analytical chemists
AOC	Appellation d'origine Contrôlée
Bq	Becquerel
c	Colonne
C	Celsius
CACQE	Centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage
CE	Communauté européenne
Cd	Cadmium
C.I.E	Convention internationale de l'éclairage
Codex stan	Codex alimentarius standard
DDT	Dichloro-diphényl-trichloro-ethane
DGCCRF	Direction générale de la concurrence ,de la consommation et de la répression des fraudes (France)
DIN	Norme internationale allemande (deutch internernationalnorme,,
FAO	Food And Agriculture Organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
g	Gramme
HCH	Hexachlorocyclohexane
Hg	Mercure
HMF	Hydroxy -méthyle -furfural
HPLC	Hight performance liquid chromatography (chromatographie liquide haute performance)
ID	Indice diastasique
INRA	Institut national de recherches agronomiques
IS	Indice de saccharase
ITELV	Institut Des Techniques d'élevage
JO	Journal officiel
JORF	Journal officiel de la république française
Kcal	Kilocalories
Kg	Kilogramme
Kj	Kilojoules
Km	Kilomètre
LMR	Limite maximale résiduelle
MADR	Ministère De l'agriculture Et Du Développement Rural
mEq/Kg	Milliéquivalents par kilogramme
Mg	Milligramme
Ni	Nickel
OC	Organochlorés
OGM	Organismes génétiquement modifiés
OP	Organophosphorés

Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
PCR	Réaction d'amplification En Chaîne Par Polymérase
pH	Potentiel hydrogène
PNDA	Programme national de développement agricole
SPMF	Syndicat des producteurs des miels de France
T	Tonne
UE	Union européenne
UV	Ultraviolets
µg	Microgramme.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction :

Consommé par l'homme depuis la nuit des temps, le miel est un des rares produits qui a conservé son caractère entièrement naturel, c'est cette qualité que recherche avant tout le consommateur.

À une époque où la sécurité sanitaire alimentaire est un sujet d'actualité, et où de nombreux aliments sont incriminés il nous a semblé intéressant et utile de faire le point sur cette question pour cette denrée d'origine animale.

En Algérie il est une évidence dans la conscience collective que le miel produit dans notre pays est un miel de qualité justifiant son prix. En effet, cet aliment noble et rare reste cher réservé aux malades et aux grandes occasions ; cependant en absence de réglementation nationale spécifique en la matière cette « qualité » reste théorique et encore insuffisamment étudiée.

Les apiculteurs algériens qui ont toujours veillé à préserver et défendre les qualités naturelles du miel espèrent trouver d'autres marchés que le marché local pour écouler leur excédent de production. Mais pour réussir cela ils doivent au préalable se conformer aux directives et réglementations internationales (codex et union européenne essentiellement) qui imposent des normes de qualité désormais incontournables.

De grandes quantités de miel de qualité douteuse sont proposées sur le marché font que le consommateur est souvent trompé.

L'absence de réglementation nationale, l'insuffisance de laboratoire de contrôle, l'inexistence d'une organisation professionnelle font que la filière miel reste encore non structurée.

Le présent travail est structuré en deux grandes parties :

La première partie bibliographique est consacrée à une actualisation des connaissances sur le miel, à savoir : -Historique et production

-Caractéristiques physico-chimiques

-Qualité du miel

La deuxième partie représente le travail personnel de recherche afin d'évaluer la qualité du miel et vérifier sa conformité par rapport aux normes internationales.

(Six) 06 paramètres ont été retenus : la teneur en eau, le taux d'Hydroxy- Méthyle -Furfural, l'acidité libre, le pH, la conductivité électrique et la coloration.

Par ailleurs, nous avons vérifié l'existence d'une éventuelle falsification. Les résidus de 03 antibiotiques ont quand à eux été recherchés par HPLC sur 03 échantillons.

Chapitre I : Généralités.

Définition, Historique et Production du miel.

1-1-Définition du miel

Devant la complexité de sa composition, la description du miel devient délicate, dans l'ensemble des dictionnaires des XIX^e et XX^e siècles, le miel est défini comme étant une « substance sucrée produite par certains insectes tel que l'abeille », depuis 1976 on entend par miel « la substance naturelle sucrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar de fleurs ou des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou d'excrétions d'insectes laissées sur les parties vivantes de plantes , que les abeilles butinent transforment et combinent avec des matières spécifiques qu'elles sécrètent et qu'elles emmagasinent, concentrent et laissent affiner et mûrir dans des rayons de la ruche » (décret français n°2003-587 du 30 juin 2003 (J.O.R.F. du 02/07/2003) .

1-2-Historique

Bien connu de tous, largement consommé par toutes les populations depuis les périodes préhistoriques et la plus haute antiquité, au moins 13000 ans comme en témoignent les peintures rupestres espagnoles (LOBREAU-CALLEN 2000) retrouvées dans les grottes d'Arana près de valence (Fig.1.)(GOUT 1998).

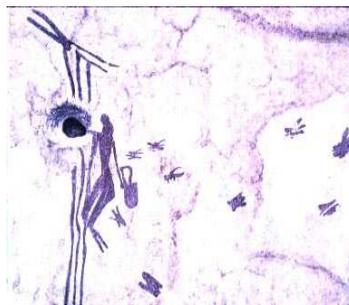


Fig.01: Dessins des grottes d'Arana près de Valence. (GONNET 1982)

Toutes les religions lui ont fait une place de choix, la bible fait de la terre promise « le pays où coule le lait et le miel » dans l'évangile le christ réapparaissant aux apôtres demande s'ils

ont quelque chose à manger, ils lui présentent un rayon de miel ; dans le coran il est dit « Et voilà ce que ton Seigneur révéla aux abeilles : "Prenez des demeures dans les montagnes, les arbres, et les treillages que les hommes font. Puis mangez de toute espèce de fruits, et suivez les sentiers de votre Seigneur, rendus faciles pour vous. De leur ventre, sort une liqueur, aux couleurs variées, dans laquelle il y a une guérison pour les gens. Il y a vraiment là une preuve pour des gens qui réfléchissent.» (Sourate An-Nahl verset 68 et 69). Le prophète Mohamed (bénédiction et paix sur lui) dit: "Le miel est un remède pour chaque maladie et le Coran est un remède pour toutes les maladies d'esprit, c'est pourquoi je vous recommande les deux remèdes: le Coran et le miel." (Rapporté par l'Imam AL Bukhari).

1-2-1-Le miel à travers les civilisations

La quasi universalité du miel est historique mais aussi géographique, seuls les pays très froids excluent toute production de miel, mais pratiquement toutes les civilisations lui ont fait place. Dans l'étymologie le radical « mi » issu d'une racine indo-européenne « meli » ou « medhu » est à la base du mot miel dans la plupart des langues (GOUT 1998).

De nombreuses cultures ont attribué à l'abeille une valeur symbolique particulière, voire un statut d'aliment sacré, et le miel, aliment et médicament, a été consacré comme offrande rituelle. Le miel possède aussi une grande valeur culturelle: on en mange, ou on s'en enduit dans beaucoup de cérémonies traditionnelles à l'occasion des naissances, des mariages et des enterrements. Il y a des milliers d'années les égyptiens élevaient leurs colonies dans des vases d'argile (MARCHENEY 1983) ; en Afrique de l'Est, dans la société massai, le prix de la future mariée se paye en miel; en Ethiopie, on prépare du vin de miel à l'occasion des mariages.

1-2-2-Les bienfaits "thérapeutiques" du miel

Dans beaucoup de régions du monde, le miel est utilisé comme remède ou aliment tonifiant. Connu depuis des millénaires pour ses propriétés curatives, le miel restait jusqu'alors délaissé par les études scientifiques modernes redécouvrant aujourd'hui ses qualités, qui avaient été un peu oubliées depuis la généralisation de l'utilisation des antibiotiques.

Les propriétés antibactériennes du miel

Le miel est connu pour avoir des propriétés antibactériennes depuis plus d'un siècle. Les utilisations médicinales du miel étaient confinées en grande partie à la médecine traditionnelle. Aujourd'hui, il est bien établi que le miel empêche un large spectre d'activité bactérienne et fongique, sous forme de cataplasme, il a déjà permis de soigner des blessures

infectées pas des bactéries très résistantes en quelques semaines. Certains hôpitaux du Royaume-Uni, d'Australie et de Nouvelle-Zélande l'utilisent également (MOLAN 2005).

L'activité antibactérienne du miel peut être expliquée par :

-Un effet osmotique par lequel l'eau est tirée loin des micro-organismes réduisant leur capacité de survie.

- L'acidité, en effet le miel est acide, son pH varie entre 3,2 et 4,5 empêchant la croissance de beaucoup de microbes pathogènes,

-La présence du peroxyde d'hydrogène.

-Les facteurs phytochimiques, des facteurs antibactériens autres que le peroxyde d'oxygène, ce sont les nombreux phénols complexes et acides organiques souvent désignés sous le nom de flavonoïdes. Ces derniers, produits chimiques complexes, sont rapidement détruits par la chaleur.

Un autre type de propriété antibactérienne de miel est celui dû à l'inhibine. Nom employé par DOLD en 1937(WHITE 1962) substance cependant très sensible à la chaleur et à la lumière. L'effet antiseptique du miel provient également d'une enzyme appelée Glucose-oxydase, produite par les abeilles. Cette enzyme permet la transformation constante de petites quantités de sucre en peroxyde d'oxygène, un antiseptique plus connu sous le nom d'eau oxygénée (MOLAN 2005)

1-2-3 - Valeur nutritive du miel :

Jusqu'à l'utilisation de la canne à sucre puis de la betterave, le miel a surtout constitué la principale source de sucre concentré. Le miel est un aliment très énergétique grâce à son extrême richesse en hydrates de carbone; 310 kilocalories aux 100 g, et sous un faible volume, représente une valeur nutritive exceptionnelle: 1 kg de miel équivaut à 3 litres de lait, 30 bananes, 50 œufs, 12 kg de viande... (BIRI 1999).

S'il a aujourd'hui perdu cette fonction, il reste un aliment apprécié pour ses qualités gustatives originales. Ses saveurs particulières ne peuvent pas être trouvées ailleurs. Les sucres du miel sont en grande partie des sucres simples facilement digestibles, semblables à ceux de beaucoup de fruits. Le miel peut être considéré comme un bon aliment pour les enfants en bas âge et les adultes. Les protéines et les enzymes du miel, utilisées comme indicateurs de qualité ne sont pas présents en quantité suffisante pour être considérées comme nutritionnellement significatives. Plusieurs des vitamines essentielles sont présentes dans le

miel, mais à des niveaux insignifiants. La teneur en minéraux du miel est variable, plus importante dans les miels de miellats plus foncés.

Le miel est déconseillé aux diabétiques et aux sujets allergiques chez lesquels il peut provoquer des crises, par les grains de pollen qu'il renferme.

Valeur énergétique (100g de miel)= 1340 kJ ou 320 kcal. (GONNET 1982).

1-3- Production mondiale de miel

La production mondiale de miel est supérieure à un million de tonnes par an ; elle est assurée principalement par la Chine (200 000 t), les Etats-Unis (90 000 t) et l'Union Européenne (100 à 120 000 t). La France, premier producteur européen avec 30 à 35 000 tonnes, importe 6 à 8 000 tonnes et en exporte 1 500 (INRA France).

L'Asie est avec la Chine la première région de production de miel, et le premier exportateur mondial, l'union européenne est quand à elle le premier importateur du monde.

Les importations de l'union européenne de miel argentin ont connu une ascension spectaculaire entre 1997 et 2001. Le volume importé en 2001 (46 508 t) représente une hausse de 159 % par rapport à 1997. La première destination de ces miels est l'Allemagne, suivie de l'Italie et du Royaume-Uni et, enfin, de l'Espagne.

Sur la base des dénonciations de frelatage du miel chinois, l'Argentine a augmenté ses exportations en 1999 (45 375 t) de 52 % par rapport à 1998 (29 768 t) et devient ainsi le premier fournisseur de l'Union européenne.

Le Mexique ,troisième fournisseur de miel de l'union européenne, exporte presque la moitié de sa production, et près de 80 % de ses exportations arrivent en Europe.

Les pays de l'Europe Centrale et Orientale (Hongrie Roumanie Bulgarie) sont également d'importants producteurs de miel. Le volume moyen des exportations annuelles essentiellement vers l'union européenne de ces pays tourne autour des 20 000 t (revue abeilles et fleurs 2001).

Tableau 01 : La production mondiale du miel par pays (FAO 2006).

Pays	2001 (1000t)	2002 (1000t)	2003 (1000t)	2004 (1000t)	2005 (1000t)
Chine	254	265	295	305	305
Ex URSS	136	125	126	136	139
Usa	84	78	82	82	82
Argentine	80	83	75	80	80
Turquie	60	75	70	74	74
Mexique	59	59	57	57	57
Canada	35	37	35	33	33
Iran	27	28	32	35	36
Tanzanie	27	27	27	27	27
Australie	19	18	16	16	16
Roumanie	13	13	17	19	19
UE	123	117	126	170	174
TOTAL	1264	1287	1354	1372	1381

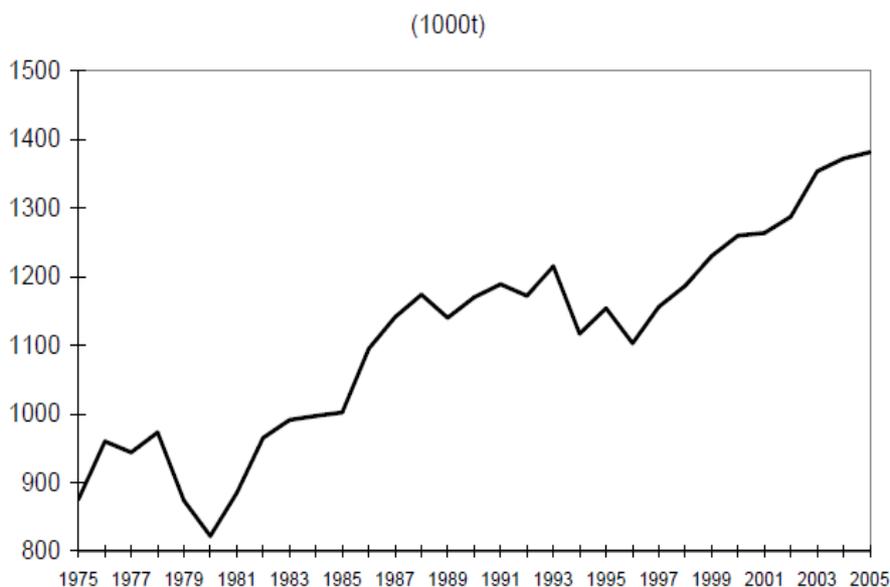


Fig 02 : Evolution de la production mondiale du miel (FAO 2006)

En Algérie d'importantes potentialités de production existent ce qui permet de penser que l'apiculture en Algérie est promise à se développer de façon considérable.

Dans les zones à climat méditerranéen on rencontre différents types de plantes mellifères intéressantes pour les abeilles à savoir :

-Les agrumes, et notamment le genre citrus, sont très intéressants pour les abeilles ; visitées pour le nectar et le pollen, les agrumes bénéficient beaucoup de la pollinisation ; dans les plantations d'agrumes il est possible d'installer une forte concentration de ruches avec assurance d'une importante récolte de miel.

-Les bruyères, parmi les espèces ayant un intérêt apicole, on rencontre :

*Erica arborea : à fleurs blanches ou rose et qui constitue le principal élément des sous bois de chêne- liège et du maquis.

*Erica multiflora : présente dans les forêts d'Alep et de thym

*Arbousier : très mellifère mais qui produit un miel de mauvaise qualité.

-Les eucalyptus : les espèces ayant une valeur apicole reconnue sont :

* Eucalyptus camaldulensis : Donne un miel dense de gout sylvestre qui cristallise.

* Eucalyptus cladocalyr : cette espèce fournit de forts rendements en miel.

* Eucalyptus melliodora : le miel produit est semblable à l'un des meilleurs tant par sa quantité que sa qualité.

-Les lavandes : les miels de lavandin sont de couleur claire à cristallisation fine leur parfum et leur goût peuvent en faire des miels très recherchés, rencontrés dans la région de Tlemcen.

-Les romarins : le miel de romarin est de qualité excellente et peut être abondant, c'est un miel liquide, transparent doucement parfumé qui cristallise très finement (Institut agronomique de Mostaganem, apiculture en Algérie 1976).

Les quantités de miel produit en Algérie sont représentées dans le tableau 2.

Tableau 02- Les quantités de miel produit en Algérie.(Source MADR 2005)

Années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Quantité de miel produit (kg)	25000	11000	15000	11830	10540	16390	19495	21000	28000	29910	25430

Tableau 03-Nombre d'apiculteurs et de ruches en Algérie. (Source MADR 2005).

Années	Nombre d'apiculteurs	Production de miel (tonnes)
1970	29667	250
1980	133900	1130
1987	239350	1678
2008	10987	-

L'apiculture est pratiquée surtout dans le nord du pays où la flore mellifère fournit une miellée pendant presque toute l'année. La principale récolte de miel s'étend de Février à Mai. Dans le sud algérien il y a plus d'un million de palmiers dattiers sur lesquels les abeilles peuvent butiner, les oasis isolées du désert algérien pourraient être utilisées pour l'élevage de souches de race pure. Dans les zones désertiques d'Algérie où les températures sont très hautes et les vents violents, se trouvent des ruches traditionnelles en pierre et en terre glaise. Les ruches

modernes utilisées en Algérie sont principalement du type Langstroth (apiculteur américain 1851), ruche dont les différents rayons sont indépendants et amovibles auxquelles certaines modifications ont été apportées, liées au climat très chaud. De bonnes récoltes de miel des colonies logées dans ces ruches sont obtenues.

Les organisations coopératives sont très actives en apiculture. Les activités de recherche sont conduites à l'Institut des techniques des élevages des animaux ITELV de Baba Ali. Parmi les multiples associations d'apiculteurs algériens, l'association des apiculteurs de la wilaya de Blida compte 300 adhérents parmi les 1.000 apiculteurs de la wilaya, qui possèdent quelque 40 000 ruches dont environ 10 000 sont non opérationnelles pour des raisons diverses. En ce qui concerne la production de miel, le président de l'association l'estime à 10 kg par ruche et par an pour ce qui est des apiculteurs professionnels ayant acquis un savoir-faire et une maîtrise certaine dans ce domaine mais qui ne constitue qu'environ 20 % de l'ensemble, et de 3 à 5 kg par ruche et par an pour les autres (800 apiculteurs). Bien entendu, nous ne pouvons pas encore parler d'autosuffisance puisque le ratio par habitant est d'environ 100 g en Algérie alors qu'il dépasse les 500 g pour l'Europe. Afin de promouvoir la production et la qualité du miel en Algérie, l'association table sur une stratégie globale étudiée, la formation des apiculteurs, les aides diverses ainsi que la professionnalisation et la lutte contre toute forme de trafic sur la qualité du miel.

L'élevage apicole en Algérie est pratiqué selon deux systèmes de production. Le premier, que l'on pourrait qualifier de semi intensif fortement encouragé par les pouvoirs publics à travers le programme national de développement agricole (PNDA), est pratiqué dans des ruchers de taille moyenne (15 à 20 ruches) intégré au marché (vente de produits achats d'équipements et d'intrants); le second traditionnel fortement répandu s'exerce pour les besoins de l'autoconsommation (FERRAH 2005).

Néanmoins, la filière apicole reste confrontée à des contraintes majeures qui constituent autant d'entraves à son essor et qui expliquent la faiblesse des productions apicoles et le niveau élevé des prix pratiqués sur le marché. Parmi ces contraintes, nous citons la faible structuration de la filière, la quasi absence des circuits de transformation, la méconnaissance des bases des techniques apicoles modernes et le manque de suivi des ruchers placés chez les éleveurs sur simple demande.

1-4- Fabrication du miel .

Le miel est élaboré par différents genres d'hyménoptères qui le produisent le plus souvent en quantité juste suffisante pour l'alimentation de leurs larves (guêpes, certaines fourmis) et fréquemment le mélange au pollen pour former ce qu'on appelle le pain d'abeille sur lequel un œuf sera pondu (abeille solitaire telle Megachilidae) seules certaines espèces d'abeilles produisent du miel en quantité suffisantes et rares sont celles qui peuvent être élevées dans des ruches ,ce sont les abeilles de l'espèce mellifère (melipona, apis) (LOBREAU 2000).

Une colonie d'abeilles compte entre 15.000 et 70.000 individus en fonction de la période de l'année. De 150.000 à 200.000 jeunes abeilles naissent tous les ans à la bonne saison. Pour nourrir ces futures abeilles (larves) et pour leur permettre de fonctionner (vol, maintien de la température), l'apport de nourriture est important. Pour répondre à leurs besoins alimentaires, les abeilles vont chercher dans leur environnement (jusqu'à 6 km) le nectar et le pollen des fleurs en parcourant sur une année plus de 20 millions de km (BRUNEAU 2007).

1-4-1-Origine:

La sève des plantes est la matière première du miel, elle est transformée de deux manières :

-En nectar : liquide plus ou moins sucré produit par les nectaires sur les bractées ou les pétioles à partir de la sève, ce liquide attire les insectes et constitue la matière première de la majorité des miels. Le nectar est de composition variable :40 à 80 % d'eau cette proportion varie selon : l'espèce végétale, les conditions hygrométriques de l'air et du sol et des conditions climatiques et 7 à 60 % de sucres,

-En miellat : la sève élaborée par le végétal et absorbée par les pucerons chemine dans leur tube digestif, l'intestin des pucerons absorbe les éléments nécessaires à l'insecte, l'excédent est expulsé sous forme de gouttelettes de miellat que les abeilles viennent sucer sur le corps même du parasite ou sur les feuilles où ce miellat est tombé.

De nombreux rôles sont définis à l'intérieur de la ruche comme gardiennes, ouvrières, butineuses... Chaque abeille accomplira au cours de sa vie toutes ces fonctions.

Une butineuse effectue entre 20 et 50 voyages par jour, chacun demandant environ 15 minutes. Le rayon d'action moyen se situe entre 500 mètres et 2 kilomètres, d'où l'importance,

en plus des conditions climatiques et de la nature du sol, de la végétation des alentours du rucher. Le changement de la solution sucrée en miel commence déjà lors du voyage, au cours duquel elle est accumulée dans le jabot de l'abeille (environ 40 g). C'est dans son tube digestif que s'amorce la longue transformation : des enzymes agissent sur le nectar. Le saccharose, sous l'action de l'invertase, se transforme en glucose, fructose, maltose et autres sucres. Les modifications physico-chimiques se poursuivent dès l'arrivée à la ruche.

1-4-2- Concentration :

A son retour, la butineuse régurgite sa charge, la passe aux ouvrières par trophallaxie (échange de nourriture entre les membres d'une colonie d'insecte), qui elles-mêmes la communiquent à d'autres et ainsi de suite. D'individu en individu, la teneur en eau s'abaisse en même temps que le liquide s'enrichit de sucres gastriques et de substances salivaires : invertase, diastase, et gluco-oxydase. Simultanément, d'autres sucres sont synthétisés, qui n'existaient pas au départ. La goutte épaissie est déversée ensuite dans un alvéole qui sera, après évaporation, obturé par un opercule de cire. A ce moment, la solution sucrée transformée, qui contient encore 50% d'eau environ, va subir une nouvelle concentration par évaporation, qui se fait sous la double influence :

-d'abord de la chaleur régnant dans la ruche et qui est de 36°C environ.

-ensuite de la ventilation assurée par le travail des ventileuses qui entretiennent un puissant courant d'air ascendant par un mouvement très rapide de leurs ailes. On arrive ainsi à une proportion d'environ 20% d'eau et de 80% de sucres, correspondant aux pourcentages normaux du miel. L'évaporation de l'excès d'eau et la concentration en sucres sont donc les deux objectifs principaux. Grâce à cela, la colonie dispose en réserve d'un aliment hautement énergétique, stable, de longue conservation et peu sensible aux fermentations. Les bâtisseuses l'utilisent pour fabriquer la cire servant à la construction des cellules de la ruche.

1-4-3- Protection

Lorsque le miel est suffisamment concentré les abeilles recouvrent l'alvéole d'un opercule de cire.

1-4-4-Transformation

Les sucres se transforment, leur constitution chimique évolue. Les sucres du nectar et du miellat se transforment en glucose et en lévulose sous l'action d'une enzyme : l'invertase ou saccharase présente dans la salive des abeilles.

L'évolution du nectar en miel s'accompagne de la formation d'autres sucres ainsi que d'acides organiques.

1-5-Techniques de fabrication

1-5-1- Fabrication artisanale.

La récolte du miel peut se pratiquer dès la fin de la miellée quand la ruche est devenue très lourde (mi-avril, mi-mai). L'apiculteur retire les cadres de miel, mais en laissant aux abeilles les provisions nécessaires pour qu'elles puissent nourrir les jeunes larves et éventuellement passer l'hiver, si la saison est avancée. C'est pourquoi la ruche est divisée en deux parties : une partie inférieure, le corps, qui contient de hauts rayons garnis non seulement de 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. Après avoir chassé les abeilles par enfumage, il transporte les hausses dans la miellerie, et enlève les opercules à l'aide d'un couteau à désoperculer.

1-5-2- Fabrication industrielle .

Dans le domaine de la technologie du miel, il faut distinguer deux phases : celle de la récolte et celle du conditionnement et de la conservation. L'évolution générale s'est faite dans un sens favorable à l'hygiène du miel et à l'amélioration du rendement du travail de l'apiculteur grâce notamment à une mécanisation plus importante. Ainsi, le miel étant un produit acide, il est susceptible de corroder les parties métalliques des appareils. C'est pourquoi tous les appareils destinés à le recevoir sont confectionnés en matière plastique alimentaire ou en métal inoxydable (GUINOT et al. 1996).

1-5-2-1- Extraction du miel.

Cette extraction doit être effectuée lorsque tous les rayons sont garnis de miel et que, surtout, les cellules sont operculées.

Actuellement, trois techniques sont employées :

-Par pression, de manière traditionnelle utilisée jusqu'au XIX^e siècle en Europe et actuellement dans la plus grande partie en voie de développement : après avoir asphyxié les abeilles, le nid est ouvert et le contenu de la ruche est pressé. Dans le liquide obtenu, la

propolis, les pollens mis en réserve, la gelée royale, souvent le couvain et quelques abeilles avec leur venin sont broyés et mélangé au miel.

-Par écoulement, dans tous les pays tropicaux : après avoir asphyxié les abeilles, le nid est ouvert et les rayons sans couvain sont désoperculés puis déposés sur une couche de fougères recouvrant un récipient vide. Le miel s'écoule alors plus ou moins lentement selon la température environnante.

-Par centrifugation, technique actuellement utilisée dans tous les pays industrialisés, parfois dans le tiers monde : le miel est extrait par centrifugation des rayons des hausses dont les cellules ont été désoperculées au préalable .Par cette technique, tous les produits non liquides de la ruche restent dans leurs cellules (pollen, propolis) (GUINOT et al.1996). Cette opération doit être exécutée avec un extracteur, c'est-à-dire un récipient, en général cylindrique, qui permet d'extraire le miel des rayons sans que ceux-ci soient endommagés. Après centrifugation, le miel est filtré et laissé décanter durant deux semaines au minimum.

1-5-2- 2- Filtration .

Le miel à la sortie de l'extracteur est versé dans un maturateur après avoir traversé un filtre destiné à retenir les impuretés qui pourraient y être contenus, ce filtre peut avoir la forme d'une grille métallique dont les mailles très fines retiennent les impuretés.

1-5-2-3- Maturation.

S'agissant du miel la maturation signifie épuration ; c'est une simple décantation dans le maturateur, un récipient qui ressemble à une cuve, possédant la plupart du temps une forme cylindrique et pourvu d'un gros robinet dans sa partie inférieure. Le principe est le suivant : le miel reste dans le maturateur jusqu'à ce que toutes les particules d'air, cire, bois, abeilles mortes qu'il contient remontent à la surface (BIRI 1999), au fond se déposent grains de sable etc. Pendant son séjour au maturateur, le miel très hygroscopique (qui a tendance à retenir l'humidité) ne doit pas absorber d'eau, en conséquence il est conseillé d'éviter les locaux humides ,en fonction du miel il faut 2 à 8 jours pour que la maturation soit pleinement réussie.

1-5-2-4-Cristallisation.

La solidification du miel ne constitue pas une altération mais une simple transformation de l'état physique du produit ; il s'agit d'un phénomène tout à fait naturel. Au cours de sa

conservation, le miel va durcir rapidement (miel de colza riche en glucose), lentement (miel de sainfoin) ou rester liquide (miel d'acacia), la tendance du miel à cristalliser dépend non seulement de sa composition mais aussi de catalyseurs de cristallisation : cristaux primaires, poussières, pollens, chocs thermique, bulles d'air. C'est le rapport entre les différents sucres composant le miel qui les fait solidifier plus ou moins vite ou les fait demeurer à l'état liquide (GOUT 1998), la température influe aussi ; tout miel solide peut être reliquefié à 40°C .Beaucoup de consommateurs croient à tort qu'un miel liquide est plus naturel ,pour cela et sans doute par facilité que dans la grande distribution on a tendance à proposer du miel liquide ; en effet un miel monté à une température élevée(de l'ordre de 75° à 80°C) reste liquide de façon durable. A – 15 °C, le miel reste liquide pendant plusieurs années.

Dans les années 1980, l'INRA (France) a mis au point une technique de "cristallisation dirigée", permettant d'obtenir des miels dont le grain est plus fin et homogène. La méthode élaborée consiste àensemencer le miel encore liquide avec un miel cristallisé à grain fin, fournissant des "germes" induisant la formation de nouveaux cristaux eux-mêmes de petite dimension.

La cristallisation se fait à partir de cristaux primaires de glucose qui sont présents dès la récolte et faciles à mettre en évidence en lumière polarisée sous le microscope. La croissance de ces cristaux aboutit à la formation de 2 phases : une phase solide constituée de glucose cristallisé et une phase liquide enrichie en eau, les deux phases ne se séparent pas et le miel cristallisé forme un feutrage dont la phase liquide occupe les interstices. Par contre, si le miel avait au départ une teneur en eau supérieure à 18%, la phase solide se sépare de la phase liquide et forme une épaisse couche au fond du vase.

L'aptitude à cristalliser d'un miel est fonction du rapport (glucose/eau) (WHITE 1962). Pour un indice inférieur à 1.6, la cristallisation est nulle ou très lente. Elle est très rapide et complète pour les indices supérieurs à 2.

1-5-2-5- 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 à le refroidir rapidement .L' appareillage comporte principalement des plaques chauffantes parallèles entre lesquelles le miel va circuler en lames minces, selon les chercheurs de la station expérimentale d'apiculture de l'INRA France GONNET et LOUVEAU (PROST 2005)la pasteurisation tue les levures , détruit environ 30% de l'invertase et 25 % de l'amylase , ne modifie pas la nature chimique des sucres , **n'invertit**

pas le saccharose , mais peut augmenter très sensiblement la couleur et le taux d'hydroxy – methyl- furfural (HMF).

Il faut savoir qu'au delà de 40° C le caractère antimicrobien du miel est réduit, l'inhibine enzyme présente dans le miel connue pour son action antibactérienne est sensible à la chaleur et à la lumière ;connaissant cela, certains consommateurs comme certains vendeurs mettent l'action sur le fait que le miel ne soit pas chauffé pour cela ,il est fait mention sur certaines étiquettes « miel extrait à froid » ce qui n'apporte aucune garantie puisque le miel est toujours extrait à froid, c'est au cour des opérations de filtration et de conditionnement que le miel est chauffé. On considère qu'à 35°C voire 40°C, ce qui correspond à la température maximale à l'intérieure de la ruche, le miel ne subit aucune altération (GOUT 1998).

1-5-3- Conditionnement :

Le miel est versé directement du maturateur vers les récipients de vente. Le miel est proposé dans trois types d'emballages :en pots de verre présentant l'avantage de la noblesse , mais ont l'inconvénient du poids et de la fragilité ;en matière plastique plus maniable ou plus traditionnellement en sceaux ou en cartons , le verre parait être le meilleur emballage pour le miel ; le miel conditionné dans des pots en cartons s'enrichit en eau s'il est stocké dans des locaux humides dans ces conditions la partie la partie supérieure du miel devient aqueuse , bien souvent une fermentation s'y déclare .

1-5-4-Conservation :

On juge qu'une température de l'ordre de 14°C et l'absence de lumière conviennent bien à une conservation durable du miel. Les miels dont la tendance est à rester liquide (acacia, châtaignier, miellats) gagneront à être stockés à basse température (idéale 5 ° C). L'augmentation de la viscosité empêchera la cristallisation. Les autres seront stockés dans un local avec une température la plus proche de 14°C, température la plus favorable à la cristallisation, et la plus constante possible aussi. Leur cristallisation sera éventuellement contrôlée par ensemencement. Le stockage a toujours lieu à l'abri de la lumière (GUINOT 1996).

1-5-5-Evolution du miel dans le temps.

Le miel est un produit périssable qui subit au cours du temps un certain nombre de modifications aboutissant inévitablement à la perte de ses qualités essentielles.

Produit vivant, le miel vieillit avec le temps, mais sa qualité ne s'améliore pas. Sa couleur fonce rapidement, puis lentement. Sa teneur relative en sucre se modifie, car les sucres simples comme le fructose et le glucose ont tendance à se regrouper pour donner du saccharose, du maltose ou des produits complexes. L'acidité augmente. L'activité des diastases diminue nettement. L'amylase baisse en moyenne de 3% par mois, mais moins vite à température plus basse. L'invertase est plus fragile et diminue de moitié à peu près en un an. Le miel contient des levures, qui lorsque le miel se sépare en partie liquide/solide, se développent dans la partie liquide et causent la fermentation. Ces levures proviennent du nectar des fleurs.

La rapidité de la dégradation dépend de la composition du produit ainsi que des conditions de sa conservation. Le miel va subir l'action des facteurs physiques et des micro-organismes du milieu : les bactéries pullulent dans le milieu à la recherche de leur nourriture, bon nombre d'espèces sont attirées par les sucres et par les protides du miel ; mais des substances protectrices, à caractères antibiotiques, présentes dans le miel s'opposent à la prolifération bactérienne. Les levures, champignons microscopiques abondants dans l'atmosphère, l'eau, le sol, et même les ruches, recherchent les substances sucrées, notamment leur solution dans l'eau. Dans la ruche, la concentration du miel en matière sèches et sa faible teneur en eau, font qu'il ne convient généralement pas au développement des levures (GUINOT 1996).

Concernant les transformations non biologiques, le miel, étant très hygroscopique, confiné en atmosphère humide absorbe l'eau rapidement. Ce phénomène gagne rapidement en profondeur et le miel hydraté acquiert une structure très fragile. Dans la mesure du possible, les locaux de conservation du miel seront secs et aérés et les emballages se feront en containers pleins et fermés hermétiquement. Si le produit s'échauffe, on observe alors une dégradation plus ou moins rapide des sucres, dégradation qui s'effectue essentiellement aux dépens du fructose et s'accompagne de la formation d'hydroxy-méthyl-furfural. La gravité de cette altération, à laquelle est associée une augmentation du taux de l'acidité et une disparition rapide des enzymes, est directement liée à de mauvaises conditions de stockage. Certains miels sont plus fragiles que d'autres en fonction de leur acidité naturelle. (GUINOT 1996).

A l'air, la surface du miel devient plus fluide ; des ferments s'installent et se développent dans sa masse en provoquant une fermentation alcoolique, surtout active en milieu humide et à température élevée. Le miel qui fermente dégage des bulles de gaz carbonique, sa surface se soulève, son goût change et il n'est plus commercialisable. Son seul emploi après destruction des ferments par chauffage est éventuellement industriel : fabrication de bonbons ou de gâteaux.

Le nourrissage des abeilles avec ce type de miel est déconseillé surtout si la fermentation est très avancée, les cadavres et les sous produits de fermentation risquent de leur provoquer des diarrhées (PROST 2005).

A l'abri de l'air, si le miel récolté est enfermé dans un récipient hermétique il subit quand même des transformations. D'abord, il se trouble, puis il durcit parce que son glucose cristallise, à sa surface apparaît une pellicule, plus ou moins épaisse, blanche poudreuse constituée essentiellement de glucose.

Il convient donc de garder le miel dans des locaux frais où la température ne dépasse pas 20°C. Si le miel à stocker présente un risque de fermentation, il faudra impérativement le pasteuriser ou le conserver à une température de 4 à 5°C.

Seule une température de -25°C empêche les transformations du miel.

En pratique, le miel doit être à 18% d'humidité ou moins, conservé dans des pots hermétiques, et idéalement consommé dans l'année qui suit sa récolte (PROST 2005).

Il est utile de savoir que :

-à moins de 17% d'eau, le miel ne fermente pas,

-plus la température du miel est élevée plus ses transformations spontanées sont rapides.

Au delà de 80 °C le miel caramélise, ce qui n'arrive jamais à température modérée même après une longue conservation.

Le miel recristallise en quelques jours s'il est chauffé à 40°C en 2 ou 3 semaines s'il a atteint 50°C en un ou deux mois pour un chauffage à 60°C, à 70°C le miel ne rendurcit plus (PROST 2005).

Et comme il faut bien satisfaire le goût du consommateur pour le miel liquide, il faudra procéder à la fonte du miel avec de grandes précautions :

- Refondre à température modérée (maximum 40 °C),
- Refondre dans une étuve si possible.
- Eviter les défroisseurs électriques (qui présentent une température élevée sur la résistance).
- Enfin, la conductibilité thermique du miel étant très mauvaise (10 fois plus faible que celle de l'eau), celui-ci se réchauffe très mal. En conséquence il convient de le brasser pour homogénéiser la température et accélérer la fonte, donc réduire le temps de chauffage (SCHWEITZER 1998).

D'après le service de la répression des fraudes de la république française le chauffage destiné à maintenir le miel liquide doit être modéré afin d'éviter la caramélisation et la destruction des qualités biologiques (enzymes en particulier) du produit, en principe à une température inférieure à 50°C.)

1-6-Classification du miel

La variété des types de miel est très grande, mais il est cependant possible d'opérer des classements simplificateurs en utilisant divers critères.

1-6-1- Origine florale.

La majorité des miels proviennent d'une flore bien diversifiée. Il est courant que les abeilles visitent à la fois une dizaine ou une vingtaine d'espèces végétales fleurissant en même temps dans leur secteur de butinage. Chaque abeille ne va s'intéresser qu'à une espèce, mais nous devons considérer l'ensemble de la population d'une ruche, qui comporte des milliers de butineuses. Le nectar rapporté à la ruche dans une courte période de temps n'est homogène que pendant une grande miellée, telle que celle du colza ou de la lavande. Le reste du temps, les apports de nectar proviennent de sources multiples. Il en résulte que les miels récoltés par l'apiculteur sont le plus souvent polyfloraux (GUINOT 1996).

Les miels unifloraux naturels proviennent principalement d'une espèce végétale déterminée, mais non exclusivement, car il est impossible d'empêcher tout mélange avec le miel provenant d'une fleur secondaire. Dans la mesure où ils sont suffisamment purs, les miels unifloraux répondent à un certain nombre de critères physico-chimiques et organoleptiques; la composition du nectar ou du miellat d'une espèce végétale donnée est relativement constante. En France, on peut récolter des quantités importantes : 15 à 20 miels unifloraux caractéristiques sur la base de critères bien établis (GUINOT 1996); en Algérie les miels unifloraux le plus souvent rencontrés sont les miels d'agrumes, de jujubier, d'eucalyptus, et moins souvent des miels de lavande, de sain foin ou de carotte sauvage.

Les miels polyfloraux ne sont pas susceptibles d'avoir une appellation florale, ce qui ne les empêche pas de pouvoir prétendre à une excellente qualité.

1-6-2- Origine géographique.

Certains miels polyfloraux ont acquis une réputation particulière qui est liée à leur origine géographique, qu'il s'agisse d'une petite région, d'une province ou d'un continent. Cette réputation n'est pas forcément fondée sur des critères analysables, elle est souvent subjective!

1-6-3- Différences au niveau chimique.

1-6-3- 1- La teneur en saccharose

La teneur en saccharose : considérable pour le miel de luzerne et bruyère,
Absence pour le miel de colza.

1-6-3- 2-Le miellat

Présence de mélézitose (qui tire son nom du miellat de mélèze où on le découvrit); il manque totalement dans les miels de fleurs.

1-6-3- 3- Les substances aromatiques:

Plus de 50 substances aromatiques ont été isolées permettant l'identification de l'origine des miels, car elles paraissent provenir presque exclusivement de la plante (GUINOT et al 1996).

Chapitre II : Caractéristiques du miel

2-1- Composition moyenne du miel

La composition du miel varie en fonction de l'espèce d'abeille, de la situation géographique, du climat ou des origines botaniques.

Il existe entre les miels des différences de composition relativement importantes, ces variations ont pour origine la qualité du nectar produit par la plante mais aussi la nature du sol sur lequel elle vit, ceci est particulièrement vrai pour la teneur en éléments minéraux. Enfin, l'abeille enrichit plus ou moins le nectar qu'elle récolte (GONNET 1982).

2-1-1-L'eau

L'eau est présente en quantité non-négligeable puisque sa teneur moyenne est de 17.2% (GUINOT et al 1996), mais comme le miel est un produit biologique, cette valeur peut varier. En fait, les abeilles operculent les alvéoles lorsque la teneur en eau avoisine les **18%**. De plus,

certain aspects de l'eau contenue dans le miel restent un mystère puisque HELVEY (GUINOT et al 1996) a montré que la proportion en deutérium de l'eau du miel est sensiblement plus élevée que celle de l'eau ordinaire. On ne sait pas d'où provient cet enrichissement en deutérium.

La teneur en eau c'est-à-dire l'humidité est une des caractéristiques les plus importantes du miel, car elle joue un rôle primordial dans sa qualité. Elle intervient dans la viscosité, la cristallisation, la saveur et la fermentation du miel.

La teneur en eau d'un miel provient essentiellement de l'humidité du nectar mais peut être influencée par de nombreux facteurs, parmi lesquels :

1. Le moment de la récolte
2. Le taux d'operculation des rayons
3. Les conditions de stockage
4. Les conditions climatiques lors de la récolte (BRUNEAU 2007).

Les normes légales (codex, union européenne) admettent un miel jusqu'à 20 % mais seuls les miels dont l'humidité est inférieure à 18 % se conservent bien. En excès, l'humidité est souvent responsable de la fermentation du produit et provoque donc un goût désagréable d'alcool de prune. Trop sec (< 16,5 %), le miel ne libère plus ses arômes de façon optimale. Il colle en bouche et assèche la salive (BRUNEAU 2007).

Taux d'eau : Le taux d'eau est en fait le pourcentage d'eau dans le miel.

Unité : %

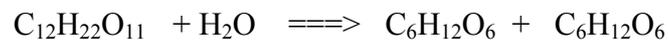
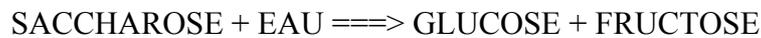
2-1-2- Les hydrates de carbone :

Les hydrates de carbone constituent la partie la plus importante du miel (+/- 80 %), mais c'est aussi la plus difficile à analyser. Ils sont responsables de sa viscosité, de son hygroscopicité et de sa cristallisation.

On trouve des sucres simples (C₆ H₁₂ O₆) ou monosaccharides (glucose et lévulose ou fructose) qui représentent 85% à 95% des sucres du miel mais c'est le lévulose qui est presque toujours dominant, avec une teneur de 38% du poids du miel, tandis que la teneur en glucose est de 31%. On y trouve des Disaccharides :maltose(7.5%) et saccharose(1.5%), ainsi que d'autres sucres Tri et polysaccharides ou sucres complexes (longues chaînes carbonées) ex : mélézitose (SCHWEITZER 1998), isomaltose, nigérose, turanose, maltulose, isomaltulose, leucrose, kojibiose, néotrèhalose, gentiobiose, laminaribiose, erlose, 1-kertose, **dextrantri**ose,

raffinose, isopanose, isomaltotétraose, 6-a-glucosylsaccharose, arabogalactomannane, maltotriose, isomaltopentaose, panose, isomaltotriose, 3-a-isomaltosylglucose, centose (GUINOT 1996).

La présence de fructose et de glucose provient en grande partie de l'action de l'invertase sur le saccharose. En effet, le saccharose est dextrogyre (dévie à droite le plan de polarisation de la lumière), lorsqu'il est hydrolysé, soit par les acides, soit par l'invertase intestinale, on obtient un mélange de quantités équimolaires de D(+) GLUCOSE et de D(-) FRUCTOSE : la lévoration du fructose est donc plus importante que la dextrorotation du glucose, de sorte que le mélange obtenu est lévogyre (dévie à gauche le plan de polarisation de la lumière), ce qui lui a valu le nom de sucre interverti.



Sous l'effet de l'invertase

Fig 03 : Equation représentant la dégradation du saccharose en glucose et fructose sous l'action de la gluco-invertase (GONNET 1982).

Quant à l'origine de la présence des autres sucres, elle est peu connue. Il semblerait que la nature et la quantité des sucres additionnels dépendent de la plante sur laquelle le miel a été récolté (GUINOT 1996). La répartition entre les différents sucres va donner de précieux renseignements qui permettront de prévoir la vitesse de cristallisation et la stabilité de la structure d'un miel. Elle donnera également des informations sur l'origine du miel. Le miel de miellat est moins riche en monosaccharides que le miel de nectar mais sa teneur en di- et trisaccharides est plus élevée.

Le fructose est largement responsable de l'hygroscopicité du miel. Le glucose, quant à lui, est le principal responsable de la cristallisation.

Seuls les miels très riches en fructose (acacia, châtaignier, miellat...) peuvent rester liquides longtemps.

Le saccharose : sucre de betterave, est celui que l'on utilise dans les pâtisseries, les confitures etc. La présence de saccharose est artificielle. Il est plus ou moins normal cependant, qu'un peu de saccharose se trouve dans le miel, il provient des restes de nourriture d'hiver ou de nourriture d'appoint au printemps.

Unité : %

Valeur moyenne admise (CODEX): <10

-Méthodes d'analyses :

Pour déterminer les types de sucres, on utilise aujourd'hui principalement la méthode de chromatographie haute performance en phase liquide (HPLC) sur gel de silice lié à des groupes aminés (BOGDANOV et al. 2003)

Le fructose et le glucose peuvent être déterminés au moyen de la chromatographie sur couche mince (BOGDANOV et al. 2003).

2-1-3-Les acides.

Le miel contient aussi des acides. Le plus important est l'acide gluconique dont l'origine serait une bactérie, appelée gluconobacter, qui, lors de la maturation du miel, transformerait le glucose en acide gluconique. On y trouve également une vingtaine d'acides organiques comme l'acide acétique, l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide malique, l'acide oxalique, l'acide butyrique, l'acide pyroglutamique et l'acide succinique. On y trouve des traces d'acide formique (un des constituants du venin), d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique. D'autres composés, les lactones, dont la présence est constante, ont également une fonction acide. La perception acide n'est pas toujours possible en raison du fort pouvoir sucrant lié à la propre nature du miel. Le pH, qui peut varier les miels de nectar ont un pH de 3.5 à 4.5. Les miels de miellat ont un pH de 4.5 à 5.5 (GONNET 1982).

Teneur en acide libre :

La teneur en acide libre est en fait la quantité d'acide actif par kilo de miel. La valeur maximale est de 40 (CODEX). Une valeur plus élevée pourrait indiquer un résidu d'acide oxalique ou formique venant du traitement anti-varroa. Associée à un taux d'eau trop élevé, il peut s'agir alors de fermentation.

Unité : mEq/Kg (milliéquivalents par kilogramme de miel).

Valeur moyenne admise (CODEX) : <50 meq/kg.

La teneur en acidité permet en général de distinguer les miels de miellat des miels de fleurs. Autre particularité : plus un miel est acide, plus il produit rapidement de l'H.M.F. Conséquence, à température identique de conservation, les miels de miellat se dégraderont

beaucoup moins vite. Une remarque concernant les acides formiques et oxaliques. Ils sont présents à l'état de trace, sans aucun danger pour le consommateur. A l'état concentré, ce sont deux acides très dangereux. Or ils sont utilisés pour le traitement "naturel" anti-varroase prétendument parce que les résidus n'ont pas d'importance puisqu'ils existent à l'état naturel dans le miel. Cependant tout est question de dose. Produit naturel ne veut pas dire inoffensif systématiquement (SCHWEITZER 1998).

2-1-4-Matières minérales ou cendres

Les matières minérales ou cendres ont une teneur inférieure à 1% (elle est en général de l'ordre de 0.1%). On y trouve, dans l'ordre d'importance, du potassium, du calcium, du sodium, du magnésium, du cuivre, du manganèse, du chlore, du phosphore, du soufre et du silicium ainsi que plus de trente oligo-éléments. Leur teneur dépend des plantes visitées par les abeilles ainsi que du type de sol sur lequel elles poussent (GUINOT 1996).

Unité : %

Valeur moyenne admise (CODEX) : <0.6% .

2-1-5-Protides

Les protides sont présents en faible quantité (1.7 gramme par kilogramme de miel soit une teneur de 0.26%) et la teneur en azote est négligeable (de l'ordre de 0.041%). Il s'agit essentiellement de peptones, d'albumines, de globulines et de nucléo-protéines qui proviennent soit de la plante, soit de l'abeille. Il y a également des acides aminés libres dont la proline, qui provient des sécrétions salivaires de l'abeille (GUINOT 1996).

La Proline : La proline est un acide aminé sécrété par les abeilles lors de l'élaboration du miel. La valeur de cette analyse est très variable selon les plantes que les abeilles sont allées butiner. Un taux de Proline bas (50) nous permet de mettre en doute la fraîcheur du miel. Cette valeur mise en comparaison avec d'autres nous permet de tirer certaines conclusions quant aux causes possibles d'une altération du miel (**GUINOT 1996**).

Unité : mg/Kg

Valeur moyenne admise (CODEX) : env. 407

2-1-6-Enzymes

De nombreuses enzymes se retrouvent dans le miel : l'invertase, l'a-amylase, la b-amylase, l'a-glucosidase et la glucose-oxydase capable de transformer le glucose en acide gluconique. Le miel contient aussi une catalase et une phosphatase. Ces diastases sont détruites par un

chauffage exagéré du miel, qu'il y a donc lieu d'éviter si on veut bénéficier de leur action. Ainsi, leur dosage permet de détecter les fraudes liées au chauffage du miel.

-Amylase/Diastase : l'amylase est une enzyme sécrétée par les abeilles lors de l'élaboration du miel. Cette enzyme permet de détruire l'amidon en dextrine puis en maltose. Nous en possédons nous même dans notre salive. Cette enzyme nous permet de transformer l'amidon en sucre assimilable par notre organisme. Les enzymes sont des molécules très sensibles à la chaleur et au vieillissement. Une activité amylasique plus grande que 8 nous permet de vérifier que le miel est frais, qu'il a été stocké dans de bonnes conditions et/ou qu'il n'a pas été trop réchauffé pour d'éventuels transvasages.

Unité : Schade.

Valeur moyenne admise (CODEX) : >8

-Méthodes d'analyses :

À l'aide du test modifié de PHADEBAS, il est assez simple de déterminer l'amylase (BOGDANOV 2004).

-Invertase : provoque la scission de la molécule de saccharose, cet enzyme indispensable à l'élaboration du miel est responsable de la formation de trisaccharides lesquels sont à leur tour hydrolysés en parti en glucose et en fructose (GONNET 1982).

-gluco-oxydase : elle oxyde le glucose et donne de l'acide gluconique avec production de peroxyde d'hydrogène, plus connu sous le nom d'eau oxygénée. C'est ce qui confère au miel ses propriétés antiseptiques et bactériostatiques. Les enzymes sont facilement dégradées par la chaleur. Leur dosage en particulier celui de l'amylase, peut servir d'indicateur de vieillissement par chauffage excessif du miel et venir en complément de la teneur en H.M.F (GONNET 1982).

Les résultats de l'activité de ces enzymes s'expriment en indice de saccharase (IS) et indice diastasique (ID). Généralement, un miel non dégradé a un IS supérieur à 10 et un ID supérieur à 8.

2-1-7-Vitamines

Le miel en est très pauvre. Il s'agit essentiellement des vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9) ; vitamine C et quelquefois A, D et K. Les vitamines seraient apportées par le pollen, leur importance dépend donc de la qualité des plantes visitées par les abeilles, et cela dans de très larges proportions. Ainsi par exemple, un miel de menthe, produit assez rare est réputé riche en vitamines C : il en contient environ 200mg/100g de miel alors que la

plupart des miels en sont très pauvres (2mg/100g en moyenne) ; certains ont même totalement dépourvu (GONNET 1982).

2-1-8-Lipides

Le miel est également pauvre en lipides : ceux qu'on y trouve sont probablement des microparticules de cire qui échappent à la filtration.

2-1-9-Substances aromatiques

Les substances aromatiques ne sont pas importantes quant à leur poids. Les composés sont isolés par les méthodes de chromatographie en phase gazeuse. On dénombre plus de cinquante substances aromatiques qui peuvent permettre l'identification de l'origine des miels, car elles paraissent provenir presque exclusivement de la plante.

2-1-10-H.M.F :

L'HMF, abréviation usuelle du 5-Hydroxy-Méthyl-2-Furfural, est un composé chimique issu de la dégradation du fructose. Ainsi le chauffage du sucre du commerce (le saccharose) dans une casserole pour produire du caramel est une déshydratation dont un des premiers intermédiaires est justement l'HMF. Tous les produits alimentaires sucrés et chauffés contiennent cette substance qui, à ces doses, ne présente pas pour l'homme de toxicité particulière (MARCEAU 1994). Nulle au départ, sa concentration va augmenter dans le temps et avec la température. La teneur en HMF reflète donc l'âge et le passé thermique du miel. Un miel naturel, récolté sans chauffage particulier, ne contient pas plus de 5 mg d'HMF par kg. Durant le stockage du miel (à température ambiante), la concentration en HMF peut augmenter d'environ 5 à 10 mg/kg par an (SCHWEITZER 2001).

Le réchauffage réalisé pour le défigeage ou la fonte peut développer quelques mg en plus. Il faut toujours éviter que la température du miel dépasse 40°C sous peine d'augmenter sa teneur en HMF rapidement et de limiter sa durée de conservation. Le dosage d' H.M.F permet d'ailleurs de détecter si le miel a été chauffé et donc dénaturé. On peut ainsi détecter certaines fraudes.

Unité : **mg/Kg** . Valeur moyenne admise (CODEX) : **<u>40**

Ni les nectars ou miellats, ni les miels frais ne contiennent de l'HMF. Contrairement aux amylases et à d'autres substances présentes originellement dans les miels, la teneur en HMF n'est donc pas une propriété intrinsèque des miels. On ne peut donc pas l'utiliser comme moyen pour en déterminer l'origine botanique et cela bien que certains miels « prennent »

plus facilement de l'HMF que d'autres. Par contre, l'HMF est un excellent indicateur pour en apprécier la qualité. Même non chauffés, les hexoses contenus dans les miels se transforment en HMF au cours d'un processus de vieillissement naturel (SCHWEITZER 2001).

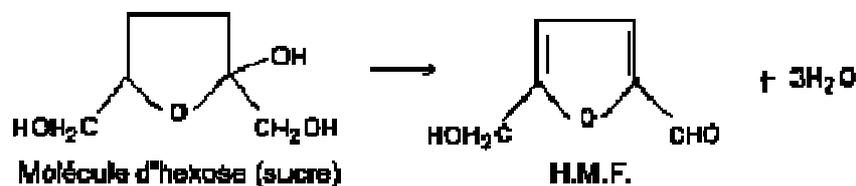


Fig 04 : Réaction de déshydratation des sucres conduisant à la production de HMF (SCHWEITZER 1998)

Dans le cas d'un stockage au chaud et lors de la fonte à des températures plus élevées (50 à 70°C), la teneur en HMF augmente plus rapidement. (HADORN et al. 1962).

Les miels traités de façon inappropriée peuvent contenir des teneurs en HMF allant jusqu'à 100 mg/kg ou plus.

Tableau 04:Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel en fonction de la température de stockage (WHITE et al. 1964).

Température (°C)	Durée pour la formation de 40 mg HMF/kg
4	20 - 80 ans
20	2 - 4 ans
30	0,5 - 1 an
40	1 - 2 mois
50	5 - 10 jours
60	1 - 2 jours
70	6 - 20 heures

Méthodes d'analyses :

Trois méthodes peuvent être utilisées pour la détermination de l'HMF :

- La méthode de WINKLER
- La Chromatographie liquide haute performance
- La méthode de WHITE .

Les trois méthodes sont recommandées par la commission internationale sur le miel (BOGDANOV 2002) cependant la méthode de WINKLER ne devrait pas être utilisée en raison du danger de cancérogénicité de la p-toluidine. En revanche, la détermination photométrique selon WHITE et la détermination au moyen de la méthode HPLC permettent une détermination de la teneur en HMF rapide et fiable (BOGDANOV 2003).

2-1-11- Constituants figurés :

Pollens, levures, spores, cire.

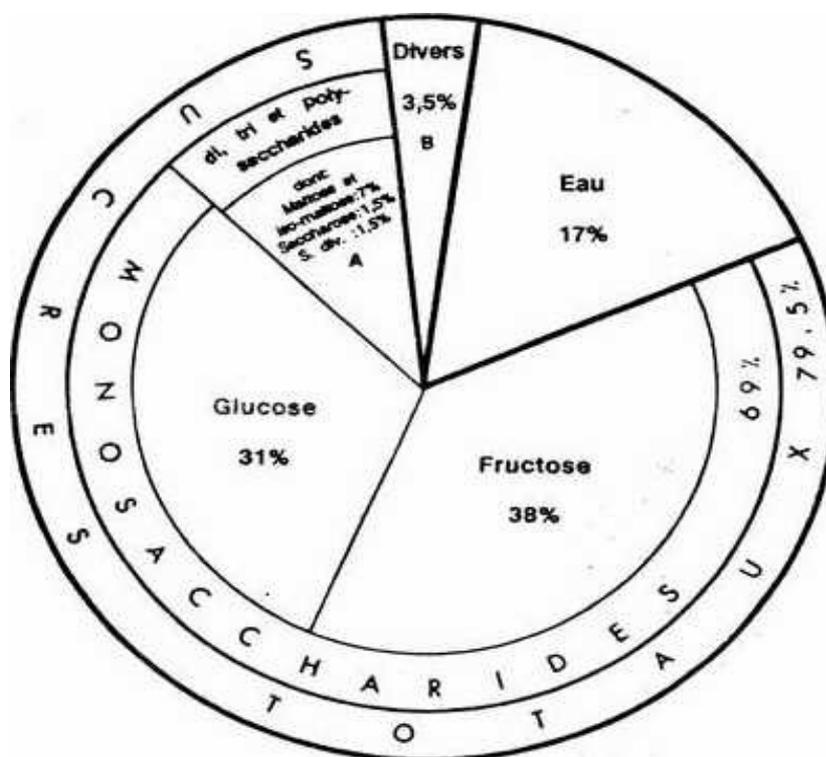


Fig 05 : Figure représentant la composition du miel (SCHWEITZER 1998)

Tableau 05 : Composition moyenne des miels (européens) (LOBREAU 2000).

Composition	Pourcentage total	Types de composés	Principaux composants
Eau	15 à 20 % (moyenne 17 %)		
Hydrates de carbones	75 à 80 %	Monosaccharides	Glucose(≈31 %) ; Fructose (≈38%)
		Disaccharides	Saccharose (2.3%);Maltose(0.9%);Isomaltose
		Polysaccharides	Erllose,Raffinose,Mélézitose*,Kojibiose*,Dextrantriose*,Mélibiose*
Acides	0.1 à 0.5 %		Gluconique(0.1à0.4%);formique (0.01 à 0.05 %); maleique*,succinique*,oxalique*,glutamique*,pyroglutamique*,citrique*,glucuronique*
Protéines et acides aminés	0.2 à 2 %		Matière albuminoïdes, matières azotées, proline*, tyrosine*, leucine*, hystidine*, alanine*, glycine*, methionine*, acide aspartique*
Substances diverses	1à5%	Vitamines	B, C, (A D K)
		Enzymes provenant des glandes hypopharyngiennes	Amylase α,β, gluco-invertase,glucose-oxydase(activité antiseptique)
		Enzymes provenant du nectar	Catalases*, amylases*, phosphatase acide
		Minéraux (0.05 à 1.5%)	K,Ca,Na,Mg,Mn,Fe,Cu,(Co*,(B*,(Si*,(Cr*,(Ni*,(Au*,(Ag*,(Ba*,(P*,(Cs*
Arômes		Esters	Méthylantranilate (Citrus, Lavande...), acétates, méthyléthylcétones...
		Aldéhydes et acétones	Formaldéhyde, acétaldéhyde (colza et trèfle...)
		alcools	Merthanol,ethanol,isobutanol,2-phenyléthanol...
Flavones			Flavanol, catéchine, quercetine
Lipides	traces	Acides gras	Acides palmatique*,butyrique*,caprique*,caproïque*,valerique*

Les pourcentages sont donnés par rapport au poids total du miel.

**Les substances indiquées sont à l'état de traces.*

2-2-Caractéristiques physico-chimiques du miel

Les propriétés mécaniques, thermiques, électriques, optiques du miel ont été étudiées en vue d'applications technologiques. On possède de bonnes informations sur des propriétés comme la viscosité, la conductibilité thermique, la chaleur spécifique, ce qui facilite le travail de l'ingénieur devant réaliser des installations industrielles de conditionnement du miel.

2-2-1-Poids spécifique

Il s'apprécie avec un densimètre. C'est une donnée très utile pouvant être utilisée pour mesurer la teneur en eau des miels. On peut admettre une moyenne de 1.4225 à 20°C.

2-2-2- Viscosité

La viscosité du miel dépend de sa teneur en eau, de sa composition chimique et de sa température. La plupart des miels se comportent comme des liquides newtoniens (GUINOT 1996); certains d'entre eux ont, du fait de leur composition particulière, des propriétés particulières.

Les miels de Callune (*Calluna vulgaris*, bruyère) sont thixotropes .Au repos, le miel de Callune se présente comme une substance gélatineuse suffisamment rigide pour qu'on ne puisse pas la faire couler. Il suffit de le remuer pour que cet état disparaisse; il devient aussi fluide que n'importe quel miel, mais au bout d'un temps assez court, il reprend sa rigidité. Cette thixotropie est due à la présence d'une protéine la thixotropie (SCHWEITZER 1998) que l'on peut extraire et doser. Un miel de Callune pur peut en contenir près de 2%.

Les miels d'Eucalyptus sont dilatants, ils présentent une viscosité très élevée lorsqu'ils sont soumis à une agitation; ceci explique pourquoi ils peuvent arriver à bloquer l'extracteur en fonctionnement, alors qu'au repos ils coulent sans difficulté. Cette propriété est due à la présence d'une dextrine.

De 30 à 35°C, la viscosité est minimale; c'est d'ailleurs la température de la ruche. C'est pourquoi les apiculteurs sont contraints, au cours des opérations de centrifugation, d'extraction et de mise en pots, d'opérer à température suffisamment élevée (GUINOT 1996).

2-2-3- Coloration des miels

La couleur a été étudiée dans un but pratique : elle constitue un facteur important de classement des miels au plan commercial, elle est en rapport avec l'origine florale et la composition des miels, essentiellement aux matières minérales qu'il contient. Les miels les plus pauvres en matières sont très clairs; les plus foncés étant les plus minéralisés, le chauffage et le vieillissement provoquent une intensification de la couleur des miels.

Mesure de la coloration :

La coloration peut se mesurer soit au moyen des colorimètres de laboratoires, soit au moyen d'appareils spécialement conçus pour le miel : « le Pfund Color Grader » ou le colorimètre de LOVIBOND .L'échelle de référence la plus utilisée est celle de PFUND, elle introduit une notation chiffrée la note de 1 pour les miels les plus clairs et elle va jusqu'à 14 pour les plus foncés cette échelle couvre toute la gamme des couleurs du miel (GONNET 1982).La mesure de la couleur des miels est assez difficile dès que l'on recherche la précision. Le classement par simple appréciation visuelle est subjectif et erroné. C'est pourquoi Aubert et Gonnet ont entrepris d'étudier la couleur des miels à l'aide de la méthodologie d'analyse spectrophotométrique. Cette méthode permet d'effectuer le classement précis des miels très clairs ou très foncés, difficiles à différencier par les comparateurs visuels.

2-2-4-Chaleur spécifique :

La chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°Celsius la température d'une unité de poids de ce corps (GONNET 1982). Elle a été étudiée par HELVEY (GUINOT 1996) à l'aide de dilutions de miel de plus en plus fortes. La courbe obtenue varie très peu d'un miel à l'autre, et correspond à 0.54 pour 17% d'eau. La chaleur de dilution apparaît lorsqu'on ajoute de l'eau au miel : il y a alors production de chaleur. Par exemple, si un miel normal est dilué jusqu'à la concentration de 3%, chaque gramme aura produit 5.5 calories. En revanche, un miel déshydraté que l'on dissout dans l'eau absorbe de la chaleur, soit 673 frigories par gramme (GUINOT 1996). (Frigorie : unité de mesure utilisée en industrie frigorifique et qui correspond à la quantité de chaleur perdue par un kg d'eau à 15 ° C pour diminuer sa température d'un degré).

2-2-5-Conductibilité thermique

La conductibilité thermique est la propriété d'un corps de permettre la diffusion de la chaleur dans sa masse ,elle s'exprime en calories par centimètres Le miel est mauvais conducteur de chaleur, sauf quand il est tout-à-fait déshydraté. La conductivité thermique exprimée par la formule d'HELVEY en calories par cm³ par seconde et par degré centigrade (GUINOT 1996). (L = la conductibilité) : $L = 1.29 \cdot 10^{-4}$ à 20°C, pour un miel à 20% d'eau et finement cristallisé.

2-2-6-Abaissement du point de congélation

Il dépend de la proportion en sucres, il serait de 1.42°C à 1.53°C en solution aqueuse à 15%,et 2.75°C à 3.15°C en solution aqueuse à 25%.

2-2-7-Conductibilité électrique

La mesure de la conductivité (propriété d'un corps à permettre le passage du courant) donne de précieux renseignements sur l'origine botanique et permet notamment de différencier les miels de fleurs des miels de miellat. On l'évalue à l'aide d'une unité particulière, le Siemens par cm^{-1} . Pour une solution à 20% de matière sèche et à la température de 20°C, la conductibilité va de 1 à plus de 10⁻⁴ S/cm.

Le miel de miellat, a une conductivité plus élevée (>0,8 mS/cm) qu'un miel de nectar (0,15 - 0,3 mS/cm). Mais il existe des variations importantes, certains miels de fleurs possèdent cependant une conductivité plus élevée (pissenlit, bruyère...).

Méthodes d'analyse :

La conductivité électrique d'une solution de 20 g de miel dans 100 ml d'eau distillée est mesurée à l'aide d'une cellule de conductivité électrique. La détermination de la conductivité électrique est basée sur la mesure de la résistance électrique à une température 20°C. La méthode est basée sur le travail original de VORWOHL (BOGDANOV 2003).

Si la détermination est effectuée à une température différente, un facteur de rectification peut être utilisé pour le calcul de la valeur à 20 °C:

Pour les températures au-dessus de 20 °C: soustraire 3,2 % de la valeur par °C

Pour les températures en-dessous de 20 °C: ajouter 3,2 % de la valeur par °C.

2-2-8-Indice de réfraction

La réfraction est le changement de direction d'une onde lorsqu'elle passe d'un milieu dans un autre (12 dictionnaires indispensables.mediadico) l'indice de réfraction est couramment mesuré à l'aide de réfractomètres de petite taille, très pratiques. L'indice permet de calculer une variable très importante, la teneur en eau, bien plus rapidement que par les autres méthodes.

Méthodes d'analyses :

Cet indice est une caractéristique de tous les milieux liquides. Le principe basé sur la loi de la réfraction lumineuse est le suivant : un rayon lumineux qui passe d'un milieu dans un autre change de direction, déterminant ainsi un angle de réfraction, spécifique du milieu traversé.

Un mélange homogène de deux composants réfracte donc la lumière différemment selon la composition et la concentration de ce mélange. L'indice de réfraction de l'eau pure est par

définition de **1**, l'indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est basse, l'indice de réfraction du miel se mesure au moyen d'un réfractomètre c'est un instrument inventé par le Dr Ernst Abbé, un scientifique allemand du début du 20e siècle. La mesure de la teneur en eau par réfractométrie est une analyse simple qui apporte des informations précieuses et immédiatement exploitables en apiculture dans le domaine de la conservation des miels.

La plus part des réfractomètres de laboratoire donnent l'indice de réfraction, dans ce cas les tables de CHATAWAY permettent d'obtenir directement la teneur en eau du miel à 0.1% près, on trouve maintenant des petits réfractomètres à main étalonnés et gradués directement en pourcentage d'eau dans le miel .

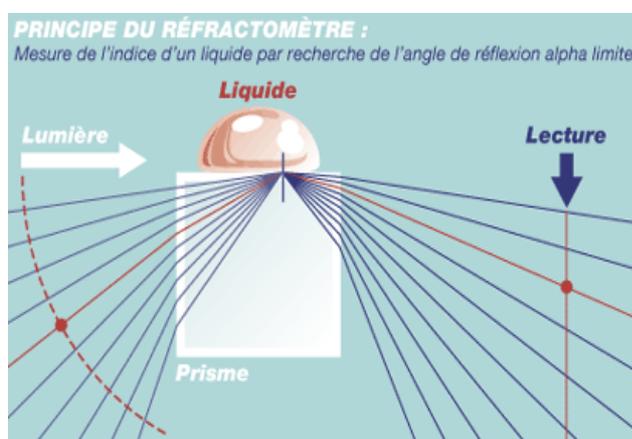


Fig 06 : principe du réfractomètre (<http://www.refractometre.com>).

La méthode harmonisée est basée sur la mesure avec un réfractomètre Abbé (BOGDANOV 2002).

Cette dernière décennie a vu l'apparition des réfractomètres numériques, des travaux récents ont été effectués pour examiner la possibilité de leur utilisation dans les analyses de routine du miel (BOGDANOV 2002).

Tableau 06:Table de CHATAWAY(1935) (GONNET 1982).

Indice de réfraction à 20 ⁰ C % Réel d'eau	Indice de réfraction à 20 ⁰ C % Réel d'eau
--	--

1.5041	13.0	1.4890	19.0
1.5015	14.0	1.4866	20.0
1.4990	15.0	1.4844	21.0
1.4965	16.0	1.4815	22.0
1.4940	17.0	1.4789	23.0

Les températures au dessus de 20 ° C: ajouter 0,00023 par degré C.

Les températures au dessous de 20 ° C: diminuer 0,00023 par degré C (GONNET 1982).

2-2-9-Fluorescence

La fluorescence est la priorité de certains corps à émettre de la lumière sous l'effet de certaines radiations (12 dictionnaires indispensables.mediadico), beaucoup de miels présentent une fluorescence plus ou moins marquée, mais on ne sait rien de précis sur cette caractéristique.

2-2-10-Hygroscopicité du miel.

Le miel tend à absorber l'humidité de l'air et, si on le laisse trop longtemps dans une atmosphère humide, cette absorption peut être considérable. Un miel "normal", contenant 18% d'eau, peut atteindre, au bout de trois mois, une hygrométrie de 55% : son poids a alors augmenté de 84%. D'autre part, lorsqu'on veut dessécher le miel, il est nuisible de le maintenir en atmosphère rigoureusement sèche, parce qu'il se forme en surface une pellicule dure qui empêche le reste d'eau de s'évaporer (GUINOT 1996).

2-2-11- pH.

Le pH (potentiel hydrogène) détermine dans une solution la concentration des ions dissociés H⁺ (acide) ou OH⁻ (basique). L'eau distillée à 22 °C possède par définition un pH de 7, le pH du miel est fonction de la quantité d'ions H⁺ et OH⁻ qu'il renferme, plus le taux de matières minérales est élevé plus le pH du miel se rapproche de la neutralité. Le pH se situe entre 3,5 et 4,5 pour les miels de nectar et entre 4,5 et 5,5 pour un miel de miellat (BRUNEAU 2007)

2-2-12-Densité.

La densité relative 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 la densité du miel est fonction de la teneur en eau elle varie de 1.39 à 1.44 à 20°C (GONNET 1982).

Tableau 07 : Synthèse sur les caractéristiques physicochimiques du miel (GONNET 1982 .GUINOT 1996).

Paramètres	Valeurs
Poids spécifique	1.4225 à 20°C (GUINOT 1996)
Densité	1.39 à 1.44 à 20°C .
Conductibilité électrique	1 à plus de 10⁻⁴ S.cm⁻¹.
Conductibilité thermique	L = 1.29.10⁻⁴ à 20°C .

2-3- Caractéristiques organoleptiques du miel

Disposer d'une méthode d'évaluation de la qualité est un préalable indispensable à la mise en place de signes distinctifs de qualité. Les paramètres analytiques physico-chimiques ne suffisent évidemment pas à cerner les caractéristiques organoleptiques d'un produit, et l'analyse sensorielle reste une composante majeure de l'évaluation. Elle implique que le dégustateur puisse traduire son jugement de manière rationnelle et reproductible, en s'appuyant sur une grille d'analyse.

L'absence de toute référence dans ce domaine a conduit l'INRA (France) à s'engager, en 1978, dans le développement d'une méthodologie d'analyse sensorielle originale, faisant appel à l'expérience des œnologues. L'organisation de stages de dégustation a permis de tester et de mettre au point une fiche de description complète des caractéristiques des miels (critères visuels, olfactifs, gustatifs et tactiles) et un système cohérent de notation comportant une évaluation d'ensemble du produit.

Cette méthode d'objectivation de la qualité des produits, d'ailleurs adoptée par l'Italie est utile aux apiculteurs, qui peuvent ainsi mieux évaluer et contrôler leur propre production

L'arôme, le goût et la couleur du miel dépendent des plantes où les abeilles ont récolté le nectar. Les tournesols, par exemple, donnent un miel jaune d'or; le trèfle donne un miel sucré

et blanc; les agaves (plante mexicaine) donnent un miel au goût amer qui plaît beaucoup dans certaines sociétés. 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.

2-3-1-Goût

Lorsqu'on veut décrire et expliquer la saveur et les arômes du miel, on est vite surpris par sa complexité et sa diversité. L'art de déguster réclame un certain entraînement de la part du dégustateur. Il traduit en termes évocateurs les arômes et sensations qu'il perçoit. Cela ne signifie en rien qu'un miel aux notes de « caramel au beurre » est additionné de caramel ou de beurre, pas plus que l'indication « épicée » ou « médicament » ne fait référence à un quelconque ajout. Les notes « chimique » ou « avancée » sont liées à la flore butinée par les abeilles, mais ne résultent en aucun cas d'une contamination exogène.

En Europe certains laboratoires comme le CARI (Belgique) ont élaboré une roue des arômes, aujourd'hui reconnue sur le plan international. Elle représente sous forme de roue les différents arômes perçus lors de la dégustation. Plusieurs classes (chaud, boisé, chimique, frais, floral-fruité) ont été définies.

2-3-2-Odeur

Les différentes classes d'arômes des miels ont été décrites par (AL MANSOURI 2007) selon le tableau ci-dessous tableau -08-.

Tableau 08 : Différentes classes d'arômes (AL MANSOURI 2007)

Classe	Arôme
Floral	Fleurs : acacia, oranger, rose, violette, géranium, pivoine, mimosa, laurier, guimauve, chèvrefeuille, jasmin, pot-pourri, miel.
Agrumes	Zeste d'agrumes, peau blanche d'agrumes, citron, orange, pamplemousse, mandarine, écorce confite.
Caramélisé	Sucre filé, caramel, caramel au beurre, cassonade blonde, cassonade brune, sirop d'érable
Brûlé, fumé	Caramel brûlé, fumé, brûlé, café, chocolat noir, croûte de pain. Arômes exogènes : fumée froide, cendre, goudron.
Beurré, lacté	Beurre frais, beurre cuit, beurre rance, yaourt, brioche, chocolat blanc. Arômes exogènes : cire.
Sous-bois	Caves, moisissures, feuilles pourries, humus, tourbe, champignons, truffe.
Boisé	Bois sec, santal, cèdre, buis, écorce, encens
Frais :	Camphre, menthe, eucalyptus.
Épicé	Cannelle, clou de girofle, noix de muscade, poivre, gingembre
Chimique	Médicament, plastique, styrène, solvant, carton, détergent, savon. Arômes exogènes : métallique.
Fermentation	Levure, fermentation, vineux, vinaigré, bière, vin cuit.
Garrigue	Romarin, lavande, thym, garrigue.
Végétal sec	Foin sec, thé, tisane, paille.
Végétal frais	Herbe coupée, légume cru, feuille froissée
Végétal humide	Foin humide, houblon, artichaut.

Chapitre III : Qualité du miel.

Le miel est de qualité par essence. L'apiculteur qui le récolte ne modifie en rien sa composition originelle et il doit s'efforcer de préserver l'intégrité du produit. Cela suppose la

connaissance, le contrôle et la maîtrise d'un certain nombre de facteurs d'amont (avant la récolte) et d'aval (préparation et conditionnement des produits) (GONNET 1999).

3-1- Critères de qualité

La prise en compte de ces critères de qualité est une sécurité à la fois pour l'apiculteur qui sait alors qu'il a produit son miel conformément aux normes légales et pour le consommateur qui en est informé. C'est en effet d'importance, car le miel est une denrée alimentaire et si le risque de présenter un danger pour la santé humaine est faible au cours du cheminement qui conduit le nectar de la fleur au pot, certaines étapes sont déterminantes pour la qualité du produit final et les occasions de le dégrader sont nombreuses.

3-1-1-Définition d'un critère de qualité

C'est une donnée chiffrée, obtenue après une analyse portant sur un élément particulier constitutif du miel, donc un indice objectif, qui atteste que le miel est conforme à l'appellation miel telle que définie dans le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 (J.O.R.F. du 02/07/2003) et que de ce fait il a été récolté dans de bonnes conditions et surtout n'a pas été altéré ou n'a pas subi de dégradations.

3-1-2-Critères de qualité du miel :

L'Institut national de la recherche agricole de France (INRA) s'intéresse depuis plus de dix ans à la mise en œuvre de "signes de qualité", et travaille dans ce sens en collaboration avec les organismes compétents tels que la DGAL (Direction Générale de l'Alimentation du Ministère de l'Agriculture France), l'INAO (Institut National des Appellations d'Origine), le CNEVA (Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires), les bureaux de certification de la qualité, les Chambres d'agriculture et les groupements professionnels. L'INRA a ainsi participé à la définition des cahiers des charges de toutes les appellations.

Cet engagement de l'Institut auprès des professionnels et des organismes de certification a déjà abouti à l'obtention des trois labels rouges nationaux et de l'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) suivants :

- "Miel de lavandes", label rouge mis en place en 1991, sur la base d'un ancien label régional déjà obtenu avec l'aide de l'INRA en 1972 ;
- "Miel de Provence", label agréé en 1994, réservé aux produits à base de flore régionale (lavande, thym, romarin...) ;
- "Miel de Sapin d'Alsace", commercialisé depuis 1995 ;

- "Miel de Sapin des Vosges", première AOC en matière de miel, dont l'arrêté est paru au JORF du 02/08/66.

3-1-3-Paramètres légaux: NORME CODEX POUR LE MIEL (codex stan 12-1981).

3-1-3-1- Teneur en eau :

C'est le critère essentiel car il garantit la conservation du miel, les miels contiennent entre 14 et 25 % d'eau.

Ne peuvent avoir l'appellation "miel" que les produits qui contiennent au plus 20 % d'eau, sauf pour le miel de bruyère (callune) au plus 23 %. Un miel est d'autant plus fragile que sa teneur en eau est élevée et au dessus de 18 %, le développement des levures n'est plus inhibé.

Le réfractomètre est un outil indispensable, le contrôle digital, quoiqu'empirique, peut suppléer le réfractomètre. Plus un miel est "sec", plus il est visqueux. On va donc contrôler la viscosité. Placer entre le pouce et l'index une petite quantité de miel, les doigts étant bien secs et le miel à température ambiante (environ 20 °C), presser les 2 doigts l'un contre l'autre puis les écarter progressivement. Un miel dont la teneur en eau est inférieure à 18 % fera entre les doigts un pont d'environ un centimètre.

Comment maîtriser ce paramètre ?

L'emplacement du rucher est très important, d'aucuns prétendent que 90 % de la clé de la teneur en eau du miel se trouve au rucher. Un autre point très important dans la maîtrise de la teneur en eau est l'étape de l'extraction. L'extracteur dont l'invention remonte au milieu du XIXème siècle a révolutionné l'apiculture a fortement contribué à améliorer la qualité du miel. Cependant il a le défaut d'introduire de l'air dans le miel et également de l'humidité si l'extraction se fait dans un local à forte hygrométrie. Lors de l'extraction le miel est projeté sur les parois sous forme de microgouttelettes.

La surface en contact avec l'air devient alors très importante. 1 kg de miel représente une sphère de 11 cm de diamètre dont la surface est de 3.80 dm², soit une feuille de 20 cm sur 20 cm, à peine. Le même volume en gouttes de 1 mm donne une surface de 4.25 m² et en gouttes de 1/10 de mm une surface de...42 m². La surface d'échange devient extrêmement importante. Et il en est de même pour la mince pellicule de miel qui s'écoule le long de la paroi. Certes, le miel reste très peu de temps dans cet état, mais cela suffit pour qu'il y ait des échanges, dans un sens ou dans l'autre.

Si l'hygrométrie du local d'extraction indique plus de 60 % et que le miel contient au départ moins de 18 % d'eau, il aura tendance à se charger en eau jusqu'à ce qu'il atteigne son nouvel équilibre. Cette phase critique n'existe qu'à ce moment là. Dans un maturateur, le rapport surface sur volume est trop faible et les échanges beaucoup trop lents. D'autre part, même s'ils ont lieu, le miel plus liquide, moins dense reste en surface et les échanges s'arrêtent. Donc la solution est simple : Il faut extraire le miel par temps chaud et sec et immédiatement après l'enlèvement des hausses. Si on ne peut pas, et c'est souvent le cas pour ceux qui transhument et font plusieurs récoltes par saison, il faut utiliser le déshumidificateur.

Tableau 09 : Augmentation du taux d'humidité du miel par rapport à l'humidité relative de l'air (SCHWEITZER 1998).

Humidité relative de l'air (en %)	Teneur en eau d'équilibre du miel
50	15.9%
55	16.8%
60	18.3%
65	20.9%
70	24.2%
75	28.8%
80	33.1%

3-1-3-2- Teneur en H.M.F.

L'hydroxy –Méthyle- Furfural est un dérivé de déshydratation des sucres ; ce n'est pas un produit toxique.

Tous les produits alimentaires sucrés et chauffés en contiennent. L'H.M.F. est un dérivé des sucres qui apparaît par réaction chimique naturelle lors du vieillissement ou du chauffage des miels. Sa présence à un taux élevé est un indice de vieillissement et son abondance un indice de dégradation. Le taux légal européen est fixé à **40 mg/kg**. C'est un taux élevé pour prendre en compte les miels en provenance des grands circuits de conditionnement. A 40 mg/kg l'H.M.F. est déjà décelable à l'analyse sensorielle (goût de caramel). Au delà de 40 mg/kg, le miel ne peut plus être commercialisé que comme miel industriel. La production d'H.M.F. 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). En outre l'augmentation de température de façon importante a aussi des conséquences

destructrices sur des composants essentiels du miel, les enzymes en particulier.

La teneur en eau et en HMF sont les deux paramètres légaux, prévus dans le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 (J.O.R.F. du 02/07/2003) sur l'appellation miel.

3-1-4-Paramètres permettant la mesure de vieillissement

- L'activité diastasique ou amylasique.
- Le dosage de l'invertase.

Ces deux critères sont des indices qui mesurent le vieillissement, tout comme l'H.M.F mais de façon plus sensible. Ils ne font pas double emploi avec le taux d'H.M.F., ils se complètent.

3-1-5-Critères permettant les contrôles d'appellation et/ou d'origine

- la conductivité électrique,
- l'acidimétrie,
- la coloration,
- l'analyse pollinique,
- Le taux de proline : recherche d'adultération des miels,
- le dosage des sucres.

Une remarque concernant l'analyse pollinique, elle n'est pas déterminante pour l'appellation contrairement à ce que beaucoup d'apiculteurs pensent. Elle discrimine par contre l'origine de façon pertinente.

Les autres critères sont :

- La teneur en glycérol : recherche d'un début de fermentation.
- La présence de résidus : résidus de traitement antiparasitaires (varroase).

3-2- Résidus :

Le miel est considéré comme un produit pur. Mais il n'est pas exempt de produits polluants, présents en très faible quantité, comme le plomb et le cadmium. Le dosage de ces polluants dans le miel est particulièrement intéressant puisqu'il constitue un bon indicateur de pollution de l'environnement.

Certaines contaminations proviennent des traitements des maladies d'abeilles mais parfois la contamination exogène semble être l'explication (traitements des cultures environnantes).

Les produits que l'on peut trouver dans le miel :

- L'acide butyrique utilisé par les apiculteurs en vapeur pour sortir les abeilles hors de la ruche.
- Les antibiotiques tels que la terramycine utilisés pour la prévention des maladies telles que la loque américaine la loque européenne et la nosérose.
- Les antis -parasitaires tels que les pyréthrinés employé pour la lutte contre la varroase .

3-2-1-Résidus d'antibiotiques :

Même si le miel est considéré comme le produit naturel par excellence, il est mentionné de plus en plus souvent dans le système d'alerte rapide de l'UE en raison de la détection de résidus de médicaments. Afin de garantir la plus haute qualité de leurs produits, les producteurs, les importateurs et les entreprises de transformation doivent s'assurer de l'absence de tels résidus. Ils recherchent donc des techniques analytiques qui offrent le maximum de sécurité, à des prix adéquats et avec des délais les plus courts possibles.

Les résidus les plus recherchés dans le miel sont les sulfonamides, tétracyclines, streptomycine, chloramphénicol, nitrofuranes ,tylosine (GATERMANN 2004).

Lorsque dans les années trente les nouveaux médicaments sont apparus pour lutter contre les maladies infectieuses les apiculteurs ont espéré pouvoir les utiliser avec succès pour combattre la loque américaine , on utilisa d'abord des antibiotiques du groupe des sulfonamides et plus tard la streptomycine ,de la pénicilline et de la terramycine .On s'est toute fois rapidement aperçu qu'il était difficile d'éliminer la loque américaine avec des antibiotiques car ceux-ci ne détruisaient que la forme végétative des bactéries ,les spores peuvent rester intactes très longtemps et provoquer de nouveaux foyers d'infection dès lors qu'on arrête les traitements aux antibiotiques .En outre assez rapidement on a attiré l'attention sur les résidus d'antibiotiques dans le miel et sur l'apparition de bactéries résistantes (WILLE 1967), ces craintes confirmées par la suite aux Etats unis et en Argentine où ont été décelé des agents pathogènes de la loque américaine résistants à la terramycine (substance active tétracycline) (KAUFMANN 2004) ; c'est la raison pour laquelle l'utilisation d'antibiotiques est aujourd'hui interdite en union européenne .En Amérique du nord et dans d'autres

importants pays exportateurs de miel d'Amérique centrale et du sud ,on utilise régulièrement des antibiotiques pour la prévention et la lutte contre la loque américaine .

En 1997 l'Allemagne et la suisse font savoir que le miel provenant d'Amérique centrale , en particulier du Mexique contient de la streptomycine ,au congrès Apimondia de 1997 à Anvers on apprend que les apiculteurs mexicains utilisent un « fortifiant » contenant de la streptomycine contaminant ainsi le miel .Des analyses de laboratoires officiels en 1999 ont démontré que parmi 310 miels analysées 107 étaient positifs , parmi les résidus découvert , il s'agit surtout de la streptomycine mais également des résidus de tétracycline et de sulfonamides (BOGDANOV et al 2000) .

Définition de seuils en résidus de streptomycine et de tétracyclines dans les miels garantissant la santé humaine :

La streptomycine et les tétracyclines sont des antibiotiques autorisés en tant que médicament vétérinaire au titre du Règlement Européen (CE) n° 2377/90 et sont inscrites à l'annexe I de ce règlement.

Il a été pris comme seuil de non-conformité la limite de quantification de ces substances, soit :
tétracyclines :15 µg/kg et streptomycine : 10 µg/kg (HIRSCH 2002)

Existe-t-il une menace pour la santé des consommateurs ?

Lors des transformations du miel dans le jabot de l'abeille, les antibiotiques ne sont pas digérés comme c'est le cas lors de la digestion pour le bétail. Pour cette raison, du point de vue du consommateur, il est impossible d'utiliser des antibiotiques au rucher. L'agriculteur, de son côté, a un avantage, puisque la digestion élimine progressivement ces substances. Il sait qu'il doit observer une période d'abstinence après un traitement aux antibiotiques pour éviter des traces dans le lait ou la viande. L'apiculteur par contre ne peut pas compter sur la dégradation des antibiotiques. Au contraire, les abeilles sont un parfait miroir de tous les résidus de leur nourriture et le leur environnement, elles enregistrent ce que l'apiculteur ajoute à leur nourriture (BOGDANOV 2000).

Selon les autorités sanitaires, les résidus d'antibiotiques découverts dans le miel ne sont pas directement dangereux pour la santé ; on n'exclut cependant pas que la prise régulière d'antibiotiques, même en petite quantités, peut favoriser l'apparition de bactéries résistantes dans l'intestin, une infection à ces germes résistants est plus difficile à combattre avec des antibiotiques.

Chez les personnes sensibles aux antibiotiques, cela peut provoquer des allergies (MULTON 1991).

Il existe actuellement deux méthodes pour analyser les antibiotiques : la première, la moins coûteuse, est le screening qui montre les échantillons positifs, la seconde, la plus onéreuse, est une méthode quantitative qui mesure exactement la quantité d'antibiotiques .

Pour un apiculteur, le Charm-test suffit amplement. Lors d'un résultat négatif, soit aucun résidu d'antibiotique, l'apiculteur est assuré que le miel n'est pas contaminé. Si par contre les résultats du test sont positifs, le miel ne doit pas être mis sur le marché.

Pour mesurer les résidus de manière précise et s'assurer qu'ils sont sous le taux maximal de 20 ppb (0,02 mg/kg) (BOGDANOV 2000), une mesure HPLC est indispensable . Mais cette mesure précise est très onéreuse et réservée lors d'expertise.

Le cas du chloramphénicol :

Le 25 Janvier 2002, la commission de Bruxelles a décidé l'arrêt total des importations de miels Chinois (Directive européenne N° 2002/69/CE du 30.janvier 2002). C'est un scientifique de L'AFSSA Sophia Antipolis (France) qui s'est rendu compte au cours d'une mission de l'Office Alimentaire et Vétérinaire (OAV), en novembre 2001, des graves lacunes dans le système chinois de contrôle des résidus, de l'emploi de substances prohibées dans le domaine vétérinaire et du fait que les chinois cachaient des choses sur le miel. Le Chloramphénicol est un puissant antibiotique à large spectre interdit d'utilisation chez les animaux producteurs d'aliment en UE depuis 1994. Il est utilisé en médecine humaine uniquement pour traiter les cas graves.

3-2-2- Contaminants de l'apiculture :

Les contaminants les plus importants sont les substances utilisées pour la lutte contre les parasites de l'abeille, notamment le plus répandu le parasite responsable de la varroase.

3-2-2-1-Acaricides :

Les acaricides utilisés contre la varroase sont une source de contamination importante car ils doivent être employés à long terme.

Les acaricides peuvent être divisés en deux groupes :

- Substances synthétiques et persistantes
- Substances non-toxiques normales.

- Les Acaricides synthétiques

Les acaricides synthétiques sont la plupart du temps solubles dans la graisse et persistants dans la cire et contaminent le miel. Les niveaux d'acaricides retrouvés dans le miel sont généralement inférieurs aux niveaux admis de LMR (MUINO 1997).

-Les Acaricides naturels non-toxiques

La persistance des acaricides synthétiques, et la résistance des parasites aux pyréthrinés et au Coumaphos ont mené à la prise de mesures de lutte alternatives avec des substances non-toxiques telles que le thymol et acides organiques.

Le Thymol est un phénol aux propriétés aromatiques et antiseptiques que l'on retrouve généralement dans le thym (Mediatico, 12 dictionnaires indispensables) gras, soluble et volatil, tandis que les acides organiques sont hydrosolubles et non-volatiles. Ces substances sont des constituants naturels du miel et des plantes. Les concentrations retrouvées dans le miel sont non-toxiques pour cette raison, aucune valeur de LMR n'a été fixée dans l'union européenne (MUTINELLI, 2003).

Le seuil de la détection sensorielle du thymol dans le miel est de **1,1 –1,5 mg/kg** (BOGDANOV. 2006).

Une LMR de 0,8 mg/kg a été fixée en Suisse.

3-2-2-2-Acides organiques :

Les acides oxaliques et formiques sont des constituants naturels du miel, largement utilisés dans la lutte contre la varroase, aucune LMR n'a été fixée pour ces substances. (MUTINELLI 2003). Ces produits utilisés de manière adéquate ne laissent pas ou peu de résidus.

3-2-3- Pesticides utilisés dans l'agriculture :

3-2-3-1-Insecticides :

Les insecticides les plus communs qui ont été étudiés dans les miels européens sont :

- Les Organochlorés (OC) comme le lindane et ses isomères, hexachlorocyclohexane (HCH), aldrine, dieldrine, endrine, isomères de DDT. Beaucoup d'OC ne sont plus employés dans l'agriculture, mais sont encore présents dans l'environnement.
- Les Organophosphorés (OP) comme le dialiphos, trichlorophon, et dichlorvos.
- Les Carbamates.

615 miels français ont été analysés entre 1986 et 1996 et des résidus de pesticide ont été trouvés dans 17,5% des échantillons (BOGDANOV 2006).

Les valeurs trouvées varient entre 0,03 et 4,31 mg/kg, mais la plupart étaient en-dessous de 0,5 mg/kg. L'étude conclut que le miel apporte une contribution minimale à la dose journalière admissible de pesticides.

En Algérie lors de la lutte antiacridienne (Phase automnale 2004) 1.612.000 ha de superficies infestées ont été traitées sur 21 wilayas (MADR), l'incidence de cet épandage massif d'insecticide sur la mortalité des abeilles a été observée mais malheureusement insuffisamment étudiée ; néanmoins un dispositif d'intervention pour la protection du cheptel apicole national a été élaboré, basé essentiellement sur la prévention parmi les mesures principales de ce plan nous retiendrons l'extraction du miel (qu'il faut détruire) et le nourrissage abondant des abeilles avec un sirop supplémenté en protéines.

3-2-3-2- Herbicides, bactéricides, fongicides :

Le miel semble être particulièrement susceptible de contenir des résidus de fongicides utilisés contre les parasites des arbres fruitiers, des niveaux s'étendant allant de simples traces à 0,11 mg/kg de quelques fongicides systémiques ont été trouvés dans le miel (BOGDANOV 2006)

D'une façon générale il n'y a aucune LMR pour les insecticides. Dans l'union européenne on recommande des valeurs indicatives de 0.01mg/kg sans à proprement fixer de LMR.

Enfin, le miel est considéré, du point de vue toxicologique, comme un aliment ne présentant pas de risque particulier ; toute fois pour éviter la présence de résidus il est conseillé de ne pas employer d'insecticides pendant la période de floraison ou toute au moins pendant la période de butinage des abeilles.

Les apiculteurs peuvent également éviter les résidus par le placement de leurs ruches à plus de 3 kilomètres des cultures traitées avec des pesticides.

Les niveaux de résidus trouvés dans les produits du rucher ne présentent en général pas de risques pour les consommateurs, mais altèrent l'image des produits du rucher comme produits naturels et sains.

3-2-4 : Contaminants organiques :

Les composés organiques présents dans l'environnement sont les PCB (les polychlorobiphényles) originaires des moteurs et des lubrifiants fabriqués avant 1986 .Les quantités de PCB, trouvées dans le miel sont basses et sans danger, alors que celles trouvées dans la cire sont plus élevées (BOGDANOV 2006).

Des faibles résidus des composés polyaromatiques provenant des huiles ont été trouvés dans des miels produits près d'une usine d'huile en Allemagne (BOGDANOV 2006).

3-2-5- : Métaux lourds :

L'air et le sol contiennent des métaux lourds, issus principalement de l'industrie, des incinérateurs et du trafic routier qui peuvent souiller les colonies d'abeille et leurs produits. Le Plomb (Pb) et le cadmium (Cd) sont considérés comme les principaux métaux lourds toxiques et sont ainsi le plus fréquemment étudiés.

La grande majorité des valeurs de Pb et des valeurs de Cd trouvées dans le miel, et passées en revue dans le tableau 12 sont au dessous des limites maximales résiduelles (LMR) proposées par l'union européenne et qui sont : **0,1 mg/kg pour le Cd et 1 mg/kg pour le Pb** Cependant, aujourd'hui aucune valeur de LMR n'a été établie pour le miel .Les résultats publiés dans différentes études (BOGDANOV 2006)montrent que les taux les plus élevées de résidus de Pb dans le miel ont été le plus souvent trouvées dans les secteurs les plus pollués.

La contamination relativement basse du miel est probablement due au " filtrage " par les abeilles.

Tableau 10 : Contamination du miel par le plomb et le cadmium (BOGDANOV 2006).

Contaminant	Taux en mg/kg	Type de miel
Plomb	0.001-0.37	nectar
	0.02-0.8	
	0.05-0.52	miellat
	1.0-1.4 (ALTMANN 1983)	
Cadmium	0.001-0.07	nectar
	0.011-0.113(ALTMANN 1983)	miellat

D'autres métaux lourds comme le mercure (Hg) et le nickel (Ni) ont également fait, mais moins souvent que le Pb et le Cd l'objet d'études, dans monde il n'ya pas non plus de LMR pour ces métaux dans le miel.

3-2-6-Radioactivité :

Actuellement les principaux isotopes radioactifs trouvés dans le miel sont le K_{40} et le CS_{137} , le premier étant d'origine naturelle, le dernier est apparu après l'accident de la centrale nucléaire Tchernobyl en 1986. La radioactivité est exprimée en Becquerel (Bq) par kilogramme. Des études se sont intéressées à l'effet de l'accident de Tchernobyl sur les produits de la ruche, en 1999 ALEXENITSER a dosé le césium 137 dans le miel récolté en Ukraine de 1986 à 1989 et a trouvé une moyenne de 4430 Bq/kg (BOGDANOV 2006), la contamination des miels des autres pays était très inférieure à cause de la distance de Tchernobyl. En Allemagne le césium a été mesuré dans environ 6000 miels entre 1986 et 1991 par KLAXON ET VORWOHL (BOGDANOV 2006). Au commencement la contamination était relativement élevée, avec une moyenne 51 Bq/kg. Ce niveau a diminué d'environ 50% un an après et resté à un niveau moyen de environ 10 Bq/kg les années suivantes. La radioactivité n'est actuellement pas un problème pour le miel. Cependant, après des incidents thermonucléaires, les produits des abeilles doivent être systématiquement contrôlés avant la mise à la consommation.

3-2-7- Organismes génétiquement modifiés (OGM)

Les organismes génétiquement modifiés comme le colza et le maïs, sont développés dans certains pays comme les Etats-Unis et le Canada et pourraient poser des problèmes pour les abeilles et contaminer leurs produits. Tandis que dans l'union européenne il y a une large opposition contre la consommation de nourriture contenant des OGM, en union européenne l'étiquetage mentionnant la présence d'OGM dans les produits alimentaires est obligatoire au-dessus de 1% (Directive européenne CE 2000b).

Il y a des méthodes très sensibles pour la détermination des OGM dans le pollen. En effet, l'utilisation de la méthode de la réaction d'amplification en chaîne par polymérase (PCR) permet la détermination de quelques grains seulement de pollen génétiquement modifié (RAMSAY 1999). Le pollen d'abeille peut être sensiblement contaminé ainsi, tandis que le miel, qui contient moins de 0,1% de pollen, n'exige aucune appellation spécifique.

Les exigences légales et les recommandations auxquelles doit satisfaire le miel figurent dans la norme CODEX STAN 12-1981 adoptée en 1981 et révisée en 1987 et 2001 du Codex Alimentarius résumée dans le tableau -11- :

Tableau 11 : Normes de qualité des miels (codex norme pour le miel codex stan. 12-1981 adoptée en 1981. Révisions en 1987 et 2001).

Critères de qualité	Norme Codex
Teneur en eau	
Miels non mentionnés ci-après	20 % au maximum
Miel de bruyère	23 % au maximum
Teneur en fructose et en glucose (somme des deux)	
Miel de nectar	60 g / 100 g
Miel de miellat ou mélanges de miel de miellat et de nectar	45 g / 100 g
Teneur en Saccharose	
Miels qui ne sont pas énumérés ci-dessous	5 g/ 100 g
<i>Banksia, Zitrus, Hedysarum, Medicago, Robinia, Rosmarinus</i>	10 g/ 100 g
<i>Lavandula</i>	15 g/ 100 g
Teneur en matières insolubles dans l'eau	
Général	au maximum 0,1 g/100 g
Miel pressé	au maximum 0,5 g/100 g
Acidité	50 meq/kg
Activité diastasique, (indice diastasique en unités de Schade)	
Après traitement et mise en pot	8
Tous les miels du commerce	3
Teneur en hydroxy-méthyl-furfural	
En général	40 mg/kg
Miels originaires de pays chauds ou mélanges de miels	80 mg/kg.
Conductivité électrique	
Miels non mentionnés ci-dessous, et mélanges de ces miels	au maximum 0,8 mS/cm
Miels de miellat ou de châtaignier et mélanges de ces miels sauf ceux mentionnés ci-dessous Exceptions : Arbousier commun (<i>Arbutus unedo</i>), bruyère cendrée (<i>Erica</i>), eucalyptus, tilleul (<i>tilia</i>), bruyère commune (<i>Calluna vulgaris</i>), <i>Leptospermum</i> , arbre à thé (espèces <i>Melaleuca</i>).	pas moins de 0,8 mS/cm

3-3- Détérioration de la qualité du miel :

3-3-1- Fermentation :

La fermentation du miel est provoquée par l'action des levures sur le dextrose et le lévulose de sucres, avec pour résultat la formation de l'alcool éthylique et de l'anhydride carbonique. L'alcool en présence de l'oxygène alors peut être décomposé en acide acétique et eau. En conséquence, le miel qui a fermenté acquiert un goût aigre.

Les levures responsables de la fermentation se développent naturellement dans le miel, du fait qu'elles peuvent germer et se développer à des concentrations beaucoup plus élevées en sucre elles sont dites " osmophiles." Néanmoins il y a des limites supérieures de concentration en sucre au-delà desquelles les levures ne se développent pas. Ainsi, la teneur en eau d'un miel est un des facteurs impliqués dans la détérioration par la fermentation. Les autres sont le taux de contamination par les spores de levure et la température de stockage.

Ce qui suit récapitule les aspects importants de la fermentation:

1. Tout le miel devrait être considéré comme pouvant contenir des levures.
2. Le miel est plus exposé à la fermentation après la cristallisation
3. Le miel de plus de 17 % d'eau peut fermenter et de plus de 19 % l'eau fermentera certainement.
4. Le stockage au-dessous de 10°C empêchera la fermentation.
5. Le chauffage du miel à 65°C pendant 30 minutes détruira les levures de miel et empêchera ainsi la fermentation (WHITE J. W. et al. 1980).

3-3-2-Perte de qualité par le chauffage et le stockage .

Les autres principaux types de détérioration du miel sont le chauffage et les mauvaises conditions de stockage et ils sont reliés entre eux. En général, les changements qui interviennent rapidement durant le chauffage se produisent également mais sur une plus longue période pendant le stockage. Ceux-ci incluent assombrissement de la couleur, perte de saveur fraîche, et apparition de mauvais goût (caramélisation).

Maintenir le miel dans son état original de qualité, de saveur et de parfum est probablement la responsabilité du conditionneur plus que de l'apiculteur. En même temps c'est une opération suscitant peut-être moins d'attention. Pour faire un travail efficace, on doit connaître les facteurs qui régissent la qualité de miel, aussi bien que les effets de diverses pratiques en matière d'apiculture et de stockage sur la qualité de miel.

Pour être de bonne qualité, un miel liquide ou cristallisé doit être bien mûri avec le taux d'humidité approprié; il doit être exempt de matériaux étrangers, tels que le pollen excessif, la poussière, les parties d'insecte, la cire, et les cristaux (pour le miel liquide); il ne doit pas fermenter; et surtout il doit être d'excellents saveur et arôme. Il doit, naturellement, être exempt de mauvais goûts ou d'odeurs de n'importe quelle origine. En fait, plus il ressemble au miel qui existe dans les cellules de la ruche plus il est meilleur.

Plusieurs pratiques d'apiculture peuvent réduire la qualité du produit extrait. Celles-ci incluent la combinaison de types floraux inférieurs, la récolte du miel à une période incorrecte, l'extraction du miel non mûr, extraction de cadres non operculés. Cependant, la mauvaise manipulation du miel de sa récolte jusqu'à sa vente (chauffage, mauvaises conditions de stockage) peuvent transformer un miel d'excellente qualité en juste un produit commercial (GONNET 1999).

Le premier objectif de tout traitement du miel est simple : la stabilisation pour le maintenir exempt de fermentation et le garder dans l'état physique souhaité, qu'il soit liquide ou finement cristallisé. Les méthodes pour accomplir ces objectifs sont bien établies. Des améliorations peuvent être probablement apportées. Les conditions pour la stabilité du miel sont plus rigoureuses maintenant que par le passé, le miel devenu une denrée internationale disponible dans les commerces durant toute l'année. Le soutien des prix par les gouvernements et les opérations de prêt exigent le stockage du miel.

3-3-3–les adultérations :

Le miel, produit naturel, peut être facilement adultéré pour des raisons économiques. Les adultérants les plus connus sont les sirops invertis de betterave et de canne qui peuvent être façonnés de manière à imiter le profil naturel saccharose-glucose-fructose du miel et sont difficile à détecter. Il existe différentes façons de falsifier le miel. La plus courante est le nourrissage au sucre ou l'ajout de sucre. Dans la plupart des pays industrialisés, on nourrit les abeilles avec du sucre durant l'hiver. Il s'agit de sucre pur (saccharose), de sucre inverti ou de produits contenant du sucre dérivés du maïs, des pommes de terre, du blé, du riz, etc., qui ont été extraits par inversion enzymatique ou hydrolyse. On ne peut toutefois parler d'une falsification que si ces produits ont été distribués aux abeilles pendant la miellée ou directement ajoutés au miel.

D'autres façons de falsifier le miel est l'ajout de sel (augmentation de la conductivité du miel de forêt pour faire croire qu'il s'agit de miel de sapin), d'eau et de pollen. Celles-ci sont toutefois de moindre importance.

Le miel chinois a posé un certain nombre de questions aux laboratoires occidentaux spécialisés. En effet, par bien des aspects, ce produit présentait des particularités propres à éveiller les soupçons.

1. Sous le microscope, le spectre pollinique apparaissait systématiquement « chargé » de nombreuses levures inactivées (fig 8).

Un miel « normal » dans cet état aurait systématiquement présenté des signes physiques de fermentation avancée, or, dans le cas des miels chinois, les levures sont « mortes ».

2. Toujours au microscope, le miel apparaissait « sale » avec de nombreuses traces terreuses, comme si de la terre avait été incorporée au produit.

En Algérie, selon un apiculteur, le miel importé provient généralement de Chine via l'Arabie Saoudite et contiendrait parfois des composants chimiques pouvant être nocifs pour la santé . Une enquête ouverte par les services de la DRC (Direction régionale du commerce) sur la commercialisation du miel a aboutit à la saisie de 1 176 pots de ce produit pour non-conformité; ajouté à cela des analyses effectuées au niveau de l'ITELV ont montré l'absence de pollen.

Les premières preuves d'une falsification à l'aide des nouveaux sucres exogènes avaient déjà été décelées aux Etats-Unis au cours des années 1980, grâce à la méthode mise au point en 1978 par WHITE et DONER. En 1989 apparaît la méthode de WHITE ET WINTERS qui se fonde sur une analyse des protéines du miel. Cette technique est devenue la méthode officielle de l'AOAC, (Association of Official Analytical Chemists enregistrée en 1991 sous le n° 991-41). Elle est utilisée partout dans le monde, d'autant plus que, pour l'instant, c'est la méthode la plus économique et la plus fiable. (Syndicat des producteurs des miels de France .SPMF)



Fig7 : Photo montrant miel chinois (densité pollinique faible) (Revue abeilles et fleurs 2001).

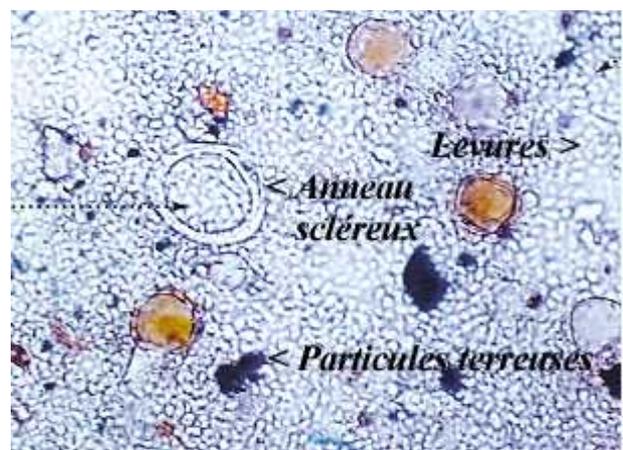


Fig8 : Photo montrant miel chinois (véritable tapis de levures) (Revue abeilles et fleurs 2001).



Fig 09 : Photo montrant miel toute fleurs français (Revue abeilles et fleurs 2001).



Fig 10:Photo montrant miel d'acacia français (Revue abeilles et fleurs 2001).

3-4-Caractéristiques microbiologiques du miel

Le miel comme chaque denrée alimentaire, peut présenter une flore spécifique. En plus, ce produit subit de nombreuses manipulations et des traitements de préparation et conservation qui influent sur sa nature et l'importance de sa flore.

3-4-1-Survie des micro-organismes dans le miel :

Le miel grâce à sa composition particulière :

- une teneur en sucres élevée (plus de 95 % de la matière sèche) qui maintient une pression osmotique élevée et induit une certaine viscosité ;
- une teneur en eau libre basse (0,50 – 0,62) et une humidité faible (14 à 21 %) ;
- un pH faible ;
- la présence de substances à activité antibactérienne ;
- une teneur en azote basse.

Présente la caractéristique d'empêcher la multiplication de la quasi-totalité des micro-organismes, et, dans la plupart des cas, même la survie des bactéries.

Des travaux visant à étudier la durée de survie dans le miel de microorganismes pathogènes pour l'homme ont montré que :

- *Pseudomonas aeruginosa* survit seulement 8 jours (TYSSET ET DURAND, 1973).
- *Salmonella enteridis*, n'est plus isolée après 34 jours (TYSSET ET DURAND, 1973).
- *Staphylococcus aureus*, staphylocoque doré, résiste dans le miel au maximum 20 jours (TYSSET ET DURAND, 1973).

- le genre *Mycobacterium*, connu pour sa capacité à survivre longtemps dans les milieux les plus défavorables, ne résiste pas plus de 77 jours (TYSSET *et al.* 1979).

3-4-2- Micro-organismes isolés dans le miel

Dans le miel mature, on peut mettre en évidence un nombre restreint de micro-organismes, en particulier des bactéries sporigènes, des levures osmophiles et des moisissures.

Parmi les espèces bactériennes, les plus représentées appartiennent essentiellement au genre *Bacillus*. On retrouve *B. alvei* et *Paenibacillus larvae*, agents de deux maladies du couvain d'abeilles (loque européenne et américaine), et *B. cereus*, composant de la flore intestinale de l'abeille.

Il faut souligner que ces micro-organismes ne causent pas de problème s'ils sont ingérés avec le miel tel quel.

Par contre, ils peuvent s'avérer dangereux si le produit est utilisé dans des préparations alimentaires qui, avec ou sans cuisson, fournissent des conditions optimales de température et d'humidité et favorisent leur croissance.

La recherche de micro-organismes anaérobies dans le miel a porté essentiellement sur *Clostridium botulinum*, agent du botulisme. Elle a conduit à la découverte presque exclusive d'autres espèces de *Clostridium* telles que : *C. beijerinckii*, *C. perfringens*, *C. butyricum* et *C. sordellii*. (Bulletin de liaison du Centre National du Développement Apicole Numéro 4 Janvier 2002)

Cependant, ce micro-organisme peut cependant être considéré comme un indicateur de pollution fécale car son habitat normal est l'intestin des animaux (y compris l'Homme).

C. perfringens, et *C. botulinum*, peuvent causer des «infections intestinales génératrices de toxines de l'enfance». Ces infections sont provoquées par l'ingestion de micro-organismes ou de leurs spores qui colonisent l'intestin des enfants au-dessous d'un an et produisent des toxines. Des enquêtes épidémiologiques conduites pour identifier les sources et les véhicules potentiels de telles toxi-infections, ont montré, dans un nombre très limité de cas, une corrélation précise avec l'aliment miel.

La présence de ces micro-organismes dans le miel peut avoir plusieurs causes :

1- ils sont déjà présents dans les matières premières utilisées par l'abeille (nectar et miellat) ;

2- ils découlent de l'activité biologique de l'insecte durant l'élaboration et le stockage du produit dans la ruche ; il est également possible que certaines bactéries se développent dans le

miel dans la ruche. Cependant, la stabilisation des caractéristiques du miel entraîne leur diminution importante au bout de quelques semaines.

3 - ils sont amenés par l'homme au cours des différentes phases d'élaboration du produit. La possibilité de contamination du miel, lors de l'intervention humaine, peut s'expliquer par :

- l'utilisation de locaux inadaptés pour l'extraction du miel, présentant des conditions d'hygiène non satisfaisantes;
- l'emploi d'eau non potable pour le lavage des locaux et des équipements ;
- l'utilisation d'équipements et de matériels pour l'extraction, la fabrication et le stockage non suffisamment propres ;
- un manque de soin quant à la prévention de l'exposition du miel et des matériels utilisés à la poussière, avant et après l'extraction, et au contact avec des insectes (mouches, guêpes, cafards, fourmis) ou aux déjections des animaux de basse-cour (poules, dindons, oies), commensaux (souris, rats) et de compagnies (chiens et chats) à qui on n'interdit pas l'accès aux salles d'extraction du miel ;
- enfin, directement par l'opérateur qui n'a pas respecté les normes hygiéniques de production. (Bulletin de liaison du Centre National du Développement Apicole Numéro 4 Janvier 2002).

En 2002 un comité scientifique de l'union européenne a examiné le risque de *Clostridium botulinum* dans le miel (commission européenne, 2002) ; et a conclu que l'incidence de *Clostridium botulinum* est basse et donc qu'aucun examen microbiologique du miel n'est nécessaire.

Conclusion :

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 de polluants divers, antibiotiques, pesticides, métaux lourds ou autres produits de notre civilisation industrielle . Seules les analyses physico-chimiques permettent de garantir cela. Pour l'étude du miel il existe trois types de paramètres : les paramètres légaux c'est à dire ceux pour qui il existe des normes standards il s'agit de la teneur en eau, en HMF, le taux d'acidité libre et la conductivité électrique ; les autres paramètres permettent la classification des miels et la confirmation de l'origines géographique et botanique il s'agit de la coloration, de l'analyse pollinique et du pH . Les paramètres retenus pour être étudiés dans la partie expérimentale de notre travail sont le taux d'humidité, l'HMF, le pH, l'acidité libre, la conductivité électrique, la coloration, la recherche de falsification et la recherche de résidus d'antibiotiques.

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre IV -Matériels et méthodes

4-1-Buts et objectifs :

Ce travail a pour objectif principal d'étudier la qualité du miel produit en région nord centre de l'Algérie en analysant les paramètres physico-chimiques des miels et en comparant les résultats obtenus aux standards internationaux que sont les normes codex.

Cette étude nous permettra d'apporter un jugement objectif sur ces miels en vérifiant leur conformité avec ces mêmes standards.

Elle nous permettra également de répondre à certaines questions que nous pouvons nous poser à savoir :

-Le miel algérien peut-il faire l'objet d'exportation vers les pays étrangers (en Europe ou autres) au même titre que d'autres produits algériens comme les dattes, les crevettes ou les agrumes qui par leur qualité reconnue ont su se faire une « réputation » et une place sur les étals des marchés européens ?

-Un apiculteur algérien, qui pendant toute les étapes de production, suivrait les normes et appliquerait les bonnes pratiques de production de la mise en place du rucher au conditionnement du miel ; peut il espérer commercialiser son produit à l'étranger, peut il seulement prouver la qualité de son produit ?

- Existe-il un laboratoire en Algérie qui pourrait analyser le miel et lui remettre un certificat d'analyse attestant de la conformité aux normes européennes ou internationales ?

- De quels outils réglementaires disposons-nous pour aider à l'exportation mais aussi et surtout pour protéger le consommateur algérien de l'invasion du marché par des miels d'origine douteuse de chine ou des Amériques ?

- Enfin que pouvons-nous faire pour valoriser ce produit ?

Nous espérons pouvoir au terme de ce travail apporter des réponses à toutes ces interrogations et avancer des recommandations pour la mise à niveau de la filière miel en Algérie.

4-2-Echantillonnage

Les échantillons de miel au nombre de **50** ont été obtenus de manière aléatoire auprès d'apiculteurs, de commerce de miels et des foires apicoles. Chaque échantillon pesait environ 250 g.

Le choix de la région nord centre de l'Algérie a été fait pour des raisons pratiques de proximité mais aussi parce que les wilayas de cette région à savoir Blida, Alger, Médéa, Tipaza, Boumerdés, Brouira et Ain Defla sont réputées pour la qualité de leur miel.

La date de récolte de la majorité des miels se situe entre les années 2007 et 2008 sauf pour les échantillons 9 et 10 qui datent de 2006 et 1998 pour le 21.

Les échantillons sont conservés à température ambiante (mode de conservation habituel des miels dans le commerce), ce choix a été fait pour que les résultats obtenus soient le plus proche possible de la qualité du miel acquis par le consommateur.

Chaque échantillon est clairement identifié par sa date de récolte, son origine géographique et son origine florale présumée.

À chaque échantillon a été attribué un code « numéro » tel que présenté dans le tableau 12.

L'ensemble des analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau de « l'unité miel » du laboratoire de l'ITELV, les paramètres physico-chimiques retenus sont :

- *La teneur en eau
- *La conductivité électrique
- *Le potentiel hydrogène
- *L'acidité libre
- *L'Hydroxy-méthyle-furfural
- *La coloration.

La recherche de falsification a été effectuée sur **30** échantillons de miels prélevés au hasard parmi les 50 échantillons de départ codés sous les numéros suivants :

1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,13,14,16,17,21,22,27,31,36,38,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50.

La recherche des antibiotiques a eu lieu au niveau du laboratoire de recherche de l'université de Constantine où, pour cause de coût des réactifs et notamment des solutions étalons, seulement **03** échantillons (21,37 et 49 pris de manière aléatoire parmi nos échantillons) ont pu être analysés. Ce type d'analyses n'étant pas fait au niveau des différents laboratoires consultés (ITELV, centre de contrôle de qualité et de l'emballage CAQE et laboratoire de l'INA).

Tableau 12 : Identification des échantillons analysés.

Code n°	Origine florale présumée	Origine géographique (wilaya)	Date de récolte
1	Eucalyptus	Tizi-ouzou	Juillet 2007
2	Oranger	Blida	Mai 2007
3	Eucalyptus	Tizi-ouzou	Décembre 2007
4	Toutes fleurs	Bouira	Février 2008
5	Toutes fleurs	Ain Defla	Juillet 2007
6	Eucalyptus	Alger	Août 2007
7	Oranger	Alger	Mai 2007
8	Oranger	Blida	Mai 2007
9	Thym	Boumerdés	Eté 2006
10	Toutes fleurs	Tizi-ouzou	Eté 2006
11	Eucalyptus	Médéa	Eté 2007
12	Jujubier	Médéa	Eté 2007
13	Carotte sauvage	Médéa	Eté 2007
14	Oranger	Médéa	Eté 2007
15	Agrumes	Blida	Avril 2008
16	Toutes fleurs	Alger	Mai 2008
17	Oranger	Blida	Avril 2008
18	Carotte sauvage	Médéa	Juillet 2008
19	Romarin	Médéa	Mai 2007
20	Toutes fleurs	Médéa	Juillet 2007
21	Toutes fleurs montagne	Bouira	1998
22	Agrumes	Blida	Mars 2008
23	Oranger	Alger	Mai 2008
24	Toutes fleurs	Boumerdés	Septembre 2007
25	Oranger	Blida	Avril 2008
26	Oranger	Blida	Mai 2008
27	Eucalyptus	Blida	2007
28	Toutes fleurs	Blida	Juillet 2008
29	Oranger	Blida	Mars 2008
30	Toutes fleurs	Blida	Avril 2008
31	Lavande	Tizi-ouzou	Avril 2008
32	Eucalyptus	Tizi-ouzou	Juillet 2008
33	Toutes fleurs montagne	Ain Defla	Juillet 2008
34	Carotte sauvage	Blida	Juin 2008
35	Toutes fleurs	Boumerdés	Juin 2008
36	Eucalyptus	Boumerdés	Juillet 2008
37	Sain foin	Boumerdés	Mai 2008
38	Eucalyptus	Bouira	Juin 2008
39	Eucalyptus	Blida	Juillet 2008
40	Eucalyptus	Boumerdés	Juillet 2008
41	Sain foin	Tizi-ouzou	Mai 2008
42	Bruyère	Tizi-ouzou	Mars 2008
43	Forêt	Tizi-ouzou	Juin 2008

44	Oranger	Blida	Mai 2008
45	Toutes fleurs	Alger	2008
46	Oranger	Tizi-ouzou	2008
47	Eucalyptus	Tizi-ouzou	2008
48	Sain foin	Tizi-ouzou	2008
49	Forêt	Tizi-ouzou	2008
50	Toutes fleurs	Alger	Mai 2008

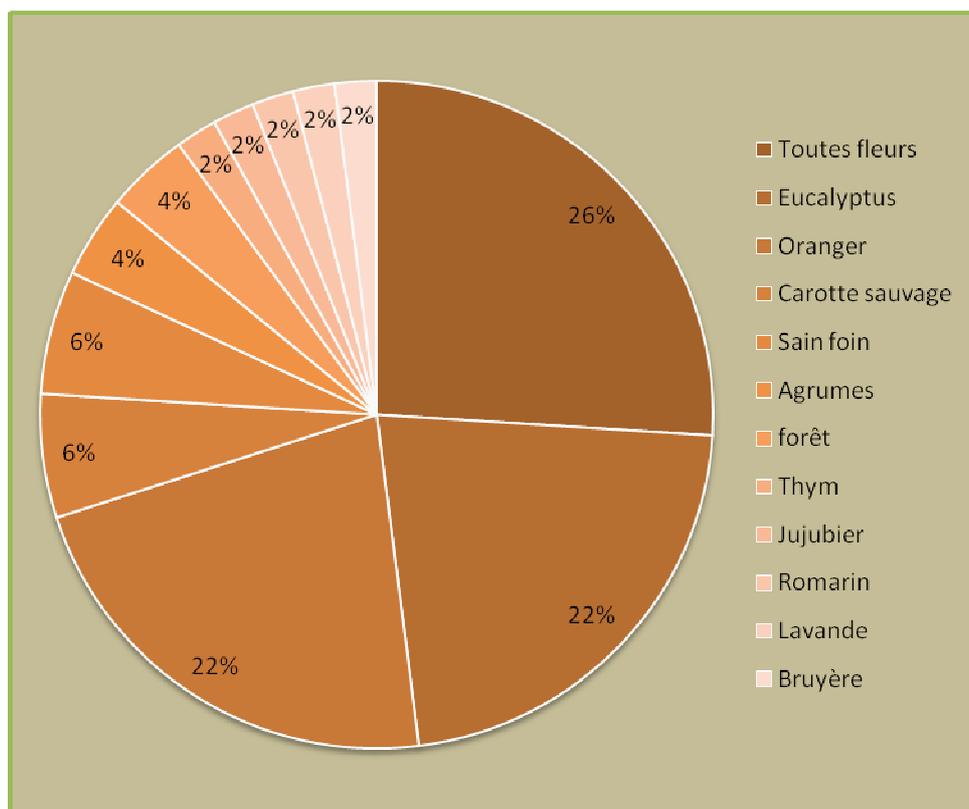


Fig 11 :Distribution des échantillons selon l'origine florale.

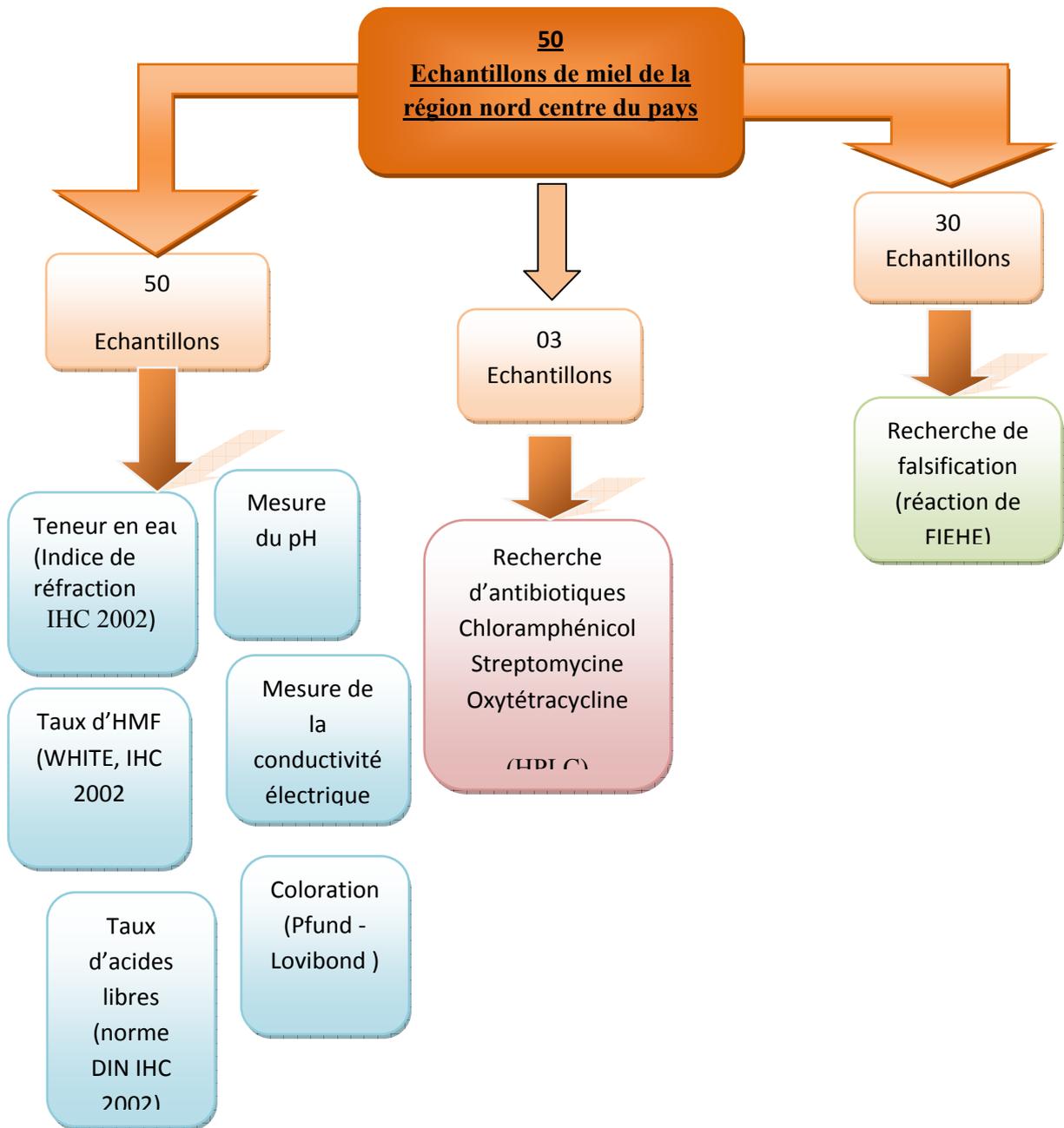


Fig. 12 : Diagramme représentant le protocole expérimental.

4-3 : Teneur en eau :

4-3-1-Intérêt de la mesure :

La teneur en eau est en fait le pourcentage d'eau dans le miel, c'est un paramètre légal. Ne peuvent avoir l'appellation " miel " que les produits qui contiennent au plus 20 % d'eau (codex). C'est également un paramètre de qualité car la teneur en eau conditionne l'avenir du miel au niveau de la cristallisation et de la fermentation.

4-3-2-Principe :

La détermination de la teneur en eau s'effectue par la mesure optique de l'indice de réfraction (IR) lequel est corrélé avec la teneur en eau, méthode harmonisée de la commission internationale du miel 2002. Pour les réfractomètres portables, la mesure se fait par transparence, au moyen d'un prisme présentant un indice de réfraction élevé, et peut être lue directement sur l'échelle graduée équipant l'instrument. La lumière, au passage du dioptre entre l'échantillon et le prisme, est détournée de sa trajectoire initiale – c'est le phénomène réfraction sur lequel se base le fonctionnement du réfractomètre (fig.-13-).

- a. Si l'échantillon est faiblement concentré, l'angle de réfraction est grand, car la différence d'indice de réfraction entre l'échantillon et le prisme est élevée.
- b. Si l'échantillon est très concentré, l'angle de réfraction est petit, car la différence d'indice de réfraction entre l'échantillon et le prisme est réduite.

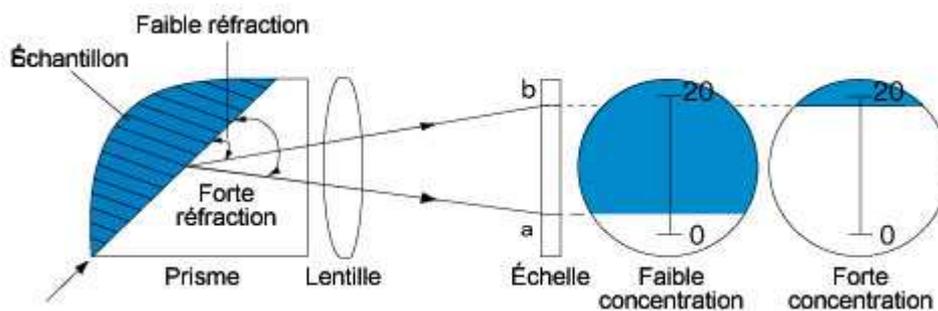


Fig.13 : Système de mesure de l'humidité par transparence
[http://mesurez.com\(12/04/2009\)](http://mesurez.com(12/04/2009))

Les résultats sont obtenus immédiatement par lecture directe.

4-3-3-Matériel :

*Refractomètre manuel :(Honey Tester NEOPTA) à compensation automatique de température.

*Bain marie (CLIFTON).



Fig.14: Refractomètre manuel (Honey Tester NEOPTA).

4-3-4-Mode opératoire :

Le miel à analyser doit être homogénéisé et parfaitement liquide. Dans le cas où l'échantillon est cristallisé, l'échantillon est placé dans un bain marie à 50°C, jusqu'à ce que tous les cristaux de sucres soient dissous.

Après refroidissement, à température ambiante, à l'aide d'une spatule, une goutte de miel est déposée directement sur la surface du prisme. La lecture de l'IR est effectuée à travers l'oculaire.

Les résultats sont exprimés en pourcentage (grammes d'eau dans 100g de miel)

4-4 : Conductivité électrique :

4-4-1-Intérêt de la mesure :

Elle permet de différencier les miels de miellats des miels de nectar.

4-4-2-Principe :

La conductivité électrique d'une solution aqueuse de miel à 20% est mesurée en utilisant une cellule de conductivité électrique. Méthode harmonisée de la commission européenne (2002).

4-4-3-Matériel utilisé :

*Conductivimètre CORNING 442.

*Balance analytique OHAUS.

*Vortex FRAMO Geratechnik Type m 10.

*thermomètre.



Fig. 15: Conductivimètre et pH mètre CORNING 442.

4-4-4-Mode opératoire :

- Peser 10 g de miel
- Ajouter 50 ml d'eau distillée
- Homogénéiser au vortex pendant quelques minutes
- S'assurer que la température de la solution est bien à 20°C
- Plonger la cellule de mesure
- Lire directement les résultats sur l'appareil

Les résultats sont exprimés en milli Siemens par cm (mS.cm-1).

4-5- pH :

4-5-1-Intérêt de la mesure :

Elle permet de différencier les miels de fleurs aux miels de miellat, en effet les miels de fleurs possèdent le plus souvent des valeurs pH faibles (3,5 à 4,5). Les miels de miellat ont, en raison de leur teneur plus élevée en sel à effet tampon, des valeurs pH en moyenne plus élevées (4,5 à 5,5) (GONNET 1982).

4-5-2-Principe :

C'est la mesure du potentiel hydrogène d'une solution de miel à l'aide d'un pH mètre.

4-6- : Acidité libre :

4-6-1-Intérêt de la mesure :

L'acidité libre est un paramètre légal selon la directive 2001/110/CE du conseil européen du 20 décembre 2001 relative au miel et la norme CODEX pour le miel CODEX STAN 12-1981(norme adoptée en 1981 et révisée en 1987 et 2001).

Une valeur plus élevée pourrait indiquer un résidu d'acide oxalique ou formique venant du traitement anti-varroa. Associée à un taux d'eau trop élevé, il peut s'agir alors de fermentation. La teneur en acide libre est en fait la quantité d'acide actif par kilo de miel.

4-6-2-Principe :

Titration des acides libres avec une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à un pH de 8,3 (Selon la norme allemande DIN méthode harmonisée de la Commission européenne 2002).

4-6-3-Mode opératoire :

- Peser 10 g de miel
- Ajouter 50 ml d'eau distillée
- Homogénéiser au vortex pendant quelques minutes
- Plonger l'électrode du pH mètre dans la solution
- A l'aide de la burette ajouter goutte à goutte la solution de Na OH et lire le résultat affiché par le pH mètre jusqu'à atteindre un pH de 8,3,
- Toute l'opération ne doit pas dépasser 2 minutes 30s.
- Lire le taux d'acide libre indiqué par la chute de burette exprimé en milli équivalent par kilogramme (meq/kg).

4-7 : Teneur en Hydroxy –méthyle- furfural :

4-7-1-Intérêt de la mesure :

C'est également un paramètre légal puisque l'HMF ne doit pas dépasser 40 mg/Kg de miel (codex). C'est un indice de vieillissement du miel. Cette substance est quasi inexistante dans le miel à l'état natif. Sa production est fortement accélérée lors du chauffage du miel. Sa production est liée à l'acidité du miel : plus un miel est acide, plus la production d'HMF est rapide. Au-delà de 40 mg / Kg, le miel ne peut plus être commercialisé que comme miel industriel. Un miel de l'année ne devrait jamais dépasser 10 mg/Kg d'HMF.

4-7-2- Principe :

Cette méthode consiste en la mesure du **5-(hydroxyméthyl)-furan-2-carbaldehyde**, les résultats sont exprimés en milligrammes par kilogramme (mg/kg) par la détermination de l'absorbance des rayons ultraviolets (UV) par l'HMF à une longueur d'onde de 284 nanomètres. Dans le but d'éviter l'interférence avec d'autres composants nous déterminons

la différence entre les absorbances de la solution de miel et de la même solution de miel à laquelle nous ajoutons le bisulfite. Cette méthode est basée sur le travail original de WHITE en 1962 (IHC 2002).

4-7-3- Réactifs:

4-2-6-3-1-Solution de Carrez I : dissoudre 15 g d'Hexacyanoferrate de potassium (II) ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3 H_2O$) dans de l'eau et compléter jusqu'à 100 ml.

4-2-6-3-2- Solution de Carrez II : diluer 30 g d'acétate de zinc, $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ compléter jusqu'à 100 ml.

4-2-6-3-3-Solution de bisulfite de sodium à 0,20 g/100 g: dissoudre 0,20 g de (sodium hydrogène sulfite) hydrogénosulfite de sodium solide ($NaHSO_3$) dans l'eau et diluer jusqu'à 100 ml.

Cette solution devant être utilisée fraîche est préparée le jour même de l'analyse.

4- 7-4-Appareillage

*Spectrophotomètre mono faisceau CECIL 3041 fonctionnant dans une gamme comprenant les longueurs d'onde 284 et 336 nm.

*Cellules à quartz de 1centimètre .

*Mélangeur vortex.

*Papier filtre.



Fig. 16 : Spectrophotomètre CECIL 3041

4-7-5-Mode opératoire

-Peser 5g de miel dans un Becher de 50 ml.

-Dissoudre l'échantillon dans 25 ml l'eau

-Transférer dans un ballon jaugé de 50 ml.

- Ajouter 0,5 ml de Solution de Carrez I et mélanger.
- Ajouter 0,5 ml de la solution de Carrez II, mélanger et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.
- (Une goutte d'éthanol peut être ajoutée pour supprimer la mousse).
- Filtrer à l'aide de papier;
- Jeter les 10 premiers ml de filtrat
- Continuer de filtrer toute la solution
- Prendre à l'aide d'une pipette 2 fois 5 ml et les introduire dans 2 tubes à essai (18 x 150 millimètres).
- Ajouter 5,0 ml de l'eau à l'un des 2 tubes à essai et bien mélanger (il représentera la **solution échantillon**).
- Ajouter 5,0 ml de solution de bisulfite de sodium à 0,2% au deuxième tube et bien mélanger (**la solution de référence**).

Tableau 13: Dilution des solutions témoin et de référence.
(Commission internationale du miel 2002)

Additions au tube à essai	solution échantillon	solution de référence
Solution de miel initiale	5 ml	5ml
Eau distillée	5ml	-
0.2% de solution de sodium bisulfite	-	5ml

-Déterminer l'absorbance de la solution échantillon par rapport à la solution de référence à 284 et à 336 nm dans des cellules à quartz de 10 millimètres dans un délai d'une heure.

-Si l'absorbance à 284 nm dépasse une valeur environ de 0,6:

Diluer la solution échantillon avec de l'eau (à 1 pour 10) et la solution de référence avec la solution de bisulfite de sodium (à même hauteur) afin d'obtenir une absorbance d'échantillon assez basse pour l'exactitude.

Si une dilution est nécessaire,

$$\text{La Dilution, } D = \frac{\text{Volume final de solution échantillon}}{10}$$

Calcul et expression des résultats:

$$\text{HMF en mg/kg} = (A_{284} - A_{336}) \times 149.7 \times 5 \times D/W$$

-A284 = absorbance à 284 nm

-A 336 = absorbance à 336 nm

149,7 = $\frac{126 \times 1000 \times 1000}{16830 \times 10 \times 5}$ = constante

16830 10 5

126 = poids moléculaire de HMF

16830 = absorptivité molaire ϵ de HMF à $\lambda = 284$ nm

1000 = conversion du g en mg

10 = conversion du 5 en 50 ml

1000 = conversion du g de miel en kilogramme

5 = poids théorique de l'échantillon

Facteur de D = de dilution, au cas où la dilution serait nécessaire

W = poids en g d'échantillon de miel

Exprimer les résultats en **mg/kg** (avec une précision à 1 décimal).

4-8 : Mesure de la coloration :

4-8-1-Intérêt de la mesure :

La couleur d'un aliment, joue un rôle important dans l'évaluation de sa qualité ,cette donnée est encore plus importante pour le miel .C'est une caractéristique physique dépendant de l'origine du produit mais également un élément sensoriel primordial qui détermine en partie le choix du consommateur (LINDEN 1991).

4-8-2-Principe

L'analyse visuelle de la couleur d'un miel repose sur l'interaction de la lumière solaire avec les différents constituants du miel. En France, c'est le comparateur LOVIBOND® qui est le plus utilisé (SCHWEITZER 2001). Un centimètre de miel liquide est, à la lumière blanche solaire, comparé à la couleur de verres colorés et numérotés, inclus dans deux disques, l'un pour les miels clairs, l'autre pour les miels foncés. La mesure est généralement convertie en unités Pfund.

Avec cet « indice de Pfund » sept colorations croissantes conventionnelles sont définies. Cette classification est admise officiellement dans le domaine commercial en Amérique du Nord : Blanc d'eau, extra blanc, Blanc, ambré extra clair Ambré clair, Ambré et foncé (GONNET et AUBERT 1983).

Tableau 14 : classification de la coloration des miels
selon Pfund (SCHWEITZER 2001)

<ul style="list-style-type: none"> - Water white (blanc d'eau) - Extra light (extra blanc) - Light (blanc) - Extra light amber (ambré extra clair) - Light amber (ambré clair) - Amber (ambré) - Dark (foncé) 	<ul style="list-style-type: none"> 0 à 8 mm Pfund 8 à 16,5 mm Pfund 16,5 à 34 mm Pfund 34 à 50 mm Pfund 50 à 85 mm Pfund 85 à 114 mm Pfund Plus de 114 mm Pfund
--	--

4-8-3-Matériel

*Bain marie CLIFTON.

*Comparateur LOVIBOND.



Fig. 17 : Bain marie CLIFTON



Fig. 18 : Comparateur LOVIBOND.

4-8-4-Mode opératoire :

*Faire fondre le miel cristallisé au bain marie

*Le miel liquide est observé dans une cuve carrée de 10 millimètres

*Faire défiler la gamme colorée du disque choisi à côté de la cuve à échantillon.

*Quand la couleur observée au niveau des deux compartiments est d'égale intensité, on note le numéro de la pastille correspondante.

* Pour réaliser l'égalité des plages, le comparateur peut être placé face à une source lumineuse naturelle.

* Les résultats sont traduits en « millimètre Pfund »

Tableau 15 : Table de conversion des numéros de filtre LOVIBOND en unités PFUND. (SCHWEITZER 2001).

LOVIBOND (numéro du filtre)	Unités PFUND en millimètres
30	11
40	18
50	27
60	35
70	41
80	46
90	51
100	55
120	62
150	71
200	83
250	92
300	99
400	110
500	119
650	130
850	140

4-9 : Recherche de falsification :

4-9-1- Intérêt :

C'est la détermination d'une éventuelle addition frauduleuse de sucre interverti dans les miels naturels.

4-9-2- Principe :

La méthode de FIEHE consiste en la coloration du réactif de FIEHE (solution de résorcine) en présence de glucose synthétique (GUINOT 1996). Le saccharose interverti par voie chimique

contient de l'oxy-d-méthyl-furfurol qui résulte de la déshydratation du lévulose ,ce dérivé du furfurol donne avec le réactif de FIEHE une coloration qui varie du rose pale au rouge sang suivant la quantité du composé .La recherche d'une addition frauduleuse de sucre interverti par voie chimique s'effectue rapidement par cette réaction (LE COQ 1965).

4-9-3- Réactifs

- * Acide chlorhydrique pur
- * Solution de résorcine
- * Ether sulfurique

4-9-4- Matériel

*verrerie de laboratoire

Travailler sous une hotte aspirante pour éviter les vapeurs émanant de l'acide et de l'éther.

4-9-5- Mode opératoire

-Faire fondre 10 g de miel au bain-marie sans dépasser 35°C.

- Au moyen d'une pipette jaugée, prélever 5 g de l'échantillon et les introduire dans un tube à essai;

-Ajouter 5 cm³ d'éther sulfurique et en le bouchant avec le doigt, agiter le tube pendant 1 ou 2 minutes.

- Laisser ensuite reposer; puis décanter dans un autre tube à essai en ayant soin de ne pas faire écouler le miel.

- A l'aide d'une pipette, prendre 2 cm³ d'une solution de résorcine dans 10 cm³ d'acide chlorhydrique pur et les faire glisser le long des parois du tube contenant l'extrait éthéré. L'éther se trouble et devient blanchâtre tandis que la résorcine se rassemble au fond du tube.

Si le miel est falsifié par du glucose synthétique, le réactif se colore immédiatement en rose pâle, teinte dont l'intensité augmente de seconde en seconde.

Au bout de 20 minutes, la coloration est d'autant plus foncée que la teneur en sucre interverti est plus grande.

4-10-Recherche d'antibiotiques :

4-10-1- Intérêt :

Les travaux sur l'extraction de résidus ont été effectués sur trois types d'antibiotiques :

-Le Chloramphénicol recherché systématiquement sur toutes les denrées alimentaires du fait de l'interdiction de son utilisation.

-La Streptomycine et l'Oxytétracycline, antibiotiques généralement utilisés en apiculture.

Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de recherche de l'université de Constantine par chromatographie liquide haute performance (Hight performance liquid chromatography) utilisant un détecteur de type SPD-10AVvp et une colonne Shim-pack de type VP-ODS.

Elles n'ont cependant concerné que 03 échantillons du fait du coût des analyses.

4-10-2- Standards antibiotiques utilisés :

-Streptomycine solution, 10 ml. (Réf. 85886 .SIGMA-ALDRICH)

.Firme :BioChemika (filiale de SIGMA –ALDRICH)

.Concentration 1 mg/ml in mM EDTA

.Formule moléculaire : $C_{21} H_{39} N_7 O_{12} \cdot 5H_2SO_4$

.Poids moléculaire 728, 69 gr /mol

-Chloramphénicol VETERANAL, 250 mg. (Ref.46110.SIGMA-ALDRICH)

. Formule moléculaire: $C_{12}CHCONHCH (CH_2OH) CH (OH)C_6H_4NO_2$

. Poids moléculaire: 323.13gr/mol.



Fig 19 : Photo d'un chromatographe .

4-10-3 Paramètres d'analyse

4-10-3-1- Paramètres d'analyse échantillon 21 :

Recherche de l'Oxytétracycline

- .Phase mobile : acétonitrile + eau (0.1% d'acide phosphorique)
- .Phase stationnaire : phase inversée (C18)
- .Concentration de l'échantillon : 0.4mg/l
- .Longueur d'onde : 325 nm
- .Débit : 2 ml/mn.
- .Temps d'analyse : 15 minutes
- .Volume injecté : 10µl

4-10-3-2-Paramètres d'analyse échantillons 37 :

Recherche du Chloramphénicol.

- .Phase mobile : méthanol
- .Phase stationnaire colonne c 18 (250 mm x 4.6 mm)
- .Concentration : -miel témoin : 00 µg
-miel dopé au standard Chloramphénicol 8 µg/ ml
- .Longueur d'onde : 272 nm (UV)
- .Temps d'analyse 10 minutes
- .Volume injecté : 10µl

4-10-3-3- Paramètres d'analyse échantillons 49 :

Recherche de la Streptomycine

- .Phase mobile : méthanol
- .Phase stationnaire colonne C 18 (250 mm x 4.6 mm)
- .Concentration : -miel témoin : 00 µg
-miel dopé au standard streptomycine 20 µg/ ml
- .Longueur d'onde : 250 nm (UV)
- .Temps d'analyse 10 minutes
- .Volume injecté : 15µl

4-10-4- Mode opératoire

Le protocole d'extraction est comme suit :

- Mettre 10 g d'échantillon inconnu dans un tube à essai et lui ajouter 15 µg du standard de antibiotique, ensuite ajouter à ce mélange 20 ml d'acétonitrile et 6 ml d'eau pure pour HPLC.
- Porter le mélange au vortex pour homogénéisation pendant 1 minute.

-Procéder à la centrifugation du mélange pendant 10 minutes avec une vitesse de 6000tours/minute pendant 10 minutes

-Récupérer le surnageant qui sera passé par un filtre Whatman.

-Additionner 20 ml d'acétonitrile au surnageant filtré et le passer au vortex pour une deuxième homogénéisation pendant 01 minute.

-Faire une deuxième centrifugation à 3000T/min pendant 05 minutes et récupérer le surnagent

-Ce dernier est passé au système de filtration spécial pour analyse HPLC avec des pores d'un diamètre de l'ordre de 0.45 μm .

Notre échantillon est prêt pour l'analyse qui sera effectuée avec les paramètres adoptés lors des essais d'optimisation.

Les chromatogrammes obtenus par l'analyse de cet échantillon seront comparés à un témoin qui est passé par le même protocole d'extraction à l'exception qu'il n'a pas été dopé avec le standard antibiotique.

Chapitre V- Résultats et discussions :

5-1- Teneur en eau :

La limite maximale codex pour la teneur en eau des miels est de 20 %, au-dessus de ce pourcentage il ya risque de fermentation des miels (SCHWEITZER 1998). Sur les 50 échantillons analysés 48 sont conformes aux normes codex, soit 96 % . Les 02 échantillons qui la dépassent avec un taux d'humidité de 21 % sont d'origine présumée agrume et toutes fleurs aucun des deux n'est un miel de bruyère, en effet pour ce type de miel la limite maximale est de 23 %. La moyenne est de 17.38; le taux de teneur en eau minimal obtenu est de 15.0 il correspond à des miels d'origine présumée de jujubier, de carotte sauvage et d'eucalyptus.

36 % des miels ont une teneur en eau comprise entre 17 et 17.5 %, ces miels peuvent se conserver sans crainte d'une fermentation trop précoce qui conduirait à l'altération de leurs propriétés physico-chimiques.

Les valeurs obtenues sont comparables aux résultats obtenus par d'autres études (MAKHLOUFI 2007 et HAMLAOUI 1998) . Nous pouvons expliquer les teneurs en eau plus élevées des autres échantillons par une extraction trop rapide et de mauvaises conditions de maturation (local humide et conditionnement inadapté).

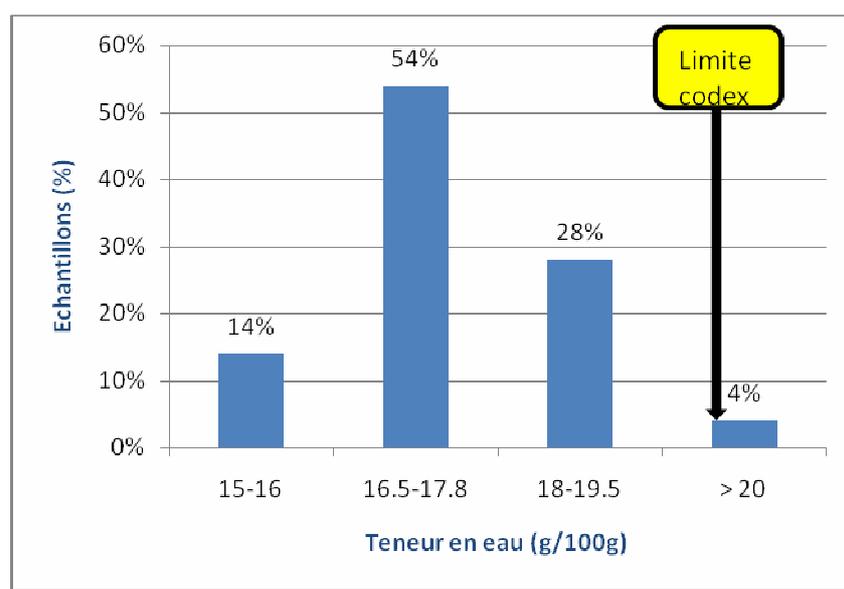


Fig.20 : Distribution des échantillons selon les valeurs de la teneur en eau .

Tableau 16: Teneur eau des différents échantillons analysés.

Code échantillon	Teneur en eau (%)	Code échantillon	Teneur en eau (%)
1	18.5	26	16.5
2	18	27	16.5
3	17	28	19
4	17	29	17
5	16	30	21
6	16.5	31	19
7	18.5	32	16.5
8	17	33	16.5
9	17	34	17
10	18	35	17
11	17	36	17
12	15	37	16.5
13	16	38	16.5
14	17	39	15.5
15	17.5	40	18
16	16	41	17.5
17	17	42	17.5
18	15.5	43	18.5
19	16	44	17
20	16.5	45	16.5
21	18	46	16.5
22	21	47	18
23	19	48	19.5
24	17.5	49	17.5
25	17.8	50	19.5
Moyenne : 17.38			
Max : 21			
Min : 15			
Ecart type : 1.26			
Ecart moyen : 0.97			
Variance : 1.60			

5-2- Conductivité électrique :

Selon les normes codex les miels de nectar et les mélanges de miel de nectar ne devraient pas avoir un niveau de conductivité électrique supérieure à 0.8 mS/cm ,concernant les miels de miellat ou de châtaignier et les mélanges de ces miels à l'exceptions des : arbousier commun (*Arbutus unedo*), bruyère cendrée (*Erica*) ,eucalyptus ,tilleul(*Tilia*) ,bruyère commune (*Calluna vulgaris*),*Leptosirum*, arbre à thé (espèce *Melaleuca*) leur conductivité électrique doit être supérieure à 0.8 mS/cm ; **01** échantillon le n°42 a une conductivité électrique de 0.82mS/cm , c'est un miel d'origine présumée de bruyère , donc à conductivité électrique normalement élevée et prise en considération par les normes codex, nous en déduisons que à priori tous nos échantillons sont des miels de nectar, ce résultat doit être corrélér avec les taux de pH des échantillons.

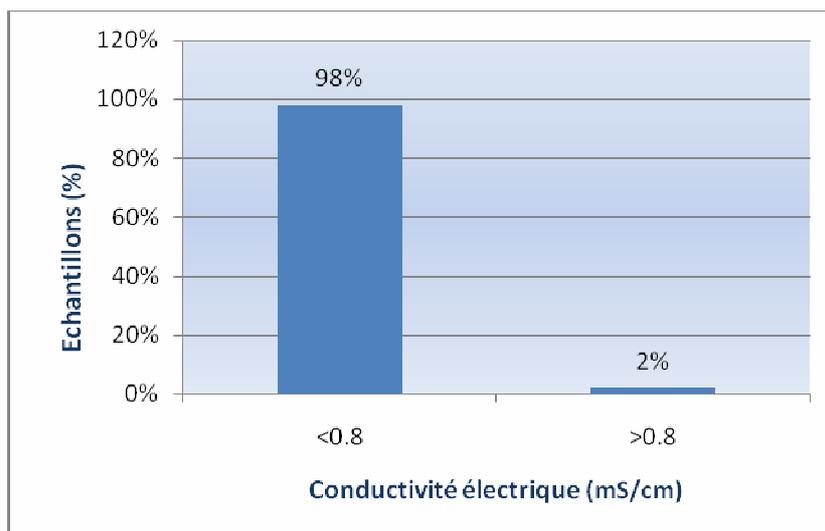


Fig.21 : Distribution des échantillons selon les valeurs de conductivité électrique.

Tableau 17 : Résultats de la mesure de la conductivité électrique.

Code échantillon	conductivité électrique (mS/cm)	Code échantillon	conductivité électrique (mS/cm)
1	0.27	26	0.15
2	0.32	27	0.62
3	0.11	28	0.62
4	0.44	29	0.17
5	0.46	30	0.59
6	0.63	31	0.41
7	0.20	32	0.38
8	0.19	33	0.41
9	0.52	34	0.28
10	0.36	35	0.35
11	0.50	36	0.44
12	0.55	37	0.20
13	0.32	38	0.64
14	0.20	39	0.54
15	0.13	40	0.55
16	0.16	41	0.22
17	0.14	42	0.82
18	0.38	43	0.66
19	0.25	44	0.14
20	0.24	45	0.30
21	0.28	46	0.20
22	0.76	47	0.31
23	0.22	48	0.23
24	0.21	49	0.45
25	0.15	50	0.32
Moyenne : 0.36			
Max : 0.82			
Min : 0.11			
Ecart type : 0.18			
Ecart moyen : 0.15			
Variance : 0.33			

5-3- pH :

Les miels de nectar ont un pH compris entre 3.5 et 4.5 ceux de miellat ont un pH compris entre 4.5 et 5.5 (BRUNEAU 2007). Parmi nos échantillons 42 soit 84% sont dans cet intervalle indiquant que ce sont probablement des miels de nectar ; un seul échantillon (le n°12) a un pH de 5.35 ce qui indique un miel de miellat cet échantillon est d'origine présumée de Jujubier provenant de la wilaya de Médéa et a une conductivité électrique de 0.55 ce qui le classe

parmi les miels de nectar . Ces résultats confirment ce que nous avons déduit des valeurs de conductivité électrique .7 échantillons (14%) ont un pH inférieur à 3.5 ces miels sont trop acides ont donc vraisemblablement subi des fermentations.

Tableau 18 : Valeurs des pH des échantillons analysés

Code échantillon	pH	Code échantillon	pH
1	3.36	26	3.84
2	3.75	27	4.3
3	3.29	28	3.68
4	3.58	29	3.91
5	3.83	30	3.73
6	3.59	31	4
7	3.1	32	3.82
8	2.97	33	3.9
9	3.13	34	3.63
10	3.11	35	3.73
11	3.53	36	3.67
12	5.35	37	3.66
13	3.63	38	3.97
14	3.6	39	4.29
15	3.69	40	3.73
16	3.66	41	3.8
17	3.73	42	4.19
18	4.24	43	4.3
19	3.9	44	3.9
20	3.85	45	3.77
21	3.84	46	3.42
22	3.92	47	3.4
23	3.72	48	3.56
24	3.6	49	3.68
25	3.8	50	3.18
Moyenne : 3.74			
Max : 5.35			
Min : 2.97			
Ecart type : 0.38			
Ecart moyen : 0.25			
Variance : 0.15			

5-4- Acidité libre :

L'acidité libre va influencer la stabilité du miel et ses conditions et durée de conservation (BRUNEAU 2007).

43 échantillons (soit 86 %) correspondent à la norme codex (≤ 50 meq / kg) ; 14 % des échantillons ont un taux d'acidité élevé signe probablement d'une fermentation de ces miels accompagnée d'une perte de qualité .Tous les miels sont acides mais ceux dont l'acidité est plus élevée vont se dégrader encore plus rapidement avec des conséquences néfastes notamment sur le goût et sur la durée de conservation .02 échantillons (04%) ont un taux d'acidité inférieur à 20 meq/kg, ce sont les miels codés sous les numéros 15 (d'origine florale agrumes de la wilaya de Blida)et le n°44 (d'origine florale oranger de la wilaya de Blida) tous les deux récoltés entre Avril et Mai 2008 ,ces miels semblent ne pas avoir subi de fermentation.

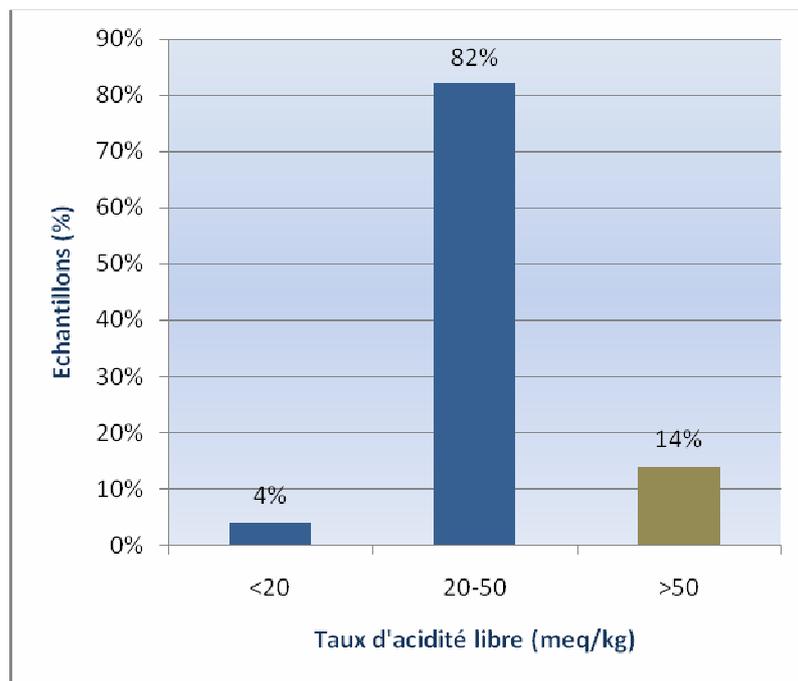


Fig.22 : Distribution des échantillons selon les taux d'acidité libre.

Tableau 19 : Valeurs de l'acidité libre des échantillons analysés.

Code échantillon	Acidité libre (meq/kg)	Code échantillon	Acidité libre (meq/kg)
1	35	26	25
2	27	27	33
3	44	28	54
4	36	29	35
5	40	30	57
6	50	31	43
7	43	32	45
8	49	33	50
9	55.7	34	38
10	55	35	43
11	55	36	45
12	26	37	38
13	60	38	39
14	47	39	32
15	19	40	44
16	27	41	24
17	21	42	35
18	35	43	38
19	37	44	13
20	36	45	28
21	35	46	20
22	66	47	30
23	22	48	23
24	40	49	22
25	35	50	21
Moyenne : 37,41			
Max : 66			
Min : 13			
Ecart type : 12,09			
Ecart moyen : 9,63			
Variance : 146,26			

5-5- Hydroxy-Méthyle -Furfural:

L'HMF représente un critère de qualité (MARCEAU 1994), le codex alimentarius précise que le miel ne doit pas posséder une teneur en HMF après le traitement et/ou le mélange ne doit pas dépasser 40 mg/kg. Toutefois, dans le cas des miels d'origine déclarée provenant de pays ou de régions où règnent des températures ambiantes tropicales, et des mélanges de ces miels, la teneur en HMF ne dépassera pas 80 mg/kg. L'analyse spectrophotométrique de nos échantillons révèle que 44 d'entre eux (88 %) ont des teneurs en HMF inférieures aux limites codex, 8 % des échantillons ont un taux d'HMF compris entre 40 et 80 mg/kg, les normes codex prenant en compte l'ensemble des miels produits à l'échelle mondiale notamment ceux issus des pays tropicaux, il est cependant conseillé d'utiliser ces miels pour l'industrie ; 02 échantillons sont considérés de qualité inacceptables avec des valeurs d'HMF très élevées, ces valeurs concernent les échantillons 3 et 21 et peuvent être expliquées par l'origine de ces miels en effet le n° 3 est un miel acquis auprès d'un vendeur de porte à porte de miel ce qui légitimement nous laisse douter de l'authenticité de ce miel, en effet des valeurs aussi élevées (12 fois supérieures à la norme) ne peuvent être dues qu'à un chauffage excessif de « sucre » il est quasiment certain que ce miel est falsifié, quand à l'échantillon n° 21 il a été récolté en 1998 ces deux cas « extrêmes » confirment que le taux d'HMF augmente avec le vieillissement et le chauffage des miels ; ceci nous confirme également que dans des conditions normales de stockage un miel de l'année reste dans les normes (FAO 1986).

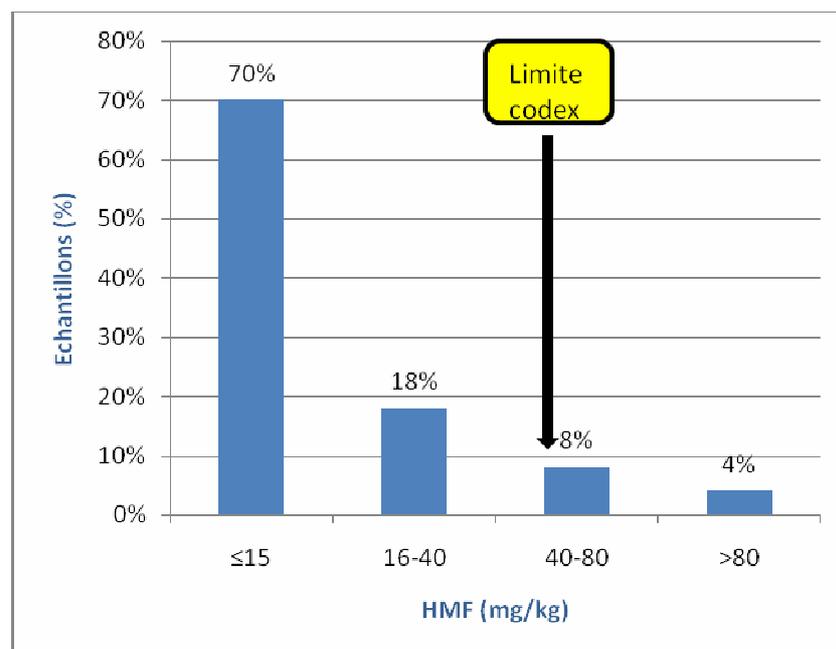


Fig. 23: Distribution des échantillons selon les valeurs en HMF.

Tableau 20 : Résultats de la mesure de l'HMF.

Code échantillon	HMF (mg/kg)	Code échantillon	HMF (mg/kg)
1	50.59	26	5.83
2	3.44	27	23.65
3	547.9	28	8.83
4	12.27	29	7.03
5	8.08	30	8.83
6	23.5	31	25.55
7	39.22	32	12.27
8	6.43	33	7.63
9	50.59	34	10.77
10	70.05	35	8.38
11	17.66	36	65.41
12	0	37	10.17
13	3.98	38	11.37
14	10.62	39	7.63
15	0	40	14.22
16	0	41	7.48
17	0	42	30.83
18	3.14	43	11.52
19	5.98	44	1.79
20	7.33	45	31.43
21	598.8	46	8.38
22	34.43	47	14.97
23	1.94	48	10.32
24	21.7	49	9.58
25	3.74	50	14.97
Moyenne : 37.80			
Max : 598.8			
Min : 0			
Ecart type : 111.69			
Ecart moyen : 46.31			
Variance : 12476.74			

5-6-Coloration :

La couleur moyenne correspondant à nos échantillons de miel est de 63 mm Pfund (ambré clair) avec un écart-type de 27 mm Pfund, soit des valeurs comprises entre 36 et 90mm Pfund (ambré extra clair à ambré) (Voir Tableau 14).

Pour l'échantillon n° 3 l'échelle de couleur n'a pas pu être déterminée alors que pour l'échantillon 42 elle est de 119 (foncé) ceci est probablement le résultat de conditions insatisfaisantes de traitement ou de stockage.

Les comparateurs colorimétriques usuels existants sur le marché (mesures en indice de Pfund) sont justifiés pour une utilisation commerciale courante, ils ne suffisent pas pour séparer des miels originaux très clairs, très foncés ou opaques et cristallisé (GONNET 1982) pour cette raison la coloration de miels typiques a été étudiée à l'aide de la méthodologie trismulaire d'analyse spectrophotométrique adoptée par la C.I.E. (Convention Internationale de l'Éclairage).

Cette méthode permet d'effectuer le classement précis de vingt miels d'origines florales différentes en fonction de la couleur. Le classement par simple appréciation visuelle reste très subjectif et peut être erroné.

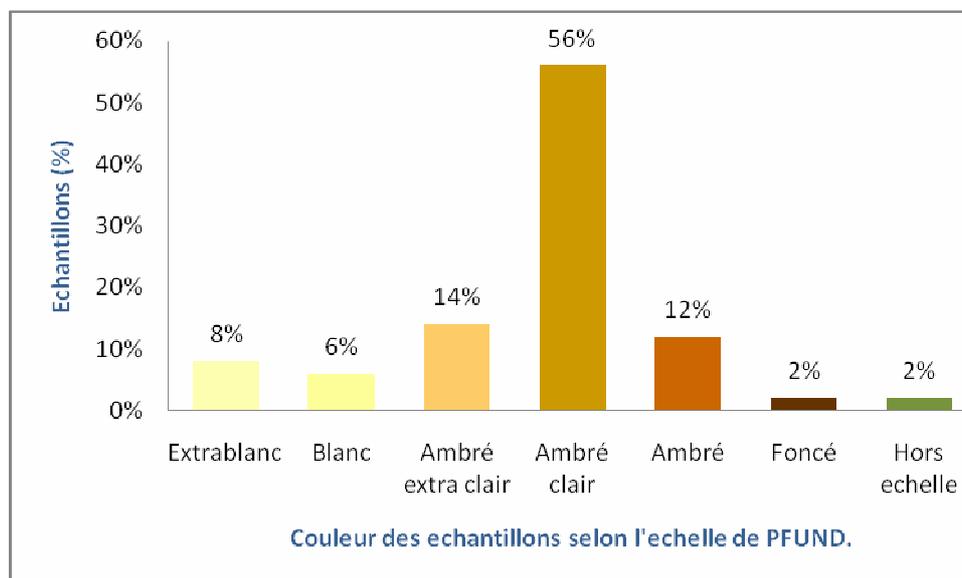


Fig.24 : Distribution des échantillons selon la coloration.

Tableau 21: Résultats de la mesure de la coloration.

Code échantillon	Coloration (en mm Pfund)	Code échantillon	Coloration (en mm Pfund)
1	83	26	18
2	41	27	71
3	Hors échelle pfund	28	62
4	62	29	27
5	71	30	71
6	110	31	92
7	83	32	71
8	62	33	99
9	41	34	51
10	41	35	55
11	92	36	62
12	6,2	37	62
13	92	38	62
14	46	39	71
15	11	40	62
16	11	41	51
17	11	42	119
18	71	43	92
19	83	44	11
20	83	45	83
21	83	46	46
22	110	47	71
23	35	48	62
24	83	49	71
25	18	50	46
Moyenne : 62,7			
Max : 119			
Min : 11			
Ecart-type : 27			
écart moyen : 20,9			
Variance : 73,2			

5-7- Recherche de falsification par la réaction de FIEHE :

Nous avons obtenu 11 réactions positives ,indiquant une probable falsification par ajout de sucre synthétique, sur les 30 échantillons soumis à la réaction de FIEHE ,soit 36.66 % .Ce chiffre nous est apparu tout de suite trop élevé , comme le fait remarquer MATHIEU (cité par LE COQ 1965) des réactions faibles sont aussi bien obtenues avec certains miels chauffés et même non chauffés , il préconise de comparer la teinte obtenue avec celle fournie par un miel

témoin à réaction négative auquel on incorpore 2 % de sucre interverti ,confirmation que n'avons malheureusement pas pu réaliser au niveau du laboratoire de l'ITELV .

Tableau 23 : Résultats de la réaction de FIEHE.

Code échantillon	Réaction de FIEHE
1	positif
2	négatif
3	positif
4	positif
5	négatif
6	positif
7	positif
8	négatif
11	positif
12	négatif
13	négatif
14	positif
17	négatif
16	négatif
21	positif
22	positif
27	positif
31	positif
36	négatif
38	négatif
41	négatif
42	négatif
43	négatif
44	négatif
45	négatif
46	négatif
47	négatif
48	négatif
49	négatif
50	négatif



Fig.n° 25:
Photo montrant une réaction de FIEHE positive



Fig.n° 26 :
Photo montrant une réaction de FIEHE négative

Nous devons aussi noter que les réactions positives étaient variables ,nous avons observé sur certains tubes une réaction immédiate avec une couleur rose cerise évidente et pour d'autres une apparition graduelle de la coloration, de toute manière nous avons tenu compte de la coloration après 20 minutes tel que préconisé par GUINOT (GUINOT 1996).

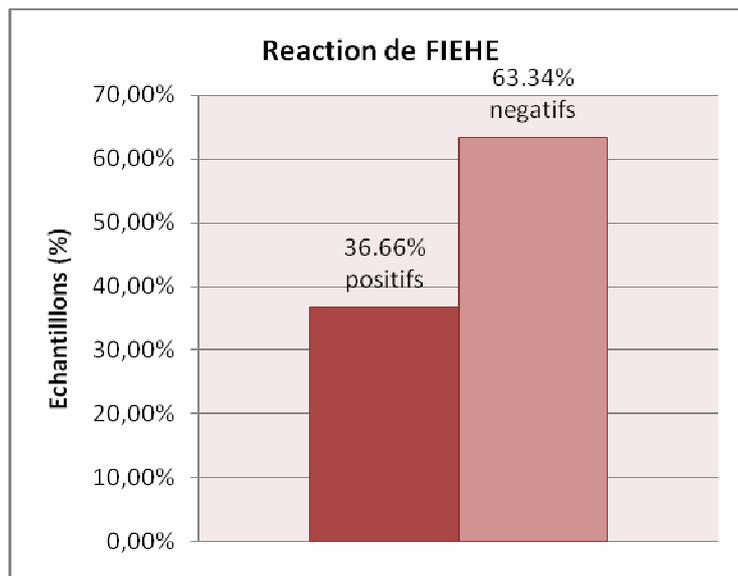


Fig.27 : Distribution des échantillons selon la recherche de falsification par la réaction de FIEHE.

5-8-Recherche d'antibiotiques :

Compte tenu de l'absence de limite maximale de résidus (LMR) fixée pour le miel, le seuil de détection a été considéré comme seuil de positivité : 15 µg/kg pour les tétracyclines et 10 µg/kg pour la streptomycine, (HIRSCH 2002).Une tolérance zéro est appliquée au chloramphénicol interdit d'utilisation chez les animaux producteurs d'aliment en UE depuis

1990 (annexe IV de règlement 2377/90/EC). Sur les 03 échantillons analysés aucun n'a été positif pour l'antibiotique recherché.

Echantillon 21 : absence d'Oxytétracycline.

Le chromatogramme obtenu avec l'échantillon n°21 dopé à la Terramycine (oxytétracycline) montre un pic à un temps T = 1.900 minutes (fig. n°28) absent au niveau du chromatogramme du même échantillon témoin (non dopé à oxytétracycline).

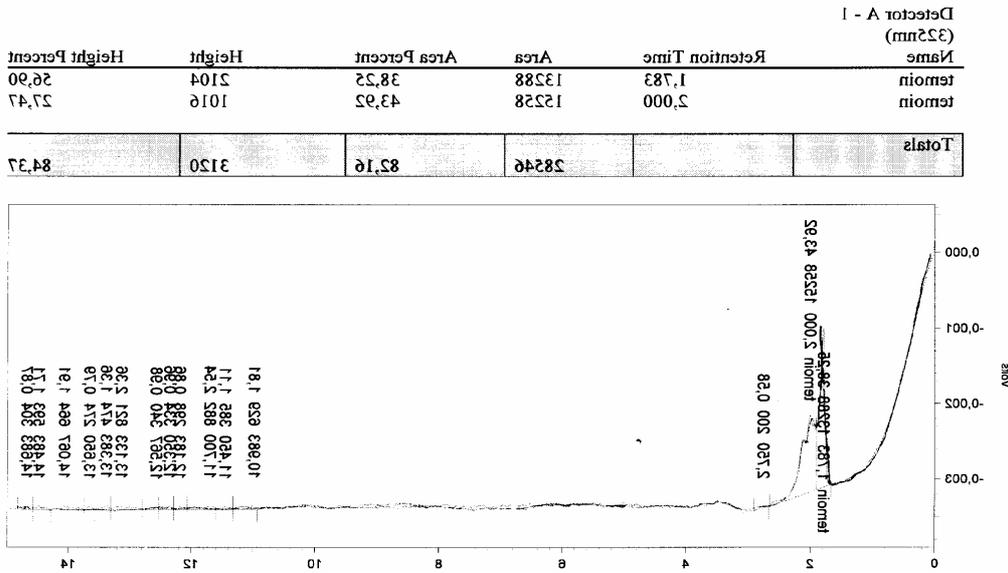


Figure n° 28: Chromatogramme de l'échantillon 21

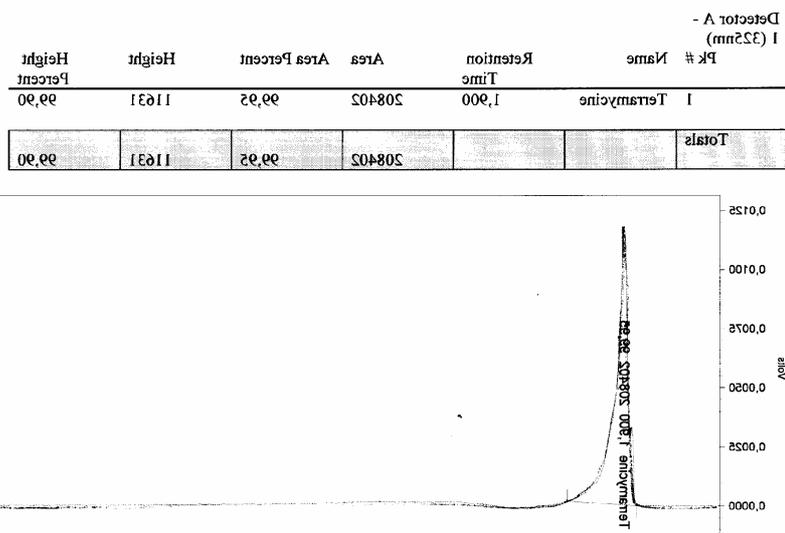
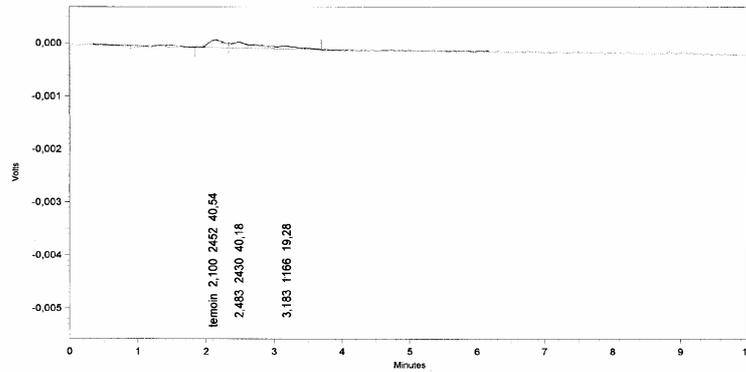


Figure n°29 : Chromatogramme de l'échantillon n°21 dopé à la Terramycine (oxytétracycline)

Echantillon 37 : absence de Chloramphénicol :

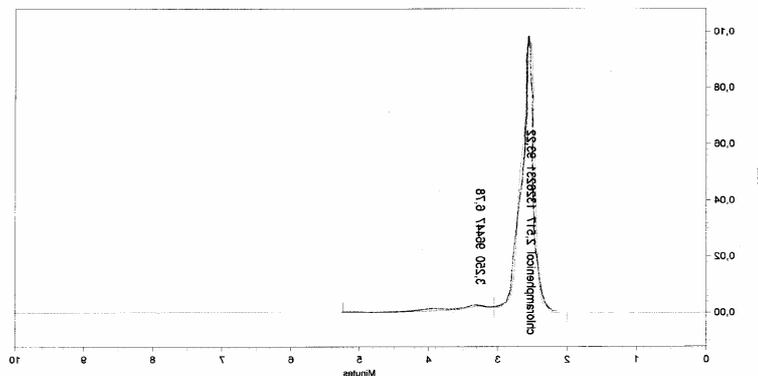
Sur le chromatogramme obtenu avec l'échantillon n°37 dopé au Chloramphénicol, le pic au temps de rétention T = 2.517 minutes (fig. n°30) est absent au niveau du chromatogramme du même échantillon témoin non dopé à ce même antibiotique.



Detector A - 1
(272nm)

PK #	Name	Retention Time	Area	Area Percent	Height	Height Percent
1	temoin	2,100	2452	40,54	149	47,60
Totals			2452	40,54	149	47,60

Figure n°30: Chromatogramme de l'échantillon n°37



Detector A - 1
(272nm)

PK #	Name	Retention Time	Area	Area Percent	Height	Height Percent
1	chloramphenicol	2,517	135031	93,52	96524	93,63
Totals			135031	93,52	96524	93,63

Figure n°31 : Chromatogramme de l'échantillon n°37 dopé au Chloramphénicol.

Echantillon 49:absence de Streptomycine

Absence sur le chromatogramme de l'échantillon témoin du pic au temps de rétention T=2.567 minutes correspondant à la streptomycine observé sur le chromatogramme de l'échantillon dopé.

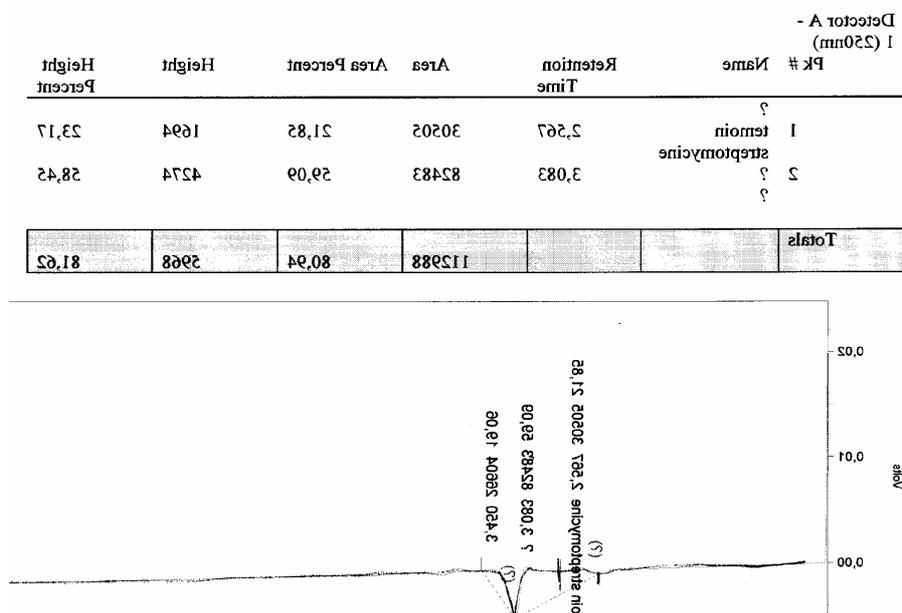


Figure n° 32: Chromatogramme de l'échantillon n°49

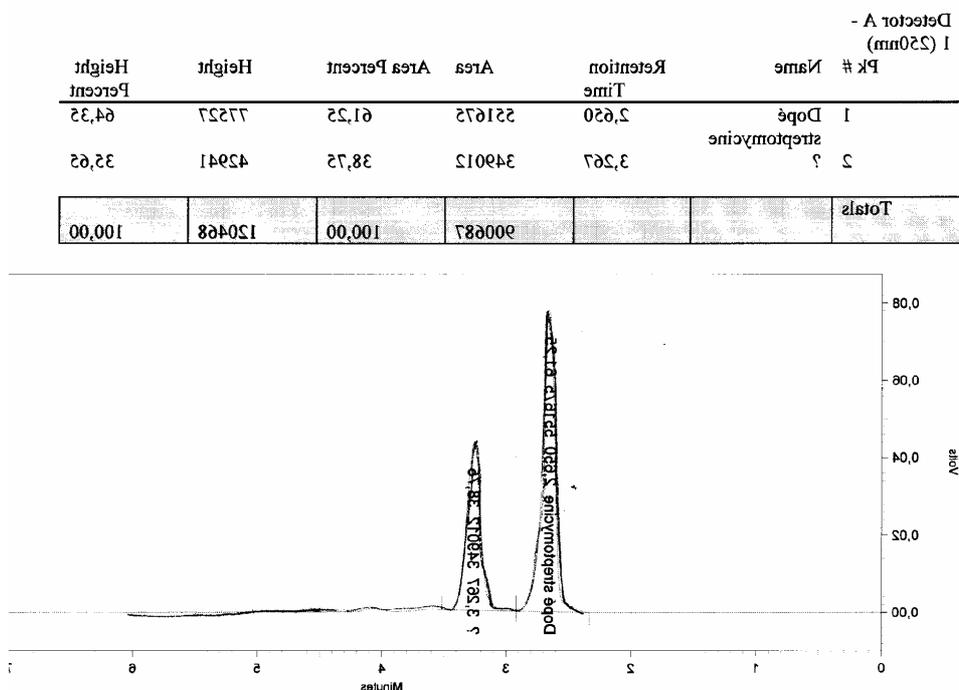


Figure n° 33: Chromatogramme de l'échantillon n°49 dopé en Streptomycine.

Tableau24: Résumé des résultats des analyses physico-chimiques.

Paramètre	Valeur moyenne ± la déviation standard (écart-type)	Valeurs minimales et maximales	Limites des standards internationaux (codex)	Nombre d'échantillons dépassant les standards internationaux
Teneur en eau (%)	17.38 ± 1.26	15 – 21	< 20 %	02 échantillons
Conductivité électrique (mS/cm)	3.63 ±1.83	1.1 – 8.21	Miels de nectar ≤0,8 mS/cm Miels de miellat ≥0,8 mS/cm	-
pH	3.74 ±0.38	2.97 – 5.35	Pas de limites fixées	-
Acidité libre (meq/kg)	37.41±15.00	13 – 66	50 meq/kg	07 échantillons
HMF(mg/kg)	37.80 ± 111.69	0 – 598.8	<40 mg/kg	06 échantillons
Coloration (mm Pfund)	62.7 ±27	11– 119	Pas de limites fixées	-
Recherche de falsification	-Réaction de FIEHE positive : 36.66 % des échantillons testés -Réaction de FIEHE négative : 63.34% des échantillons testés			
Recherche d'antibiotiques	-Absence de résidus d'oxytétracycline dans l'échantillon n°21 -Absence de résidus de Chloramphénicol dans l'échantillon n° 37 -Absence de résidus de streptomycine dans l'échantillon n° 49			

5-9-Discussion générale :

74% des échantillons analysés correspondent aux normes codex, ces dernières sont destinées à être appliquées à titre facultatif par les partenaires commerciaux et ne s'adressent pas aux gouvernements, les pays de l'union européenne ont transcrit dans leurs droit la directive n°2001/110/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative au miel c'est le cas du le décret n°2003-587 du 30 juin 2003 (J.O.R.F. du 02/07/2003) pour la France.

Au vu de ces résultats ces miels peuvent être exportés vers l'europe.

26% d'entre eux présentent un ou plusieurs défauts.

Les taux en acidité libre (14 % de non conformité) et en Hydroxy-Méthyle –Furfural (12% de non conformité), doivent faire l'objet de plus d'attention de la part des apiculteurs désireux d'améliorer la qualité de leur produit.

Nous avons jugé intéressant de comparer nos résultats avec les normes exigées dans certains concours de miels , en effet cette pratique de plus en plus répandue notamment dans les pays occidentaux a les doubles avantages de valoriser le produit et d'être une tribune pour faire parler d'apiculture et de miels auprès des médias ; nous avons pris pour exemple le concours APIMONDIA 2009 organisé en France , dans ce cas les conditions exigées sont une teneur en eau inférieure de 2% au seuil fixé par la législation européenne c'est-à-dire < 18 % et un taux d'HMF < 15 mg/kg .

60 % de nos échantillons répondent à ces critères et donc peuvent théoriquement participer à ce type de concours avec, s'ils sont primés pourquoi pas, les retombées économiques avantageuses qu'ils peuvent tirer d'une telle publicité.

Les méthodes que nous avons adoptées pour notre étude sont employées en analyse de routine au niveau du laboratoire de l'ITELV, sauf la détection des résidus d'antibiotiques par HPLC qui n'y est pas pratiquée (d'où le recours au laboratoire de l'université de Constantine) et la recherche de falsification, méthode qui nous a été décrite au laboratoire du CACQE.

La mesure de la teneur en eau avec les petits réfractomètres portables doit se faire avec précaution parce que mal utilisés ils peuvent donner des résultats erronés.

Les appareils utilisés (conductimètre et pH mètre) sont régulièrement calibrés par le personnel du laboratoire.

Il existe d'autres méthodes de dosage de l'HMF dont une par HPLC, les résultats ne sont pas très éloignés de la méthode de WHITE qui reste une méthode rapide et fiable (BOGDANOV 2004).

Pour la détection et la quantification des résidus d'antibiotiques plusieurs méthodes sont applicables telles que l'HPLC, ou la méthode de criblage Charm-test, certains laboratoires internationaux recourent de plus en plus à des technologies modernes tel que le système de

mesure BIACORE nouvelle technique immunochimique à biodétecteurs optiques adaptée au miel (GATERMANN 2004).

Pour les avoir pratiquées, les méthodes d'analyse du miel sont faciles, relativement peu coûteuses mais nécessitent cependant une formation pour être correctement appliquées.

Il nous est apparu au cours de ce travail que les connaissances techniques en matière d'analyses des miels se révèlent insuffisantes et cela même au niveau des rares laboratoires qui effectuent ce type d'analyses (laboratoire du centre algérien de contrôle de la qualité CACQE et unité miel du laboratoire de l'ITELV).

D'autres laboratoires universitaires effectuent dans le cadre de recherches ou d'études certaines analyses, mais l'absence de coordination entre ces différents laboratoires ne permet pas d'avoir une connaissance approfondie des caractéristiques physico-chimiques des miels algériens, pour cette raison nous jugeons indispensable et urgente la mise en place d'un laboratoire centralisé **spécialisé** dans le domaine de l'apiculture, en effet dans tous les pays qui manifestent un intérêt pour l'apiculture on constate que le point de départ des actions de développement se situe généralement dans un laboratoire de recherche et de diagnostic des maladies des abeilles capable de pratiquer des expertises apicoles courantes et bien entendu des contrôles et des analyses du miel et des autres produits de la ruche.

Un tel laboratoire serait un centre de référence, de renseignement et de documentation pour les chercheurs mais également pour les apiculteurs.

Dans un autre registre, et de manière toute aussi indispensable nous estimons que la conception d'une réglementation régissant l'ensemble du secteur apicole doit l'être avec toutes les parties concernées (coopératives apicoles, associations d'apiculteurs), cette législation comblera le vide législatif actuel et visera à réglementer :

- Toutes les étapes de l'élevage apicole (emplacement des ruchers, transhumances...)
- Les maladies et leurs traitements
- Les traitements phytosanitaires (précautions à prendre lors des traitements des cultures, délimitation des zones délais d'attente entre les traitements et la miellée)
- Les miels, et autres produits de la ruche (leur composition, les paramètres physicochimiques).

Des efforts supplémentaires doivent être effectués en matière de formation et de vulgarisation des apiculteurs, en effets nous avons eu à constater que de nombreux ruchers distribués à des particuliers en zone rurale (région de Bouira) dans le cadre du PNDA n'ont pas atteint leurs objectifs en termes de production de miel.

Les discussions que nous avons eu avec des apiculteurs nous ont amenées à penser que des erreurs dans les étapes de fabrication du miel sont parfois commises par méconnaissance de certaines règles d'hygiène de base ,pour cela il serait souhaitable de mettre à leur disposition des guides de bonne pratique d'hygiène des mielleries (locaux d'extraction, de stockage et de conditionnement du miel) permettant de maîtriser les risques qui affectent la sécurité sanitaire humaine et des guides de bonnes pratiques apicoles.

Enfin les analyses que nous avons effectuées sur les miels des régions de la Mitidja et de Kabylie nous ont amené à penser que ces miels de part leur qualité physico-chimique (mais aussi gustative) méritent de faire l'objet de labellisation d'origine soit régionale ou florale ce qui permettra de garantir une exploitation basée sur la qualité et la traçabilité, pour cela bien entendu d'autres études doivent être entreprises sur un plus grand nombre d'échantillons afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques spécifiques de ces miels et leurs spectre pollinique.

Il serait également fortement souhaitable que les professionnels de l'apiculture (associations, coopératives et chambres de l'agriculture) s'associent pour la mise au point d'une liste d'appellations précises pour uniformiser l'étiquetage des miels en effet la dénomination de ce produit, en dehors de toute réglementation est libre et donc dans ce domaine tous les dépassements sont malheureusement possibles.

D'autres études sur les miels provenant des autres régions du pays sont nécessaires pour une connaissance complète.

Conclusion :

Il est évident que l'utilité d'une apiculture très développée en Algérie n'est pas discutable. L'Algérie est un pays traditionnellement grand consommateur de miel et ses possibilités de production sont très importantes grâce à son climat et à ses ressources mellifères.

Sur l'échantillonnage analysé il ne nous est pas permis de tirer des conclusions générales sur l'ensemble des miels algériens, Il serait souhaitable qu'un nombre plus important d'échantillons soit traité. Toutefois, nos résultats, confirment ceux trouvés pour des miels analysés dans le cadre d'autres précédents travaux.

Sur les 50 échantillons traités, les résultats des analyses physico-chimiques montrent que 74% des échantillons examinés correspondent aux normes codex étudiées, alors que 26% d'entre eux présentent un ou plusieurs défauts.

Les taux en acidité libre (14 % de non conformité) et en Hydroxy-méthyle –Furfural (12% de non conformité) sont les paramètres qui doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part des apiculteurs afin d'assurer une conformité du miel produit.

Au cours du long cheminement qui conduit le nectar de la fleur au pot, certaines étapes sont déterminantes pour la qualité du produit final, pour cela les apiculteurs doivent respecter les règles de pratiques apicoles modernes afin de garantir au consommateur un miel répondant à des critères de qualité objectifs. Pour les aider dans cette démarche, il serait souhaitable que des guides qui indiquent étape par étape des conseils qui permettent de limiter les risques de contamination et de dégradation de ce noble produit soient à leur disposition.

Qualitativement le miel Algérien peut concurrencer les miels de grands pays producteurs mais cela nécessite une mise à niveau de la filière intégrant toute la chaîne alimentaire et axée principalement sur :

- Une assise réglementaire en adéquation avec les normes internationales.
- L'installation de laboratoires de contrôle normalisés pour les analyses du miel.
- La formation de tous les acteurs de la filière.
- Une organisation professionnelle.
- Une démarche qualité à travers la labellisation de certains produits et la promotion de l'exportation.

Références Bibliographiques:

- 1- ALMANSOURI M.** 2007."Analyse sensorielle descriptive de miels".IN: BRUNEAU ETIENNE Différentes classes d'arome des miels. [En ligne] Adresse URL : <http://www.cari.be> .Page consultée le 19/02/2008.
- 2- ALTMANN G. A.** 1983 . Enquête sur la présence des métaux lourds dans le miel de la région de Stolberg IN: BOGDANOV S. Les contaminants des produits des abeilles. *Apidologie*37.2006.1-18 .(PDF).[En ligne] Adresse URL : <http://www.edpsciences.org> .Page consultée le 01/12/2007.
- 3- Anonyme.** 1976. Institut agronomique de Mostaganem. Apiculture en Algérie. Novembre.75 p.
- 4- Anonyme.** 2000. Directive européenne EC 2000b.
- 5- Anonyme.** 2001.CODEX STANDARD 12-19811. Norme adoptée en 1981. Révisions en 1987 et 2001.
- 6- Anonyme.** 2001. Directive 2001/110/ce du conseil du 20 Décembre 2001 Relative au miel.
- 7- Anonyme.**2001. Syndicat des producteurs des miels de France (SPMF). Falsification des miels. [En ligne] Adresse URL : <Http://www.beekeeping.com>. Page consultée le 29/03/2008
- 8- Anonyme.** 2002. Bulletin de liaison du Centre National du Développement Apicole. 2002. Numéro 4 Janvier.
- 9- Anonyme.** 2002. Directive européenne n° 2002/69/CE du 30 Janvier 2002.
- 10- Anonyme.**2002. **HIRSCH M.** 2002.Avis de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments relatif à l'évaluation du risque éventuel lié à la présence de résidus de tétracyclines et de streptomycine dans le miel Saisine n° 2002-SA-0126.[En ligne] Adresse URL : <http://www.beekeeping.com>.Page consultée le 29/03/2008.
- 11- Anonyme.** 2005. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Communication des cadres pour la lutte antiacridienne .Février .
- 12- Anonyme.** 2006. Food and nutrition paper. Manuals of food quality control. Food and agriculture organization of the united nations.Rome..
- 13- BIRI M.** 1999.Le grand livre des abeilles l'apiculture moderne. VECCHI Paris. 190.260p
- 14- BOGDANOV S., FLURI P.** 2000, (centre suisse de recherches apicoles).Qualité du miel et résidus d'Antibiotiques. *L'Ape* (7/8) 8-11. (PDF). [En ligne] Adresse URL : www.db-alp.admin.ch.Page consultée le 02/12/2007.
- 15- BOGDANOV S.** 2002.Méthodes harmonisées de la commission internationale du miel (IHC). (PDF).[En ligne] Adresse URL : www.agroscope.admin.ch.Page consultée le 03/11/2007.

- 16- BOGDANOV S. BIERI K. GREMAUD G.** 2003. Produits apicoles .23 A miel. (PDF). [En ligne] Adresse URL : www.alp.admin.ch. Page consultée le 28/02/2009.
- 17- BOGDANOV S.** 2006. Les contaminants des produits des abeilles. *Apidologie* 37..1-18. (PDF). [En ligne] Adresse URL : <http://www.edpsciences.org>. Page consultée le 01/12/2007.
- 18- BRUNEAU E.** 2007. Les analyses du miel. [En ligne] Adresse URL : <http://www.cari.be>. Page consultée le 01/12/2007.
- 19- FERRAH A.** 2005 .Aides publiques et développement de l'élevage en Algérie, contribution à une analyse d'impact (2000-). [En ligne] Adresse URL : <http://www.gredaal.com>. Page consultée le 14/10/2007.
- 20- GATERMANN R.** 2004. Revue eurofins n°15 (05)0. [En ligne] Adresse URL : <http://www.eurofins.fr> .Page consultée le 04/01/2008.
- 21- GONNET M.** 1982. Le miel. Composition, propriétés, conservation. OPIDA. France. 31 p.
- 22 - GONNET M. AUBERT S.** 1983. Mesure de la couleur des miels . *Apidologie* . 14(2)105-118. (PDF). [En ligne] Adresse URL : www.beekeeping.com. Page consultée le 24/04/2009.
- 23- GONNET M.** 1999. Préserver la qualité des miels . *Revue abeille et fleurs*. [En ligne] Adresse URL : <http://www.beekeeping.com>. Page consultée le 29/03/2008.
- 24 - GOUT J.** 1998. Le monde du miel et des abeilles. Delachauds et Niestlé .Paris .157 p.
- 25 - GUINOT L, LOBREAU-CALLEN D et CLEMENT M. C.** 1996. Les miels. **Méthodes d'analyses chimiques - Département Science de l'Aliment -** Technique de l'ingénieur traité d'agronomie les miels [En ligne] Adresse URL : <http://www.beekeeping.com>. Page consultée le 29/03/2008.
- 26- HADORN H. ZURCHER K. DOEVELAAR F.** 2003. IN :BOGDANOV S. et al .Produits apicoles 23 A miel. [En ligne] Adresse URL : [http://www.23 A miel..](http://www.23A.miel.ch) (PDF). Page consultée le 01/12/2007
- 27- HAMPLAOUI L.** 1998. Analyses physicochimique de quelques miels d'Algérie. Mémoire de fin d'étude .Institut national agronomique.
- 28- KAUFMANN A., KAENZIG A.** 2004. Contamination du miel par un herbicide l'Asulame et son métabolite l'antibiotique Sulfanilamide (), *foodaddit.contam.* 21,564-571. IN :BOGDANOV S., EDDER P. (centre suisse de recherches apicoles). Contamination du miel par un sulfonamide due à l'utilisation d'un herbicide employé en agriculture. (2004). *Revue suisse d'apiculture* 125, 25-29. (PDF). [En ligne] Adresse URL : <http://www.agroscope.admin.ch>. Page consultée le 21/10/2007.
- 29- LE COQ R.** 1965. Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Tome 2 DOIN. Paris. 2185p.

- 30- LINDEN J.(1991).**Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires .Vol 2.LAVOISIER ,Tech & Doc .Paris.520p.
- 31- LOBREAU-CALLEN D. et CLEMENT M.C.**2000.Les miels. Techniques de l'ingénieur .traité agroalimentaire. 20p.
- 32- MAKHLOUFI C.** 2007.Quelques propriétés des miels algériens. APIACTA (42) PAGES 73 – 80. [En ligne] Adresse URL : www.apimondia.org.Page consultée le 19/04/2009
- 33- MARCEAU J .1994.**Les HMF et la qualité du miel .L'abeille. Volume 15 numéros 2 .Service de zootechnie, MAPAQ.[En ligne] Adresse URL : www.agrireseau.qc.ca Page consultée le 24/10/2007.
- 34- MARCHENEY P.** 1983. Les abeilles et le miel .Berger-Levrault .Paris. 88p
- 35 - MOLAN P.** 2005. Publication N°1 p19 vol. 15(). Conseil canadien du miel.
[En ligne] Adresse URL :<http://www.honeycouncil.ca>. Page consultée le 20/04/2008.
- 36- MUINO M.1997.** Acaricide residues in honeys from Galicia.IN :Les contaminants des produits des abeilles. Apidologie37.2006.1-18. (PDF). [En ligne] Adresse URL : <http://www.edpsciences.org>.Page consultée le 01/12/2007.
- 37- MULTON J.L.** 1991.Techiniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Vol4.analyse des constituants alimentaires. Lavoisier TEC et DOC .Paris 450p.
- 38- MUTINELLI F.2003.** European legislation governing the authorisation of veterinary medicinal products with particular reference to the use of drugs for the control of honey bee diseases, Apiacta 38, 156–168).[En ligne] Adresse URL : <http://www.apimondia.org> .Page consultée le 01/12/2007.
- 39- PROST P. J.** 2005.Apiculture, connaitre l'abeille –conduire le rucher. Lavoisier .Paris 382 p.
- 40- RAMSAY 1999.** Honeybees as vectors of GM oilseed rape pollen,IN : Les contaminants des produits des abeilles. Apidologie37.2006.1-18. (PDF). [En ligne] Adresse URL : <http://www.edpsciences.org>.Page consultée le 01/12/2007.
- 41- SCHWEITZER P.** 1998.Sur les sentiers des miels de France. L'Abeille de France. Novembre.IN : PERDRIX L. Critères de qualité du miel .février.[En ligne] Adresse URL : <http://www.zoo-logique.org>.Page consultée le 18/09/2007.
- 42- SCHWEITZER P.** 2001 .L'H.M.F. et les miels. [En ligne] Adresse URL : <http://www.beekeeping.com/abeille> de France. Page consultée le 04/01/2008.

- 43 - TYSSET C., DURAND C.** 1973. De la survie de quelques germes à Gram négatif ou sporules dans les miels du commerce..Bull. Acad. Vet., 46, 191-196.IN :CNDA Infos.Bulletin de liaison du Centre National du Développement Apicole. Numéro 4 Janvier 2002.[En ligne] Adresse URL : <http://www.cnda.asso.fr>.Page consultée le 28/02/2009.
- 44 - TYSSET C.,DURAND C.,** 1979. De la survie de quelques mycobactéries dans les miels du commerce conservés à la température ambiante. Bull. Acad. Vet., 52, 447-452.IN :CNDA Infos.Bulletin de liaison du Centre National du Développement Apicole.Numéro 4 Janvier 2002[En ligne] Adresse URL : <http://www.cnda.asso.fr>.Page consultée le 28/02/2009.
- 45 - WHITE J.** 1962.Composition of American honeys. IN BOGDANOV S.et al .Produits apicoles 23 A miel[En ligne] Adresse URL : www.alp.admin.ch.Page consultée le 28/02/2009.
- 46- WHITE J.**1964 .Effect of storage and processing temperatures on honey quality. food technology 18,153-156 (164).IN BOGDANOV S.et al .Produits apicoles 23 A miel[En ligne] Adresse URL : www.alp.admin.ch.Page consultée le 28/02/2009.
- 47- WHITE J. W., LANDIS W. DONER.** 1980. Honey composition and properties .Beekeeping in the United States agriculture handbook .number 335.[En ligne] Adresse URL : <http://www.beekeeping.com>.Page consultée le 08/05/2008.
- 48- WILLE, H.** 1967. Was ist von der Sanierung der böartigen Faulbrut mit Heilmitteln zu halten schweiz.bienen-z.90(2):1-6. (Ce qui est à retenir de l'assainissement de la couvée atteinte de nosémosse traitée avec des médicaments).IN :BOGDANOV S., FLURI P, (centre suisse de recherches apicoles). Qualité du miel et résidus d'Antibiotiques. 2000, l'Ape (7/8) 8-11. (PDF)[En ligne] Adresse URL : www.db-alp.admin.ch.Page consultée le 02/12/2007.

Résumé :

Le miel est la substance naturelle sucrée produite par les abeilles mellifiques à partir du nectar de fleurs ou des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou d'excrétions d'insectes laissées sur les parties vivantes de plantes. L'Algérie en dépit de ses potentialités (florale et climatique) reste un pays très faiblement producteur de miel. Le but de ce travail était d'étudier par analyse physicochimique quelques propriétés de 50 échantillons de miel provenant de la région nord centre de l'Algérie, afin d'évaluer leur qualité et vérifier leur conformité avec les normes internationales, les paramètres retenus sont la teneur en eau, le taux d'hydroxy- méthyle -furfural, l'acidité libre, le pH, la conductivité électrique, la coloration; les résidus de 03 antibiotiques et la recherche de falsification.

74% des échantillons analysés correspondent aux normes codex, ce chiffre peut être augmenté par la prise au niveau national de certaines mesures que sont la mise en place d'une réglementation nationale incluant des normes pour les miels algériens, la création d'un laboratoire de référence pour l'apiculture et les produits de la ruche, la mise en place d'un système de labellisation accompagné de guide de bonne pratique d'apiculture et de production.

Mots clefs : miel, analyses physicochimiques, qualité, Algérie.

Abstract :

Honey is considered as the sweetened natural substance which is produced by mellifluous bees from the flowers nectar, the plants alive parts or the insects excretions generally left on the same parts.

Though, Algeria possesses floral and climatic potentialities; it remains a low honey producer. This work, aimed at the study of certain characteristics of fifty (50) honey samples gathered in the central northern part of Algeria through a physicochemical analysis to evaluate their quality, and check their conformity with the international standards, we took into consideration the following parameters: water content, Hydroxy-methyl-furfural rate, free acidity, the pH electric conductivity, coloring, the residues of 03 antibiotics, and the falsification research.

Among the samples analysed, 74 % correspond to codex standards. This latter may increase first if certain measures such as a national regulation including standards for Algerian honey, a referential beekeeping and hive products laboratory are produced. Next, the installation of a labeling system followed by a guide for a good practice of beekeeping and production.

Key words : Honey, physicochemical analysis, quality, Algeria.

ملخص :

العسل هو مادة طبيعية سكرية ينتجها نحل العسل، وذلك باستعماله لطلع الأزهار أو المواد التي تفرزها الأنسجة الحية لبعض النباتات أو بعض الإفرازات التي تتركها الحشرات في الأجزاء الحية من النباتات، بغض النظر عن ثروتها النباتية (الزهور) و طبيعة مناخها تبقى الجزائر ذات إنتاج ضعيف جدا لمادة العسل، إن الغرض من هذا العمل يتمثل في إنجاز دراسة عن طريق تحاليل فيزيائية وكيمائية ل 50 عينة من العسل تم جمعها من المنطقة الشمالية الوسطى للجزائر، وذلك من أجل تحديد نوعيتها ومدى تطابقها مع المعايير الدولية من حيث درجة التثبع بالماء، نسبة الهيدروكسيميثيل فيرفيرال (HMF)، الحموضة الحرة، درجة الـpH، التوصيل الكهربائي، اللون ، بقايا ثلاثة مضادات حيوية مع البحث عن أي غش محتمل.

لقد أسفرت هذه الدراسة على أن 74 % من العينات التي تم تحليلها تتطابق مع المعايير المحددة في سجل CODEX، غير أنه من الممكن رفع هذه النسبة عن طريق اتخاذ تدابير معينة على المستوى الوطني مثل سن تقنين وطني يتضمن مواصفات محددة لمادة العسل الجزائري، كما يمكن كذلك إنشاء مخابر تكون بمثابة مراجع لنشاط تربية النحل و منتجات الخلية مع وضع مقياس للجودة مصحوب بدليل مفصل لأحسن الوسائل والطرق لتربية النحل وإنتاج العسل.

مفتاح الكلمات: العسل- تحاليل فيزيائية وكيمائية – جودة – الجزائر.