

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
الحراش - الجزائر
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
El Harrach – Alger

THESE

Présentée en vue de l'obtention du
Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques

Etude physico-chimique et palynologique des principaux miels d'Algérie : Etablissement des normes de référence

Par

Mme Djamila Bouchema–Benaziza

Soutenue devant le jury composé de :

Mme. Doumandji-Mitiche B. Professeur, ENSA El Harrach Président

Mr. Toumi M. Maître de conférences, ENS Kouba Rapporteur

Mr. Yakhlef H. Professeur, ENSA El Harrach Examineur

Mr. Baz A. Professeur, ENS Kouba Examineur

Décembre 2010

Dédicaces

A la mémoire de mon très cher père
A la mémoire de mon frère Mohamed
A la mémoire de mon Beau-père
A la mémoire du Professeur Belkacem Azzout

A mon époux, A mes enfants: Nour El Houda, Amina, Imène,
Mouad et Leila-Ikrame

A ma famille

Je dédie ce travail

Remerciements

J'exprime mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation et à l'achèvement de ce travail.

Mes premiers remerciements sont pour Monsieur le défunt Professeur Azzout Belkacem qui a tout de suite accepté mon encadrement et qui sans lui je n'aurais pu entamer ce travail.

A Monsieur Toumi Mohamed Maître de conférences à l'E.N.S. de Kouba de n'avoir pas hésité à poursuivre la direction de ce travail. Je le remercie pour ses précieux conseils, son aide et sa disponibilité.

A Monsieur Paul Schweitzer, Directeur du laboratoire d'écologie et d'analyses apicoles de Lorraine pour m'avoir permis d'effectuer les analyses nécessaires à mon travail et pour avoir mis à ma disposition tous les moyens indispensables, je le remercie encore une fois pour ses orientations et sa disponibilité.

A Madame Sévrine Duval chargée des analyses des miels au CETAM- France – pour son aide lors des analyses.

A mon amie Martine Clausset secrétaire au C.E.T.A.M. pour ses déplacements sur les ruchers écoles, ses visites sur les différents sites de production du miel, pour toutes les revues reçues, pour m'avoir considéré comme une sœur et pour m'avoir soutenu tout au long de ce travail.

A Madame Doumandji-Mitiche B. Professeur à l'ENSA El Harrach pour m'avoir fait l'honneur de présider ce travail.

A Monsieur Yakhlef Hassène Professeur au département des Productions Animales de l'ENSA d'El-Harrach d'avoir accepté d'examiner ce travail.

A Monsieur Baz Ahsène Professeur à l'E.N.S. de Kouba d'avoir accepté d'examiner ce travail et pour m'avoir soutenu moralement pour venir à bout de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères à Monsieur Sabaou N. Professeur à l'ENS de Kouba pour son aide et les corrections de la publication.

Je remercie également Monsieur Méraghni Abdelhamid Directeur de l'ENS, tout le personnel du département des Sciences Naturelles ainsi que toute l'équipe du laboratoire d'agronomie de l'ENS de Kouba.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Cordialement
Mme Benaziza-Bouchema Djamila

Sommaire

	Page
Introduction Générale	1
PARTIE I : Le miel, composition et propriétés	3
1. Place de l'apiculture dans les productions animales en Algérie	4
Définition du miel	
2. Définition du miel	5
.....	
3. Origine du miel.....	5
4. Les différents types de miels.....	9
5. Formation du miel	9
6. Composition et propriétés du miel	10
PARTIE II : Substances étrangères et contaminants du miel	26
1. Impuretés sous forme de particules	27
2. Sels minéraux et oligo-éléments	27
3. Médicaments et traitements vétérinaires	27
4. Pesticides et hydrocarbures halogénés	28
5. Falsification du miel.....	28
PARTIE III : Caractérisation pollinique du miel (Méliko-palynologie)	31
1. Généralités	32
2. Nomenclature utilisée pour la description des grains de pollen.....	33
3. Les grands types de pollen	37
4. Les Méthodes utilisées en Méliko-palynologie.....	41
5. Les problèmes posés en méliko-palynologie	42
PARTIE IV : Matériels et méthodes d'analyse des miels étudiés	53
Introduction	54
1. Les échantillons de miel	55
2. Présentation des zones d'étude	55
3. Analyses physico-chimiques	57
4. Analyse pollinique des échantillons de miel	64
PARTIE V : Résultats et discussion	67
1. Analyses physico-chimiques	68
1.1. Les échantillons de miels des régions du Nord	68
1.2. Les échantillons de miels de la région de Djelfa	84
2. Analyses polliniques	102
2.1. Les échantillons de miel des régions du Nord	102
2.2. Les échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa	108
Discussions.....	112

Conclusion et perspectives	117
Bibliographie	119
Annexe	133
Liste des abréviations	197
Liste des tableaux	198
Liste des figures	200

Introduction générale

Plusieurs auteurs dans le monde ont proposé l'étude des hydrates de carbone, principaux constituants du miel, par des techniques chromatographiques (Cordella et coll., 2005). La plupart de ces travaux ont visé la détermination de l'authenticité du miel sur le plan botanique ou la provenance géographique.

En Algérie, un seul travail a abordé les caractéristiques physico-chimiques et palynologiques des miels de la région de Bejaïa (Ouchemoukh et coll., 2007).

Le problème de la détermination de l'origine botanique des miels est trop complexe pour être, dans tous les cas, résolu par l'utilisation d'un seul critère, l'analyse pollinique associée à de nombreux éléments d'ordre physico-chimique permet d'émettre sur l'origine botanique un jugement d'ensemble valable et c'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail.

La Commission européenne (Conseil directive 2001/110/CE) encourage l'utilisation de méthodes d'analyse pour déterminer l'authenticité des miels. Bien que différentes procédures telles que l'analyse isotopique (Cotte et coll., 2003; White, 1992) ou de spectroscopie (Kelly et coll., 2004; Kelly et coll., 2006) et des méthodes calorimétriques (Cordella et coll., 2002) ont été utilisées pour déterminer l'authenticité du miel. La composition chimique d'un seul miel est d'une grande complexité, Sato et Miyata(2000) rapportent que les miels contiennent plus de 181 substances dont certaines sont toujours présentes dans le miel, c'est le cas de l'eau, des sucres et des acides organiques, ces substances se trouvent dans le miel dans des proportions qui varient plus ou moins autour des valeurs moyennes mais dans des limites assez bien connues.

A cause de sa haute valeur nutritionnelle et l'unique saveur caractéristique naturelle du miel, son coût est beaucoup plus important que celui de tout autre édulcorant et il peut, par conséquent, être une cible de falsification (Sivakesava et Irudayaraj, 2002). Certaines fraudes du miel impliquent l'ajout de préparations à base de sucres complexes ou simples qui peuvent être modifiés pour simuler la nature du profil glucidique du miel.

Afin d'augmenter leurs gains les apiculteurs utilisent plusieurs produits lors des fraudes tels que les sirops de maïs ou les sirops de fructose (Swallow et Low, 1994).

Toutefois, les variations des hydrates de carbone dans le miel et les similitudes avec la composition du sirop de sucre rendent difficile la détection de ces adultérations (Kushnir, 1979). En Algérie, l'absence d'une législation rigoureuse permettant de protéger les miels de toute tentative de fraude ou de spéculation est due à la méconnaissance de la composition de nos miels.

Les miels de la région de Djelfa récemment découverts par nos apiculteurs sont très appréciés par les consommateurs et posent actuellement un sérieux problème d'identification lors de leur commercialisation, il en est de même pour les miels des régions du Nord. Nous avons jugé impératif d'établir les caractéristiques physico-chimiques et palynologiques des principaux types de miel de notre pays et de pouvoir les comparer afin d'établir les similitudes et les différences avec les miels des différentes régions et comparer les normes obtenues avec les normes Européennes ou Internationales afin de pouvoir mettre sur le marché national ou international un produit dont les caractéristiques sont connues.

Il s'agira d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et palynologiques de la grande diversité des miels de notre pays et de mettre en place des normes répondant aux conditions particulières de nos régions.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui vise l'établissement des normes d'identification des principaux miels mono floraux de notre pays à savoir les wilayates du nord et la wilaya de Djelfa.

Les critères de caractérisation retenus sont : la teneur en eau, la teneur en hydroxyméthyl furfural (HMF), la conductibilité électrique, le pH, l'acidité totale, les sucres ainsi que l'activité diastasique (l'amylase).

Cette étude permettra aussi de vérifier la qualité et l'appellation de ces miels par l'analyse palynologique.

Ce travail est présenté en cinq parties, la première partie traitera du miel, sa composition et ses propriétés, une deuxième partie abordera les substances étrangères et les contaminants du miel suivie de la caractérisation pollinique des miels comme troisième partie puis en quatrième partie le matériel et méthodes utilisées pour l'analyse des miels étudiés et enfin une cinquième partie comportant les résultats et discussions. Une conclusion et des perspectives viendront clore cette étude.

PARTIE I
Le miel, composition et propriétés

1. Place de l'apiculture dans les productions animales en Algérie

Le secteur de l'agriculture a mis en place durant l'année 2000 une stratégie opérationnelle de développement agricole (PNDA) élargie, à partir de 2002, au domaine rural à la faveur de nouvelles attributions confiées par le Gouvernement au Ministère de l'agriculture et du Développement rural. Dans ce contexte une attention a été donnée aux productions apicoles et en particulier à la mise en place de ruches modernes et à la production de miel.

Les quantités de miels produits en 2002 étaient en hausse par rapport à l'année 2001 (+ 22%) et par rapport à la moyenne des années 1991- 2000 (Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information, 2003) (tableau 1).

Tableau 1 : Evolution de la production de miel de 1986 à 2002

Production	1986/1995	2000	2001	2002	Taux de croissance 2001/2002
Miel (tonne)	1500	1100	1600	1950	22%

La moyenne du nombre de ruches entre l'année 1999 et 2004 était de 551209 ruches. En 2005 l'effectif apicole a atteint 916860 ruches soit une progression de 2,8% par rapport à l'année 2004 (tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de ruches sur le territoire National (Ministère de l'agriculture, juillet 2006)

Espèce	Moyenne 1999 /2004	Effectif				
		2002	2003	2004	2005	Evolution 2004/2005
Ruches	551209	565686	718503	891497	916860	2,8%

Selon la même source l'évolution de la production de miel s'est effectuée de l'année 2002 à 2005 comme suit (tableau 3).

Tableau 3 : Evolution de la production de miel (Ministère de l'agriculture, juillet 2006)

Production	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Miel (tonne)	1100	1600	1950	2051	2800	2666

La production de miel à la fin de l'année 2005 a été estimée à 2666 tonnes contre 2800 tonnes en 2004 soit une baisse de 4,8%. Cette baisse de production est due essentiellement à un bilan pluviométrique avec une tendance à la sécheresse qui a sévi pratiquement sur toutes les régions de notre pays.

2. Définition du miel

la Commission du Codex Alimentarius a modifié la définition de miel comme étant la substance sucrée produite uniquement par les abeilles mellifiques à partir du nectar des fleurs ou des sécrétions provenant des parties vivantes de plantes ou se trouvant sur elles, qu'elles butinent, transforment et combinent avec des matières spécifiques provenant de leur propre corps et emmagasinent dans les rayons de la ruche (CAC, 2001).

3. Origine du miel

Le miel est une nourriture naturelle élaborée par les abeilles mellifères à partir des sucres produits par des végétaux et est constitué principalement d'hydrates de carbone. C'est un produit très apprécié depuis la nuit des temps à cause de ses différentes propriétés telles que entre autres les propriétés prébiotiques (Sanz et coll., 2005), antioxydantes (Frankel et coll., 1998), antibactériennes (Weston et Brocklebank, 1999) et antimutagènes (Wang et coll., 2002).

Le miel est un des mélanges les plus complexes de glucides et d'autres composants produit dans la nature. C'est un aliment énergétique très important et est utilisé comme un ingrédient dans des centaines de produits alimentaires fabriqués, principalement dans des produits à base de céréale, pour sa douceur, sa couleur, sa saveur et sa viscosité (LaGrange et Sanders, 1988). Il est élaboré par les abeilles à partir des sucres produits par des végétaux, il y a essentiellement deux types de productions sucrées exploitées par les abeilles : le nectar et le miellat (Gonnet et Vache, 1985). C'est un produit dont la composition et les caractéristiques présentent d'importantes variations liées à son origine géographique et botanique (Ma-Teu et coll., 1993), ses principales caractéristiques étant déterminées directement par l'origine botanique du nectar butiné par les abeilles.

3.1. Le nectar

Les abeilles butinent le nectar des fleurs qui est constitué d'eau sucrée (80% d'eau et 20% de sucre environ). La transformation du nectar en miel repose sur le principe de la trophallaxie c'est-à-dire l'échange de la nourriture d'une ouvrière à une autre. Le passage du nectar d'abeille en abeille par suite de régurgitation et d'absorption va permettre sa concentration. De plus, les abeilles incorporent au nectar des sécrétions de leurs glandes salivaires riches en ferments, en diastases (invertases principalement) qui vont transformer les polysaccharides du nectar en sucres simples. Le miel ainsi obtenu est entreposé dans les alvéoles où il s'affine: c'est la maturation. Un peu d'eau va encore être éliminée grâce la ventilation effectuée par les ailes des abeilles. Toutes ces étapes ont en fait permis d'inverser les proportions en sucre et en eau du nectar en miel (Gonnet et Vache, 1985).

Le nectar, ce liquide sucré qui est la principale source du miel des abeilles, se produit à la surface des parties spéciales de la plante appelées nectaires. Deux types de nectaires sont distingués : les nectaires floraux qui font partie de la fleur et les nectaires extra floraux qui peuvent se trouver sur d'autres organes de la plante. La concentration en sucres totaux du nectar est très variable: 2,5% chez *Fritillariaimpérialis*, 15% chez le *prunier*, 35% chez le *pommier*, 53% pour la *moutarde blanche*, 46% *moutarde jaune*, 76% pour *Origanum vulgare* (Gonnet, 1982). Cette concentration joue un rôle important dans le butinage, les plantes dont le nectar est très riche en eau (faible concentration en sucres) sont réputées peu attractives pour les abeilles. Les abeilles ne visitent pas les fleurs dont la concentration en sucre est inférieure à 10% (Dumas (1984). Ces sucres sont représentés essentiellement par du saccharose, du fructose et du glucose (Tableau 4).

Tableau 4 : Composition des sucres du nectar chez quelques espèces de plantes en pourcentage (Dumas, 1984)

Nom de la plante	Fructose	Glucose	Saccharose
<i>Hippocastanacée</i>			
<i>Aesculus hippocastanum</i>	2,6	1,1	96,3
<i>Rosacées</i>			
<i>Pyrus communis</i>	41,3	54,8	3,9
<i>Pyrus malus</i>	15,8	15,8	68,4
<i>Prunus avium</i>	22,2	21,1	56,7
<i>Prunus cerasus</i>	42,1	40,0	17,9
<i>Prunus domestica</i>	35,3	33,9	30,8
<i>Rubus idaeus</i>	49,7	48,8	1,5
<i>Légumineuses</i>			
<i>Robinia pseudocacia</i>	33,6	9,7	56,7
<i>Trifolium repens</i>	13,3	16,4	70,3

Plusieurs auteurs (Maurizio, 1979 ; Rabiet, 1984 et Jean-Prost, 1972) s'accordent pour dire que la quantité et la concentration du sucre dans le nectar sont fortement influencés par le milieu extérieur : ensoleillement, vent, hygrométrie, température ainsi que les facteurs propres aux sols, les fumures organiques ou minérales qui y sont apportées (Tableau 5). L'importance des facteurs endogènes sur la sécrétion nectarifère est mal connue ; peu d'études lui sont consacrées (Gonnet, 1971).

3.2. Le miellat

Le miellat est un produit plus complexe que le nectar faisant intervenir un intermédiaire, généralement un puceron, qui pique le végétal, se nourrit de sa sève et rejette l'excédent de matières sucrées sous forme de gouttelettes que les abeilles récupèrent sur les feuilles des plantes qui hébergent les pucerons ; souvent des arbres tels que les sapins, les épicéas, les chênes, les érables et les tilleuls mais aussi les plantes herbacées (Gonnet, 1982). Les pièces buccales de l'abeille ne lui permettent pas de prélever directement la sève élaborée des végétaux, mais d'autres insectes le peuvent. Ils appartiennent à l'ordre des rhynchotes et possèdent des pièces buccales piqueuses formant un rostre. Parmi ceux-ci seuls les suceurs de phloème sont des producteurs de miellat, appelés communément « pucerons », il s'agit en fait de coccoïdes ou cochenilles, d'aleurodes, de psylles, d'aphidiens et de cicadinés.

Le miellat a une composition différente des miels de fleurs. Il renferme une grande quantité de sucres supérieurs (exemple le mélézitose) et peu de glucose et de fructose (Maurizio, 1968 ; Doner, 1977).

Tableau 5 : Les différents facteurs de la production mellifère

Les différents facteurs	Observations	Auteurs
Moment de la journée	De nombreuses fleurs fournissent du nectar surtout le matin (exemple <i>Helianthus</i> , <i>Origanum</i> , <i>Salvia</i>) et le soir (<i>Tilia</i>)	Maurizio (1979)
Humidité de l'air	si l'humidité de l'air est élevée le nectar est généralement sécrété en grande quantité mais contenant peu de sucre. En air sec, le nectar diminue mais la concentration en sucre augmente. Ce phénomène est dû à l'effet hygroscopique du sucre contenu dans le nectar.	Maurizio (1979)
Température	La sécrétion nectarifère ne commence pas aux dessous de certaines températures, le seuil critique varie selon les espèces : Tilleul et sainfoin 15°C, <i>Trifolium repens</i> 23°C.	Crane (1979)
Nature du sol	Le volume du nectar varie avec la texture du sol, une même plante peut être nectarifère sur un sol calcaire et l'être beaucoup moins sur un sol siliceux ou inversement. Exemple : la moutarde blanche a donné plus de nectar sur les terrains calcaire_sableux et calcaires que sur un terrain argileux.	Layens et Bonnier (1987)
Humidité du sol	La quantité du nectar augmente avec la quantité d'eau absorbée par les racines, elle atteint 45 à 75 %	Maurizio (1979)
Les fumures organiques ou minérales	Les engrais phosphatés ou potassiques favorisent la floraison donc la sécrétion nectarifère alors que l'azote lui nuit. L'addition du calcium et magnésium a un effet positif sur <i>Trifolium pratense</i> , mais n'a pas d'effet sur <i>Brassica napus var. Oleifera et phacelia</i> .	Rabiet (1984)
Le climat	La même plante peut être mellifère dans une contrée et ne pas l'être dans une autre. Le trèfle blanc est beaucoup plus mellifère en Angleterre qu'en France.	Jean-Prost (1972)
Latitude et altitude	La puissance mellifère d'une plante augmente avec la latitude. Une même plante produit beaucoup plus de nectar en altitude que dans la plaine	Layens, Bonnier (1987) et Signorini (1978)
Intensité du butinage	Si une fleur est visitée par les abeilles, elle aura produit plus de nectar que si elle n'avait pas été visitée.	Layens et Bonnier (1987)

4. Les différents types de miels

Talpay (1985) précise que pour l'appréciation des sortes de miel, il faut tenir compte des propriétés chimiques, sensorielles et polliniques. On désigne par miel monofloral les miels qui proviennent principalement d'une fleur ou d'une plante.

4.1. Miel unifloral

Du point de vue théorique, un miel unifloral est un miel récolté par les abeilles sur une espèce végétale unique. Dans la nature, de tels miels peuvent être considérés comme exceptionnels ; il est en effet, extrêmement rare que l'abeille ne trouve à sa disposition qu'une espèce végétale mellifère à un moment donné. Les miels à dominante sont les conséquences de la proximité et de l'abondance d'une espèce végétale mellifère et des circonstances favorables à la pollinisation (température et vent)(Talpay, 1985).

4.2. Miel multifloral

Miel provenant du nectar de plusieurs espèces de fleurs (miel de toutes fleurs) sans dominance nette d'une plante particulière.

5. Formation du miel

Les abeilles recueillent le nectar ou le miellat et avant de le stocker dans leur ruche sous forme de miel, leur font subir des modifications.

Ces solutions sucrées sont mélangées à des sécrétions salivaires riches en enzymes et contenant notamment une gluco-invertase qui scinde le saccharose du nectar en glucose et en fructose, qu'on dénomme sucre interverti (Prost, 1972). La transformation ou l'inversion s'exprime par l'équation suivante : $C_{12}H_{22}O_{11} + H_{20} \Leftrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

Saccharose + eau \Leftrightarrow glucose + fructose

L'influence des diastases de l'abeille apparaît comme essentielle, ce n'est que dans de rares cas que les miels mûrs laissent percevoir l'influence du spectre des sucres de nectar d'origine. Cette influence se manifeste surtout par les proportions des hexoses comme chez les *Labiées* et chez *Epilobium* par du fructose, chez *Brassica napus*, *Myosotis sp.* et *Tilia cordata* par la dominance du glucose, par une plus haute teneur en saccharose chez *Lavandula*, *Salvia*, *Rosmarinus*, *Medicago*, *Onobrychis* et *Calluna* et par l'apparition des sucres rares comme le mélézitose dans le miellat de certaines plantes telles *Larix*, *Tilia Picea* et le mélèze (Louveaux 1968 a).

Le processus de la préparation du miel commence quand la butineuse rentre à la ruche remet à une abeille de l'intérieur la goutte de matière première. La matière première circule très vite

d'une abeille à l'autre, et que les faux bourdons participent, à côté des ouvrières, à l'élaboration de la nourriture.

Pendant la succion et la réception dans le jabot, la salive, les sécrétions des glandes labiales, thoraciques et pharyngiennes se mélangent à la goutte de matière première. Plus cette dernière circule, c'est-à-dire plus il y a d'abeilles qui participent à son élaboration et plus il y a un enrichissement en sécrétions glandulaires et ferments.

Le nombre de passages d'une abeille à l'autre que la matière première subit pendant le processus de maturation dépend de l'intensité de récolte et de la force de la colonie. C'est ainsi que pendant une forte récolte, la matière première est déposée dans les cellules après peu de passages, tandis que lors d'une récolte modérée, elle parcourt une plus longue chaîne et est travaillée plus à fond (Maurizio, 1968). La concentration en sucres et l'appauvrissement du nectar en eau vont de pair ; ce dernier s'opère en deux temps où les abeilles prennent une part active et le second passif qui repose sur l'évaporation de l'eau dans les cellules comme suit : une abeille refoule le contenu de son jabot dans un alvéole ; la goutte de liquide sucré s'étale et perd de l'eau par évaporation ; elle est resucée, refoulée, resucée, et ainsi de suite plusieurs fois pendant 15 à 20 minutes. Ces manœuvres étalent la goutte et la concentrent jusqu'à une teneur en eau de 40% à 50%.

Dans les rayons, pendant plusieurs jours, ce liquide sucré qui est exposé à une température de 36-37 °C et à une bonne ventilation, laisse évaporer passivement son eau. Lorsque la teneur en eau atteint en moyenne 17 à 18%, les abeilles operculent les cellules contenant du miel (Maurizio, 1968 ; Jean-Prost, 1972 et Gonnet, 1982). La récolte du miel par l'apiculteur a lieu généralement après une miellée (qui correspond à la période de production de nectar par la flore susceptible d'en fournir) et lorsque les 3/4 des alvéoles des rayons de cire sont operculés (Donadieu, 1984).

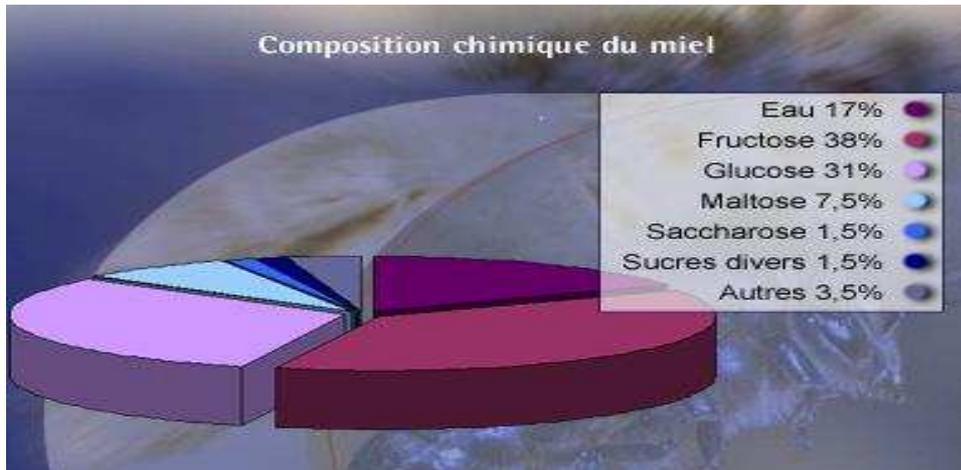
6. Composition et propriétés du miel

6.1. Composition et propriétés chimiques essentielles

La composition chimique d'un miel est d'une grande complexité. Elle est liée à divers facteurs parmi lesquels la nature du sol et le mode de conservation, la race d'abeilles, ainsi que l'état physiologique de la colonie. C'est un produit qui n'est pas stable ; il évolue de façon continue au cours du temps. La probabilité pour rencontrer deux miels de composition rigoureusement semblable est faible (Louveaux, 1968b). En général, le miel contient un très grand nombre de substances appartenant à des familles diverses et dont l'inventaire n'est pas terminé.

Selon Gonnet (1982), Certaines substances sont toujours présentes dans le miel, tels que l'eau, les sucres et les acides organiques.

Figure 1 : Composition chimique du miel (Guerriath, 1996).



6.1.1. L'eau

La teneur en eau se situe dans la plupart des cas entre 15-20 g/100 g de miel. Les miels de bruyère en particulier sont très riches en eau et peuvent en contenir jusqu'à 23 g/par 100 g de miel. Pour des raisons de conservabilité, la teneur en eau ne devrait pas dépasser 19 g/100 g de miel, étant donné que dans le cas contraire il existe un risque de fermentation à la surface. Les teneurs en eau élevées sont à mettre au compte d'une récolte trop précoce et d'un climat humide. Il existe un lien entre la teneur en eau ou l'activité de l'eau et la teneur en levures. La teneur en levures augmente de 5 fois dans le cas d'un accroissement de la teneur en eau de 1 g/100 g. En dessous d'une teneur en eau de 17 g/100 g, le nombre de levures est si faible qu'il n'existe qu'un très faible danger de fermentation (Stephen 1946).

En pratique, la méthode au réfractomètre s'est imposée pour déterminer la teneur en eau. La teneur en eau du miel est l'une des caractéristiques les plus importantes car elle conditionne la qualité et notamment le mode de conservation. Les miels titrant plus de 21% d'eau (mis à part les miels de callune) sont de basse qualité et fortement exposés à des risques de fermentation (Louveaux, 1976).

La teneur en eau est évaluée par la méthode réfractométrique dont l'avantage est d'être simple et précise. A chaque indice de réfraction d'un miel à 20° C. correspond une teneur en eau (Chataway, 1935).

6.1.2. Les glucides

Ce sont essentiellement les sucres qui représentent la plus grande partie de la matière sèche soit 85 à 95% (Louveaux, 1968b et Gonnet, 1982).

Les différents sucres rencontrés dans le miel sont d'importance extrêmement variable (tableau 6). Nous distinguons des monosaccharides réducteurs ou hexoses tels le glucose et le fructose (anciennement appelés dextrose et lévulose) qui représentent à eux seuls 90% de la matière sèche totale du miel (Gonnet, 1982). Comme il a été déjà signalé ces sucres réducteurs proviennent de l'inversion du saccharose sous l'action de l'invertase. Le fructose prédomine presque dans tous les types de miels à l'exception des miels de *Taraxacum officinale* et *Tricostema lanceolatum* qui contiennent plus de glucose que de fructose (White, 1979).

Le rapport entre le fructose et le glucose imprime au miel ses propriétés physiques et sa valeur calorique (Louveaux, 1968b).

Les miels riches en fructose ne cristallisent pas facilement ; tandis que ceux qui contiennent plus de glucose cristallisent parfois même dans les rayons (Louveaux, 1968b ; Hooper, 1980).

Les Di-tri et polysaccharides représentés surtout par le maltose et le saccharose, ce dernier n'existe dans le miel qu'en faibles proportions. Cette minime fraction est une partie résiduelle ayant échappée à l'action de l'invertine, qui est une diastase à action assez lente.

Le miel renferme également les sucres supérieurs tels que le mélézitose, l'erlose et le raffinose. Louveaux (1968b), Doner (1977) et Gonnet (1982) affirment que ces sucres sont présents naturellement dans le nectar ou élaborés dans le miel à partir des sécrétions de l'abeille.

Sucres	Moyenne (%)	Valeurs extrêmes (%)
--------	----------------	-------------------------

Tableau 6 :
moyenne en
échantillons
de miels
(White et

Lévuiose	38.19	27.25–44.26
Glucose	31.28	22.03–40.75
Saccharose	1.31	0.25–7.75
maltose (disaccharides réducteurs)	7.31	2.74–15.98
Sucres supérieurs	1.50	0.13–22.90
Pour une teneur en eau de	17.20	13.40–22.90

Composition
sucres de 490
américains
coll., 1962)

Le dosage des sucres peut être effectué par chromatographie en couche mince, par chromatographie sur papier, par dosage chimique des sucres réducteurs, par chromatographie en phase gazeuse et enfin par chromatographie liquide sous haute pression (HPLC).

Pour déterminer les types de sucres, la méthode la plus utilisée est l'HPLC sur gel de silice lié à des groupes aminés (Bogdanov et coll., 1988). Ces derniers temps, la chromatographie ionique avec détection par ampérométrie pulsée (Swallow et coll., 1994) a souvent été utilisée. L'avantage de celle-ci par rapport à la méthode traditionnelle HPLC consiste en une sensibilité plus élevée, une meilleure séparation, l'utilisation d'un éluant compatible avec l'environnement, une durée de vie plus longue de la colonne de séparation. Toutefois, la méthode par chromatographie ionique exige des appareils résistants à la corrosion.

Les différentes sortes de sucres peuvent aussi être déterminées au moyen d'une chromatographie gaz/liquide sur colonne capillaire (Sabatini et coll., 1984; Mateo et coll., 1987). Cette méthode exige toutefois plus de temps que la chromatographie liquide/liquide ; par ailleurs, elle ne permet pas de déterminer toutes les sortes de sucres.

En ce qui concerne les miels de miellat, 10 à 15 grammes/100 grammes des sortes de sucres ne peuvent pas être déterminés au moyen de la chromatographie liquide/liquide ou de la

chromatographie gaz/liquide sur colonne capillaire, il s'agit probablement d'oligosaccharides à haut poids moléculaire.

Le fructose et le glucose peuvent être aussi déterminés au moyen d'une méthode enzymatique ou par chromatographie sur couche mince (Gauch et coll., 1979).

6.1.3. Les acides

Tous les miels sont acides, ils contiennent des acides organiques libres ou combinés sous forme de lactones. Le principal acide organique du miel est l'acide gluconique qui provient du glucose : 70 à 80% des acides libres totaux. Qualitativement, d'autres acides fixes ont été décelés tels les acides citriques, maliques, succiniques, oxaliques et en très faible quantités, quelques acides volatiles dont l'acide formique (Gonnet, 1982 ;Gonnet et Vache, 1985). Les acides chlorhydriques et phosphoriques sont également présents (Louveaux, 1968b).

L'acidité totale du miel s'exprime en milliéquivalents par kilogramme (meq /Kg). Elle est la somme de l'acidité libre et de celle de lactones. Les moyennes des valeurs intéressant l'acidité et le pH de 490 miels Américains sont Représentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Eléments de l'acidité de 490 échantillons de miels américains
(White et coll.,1962)

	Moyenne	Valeurs Extrêmes
pH	3.91	3.42- 6.10
Acidité libre (meq/ kg)	22.03	6.75- 47.19
Lactone (meq /kg)	7.11	0.00- 18.76
Acidité totale (meq/kg)	29.12	8.68- 59.49

Le miel contient un grand nombre d'acides organiques. La plupart d'entre eux sont ajoutés par les abeilles Echigo et Takenaka(1974). L'acide principal est l'acide gluconique. On trouve aussi les acides suivants : acides formique, tartrique, malique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même que différents acides aromatiques. Dans l'Union européenne, la quantité limite admise pour les acides s'élève à 40 milliéquivalents par kg de miel. Il peut arriver que cette teneur soit dépassée dans différentes sortes de miel (tableau 7).

Dans l'Union Européenne, les acides libres sont titrés avec une solution d'hydroxyde de sodium avec de la phénolphtaléine comme indicateur (Codex Alimentarius Commission(1993).Selon la norme allemande DIN (proposition 1998), le titrage est réalisé

jusqu'à un pH de 8,3. Les valeurs obtenues avec ces deux méthodes sont plus ou moins semblables, mais trop élevées en raison de l'hydrolyse des lactones. La méthode de Hadorn et coll. (1963), dans laquelle on titre jusqu'à un pH de 7,0, livre des valeurs naturellement plus basses.

La méthode officielle française (Journal Officiel Français, 1977) consiste en un titrage au point d'équivalence. Cette méthode donne, selon la théorie de la détermination des acides, les valeurs les plus exactes. Elle exige cependant de disposer d'un appareil de titrage.

6.1.4. Les Protéines

Les miels sont généralement très pauvres en protéine. Un miel très particulier, riche en protéines, est élaboré par les abeilles à partir de la bruyère *Calluna vulgaris*. Le taux de protéine d'origine végétale peut représenter 1 à 2% du poids frais de ce miel (Gonnet 1982).

6.1.5. Les acides aminés

Les recherches les plus récentes ont permis de mettre en évidence dans les différents miels la présence de 19 acides aminés libres. Certains se retrouvent dans la plupart des échantillons c'est le cas pour la proline présente dans tous les miels, c'est le principal acide aminé (concentration moyenne 20mg /100g) pour la lysine, l'acide glutamique et l'alanine qui sont également très fréquentes par contre la cystine, la méthionine ou le tryptophane n'apparaissent que de manière accidentelle (Gonnet, 1982).

Une partie des acides aminés du miel provient des abeilles, une autre du nectar (Bergner et coll., 1972). La teneur en acides aminés d'un miel donne des informations sur l'origine botanique de celui-ci (Bosi et coll., 1978 ; de même que Davies, 1975). La teneur en proline donne des informations sur la maturité du miel et peut servir à détecter des falsifications (Vonder Ohe et coll., 1991). On considère qu'un miel est arrivé à maturité lorsque sa teneur en proline est supérieure à 183 mg/kg. Des valeurs plus basses indiquent un manque de maturité ou une falsification.

6.1.6. Les sels minéraux

La teneur en sels minéraux du miel est en moyenne, selon White et coll., (1962) de 0,169%. Elle est donc faible ou très faible et sujette à des variations très importantes (Louveaux, 1968).

Les sels de Potassium représentent à eux seuls près de 50% de matières minérales ; celles-ci ne dépassent guère le taux de 0,1% (Louveaux, 1985).

Le miel de callune formé de gel thixotropique c'est-à-dire qui se liquéfie une fois agité mais il reprend sa consistance au repos (Hooper, 1980).

Le miel contient à l'état de traces infinitésimales une trentaine d'éléments différents parmi lesquels le fer, le cuivre, le cobalt, le chlore, le soufre, le phosphore, le magnésium, le manganèse, le calcium, le sodium et le zinc (Gonnet, 1982).

Sels minéraux et oligo-éléments : les miels de fleurs contiennent 0,1 à 0,35 g de sels minéraux et d'oligo-éléments/100 g de miel (exception pour le miel de châtaignier avec plus de 1 g/100 g), les miels de miellat quant à eux jusqu'à 1 g/100 g et plus.

La teneur en sels minéraux et en oligo-éléments du miel est indiquée dans le tableau 8, ces valeurs ont été mesurées dans des miels de provenance différente (Morse et Lisk, 1980; Petrov, 1970). La substance minérale principale est le potassium.

Aujourd'hui, au lieu de la teneur en matières minérales (cendres), on détermine la conductivité électrique du miel. Elle est plus facilement mesurable et est utilisée principalement pour la caractérisation des miels monofloraux. Selon l'origine géographique et botanique des miels, la teneur en matières minérales et la conductivité seront différentes.

Il existe un rapport linéaire entre conductivité électrique et teneur en matières minérales d'un miel sur la base duquel il est possible de calculer la teneur en matières minérales à partir des mesures de la conductivité électrique (Accorti et coll., 1987).

Tableau 8 : Sels minéraux et oligo-éléments dans le miel de différentes provenances

	mg/kg		mg/kg
Potassium	200 - 1500	Manganèse	0,2 - 10
Sodium	16 - 170	Chrome	0,1 - 0,3
Calcium	40 - 300	Cobalt	0,01 - 0,5
Magnésium	7 - 130	Nickel	0,3 - 1,3
Fer	0,3 - 40	Aluminium	3 - 60
Zinc	0,5 - 20	Cuivre	0,2 - 6,0
Plomb	<0,02 - 0,8	Cadmium	<0,005 - 0,15

6.1.7. Les enzymes

Le miel contient plusieurs enzymes dont la présence est à rattacher à l'origine double du miel : végétale et animale. Le nectar, contient dès sa récolte des enzymes qui agissent sur les sucres ; les sécrétions de l'abeille viennent y ajouter les enzymes des glandes pharyngiennes (Louveaux, 1968 b; Adam et coll., 1974). Les principaux enzymes du miel sont : l'invertase (α -1,4 glucosidase), l'amylase (α amylase; diastase), gluco- oxydase, catalase et la phosphatase. Elles proviennent principalement des abeilles (White, 1978). L'invertase et l'amylase sont importantes pour

l'appréciation de la qualité du miel. Même dans les miels fraîchement récoltés, il existe une grande variabilité de l'activité enzymatique.

A l'aide du test modifié de Phadebas, il est assez simple de déterminer l'amylase (Bogdanov (1984).

Dans l'Union européenne, c'est la méthode classique selon Schade (Hadorn et Zurcher, 1972 ;Hadorn, 1961) qui est officiellement utilisée. Les valeurs des deux méthodes ont une bonne corrélation, c'est-à-dire que l'on peut, à partir des mesures faites avec la méthode de Phadebas, calculer l'activité de l'amylase selon Schade.

L'invertase (gluco- invertase) provoque la scission de la molécule de saccharose tandis que l'amylase provoque la dégradation de l'amidon en dextrine puis en maltose.

La gluco-oxydase qui est à l'origine de la formation de l'acide gluconique dans le miel, provoque l'hydrolyse du glucose et la libération du peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée). Enfin dans certains miels, des phosphatases acides ainsi qu'une Catalase (peroxydases) ont été mises en évidence. Cette dernière limite l'accumulation des peroxydes (White, 1979 etGonnet, 1982).

6.1.8. L'hydroxyméthylfurfural (HMF)ou 5-Hydroxyméthyl-furane-2-carbaldéhyde Les miels frais, récoltés après la miellée et provenant de climats tempérés, ne contiennent aucune ou seulement des traces d'HMF (le plus souvent en dessous de 3 mg/kg). Pendant le stockage, l'HMFse forme plus ou moins rapidement à partir du sucre sous l'influence des acides et en fonction de la valeur du pH et de la température du miel. Dans le cas d'un stockage normal, les valeurs HMF enregistrent annuellement une augmentation d'environ 5 à 10 mg/par kg. 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 coll., 1962). Des valeurs supérieures à 40 mg/kg portent préjudice au miel de consommation puisqu'elles indiquent une détérioration dûe au stockage ou à la chaleur. Les miels traités de façon inappropriée peuvent contenir des teneurs en HMF allant jusqu'à 100 mg/kg ou plus.

Il n'est pas un composant naturel des miels mais retrouvé néanmoins presque toujours à l'état de traces plus ou moins importantes. L'HMF est une substance produite lors de la dégradation des sucres et principalement le fructose avec perte de 3 molécules d'eau.

Ce produit se forme sous l'action des acides, ce processus à également lieu par vieillissement et est accéléré par le chauffage (Gonnet, 1992).

Un miel frais contient une petite quantité d'HMF (0.06-02 mg /100g de miel), il témoigne du bon ou du mauvais état de conservation du miel(White1964). En effet,Adam et coll., (1974)ainsi queLouveaux, (1976) précisent qu'un miel exagérément chauffé ou conservé trop

longtemps dans de mauvaises conditions de température s'enrichit en HMF. Donc, ce produit est un indicateur de la fraîcheur du miel.

6.1.9. Les constituants divers

A côté des constituants principaux qui ont été énumérés, le miel contient aussi des vitamines qui sont présents en très faible quantité la thiamine (B₁), la riboflavine (B₂), la pyridoxine (B₆), l'acide nicotinique (PP), l'acide ascorbique (C), l'acide pantothénique, la biotine (B₈) et l'acide folique ont été identifiés dans le miel. Les substances aromatiques sont nombreuses dans le miel et lui donne sa saveur. Quelques unes ont pu être identifiées, notamment le méthylantranilate dans les miels d'orangers et de lavande, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde dans les miels de colza et de trèfle. Dans la plupart des miels se trouve aussi des alcools (éthanol, butanol, propanol, méthylbutanol). Des esters tels que le méthyle ou l'éthyle formate (Louveau, 1968b)

100 à 150 différentes substances aromatiques ont été isolées dans le miel et certaines ont même été caractérisées du point de vue chimique (Bousseta et coll.,1992; Häusler et Montag,1990 ; Maga,1983). Elles jouent un rôle important dans l'appréciation sensorielle du miel. Les substances aromatiques se conservent le mieux si le miel est stocké au froid dans des récipients fermés. Si l'on chauffe le miel, une part de ces substances est anéantie.

Des études ont été réalisées sur les miels toxiques en particulier celles de White(1981), Culvenor(1986) de même que de Lampe (1988). Il s'agit le plus souvent de miels provenant de plantes de la famille des *Ericaceae*. Les empoisonnements se limitent la plupart du temps à des cas isolés pour des miels achetés dans le Caucase ou en Turquie. On trouve aussi des études sur des miels toxiques au Japon, en Nouvelle-Zélande, en Australie et aux USA. On ne connaît pas de cas de miel toxique en Europe centrale.

L'empoisonnement dû à du miel toxique est en particulier provoqué par la consommation de miel qui contiennent des substances du groupe des andromédotoxines, des tutines et des hyénanchines (White,1981; Gösinger et coll.,1983).Les symptômes suivants ont été observés: perte de conscience, vomissement, faiblesse visuelle, délire, nausée, maux d'estomac et de tête ainsi qu'un pouls faible. On ne connaît aucun cas d'empoisonnement dû à la consommation de miels d'*Echium plantagineum* qui contiennent des alcaloïdes de la pyrrolicidine(Culvenor, 1985).

La détection des toxines dans le miel s'effectue par chromatographie sur couche mince (White 1981) ou par chromatographie liquide/liquide et en phase gazeuse (Love ,1990).

Le miel est doué d'un pouvoir bactériostatique puissant ; c'est le facteur antibiotique appelé le plus souvent inhibine.

L'effet antibactérien du miel est dû à la haute teneur en sucre et à la présence de substances antibactériennes spécifiques (inhibines). Même dans les miels fortement dilués, les inhibines qui s'y trouvent sont efficaces. Une partie de l'action de ces inhibines est à mettre sur le compte du peroxyde d'hydrogène (White et coll., 1963) qui se forme à partir de la glucoxydase. Cette inhibine est à la fois photo et thermosensible. Selon Bogdanov (1984) et Molan (1992) une autre partie de ces inhibines résistent à la chaleur et à la lumière et se compose de différents composants tels des acides du miel, des flavonoïdes et des substances volatiles d'origine inconnue.

A côté des matières qui sont à l'état de solutions ou de colloïdes, le miel contient des constituants figurés tels que les grains de pollen, les levures, les grains d'amidon, les spores de champignons et les poussières minérales. Ces éléments figurés et principalement le pollen, aident à la détermination de l'origine botanique et géographique des miels (Gonnet, 1982). Le tableau 9 montre la diversité de composition de quelques types de miels.

Tableau 9 : Composition moyenne de quelques types du miel en pourcentage (White, 1979)

Type	Glucose	lévulose	Saccharose	Maltose	Sucres supérieurs	Acidité totale	Cendres	Azote	Eau
<i>Medicago sativa</i>	33.4	39,1	2,8	6,0	0,9	0,53	0,093	0,033	16,5
<i>Aster sp.</i>	31.3	37.5	0.8	8.4	1.0	0.44	0.302	0.043	17.4
<i>Tilia americana</i>	31.6	37.9	1.2	6.9	1.4	0.46	0.084	0.022	17.4
<i>Rubus sp</i>									
<i>Trifolium repens</i>	25.9	37.6	1.3	11.3	2.5	0.57	0.399	0.055	16.4
<i>Melilotus sp</i>	30.7	38.4	1.0	7.3	1.6	0.62	0.156	0.046	17.9
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	31.0	37.9	1.4	7.7	1.4	0.52	0.084	0.038	17.7
<i>Ilex glabra</i>	30.7	39.8	1.3	7.1	2.1	0.52	0.108	0.032	16.0
<i>Solidago sp</i>	30.1	38.9	0.7	7.7	1.2	0.40	0.163	0.028	17.1
<i>Robinia pseudoacacia</i>	33.1	39.6	0.5	6.6	0.6	0.43	0.263	0.045	17.0
<i>Citrus sp</i>	28.0	40.7	1.0	8.4	1.9	0.31	0.052	0.018	17.3
<i>Salvia sp</i>	32.0	38.9	2.8	7.2	1.4	0.59	0.073	0.014	16.5
<i>Centauria solstitialis</i>	28.2	40.4	1.1	7.4	2.4	0.57	0.108	0.037	16.0
<i>Liriodendron</i>	31.1	36.9	2.3	6.9	2.7	0.81	0.097	0.055	15.9

<i>tulipifera</i>	25.8	34.6	0.7	11.6	3.0	0.84	0.460	0.076	17.6
<i>Nyssa ogeche</i>	25.9	43.3	1.2	8.0	1.1	0.72	0.128	0.046	18.2
<i>Vicia villosa</i>	30.6	38.2	2.0	7.8	2.1	0.45	0.056	0.030	16.3

6.2. Propriétés Physiques

6.2.1. L'indice de Réfraction (IR)

L'indice de réfraction est une propriété optique qui caractérise toute substance transparente. Il est en fonction de la teneur en eau et de la température. L'Indice de réfraction du miel est d'autant plus élevé que sa teneur en eau est plus basse. L'IR du miel se mesure au moyen d'un réfractomètre, c'est la méthode qui sert de référence pour le calcul de la teneur en matière sèche (Gonnet, 1982).

Le tableau de Chataway(1935)(tableau 10) permet, connaissant l'IR, d'obtenir directement la teneur en eau du miel à 20°C. L'indice de réfraction oscille entre 1.5041 et 1.4702 à 20°C. Une correction est nécessaire selon que la température est supérieure ou inférieure à 20°C.

Tableau 10: Relation entre la quantité d'eau du miel et l'indice de réfraction
(Table de Chataway, 1935)

Indice de réfraction à 20°C	% réel d'eau	Indice de réfraction à 20°C	% réel d'eau
1,5041	13,00	10	18,2
35	13,2	05	18,4
30	13,4	00	18,6
25	13,6	1,4895	18,8
20	13,8	90	19,0
15	14,0	85	19,2
10	14,2	80	19,4
05	14,4	76	19,6
00	14,6	71	19,8
1,4995	14,8	66	20,0
90	15,0	62	20,2
85	15,2	58	20,4
80	15,4	53	20,6
75	15,6	49	20,8
70	15,8	44	21,0
65	16,0	28	21,5
60	16,2	15	22,0
55	16,4	02	22,5
50	16,6	1,4789	23,0
45	16,8	77	23,5
40	17,0	64	24,0
35	17,2	52	24,5
30	17,4	39	25,0

25	17,6	26	25,5
20	17,8	14	26,0
15	18,0	1,4702	26,5

6 .2.2. La densité

Le miel est un produit relativement dense. Les variations de densité proviennent surtout des variations de la teneur en eau. Plus un miel est riche en eau et moins il est dense. Elle est en moyenne de 1.42 à 20°C. Cette densité peut servir comme moyen de connaître la teneur en eau d'un miel. (Louveaux ,1985)

Le miel a une densité relativement élevée qui varie entre 1,40 et 1,45 g/cm³ (White ,1975). Elle est déterminée au moyen de différentes méthodes : méthode pycnométrique, par la mesure de la poussée hydrostatique.

6.2.3. La viscosité

La viscosité est une mesure du frottement interne d'un liquide. Le tableau 11 donne des indications sur la relation entre la viscosité dynamique, la teneur en eau et la température de trois miels différents d'après Horn et Lüllmann(1992).

La viscosité conditionne en grande partie les opérations d'extraction, de pompage et de clarification. La viscosité du miel est principalement due à sa densité : moins il contient d'eau et plus sa viscosité est grande. Cette viscosité est également accrue par la quantité de la matière colloïdale contenue dans le miel : les miels foncés ont une viscosité plus élevée que les miels clairs. Un exemple extrême en est le miel de fausse bruyère formant le gel thixotropique (Hooper, 1980).

La viscosité du miel diminue quand la température s'élève jusqu'au 30°C. Elle varie peu au delà de 35°C (Prost, 1972).

Tableau 11 : Rapport entre la teneur en eau, la température et la viscosité des miels
(Horn et Lüllmann, 1992)

Miels	Teneur en eau	Température	Viscosité (mPa · m)
Miel d'acacia (liquide)	17,8	20 °C	114,4
	17,8	35 °C	25,6
	19,8	20 °C	59,2
Miel de sapin (liquide)	21,8	20 °C	31,8
	17,1	20 °C	184,4
	19,1	20 °C	74,7
	21,4	20 °C	37,3
Miel de fleurs (crémeux, cristallisation fine)	17,4	20 °C	578,2
	19,4	20 °C	375,4
	21,4	20 °C	129,5

6.2.4. La conductibilité électrique

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

La conductibilité du miel en solution à 20% de matière sèche se mesure au moyen d'un conductimètre. Elle s'exprime en siemens par cm^{-1} . La conductibilité est en fonction de la teneur du miel en matières ionisables, donc capable de conduire le courant électrique. Ces matières peuvent être de nature diverse : minéral ou organique (Gonnet, 1982). Le miel de colza conduit relativement mal le courant électrique tandis que celui de callune (fausse bruyère) laisse passer facilement l'électricité (Prost, 1972).

6.2.5. Le pH

Le pH ou potentiel hydrogène détermine dans une solution la concentration des ions dissociés H^+ (acide) ou OH^- (basique). Le pH d'un miel est en fonction de la quantité d'acides

ionisables qu'il renferme (ions H⁺) ainsi que de sa composition minérale (ions OH⁻) (Gonnet, 1982).

Le pH se mesure à l'aide d'un pH-mètre d'un potentiomètre sur une solution à 10%.

6.3. Propriétés Organoleptiques

L'appréciation rationnelle des miels dans les concours, les expositions et le commerce constituent une base qui permet de classer tous les miels d'après leurs mérites. Cette appréciation est basée sur la détermination de quatre sortes de qualité : la couleur, l'odeur, la saveur et la cristallisation.

6.3.1. La couleur

La couleur du miel dépend du nectar dont il provient. Etant donné le très grand nombre de plantes mellifères butinées par les abeilles, les miels correspondants auront toutes les couleurs possibles, du blanc (miel de trèfle) au noir (miel de sapin) (Darrigol, 1979). D'après Ioriche (1979) et Gonnet (1982), la couleur provient de matières pigmentaires diverses (carotène et xanthophile).

Plus la couleur est claire et moins le miel a du goût, perdant même une grande partie de sa saveur lorsqu'il est cristallisé ; plus la couleur est foncée et probablement plus la quantité de minéraux et de protéines fait accroître la saveur, qui se conserve donc mieux après cristallisation (Hooper, 1980).

Prost (1972) et Gonnet (1982) affirment que le chauffage et le vieillissement provoquent une intensification de la coloration du miel et rapporte que la saison, pour une même région de provenance, modifiera également la texture et la couleur du miel.

6.3.2. L'odeur

L'odeur du miel varie sensiblement selon les variétés, en fonction des essences aromatiques communiquées aux nectars initiaux par les fleurs butinées. A chaque variété de miel correspond une odeur prédominante, selon l'origine botanique. Le miel de lavande se distingue d'un miel de romarin simplement par l'odeur, ces miels sont très aromatiques (Darrigol, 1979). Le miel de robinier est très apprécié ; celui des conifères est verdâtre et assez neutre (Biri, 1981).

Le vieillissement du miel à la température ordinaire aboutit à une dégradation progressive qui se traduit par une perte des substances volatiles qui contribuent à l'arôme du miel (Louveaux, 1968b).

6.3.3. La saveur

La saveur est aussi extrêmement variable et dépend des fleurs. Les miels de légumineuses (luzerne, trèfle) sont neutres, les conifères donnent un parfum puissant de même que le sarrasin et la bruyère. Les espèces aromatiques (thym, tilleul) transmettent au miel une partie de leur saveur parfumée (Signorini, 1978).

6.3.4. La Cristallisation du miel

Tel que les abeilles le stockent dans le rayon, le miel est un produit liquide ; tous les sucres qu'il contient sont en solution dans l'eau, mais cette solution est sursaturée, ce qui signifie qu'elle n'est pas stable, sa cristallisation est un processus naturel d'après Horn (1991), Schley et Schultz, (1987) ainsi que Bogdanov (1986). Sous l'influence des différents facteurs, une cristallisation des sucres va s'amorcer et gagnera progressivement la totalité de la masse du miel.

La vitesse de cristallisation dépend surtout de la teneur en glucose du miel (White, 1962; Bogdanov et coll., 1987). Une cristallisation fine peut être obtenue par des procédés spéciaux d'ensemencement (Horn, 1991; Bogdanov et coll., 1988; Schley et Schultz, 1987). Les facteurs favorisant la cristallisation sont, d'une part, une baisse de température qui aggrave l'état de sursaturation de la solution et d'autre part, l'existence des germes de cristallisation qui constituent l'amorce du phénomène. Ces germes peuvent être des cristaux de glucose microscopique ou même de simple poussière voire des grains de pollen. La cristallisation du miel est donc un phénomène naturel qui en soi, n'altère pas la qualité du produit.

Toutefois, la cristallisation a des conséquences importantes pour la conservation ultérieure du miel. Les cristaux constitués principalement de glucose forment une trame qui emprisonne une phase liquide renfermant les sucres très solubles et les matières non cristallisables du miel. Si la texture du miel cristalline manque de rigidité ce qui est fréquent lorsque le miel titre plus de 18% d'eau, les cristaux ont tendance à se séparer de la phase liquide et à former un dépôt au fond du vase. La partie liquide enrichie en eau est alors exposée à une fermentation rapide à condition que la température soit favorable (20 à 25°C environ) (Louveaux, 1985).

6.4. Propriétés biologiques

6.4.1. Valeur alimentaire et diététique

L'action énergétique du miel (300 calories pour 100g) est immédiate grâce à la présence des sucres directement assimilables (fructose et surtout glucose). L'action de ces monosaccharides est légèrement apéritive et laxative contrairement à celle du saccharose.

Le miel apporte en outre des vitamines du groupes B, indispensable à l'assimilation de sucre et des sels minéraux, en quantités certes insuffisantes, mais pouvant compléter les apports des autres aliments (Signorini, 1978).

6.4.2. Valeur thérapeutique

Le miel contient des substances antibactériennes auxquelles on a donné le nom global, inhibine. L'action antibactérienne du miel est certainement à l'origine de quelques unes des propriétés médicinales qui lui sont attribuées. Cette activité est essentiellement bactériostatique ; c'est-à-dire qu'en présence de miel, les bactéries ne se développent pas mais elles ne sont pas tuées (Gonnet, 1982). Cette propriété est liée selon Gonnet et Vache (1985) au dégagement d'eau oxygénée.

Le miel d'abeilles possède des propriétés microbiennes, c'est une solution sucrée concentrée avec une pression osmotique élevée. Les microorganismes qui parviennent dans le miel ne peuvent pas s'y développer. Il existe dans le miel beaucoup moins de bactéries que dans d'autres produits crus de provenance animale (Tysset et Rousseau, 1981). Il n'y a en particulier aucune sorte de bacilles pathogènes pour l'homme. On y trouve par contre des *Paenibacillus larvae* à l'origine de la très redoutée épizootie des abeilles (la loque américaine). C'est pourquoi les récipients et les déchets des miels ne devraient pas être accessibles aux abeilles. On note dans la littérature la présence de *Clostridium botulinum* dans le miel (Arnon et coll., 1979; Sugiyama et coll., 1978). Les études menées en Europe ne confirment pas ces résultats (Hartgen, 1980; Fleming et Stojanovic, 1980) à l'exception d'un miel Italien (Criseo, 1993).

Les toxines ne peuvent pas se former, étant donné que la forte activité de l'eau empêche la germination et la croissance; les spores par contre peuvent survivre (Wellford et coll. 1978). Le problème du botulisme dans le miel est traité dans une étude globale qui présente l'état actuel des connaissances (Vlayen, 1995) et où il est admis que si un nourrisson jusqu'à 1 an consomme du miel contaminé, il peut être atteint de botulisme. Pour cette raison, aux Etats-Unis et dans bon nombre de pays européens, il est déconseillé fortement de donner du miel aux enfants de moins de 1 an.

Tableau 12 : Propriétés et indications thérapeutiques spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux (Donadieu, 1984)

Origine botanique	Propriétés plus spécifiques	Indications plus particulières
-------------------	-----------------------------	--------------------------------

Acacia	Régulateur intestinal	Paresse intestinale, notamment chez le jeune enfant
Bruyère	Antiseptique des voies urinaires et diurétique Anti- anémique Dynamogénique (qui augmente la force et l'énergie)	Affection de l'arbre urinaire dans son ensemble et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale & chronique. Certaines anémies Etats de fatigue en général Convalescences Sénescence
Eucalyptus	antiseptique des voies respiratoires et des voies urinaires	Affections touchant à la sphère respiratoire et à l'arbre urinaire dans leur ensemble
Oranger	Antispasmodique Sédatif nerveux	Etat spasmodiques d'origines diverses. Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations.
Sapin	Antianémique Antiseptique et anti-inflammatoire des voies respiratoires Diurétique	Certaines anémies Affections touchant à la sphère respiratoire dans tout son ensemble Affections de l'arbre urinaires et dans le régime diététique de l'insuffisance rénale chronique.
Lavande	Antiseptique et anti-inflammatoire des voies respiratoires Antispasmodique Sédatif nerveux	Affections touchant à la sphère respiratoire dans son ensemble Rhumatisme chroniques (arthrose)
Thym	Antiseptique général	Maladies infectieuses en général touchant aussi bien la sphère respiratoire, digestive et urinaire
Tilleul	Antispasmodique Sédatif nerveux	Etats spasmodiques d'origines diverses Nervosisme en général et troubles qui en découlent : insomnies, palpitations
Trèfle	Dynamogénique	Etats de fatigue Convalescences Efforts physiques (chez les sportifs en particulier)

PARTIE II

Substances étrangères et Contaminants du miel

Introduction

Comme tout produit naturel, le miel peut contenir des impuretés provenant de différentes substances étrangères et de contaminations. Selon Les douanes américaines et la Food and Drug Administration (FDA)(2002) les contaminations les plus importantes sont celles du chloramphénicol et ont décidé d'alerter les consommateurs sur les risques liés à la consommation de miel contaminé par ce médicament. L'importation de miel contaminé peut être à l'origine de nombreuses maladies.

Depuis l'année 2000, les laboratoires Suisses effectuent régulièrement des contrôles de résidus d'antibiotiques dans le miel. Les résultats obtenus montrent que 6 à 9% des miels sont contaminés par des résidus de sulfonamide sulfathiazol dus à des traitements contre les loques américaines et européennes. Lors de ces contrôles, des résidus d'un nouveau sulfonamide ont été décelés. Il s'agit d'un antibiotique peu utilisé en agriculture de même que la présence de l'herbicide asulane (Bogdanov et coll., 2004). Les résidus retrouvés dans les miels peuvent se présenter sous différentes formes.

1. Impuretés sous forme de particules

Des substances étrangères peuvent en raison de l'activité de récolte des abeilles parvenir dans le miel. D'autres sont apportées dans la colonie par l'apiculteur ou parviennent dans le miel au moment de l'emballage (Bogdanov et Lehnher, 1988). Ces particules peuvent être constatées à l'œil nu et sont constituées de cire, de souillures et de parties d'insectes, en particulier de couvain de même que d'autres impuretés macroscopiques. Au plan international, une valeur maximum de 0,1 g/100 g est tolérée pour la teneur totale en substances non solubles dans l'eau ; pour le miel pressé, cette valeur s'élève à maximum 0,5 g/100 g.

2. Sels minéraux et oligo-éléments

Le miel contient naturellement un grand nombre de sels minéraux et d'oligo-éléments en différentes concentrations. Certains oligo-éléments comme le plomb, le cadmium, le mercure, le fer, le zinc et l'aluminium peuvent parvenir dans le miel à partir de matériaux d'emballage inappropriés, d'outils apicoles ou directement de l'environnement. En ce qui concerne les contaminations dues à l'environnement, l'abeille agit comme un filtre de sorte que le miel n'est que faiblement contaminé (Bogdanov et Kilchenmann, 1991; Bogdanov et Lehnher, 1988). Les teneurs élevées en fer et en zinc, responsables du goût de métal du miel, proviennent principalement de récipients à miel inappropriés

3. Médicaments et traitements vétérinaires

Les traitements de lutte contre les épizooties des abeilles les plus importants sont les acaricides pour lesquels il existe plus de 50 substances actives différentes à travers le monde.

A quelques exceptions près (par exemple les acides organiques), ces substances sont pour la plupart des substances lipophiles, c'est-à-dire qu'elles s'accumulent dans la cire, mais ne contaminent que peu le miel (Bogdanov et Lehnher, 1988; Bogdanov et coll., 1990). Les acides organiques que l'on utilise en tant qu'acaricides sont présents naturellement dans le miel (Horn, 1992) et leur teneur varie très fortement d'un miel à l'autre. Pour lutter contre les épizooties des abeilles, on utilise aussi des antibiotiques. La plupart sont toutefois très rapidement éliminés du miel.

Le paradichlorobenzène est utilisé pour lutter contre la fausse teigne des abeilles, les résidus dans le miel sont faibles ; Hamman et coll. (1990) ont pu en détecter jusqu'à 0,04 mg/kg de miel. L'utilisation de phénol comme répulsif pour les insectes (insectifuge) peut entraîner des résidus dans le miel s'élevant jusqu'à 12 mg/kg (Daharu et Sporns, 1985).

4. Pesticides et hydrocarbures halogénés

En plus des pesticides usuels, utilisés principalement en agriculture, le miel est aussi contaminé par des substances provenant de l'environnement, tel le diphényle polychloré. L'apiculteur peut pour sa part contaminer le miel en utilisant des produits de protection pour le bois tel que le pentachlorophénol que l'on trouve dans la couleur des ruches. La plupart des pesticides et des hydrocarbures halogénés sont des substances lipophiles qui s'accumulent principalement dans la cire d'abeille et de ce fait ne laissent que peu de traces dans le miel (Bogdanov et Lehnher, 1988).

5. Falsification du miel

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 les abeilles sont nourries 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 ou du riz 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.

Lors d'un contrôle de routine du miel, on devrait déterminer l'activité enzymatique, la teneur en HMF, la conductivité (cendres) et la teneur en proline.

En général, le miel falsifié a une activité enzymatique plus basse, une conductivité plus faible et moins de pollen que le miel authentique. Ces critères peuvent indiquer une falsification, ils ne suffisent toutefois pas à prouver qu'il s'agit réellement d'un acte délibéré de

falsification, étant donné que la variation de ces paramètres est très importante d'un miel à l'autre. Les teneurs en HMF et en proline sont plus fiables mais ne suffisent pas non plus à prouver la falsification.

Certains produits obtenus par hydrolyse de l'amidon ont une teneur en hydroxyméthylfurfural plus élevée. C'est pourquoi le miel falsifié par de tels produits enregistre aussi une valeur HMF plus élevée (White, 1980). Étant donné que le stockage et le chauffage du miel peuvent aussi induire une augmentation de cette valeur, elle n'est pas une preuve irréfutable d'une falsification.

Von Der Ohe et coll. (1991) précise qu'un miel mûr, non falsifié enregistre une valeur minimale de proline de 180 mg/par kg ; des valeurs plus basses indiquent une falsification au moyen d'un nourrissage au sucre ou un ajout de sucre dans le miel.

Si, sur la base des résultats du contrôle de routine, une falsification est suspecte, il convient de confirmer ce soupçon au moyen de méthodes spécifiques. Grâce à celles-ci, on peut enregistrer des paramètres qui sont typiques des produits du sucre avec lesquels le miel a été falsifié.

Selon Deifel et coll., (1985) à l'exception de quelques miels pauvres en enzymes ou de miel récolté en très grande quantité comme le miel d'acacias, de rhododendrons, de fleurs d'oranger et de lavande, les teneurs en erlose et en saccharose sont normalement basses (saccharose inférieur à 1 g/100 g). Les miels issus d'un nourrissage au sucre peuvent enregistrer une teneur en saccharose et en erlose plus élevée. Toutefois ces deux disaccharides sont transformés au fil du temps par les enzymes du miel, c'est pourquoi eux aussi ne sont pas des preuves irréfutables d'une falsification.

La détection de falsifications dues à des hydrolysats d'amidon au travers du rapport isomaltose/maltose (Doner et coll., 1979) s'est également révélée peu probante.

Lipp et coll. (1988) ont amélioré le procédé de chromatographie sur couche mince mis au point par Kushnir (1979) avec lequel on obtient une séparation sensiblement meilleure des oligosaccharides. Les oligosaccharides sont d'ailleurs contenus dans le miel et dans les hydrolysats d'amidon. À l'aide de cette méthode, on peut différencier les oligosaccharides du miel de miellat et des hydrolysats d'amidon.

Les mêmes auteurs ont en plus développé un procédé HPLC avec lequel on peut différencier les oligosaccharides des produits obtenus par hydrolyse de l'amidon et de ceux du miel. Dans un premier temps, la fraction des oligosaccharides est adsorbée sur du charbon actif et ensuite analysée au moyen de la technique HPLC. Si on utilise le procédé HPLC échangeur d'ions

avec détection ampérométrique pulsée, on peut fortement améliorer la sensibilité de la méthode (Swallow et Low, 1994).

La méthode des isotopes est récemment utilisée. Les abeilles butinent seulement les plantes du type C3 comme source de nectar. Or, celles comme la canne à sucre et le maïs sont du type C4. Le rapport des isotopes $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ est spécifique des deux groupes de plantes. En se basant sur cet état de chose, White (1978) a développé un procédé de détection des falsifications au moyen des produits issus de la canne à sucre et du maïs. Puis avec l'introduction d'un standard interne de protéine, la méthode a encore été améliorée (White et Winters, 1989); White, 1992). Ainsi, des ajouts de sucre supérieur ou égal à 7 g/100 g de miel peuvent être décelés (Rossman et coll., 1992).

PARTIE III

Caractérisation pollinique du miel

(Mélikso- palynologie)

1. Généralités

Le miel est un produit alimentaire dont la grande valeur nutritive justifie l'importance commerciale, ses caractères physiques (couleurs, consistance) et gustatifs sont très variables, ainsi pour caractériser les différentes qualités du miel de nombreux travaux d'analyses chimiques ont été entrepris. Le miel uni floraux ont une composition relativement constante or les abeilles ne butinent rarement une espèce végétale. Les miels courants sont des mélanges très complexes, les différences dues à la présence de divers miels font que chaque produit est la résultante d'un nombre élevé de composition particulière.

Récemment, l'étude microscopique du miel a révélé la présence de nombreux grains de pollen dont la connaissance a permis, mieux que toute autre caractéristique chimique de caractériser et de contrôler son origine géographique et botanique, cause de cette différence de qualité. La science qui a comme objet l'étude du pollen est la Palynologie (du grec : palyno = répandre la poussière et logos = étude). Ce terme a été utilisé pour la première fois par Hyde et Williams en 1944 (Boughediri, 1995).

L'étude de la valeur fonctionnelle des pollens lors des phénomènes de pollinisation et de fécondation est du domaine de la biopalynologie qui est une partie de la biologie de la reproduction (Cerceau et Larrivalcité par Boughediri, 1995).

La Palynologie appliquée à l'apiculture ou la méliko-palynologie est une discipline très ancienne basée sur la présence constante des grains de pollen dans les miels. Le terme méliko-palynologie n'est apparu qu'en 1966 et c'est Maurizio (1968) qui lui a donné le statut d'une discipline scientifique moderne dans l'ouverture sur l'apiculture et de plus en plus approuvé.

Le seul moyen infaillible pour délivrer « la carte d'identité » d'un miel est de faire son analyse pollinique, le miel contient d'innombrables grains de pollen (plusieurs millions dans un seul kilogramme de miel). Chaque miel porte en lui la marque de son origine définie par le pollen de fleurs butinées par les abeilles qui ont récolté le nectar. Ainsi, un miel obtenu par le nourrissage des abeilles pendant la miellée (avec un sirop de saccharose) se reconnaît immédiatement par sa teneur en pollen anormalement faible : la fraude est facile à déceler. (Darrigol, 1979). Cet auteur affirme que l'analyse pollinique est un moyen de comparaison valable. Elle permet à tous les pays de connaître leur miel indigène et de les différencier des miels étrangers. La méliko-palynologie est donc une garantie sur de contrôle de qualité, de prévention et de répression des fraudes.

Les grains de pollen présentent une variabilité de caractère pouvant former des combinaisons infinies par leur tailles forme, stratification et ornementation de la membrane ; ainsi avant

d'entreprendre la détermination et caractérisation microscopique des miels, leur étude s'avère nécessaire.

2. Nomenclature utilisée pour la description des grains de pollen

Les grains de pollen sont produit par milliers par les étamines des plantes a fleurs, ils se forment dans l'anthère a partir des cellules mères a noyau diploïde volumineux qui subissent des divisions successives, hétérotypique puis homotypique, pour donner quatre cellules filles à noyau haploïde groupés en tétrades ; les tétrades vont se séparer et chaque tétrade va se dissocier pour disperser quatre grains de pollen (la tétrade peut demeurer : *Ericacées* par exemple). Chaque grain de pollen est composé d'un cytoplasme très riche en matière de réserves contenant le noyau reproducteur et végétatif et entouré d'un sporoderme (Renault et Petzold, 1992). Le sporoderme est subdivisé en deux couches concentriques (Brook et Shaw 1978):

-l'intine : une mince pellicule interne de nature cellulosique que possèdent toutes les cellules végétales

-l'exine : une enveloppe extérieure constituée de sporopollenine (substance très polymérisée, du groupe de caroténoïdes). Cette dernière confère au grain le pouvoir de résister aux diverses causes de dégradations et de se conserver presque indéfiniment au cours du temps. A chaque espèce végétale correspond un type de grain qui sera déterminé après l'observation au microscope optique ou au microscope électronique, grâce à sa forme, sa symétrie, sa taille, ses caractéristiques morphologiques en coupe (structure) et l'architecture remarquablement variée de sa surface (sculpture). L'exine elle-même se compose de deux couches une couche interne, l'endexine et une couche externe, l'ectexine. L'ectexine est ornementée d'espèces de "verrues". C'est ce que l'on appelle l'ornementation. La reconnaissance de cette ornementation est une des clés de la détermination des grains de pollen.

2.1. Symétrie et forme

La description d'un grain de pollen fait appel au préalable à son orientation précise dans la tétrade, ainsi sont définis, un pôle proximal qui est le point le plus proche du centre de la tétrade et un pôle distale diamétralement opposé. La partie des axes reliant les deux pôles est dite axe polaire. Le plan perpendiculaire à l'axe polaire s'appelle : plan équatorial. Ce plan partage le grain de pollen en deux hémisphères : c'est ainsi que les palynologistes décrivent le pollen en fonction de son aspect de vue polaire ou en vue équatoriale. Le pollen est dit isopolaire si les deux hémisphères sont semblables. Si au contraire, ils sont de forme

différente, le grain de pollen est anisopolaire(Louveaux, 1978). La forme d'un grain de pollen non composé se définit en fonction de la vue polaire et de la vue équatoriale (Annexe13).

En vue polaire, la plupart des grains sont circulaires, triangulaires, subtriangulaires ou bien de forme plus complexe.En vue équatoriale, on distingue les grains qui sont plus hauts que larges c'est-à-dire la valeur du rapport existant entre les dimensions de l'axe polaire P et celles de l'axe équatoriale E est supérieur à 1 ; de tels pollens sont dits longiaxes ou prolates et ceux qui sont plus larges que hauts sont dits bréviaxes ou obaltes (axe Polaire / axe Equatoriale est inférieur à 1). Les grains circulaires ou subcirculaires en vue polaire et dont le rapportaxe Polaire / axe équatoriale est égal à 1 sont sphériques ou Subsphériques (figure 2).

2.2. Taille des grains de pollen

La taille d'un grain peut varier avec l'âge et les conditions de végétation de la plante, mais les rapports P/E restent pratiquement constants pour une même espèce et s'expriment toujours en microns. Renault et Petzold (1992) estiment que les dimensions des grains de pollen sont très variables, parmi les plus petits, ils citent Myosotis (5 microns) et parmi les plus gros, ils mentionnent les tailles de 200 et 250 microns (sapin et épicéa).Bien que toutes les tailles intermédiaires existent entre ces extrêmes, un très grand nombre de grains de pollen ont une taille de l'ordre de 20 à 50 microns.

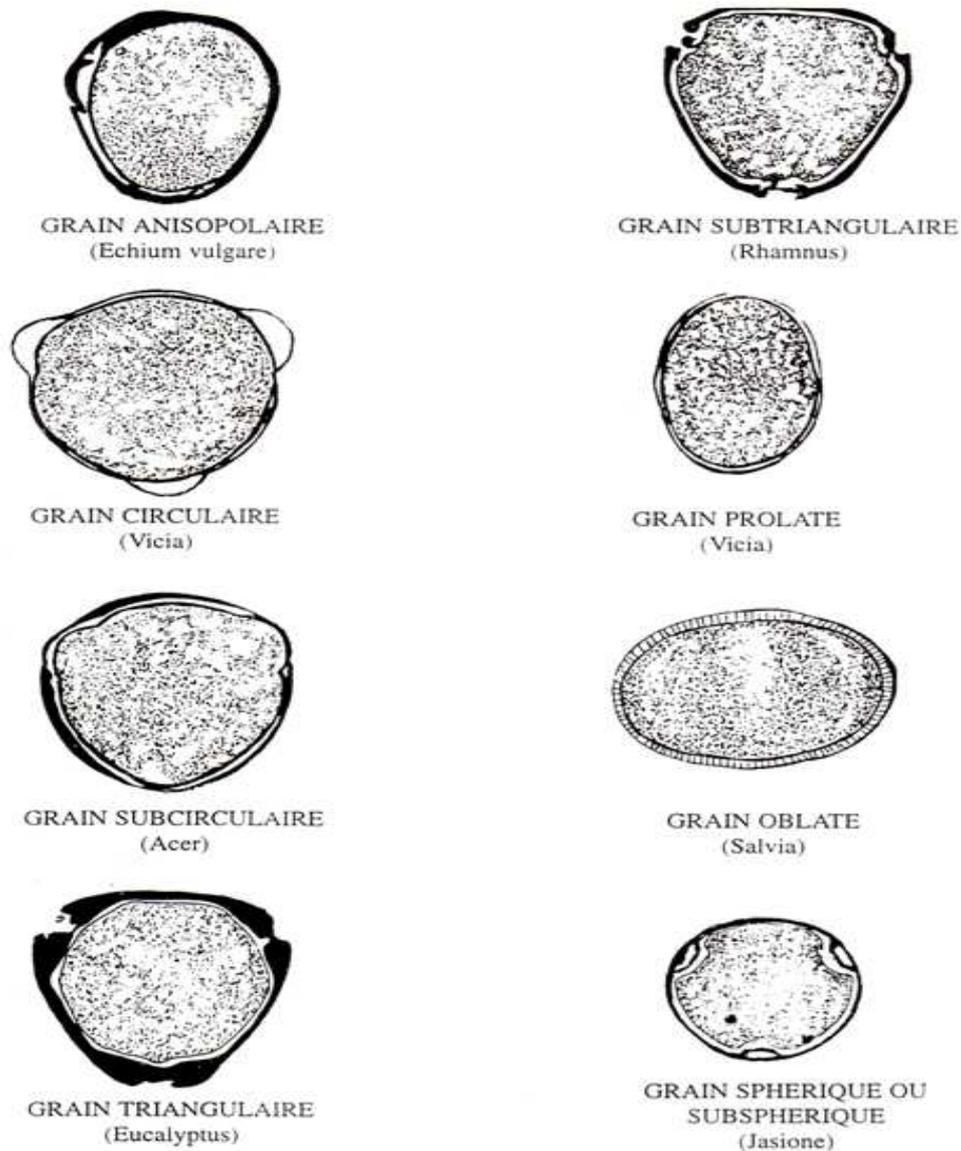


Figure 2 : Les différentes formes de grains de pollen

2. 3. Structure du grain de pollen

Le pollen comporte deux couches concentriques à l'intérieur, l'intine qui disparaît rapidement à la mort du contenu cellulaire et à l'extérieur, l'exine qui est un des matériaux les plus résistants du monde organique et qui constitue le matériel d'étude du palynologue (Pons, 1958).

Selon Renault et Petzold (1992), l'exine se dédouble en une ectexine et une endexine (figure 3). L'ectexine elle-même peut présenter plusieurs strates à la faveur d'excroissances, les columelles, qui délimitent alors un tectum et un infratectum sur une sole.

2. 4. Sculpture

L'exine, quand elle n'est pas lisse, garnie d'éléments en relief plus ou moins développés qui sont à l'origine de l'ornementation. De petits points irrégulièrement répartis constituent une exine psillée. De très légères ondulations dont l'ampleur est inférieure à un micron dessinent une exine scabre. Quand les ornements dépassent cette taille, elles donnent l'image d'une exine à épines (échinulée) à gemmules (gemmaulée), à verrues (verruquée), à clavules (clavulée), à bacules (baculée) et à réseau (réticulée) (Fig. 3 et 4).

De tels caractères sont rencontrés chez les grains de Pollens entomophiles. Les abeilles peuvent s'accrocher à ces pollens grâce à leur structure rugueuse ornementée de toutes sortes d'aspérités ou grâce à une couche huileuse et collante qui recouvre certains grains. De tels grains peuvent être transportés sur d'autres fleurs (Dany, 1984).

Selon le même auteur, pour les plantes anémophiles (*Epicea*, Noisetier) présentant une structure extérieure lisse et sèche, le vent est le moyen principal de transport de leurs grains.

2. 5. Apertures

L'exine est le plus souvent percée d'ouvertures ou apertures de forme et en nombre variables, destinées à laisser germer et s'accroître le tube pollinique qui ira féconder l'ovule d'une fleur et assurera la formation d'une graine.

La disposition et la morphologie des apertures sont pré-déterminées dans les tétrades. Chez les Gymnospermes et les Angiospermes mono cotylédons, l'aperture, quand elle existe est distale. Mais les autres pollens d'Angiospermes peuvent présenter plusieurs apertures, situées dans le plan équatorial ou réparties sur toute la surface du grain.

Certaines apertures se présentent sous forme de pores arrondis, d'autres allongées en fuseau dessinent des sillons ou colpus, parfois pores et sillons sont associés (le pollen est dit colporé) et dans ce cas, les pores sont presque toujours situés à l'intérieur et au milieu des sillons. Les pollens dépourvus d'apertures sont dits inaperturés (Renault et Petzold, 1992).

2. 6. Coloration du pollen

La coloration du pollen a aussi son importance, elle est considérée comme un caractère très significatif. Elle ne peut cependant être observée correctement que sur des pollens frais (elle est particulièrement fragile à la lumière). Contrairement à la forme, à la taille et la sculpture de l'exine qui est pratiquement immuables, la coloration peut varier quelque peu pour une plante donnée (tout en restant de la même teinte).

Figure 3 : Coupe schématique d'un grain de pollen avec indication des principales structures de l'exine d'après la forme de ses protubérances (Jeanne, 1983)

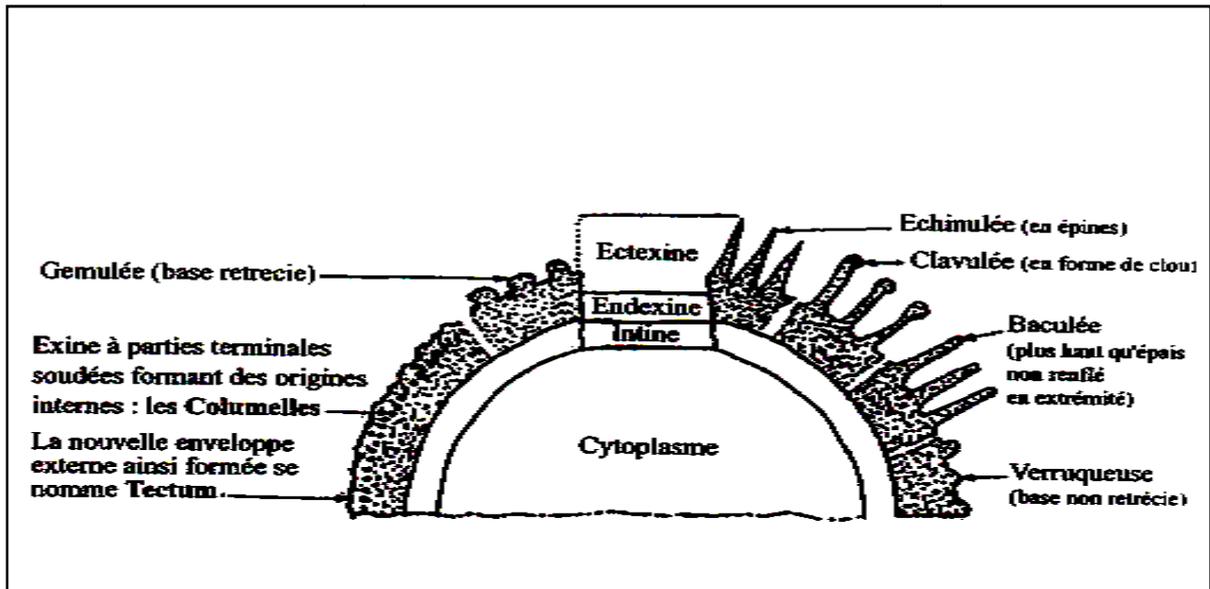
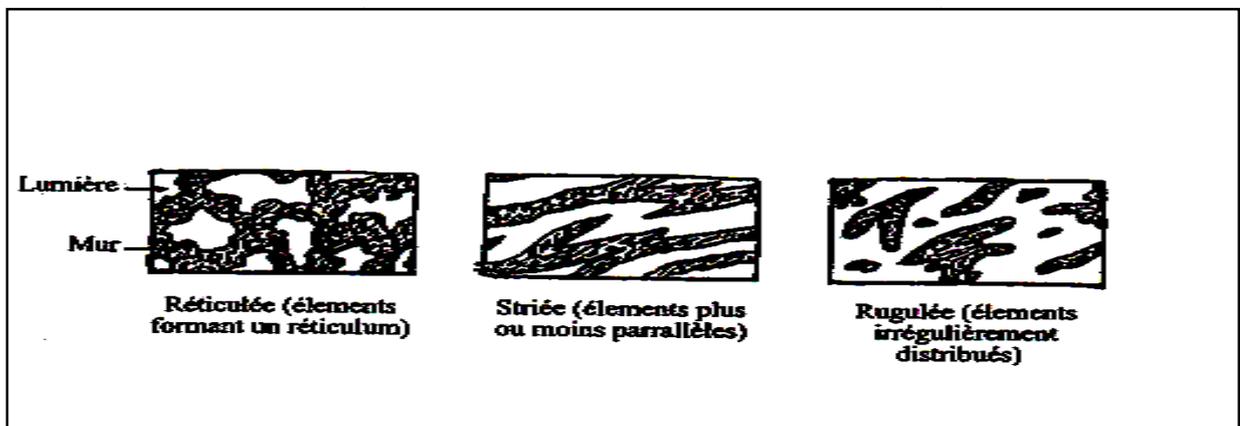


Figure 4 : Principaux aspects de l'exine à sculptures peu profondes (>1 µm) (Jeanne, 1983)



3. Les grands types de pollen

Les traits de structure et de sculpture de l'exine, la forme et la taille du grain, la structure des ouvertures varient selon les espèces végétales ; ces caractères serviront donc à distinguer des pollens de plantes proches parentes.

Au contraire, le nombre, la position et la combinaison des ouvertures sont caractéristiques d'un ensemble d'espèces.

Pons (1985) détermine les types de pollen en se basant sur les caractères des ouvertures.

Selon le même auteur, ce terme n'est utilisé que si un ensemble de caractères morphologiques communs à toutes les espèces d'un certain nombre de genres est rassemblé (Tableau 13 et figure 5).

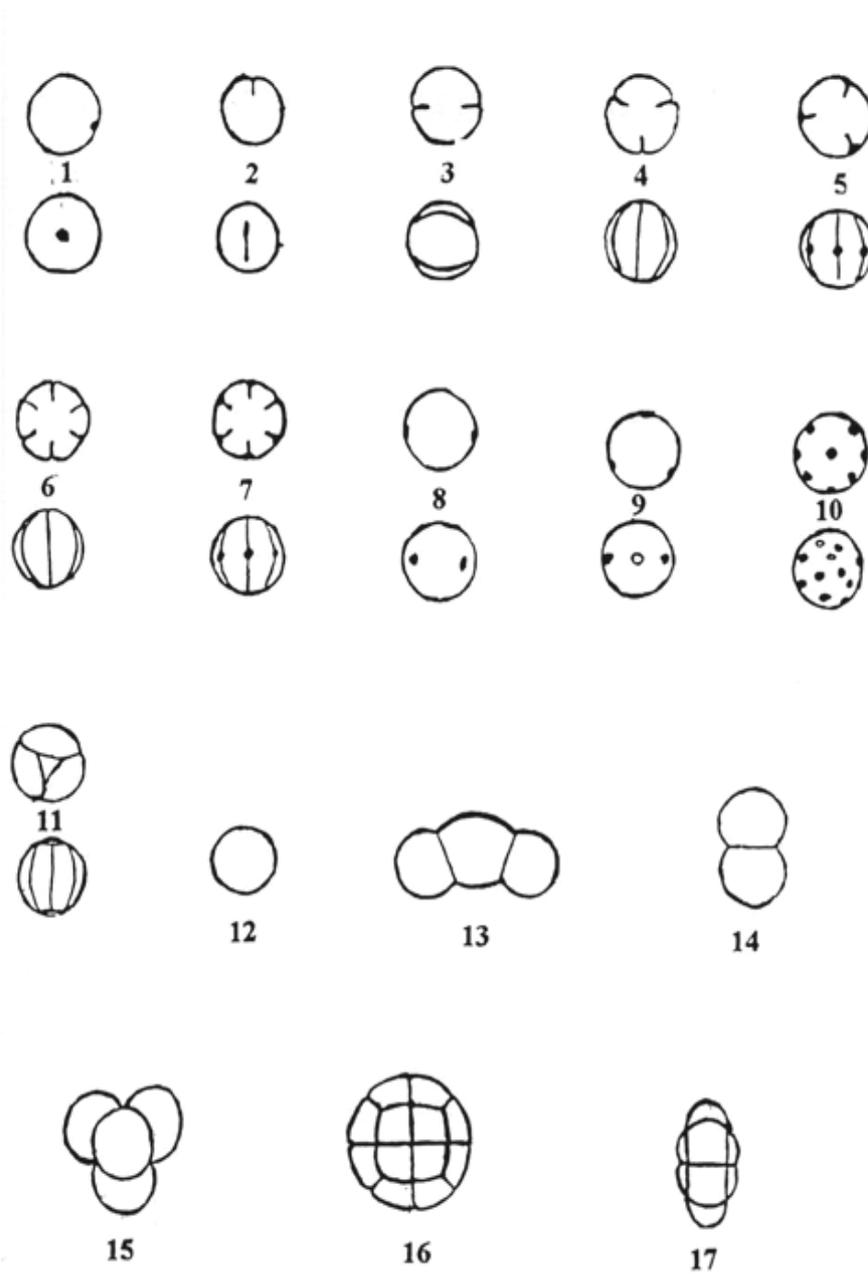
Tableau 13 : Les grands types de pollen (Pons, 1958)

Types de pollen	Particularités	Exemple
Pollen monoporé 1 (1 seul pore)	-Grain à large pore avec opercule (peu distinct), à exine diversement ornementée. -Grain à petit pore annelé	- <i>Nymphéacée</i> - <i>Graminée</i>
Pollen monocolpé 2 (un seul sillon)	-grain à un sillon à exine finement réticulée	- <i>Liliacée</i>
Pollen dicolpé 3 (deux sillons)	-Exine columellée	- <i>Tamus</i>
Pollen tricolpé 4 (trois sillons)	-Exine épaisse à fines columelles -Exine épaisse et scabre verruquée -Exine épaisse et réticulée	- <i>Convolvulacée</i> - <i>fagacée (Quercus)</i> - <i>Papavéracée (papaver)</i> - <i>Oléacée lingustrum</i> - <i>Crucifère</i>
Pollen tricolporé 5 (3 sillons méridiens)	-Grains à 3 sillons au milieu desquels s'ouvrent des pores : A exine psilée ou scabre A exine épaisse, columelée Microéchinulée A exine striée, rugulée A exine largement réticulée A exine moyennement réticulée A exine finement réticulée	- <i>Ombellifères</i> - <i>Composé (Centraurea, cyanus)</i> - <i>composée (Artémisia)</i> - <i>Rosacée</i> <i>Légumineuse (Trifolium)</i> - <i>Oléacée (Olea)</i> - <i>Cistacée (Cistus)</i>
Pollen stéphanocolpé 6 (Plus de 3 sillons méridiens)	-Grain à 6 sillons équatoriaux et à exine réticulée	- <i>Labiataée (Thymus, lavendula).</i>
Pollen stéphanocolporé 7 (Plus de trois sillons méridiens)	-Grains à plusieurs sillons équatoriaux au milieu desquels s'ouvre des pores : .8 sillons et 8 pores. .6 sillons et 6 pores. .4 sillons et 4 pores.	- <i>Symphytum</i> - <i>Sanguisorba</i> - <i>Pulmonaria</i>
Pollen diporé 8 (2 pores)	-Grains à 2 pores à exines réticulée	- <i>Cochicum</i>
Pollen triporé 9 (3 pores)	-Gros grains (> 25µm) à exine épineuse -Petit grains (< 20µm) à exine psilée scabre ou granulée à exine légèrement échinulée	- <i>Campanula</i> - <i>Moracée (ficus)</i> - <i>Coriaria</i>

Tableau 13 bis: Les grands types de pollen (Pons, 1958)

Type de pollen	Particularités	Exemples
Pollen periporé 10 (certains pores éloignés de l'équateur)	-Grains à plusieurs pores répartis sur toute la surface du grain. à exine verruquée. à exine échinulée. à exine psilée ou scabre, plus de 50 pores répartis sur toute la surface du grain	- <i>Plantaginacée (plantago)</i> - <i>Malviacée (malvia)</i> - <i>Chénopodiacée</i>
Pollen syncolpé 11 (Sillons fusionnés en spirales. Anneau).	-Grain à sillons irrégulièrement répartis en se fusionnant. .Grains à sillons méridiens étroits associés à des sillons transverses	<i>Myrtus</i>
Pollen inaperturé 12 (Aucune ouverture)	-Avec une exine à papille bien marquée -Avec une exine sans papille .Grain présentant des lacunes dont l'une à l'aspect d'un pore rudimentaire placé dans l'extrémité élargie d'un grain de forme ovoïde	- <i>Taxodiacée (séquoia)</i> - <i>Cypéracée</i>
Pollen à ballonnet 13	-2 Ballonnets	<i>Picea</i>
Dyade 14	-Les grains de pollen restent groupés par deux Grain inaperturé à exine réticulée	<i>Scheuchzeria</i>
Tétrade 15	-Les grains de pollen restent groupés par quatre Chaque grain ayant 1 pore de 6 µm de large ou 2 ouvertures et une exine réticulée. Chaque grain étant tricolpé ou tricolporé et à exine psilée : irrégulièrement scabre ou verruquée	- <i>Orchidacée</i> - <i>Ericacée</i>
Polyade 16 et 17	-Les tétrades restent groupées par quatre : Les ouvertures de chaque grain sont simples (pores) ou extrêmement complexes (avec pores et sillons diversement organisés) L'exine peut être simple ou tectée, le tectum étant souvent perforé.	- <i>Acacia</i>

Figure 5 : Représentation schématique des grands types de pollens
(Louveaux, 1978)



Au dessus : Vue équatoriale

Au dessous : Vue polaire

4. Les Méthodes utilisées en Méliisso-palynologie

Depuis les travaux fondamentaux de Zander (in Teper, 2006) un grand nombre d'examens microscopiques de miels ont été faits dans beaucoup de pays Européens ou non. L'expérience ainsi acquise, rend souhaitable de donner une nouvelle version des méthodes d'analyse pollinique des miels publiées par la commission Internationale de Botanique Apicole de L'Union Internationale des Sciences Biologiques UISB (1962-1963) in Louveaux et coll. (1970). Le principe de ces méthodes repose sur le fait que tous les miels naturels contiennent en suspension avant et après leur extraction des constitués figurés microscopiques dont les plus importants sont les grains de pollen provenant des fleurs que l'abeille à visiter pour récolter du nectar.

En Outre les grains de pollen, les miels naturels peuvent contenir en très faibles quantités : des spores de champignons, des algues microscopiques, des levures, des grains d'amidon, des fragments d'insectes et des poussières atmosphériques.

Par centrifugation d'une solution de miel dans l'eau, les éléments figurés peuvent être concentrés dans un très faible volume pour en confectionner des préparations dont l'examen sous microscope apporte les informations sur son origine botanique, son origine géographique, son mode d'extraction, sa souillure éventuelle par des matières insolubles dans l'eau, son état de conservation et son degré de filtration.

L'identification des pollens, des spores de champignons et autres éléments figurés d'origine végétale renseigne sur l'origine botanique et géographique du miel. La mesure ou la simple estimation du volume de culot de centrifugation permet d'obtenir des informations sur le mode d'extraction et le degré de filtration du miel. L'abondance relative des levures renseigne sur l'état de conservation du miel. L'abondance relative des poussières atmosphériques, des particules minérales, des fragments d'insectes ou des grains d'amidon renseigne sur la pureté du miel (Anonyme, 1977).

4.1. Méthode classique

La technique d'extraction et de montage des pollens a été codifiée par la Commission Internationale de Botanique Apicole sous la forme suivante : 10 grammes de miel sont mis en solution dans l'eau chaude ($\leq 40^{\circ}\text{C}$) et centrifugé à 3000 tours/minutes pendant 10 minutes. Le culot de centrifugation est prélevé, déposé sur lame, séché, inclus dans la glycérine gélatinée et recouvert d'une lamelle. Après solidification complète du milieu, la préparation est lutée au baume du Canada (Louveaux et coll., 1970). Ces mêmes auteurs recommandent, pour les miels riches en colloïdes, de centrifuger non pas dans l'eau distillée mais dans l'eau acidulée (5 g d'acide sulfurique par litre d'eau distillée) afin de permettre la dissolution d'une grande

partie de ces colloïdes. Le culot doit être rincé à l'eau distillée par une nouvelle centrifugation pour éliminer l'acide qui pourra se concentrer dangereusement lors du séchage du frottis.

Une autre méthode préconisée par Louveaux et coll. (1970), Luttieret Vaissiere (1993) consiste en l'élimination de la plus grande partie des colloïdes ainsi que des petites particules qui gênent l'observation des grains de pollens par la filtration du sédiment mis en suspension dans l'eau sur un filtre Millipore de porosité 3 ou 5 µm. Le pollen restant sur le filtre est lavé, filtré puis le sédiment est inclut comme décrit plus haut.

Bien que ces techniques donnent satisfaction dans presque tous les cas, il semble que de nouveaux progrès soient possibles. En effet, d'après Louveaux (1968 a), les préparations obtenues présentent très souvent deux défauts : elles manquent de clarté, ce qui rend plus difficiles les observations, et elles se conservent mal.

4.2 Méthode d'acétolyse

Jusqu'en 1970, la Commission Internationale de Botanique Apicole de L'U.I.S.B, ne mentionne pas l'acétolyse du miel parmi les méthodes de mélikso-palynologie. En 1967, Vorwohl exclut l'acétolyse des méthodes d'analyse du miel comme prenant trop de temps et provoquant la destruction d'éléments figurés accessoires tels que les algues, levures, morceaux d'insectes intéressant pour l'étude du miel (Gadbin, 1979). Les arguments de Vorwohl demeurent valables pour l'étude des divers composants du miel, mais en mélikso-palynologie plusieurs faits ont rendu nécessaire l'application des méthodes de traitement acétolytique mises au point par Erdtman(1963, 1952 et 1960).

L'acétolyse seule, permet par la clarification des structures de la paroi pollinique qu'elle opère, une observation assez fine permettant la détermination des formes polliniques et l'identification des taxons inconnus et douteux (Gadbin, 1979 ; Loublier et coll.,1994). Ce type de traitement permet une bonne conservation des préparations (Iwana, 1979).

La méthode de l'acétolyse peut se schématiser ainsi : déshydratation du matériel par l'acide acétique pur, traitement au Bain-marie du matériel dans un mélange des parties d'anhydride acétique et d'une partie d'acide sulfurique puis lavage multiple par centrifugation.

5. Les problèmes posés en mélikso-palynologie

L'analyse pollinique utilisée dans la détermination de l'origine botanique des miels présente un grand nombre de problèmes théoriques ou pratiques. Le premier de ces problèmes est celui de l'origine même du pollen contenu dans le miel. Il convient de savoir qu'elles sont les voies qu'il suit pour y parvenir ; le second consiste aux variations de la richesse en pollen des miels et leurs causes (Louveaux, 1968a). Parmi les problèmes majeurs, celui de la sur ou sous

représentation du pollen et celui des corrélations entre le spectre pollinique, les propriétés organoleptiques et physico-chimiques des miels (anonyme, 1964).

5.1. Origine du pollen présent dans les miels

La Présence des grains de pollen dans le miel en plus ou moins grande quantité est un phénomène remarquablement constant. Pratiquement il n'existe pas de miels naturels dépourvus de pollen (Louveaux, 1968b). Ces grains de pollens existent déjà dans les matières premières d'où le miel provient : nectar, miellat ou bien y pénètrent pendant le processus de maturation dans la ruche et pendant l'extraction par l'apiculteur.

Lorsqu'elle visite la fleur, l'abeille se trouve au contact, non seulement avec le nectaire, mais avec la plupart des pièces florales et notamment les anthères. Il en résulte qu'une partie du pollen mûr tombé dans le nectar est recueilli par l'abeille dans son jabot ; parvient dans la masse du miel contenu dans les rayons et, finalement reste présent dans le miel récolté.

De même l'origine du nectar est précisée par la nature des grains de pollen en provenance des fleurs. Le miellat peut être identifié par des algues vertes microscopiques et par desserres de fumagines qui appartiennent à la flore de la surface des organes foliaires des plantes productrices de miellat (Louveaux, 1978 et Maurizio, 1979).

En dehors de ce chemin direct, les grains de pollen peuvent pénétrer par des voies secondaires dans ce miel. Ainsi par exemple, de nombreux grains de pollen restent adhérents à la pilosité de l'abeille butineuse, peuvent ensuite tomber accidentellement dans les cellules à miel (Louveaux, 1968b et 1978). Ceci explique au moins en partie, la présence dans les miels de pollens provenant de plantes dépourvues de nectaires (*papaver*, *Cistus*, *Helianthemum*). Une autre possibilité de pollution secondaire est constituée par la chute de grains de pollen atmosphériques sur les nectaires ouverts à l'air libre ou dans les gouttelettes de miellat qui constituent des pièges gluants à la surface des feuilles ou des aiguilles. Il s'agit alors essentiellement de pollens de plantes anémophiles dont la présence dans certains miels est caractéristique de la présence de miellat.

Enfin, le pollen peut avoir été introduit par l'apiculteur au cours de l'extraction du miel. Le cas se produit surtout lorsque des moyens primitifs tels que le pressage (miel de presse) sont utilisés pour la récolte ou lorsque le miel est extrait par centrifugation à partir des rayons riches en cellules à pollens (Maurizio, 1979).

5.2. Variation de la richesse en pollen des miels

Il est très important de savoir dans quelles limites la teneur absolue en pollen des miels est susceptible de varier. Cette teneur n'est pas fixe, elle dépend de la structure et la biologie

florale des différentes espèces, des conditions de la sécrétion nectarifère, du travail de l'abeille et aussi du mode d'extraction.

5.2.1. Structure et biologie florale des différentes espèces

La quantité de pollen produite par fleur (mâle ou hermaphrodite) est très différente d'une espèce à l'autre, cela tient au nombre d'étamines très variables, au nombre de sacs polliniques que porte celle-ci et au volume de ces sacs. Ainsi par exemple, sont très productifs les hélianthèmes, les cistes et les coquelicots dont les fleurs ont des étamines nombreuses et des sacs polliniques bien développés, le sont également beaucoup les mimosas dont les sacs polliniques sont peut être plus petits mais dont chaque fleur est pratiquement une boule d'étamines (Rabiet, 1986).

Il est souhaitable que les plantes donnent le maximum de pollen. Les fleurs de romarin (*Rosmarinus Officinale*) produisent relativement beaucoup de pollen, mais une grande partie de cette matière reste sur le dos de l'abeille. Celles des cultivars ornementaux du *Veigelia* (ou *Diervilla*) en produisent de façon convenable ; mais le plus souvent l'abeille absorbe le nectar par des trous de bourdons situés sur le coté de la corolle et n'en ramasse donc pas (Rabiet, 1984).

La fleur du laiteron (*Asclepias*) offre seulement du nectar et pas de pollen aux insectes visiteurs, le pollen est formé dans de larges pollinies cirée et n'est pas accessible à la plupart des insectes consommateurs de nectar (Southwick E., SouthwickL., 1992).

Les fleurs de myosotis ne fournissent que de faibles quantités de nectar, lorsque les abeilles visitent les fleurs dont les tubes sont particulièrement étroits, elles font tomber dans le nectar à peu près tout le pollen présent dans les anthères.

La plupart des fleurs ne produisent un pollen ou du nectar ou les deux à la fois qu'à certaines heures ou certains moments de la journée. La moutarde sauvage (*Sinapisarvensis*) est classée parmi les plantes dont les étamines s'ouvrent le matin de bonne heure. Bien que le pollen soit accessible aux abeilles de 8 heures à 18 heures, le maximum de l'offre de pollen (82,5%) se place à 8heures. La ravenelle (*Raphanus raphanistrum*) est classée parmi les plantes dont les étamines s'ouvrent le matin de bonne heure, leur pollen est accessible aux abeilles de 8heuresà 17heures avec un maximum (45.5%) à 8heures. L'ouverture des anthères du marronnier d'Inde (*d'Aesculus hippocastanum*) a lieu principalement le matin (20%) à 5heures, mais le pollen reste disponible (Maurizio et Louveaux 1961).

Les nectaires, qui peuvent se trouver en de nombreux endroits des fleurs, sont habituellement près de la base des étamines. Selon la structure des pièces florales, ils peuvent être soit découverts comme chez les rosacées, ces derniers montrent des pétales bien étalées au milieu

desquelles le nectar est facilement recueilli ; soit abrités tel le trèfle rouge dans ce cas l'abeille éprouve une certaine difficulté pour en sucer le nectar car elle ne parvient pas à faire correctement pénétrer sa trompe dans le calice qui est très profond surtout lors de la première floraison (Rabiet, 1984).

5.2.2 Conditions de sécrétion nectarifère

Comme nous l'avons vu, les différents genres de fleurs sécrètent des types différents de nectars dont la concentration moyenne est elle-même variable.

L'accessibilité et la concentration ont de l'importance pour l'attraction des abeilles. Ils peuvent même entrer en concurrence pour la pollinisation.

Hooper (1980) cite pour exemple le pommier qui produit un nectar contenant 25% de sucre n'intéressant pas les abeilles du moment qu'il y a à proximité un champ de choux dont les fleurs sécrètent du nectar à 50% de sucre. Dans ce cas, le type de sucre rend également les choux plus attractifs pour l'abeille domestique. Selon plusieurs chercheurs, c'est la quantité des sucres contenus dans le nectar qui compte puisque ce sont eux qui font le miel ; en effet, les nectars sont plus ou moins riches en sucres, plus ou moins aqueux ; les meilleurs paraissent de prime abord les plus denses, c'est pourquoi aujourd'hui l'indice absolu de sucre ou la quantité de sucre produite par la fleur est calculé (Rabiet, 1984) (Tableau 8).

Pesson et Louveaux (1984) citent d'autres conditions primordiales assurant la constante et la régularité des rapports entre la fleur et sa pollinisateur et la présence dans la fleur d'un élément recherché par le pollinisateur, le plus souvent une ressource alimentaire : pollen, nectar. Des conditions favorables à la découverte et à l'exploitation de ces ressources s'y ajoutent : odeur, couleur, jouant comme stimuli attractifs et facteurs de conditionnement : morphologie florale permettant l'accès aux ressources exploitables, pollen adhésif, souvent huileux, parfois aggloméré en masse, apte à se fixer sur le corps du pollinisateur (par opposition au pollen pulvérulent et sec des fleurs anémogames).

Selon le même auteur, un synchronisme physiologique existe entre l'anthère (maturité des anthères, libération du pollen, réceptivité du stigmate) et la sécrétion des substances odorantes attractives ou du nectar. Rabiet (1984) précise que la détermination de plantes mellifères englobe plusieurs expressions c'est pourquoi, il faut préciser celle-ci, à savoir :

- plantes apicoles : sont toutes les plantes intéressantes pour l'abeille et de ce fait pour l'apiculteur parce qu'elles sont exploitées par les abeilles soit pour le nectar soit pour le pollen soit pour le miellat ou même pour la propolis.

Tableau 14 : Indice absolu de sucre des différentes plantes (en milligrammes de sucre produit par fleur et par 24 heures) (Maurizio, 1979)

Espèces	Indice absolu du sucre	Auteurs
-Borraginacées <i>Borrago officinalis</i>	1.30 1.10 0.20-4.9	Beutler(1930) Boetius(1948) Demianowicz et coll. (1960)
<i>Cynoglossum officinal</i> <i>Echium vulgare</i>	0.38-1.3 1.64 0.09-1.3	Demianowicz et coll. (1963) Boetius(1948) Demianowicz et coll. (1960)
-Composées <i>Centaurea jacea</i> <i>Helianthus annuus</i>	0,46 - 6,1 0,12 0,30 0.12	Boetius (1948) Demianowicz et Hlyn (1960) Beutler Et Schontag (1940) Fahn (1948)
-Crucifères <i>Brassica napus. var.oleifera</i>	0,79 0,50 0,4 - 0,8 0,03 - 2,1 0,53	Boetius (1948) Beutler et Schontag (1940) Demianowicz (1968) Demianowicz et Coll. (1960) Hasler Et Morizio (1949 ,1950)
<i>Sinapis alba</i>	0,4 0,07 - 0,2	Boetius (1948) Demianowicz et Coll. (1960)
<i>Raphanus raphanistrum</i>	0,04 - 0,56	Demianowiczet Coll. (1963)
- Ericacée <i>Calluna vulgaris</i>	0,12	Boetius(1948)
-Labiatéés <i>Lavandula spica</i> <i>Lav.spica x Lav. Latifolia rnedicus</i> <i>Salvia officinalis</i>	0,26 0,09 0,23 - 1,0 0,30 - 3,30 0,37 - 1,56	Boetius (1948) Kropacova (1968) Barbier (1963) Demianowicz et Coll. (1960) Jablonski (1968)
- Légumineuse <i>Melilotus alba</i> <i>Melilotus officinalis</i> <i>Robinia pseudoacocia</i>	0,0010 - 0,06 0,0005 - 0,004 0,2200 - 2,3 1,36	Demianowicz et Coll. (1963) Demianowicz et Coll. (1960) Haragsim (1974) Maurizio (1954)

<i>Trifolium hybridum</i>	0,01 0,14 0,04 0,02 - 0,10	Boetius (1948) Beutler et Schontag (1940) Demianowicz etcoll. (1960) Maurizio(1954)
<i>Trifolium repens</i>	0,012	
- Rosacées		Ewert(1940)
<i>Prunus armeniaca</i>	0,31 - 0,84	Ewert(1940)
<i>Prunus domestica</i>	0,13-1,47 0,25	Fahn(1949)
<i>Prunus persica</i>	0,54 - 1,38	Ewert(1940)
<i>Pyrus communis</i>	0,09 0,30 0,05 - 0,16 0,16	Boetius(1948) Beutler Et Schontag (1940) Ewert (1940) Fahn (1949)
<i>Rubus idaeus</i>	3,80 1,00 0,18-1,13 1,8 - 8,1	Boetius (1948) Beutler et Schontag (1940) Ewert (1940) Beutler et Schontag(1940)

Tableau 14 bis : Indice absolu de sucre des différentes plantes
(en milligrammes de sucre produit par fleur et par 24 heures) (Maurizio, 1979)

- plantes nectarifères: sont celles qui produisent du nectar grâce à des organes spéciaux, les nectaires.

- plantes pollinifères: ce sont celles qui fournissent du pollen aux abeilles.

Si l'on veut apprécier correctement l'intérêt d'une plante quelconque pour les abeilles, il convient toujours de prendre en compte la totalité des produits qu'elle fournit (J. Louveaux, 1980). Certaines espèces donnent beaucoup de nectar et relativement peu de pollen telles la lavande et le romarin. D'autres, au contraire par exemple le coquelicot (*Papaver rhoeas*) et les cistes donnent une masse impressionnante de pollen et pas de nectar. D'autres encore peuvent donner le nectar et le pollen simultanément. Le peuplier (*Populus sp.*) qui ne produit pas de nectar et probablement pas de miellat de façon significative, est pourtant une plante importante pour les abeilles car il leur offre en abondance de la propolis. Ces exemples permettent d'affirmer que l'abeille exploite rationnellement et systématiquement une fleur bien précise, d'où une coopération bénéfique entre les abeilles et les plantes (Signorini, 1978).

En résumé, les plantes mellifères les plus importantes sont celles qui ont une productivité nectarifère élevée et régulière ; toutefois entre autres les conditions atmosphériques et la nature du terrain peuvent bien entendu, influer aussi, sur la sécrétion nectarifère. Il en est de même pour la production du pollen. Au pire, nectar et pollen peuvent être inexistantes selon Rabiet (1984).

Le tableau 15 donne le potentiel mellifère de quelques espèces florales dans les conditions optimales de croissance et un affouragement très intense (les abeilles sont supposées récolter tous le nectar sécrété). Ce potentiel mellifère est la quantité maximale du miel (en kilogramme) qu'on peut obtenir au cours d'une saison par hectare du terrain (Crane, 1979).

Tableau 15 : Potentiel mellifère de quelques espèces florales (Crane. 1979)

Espèce	Classe*					
	1	2	3	4	5	6
Borraginacées						
Borrago officinalis				X		
Echium vulgare						X
Composées						
Centauria cyanus			X			
Helianthus annuus		X				
Crucifères						
Brassica napus.var.oleifera				X	X	
Sinapis arvensis				X	X	
Raphanus raphanistrum		X				
Légumineuses						
Mélilots officinalis				X		
Robinia pseudoacacia						X
Trifolium repens			X			
Malvacées						
Lavatera trimestris			X			
Malva sylvestris		X				
Rosacées						
Prunus armeniaca	X					
Prunus domestica	X					
Pyrus communis	X					
Rubus idaeus			X			
Ombellifères						
Coriandrum sativum					X	
Heracleum sphondylium				X		

Classe 1 : 0-25 kg/hectare Classe 2 : 26-50 kg/hectare

Classe 3 : 51-100 kg/hectare Classe 4 : 101-200 kg/hectare

Classe 5 : 201-500 kg/hectare Classe 6 : plus de 500 kg/hectare

5.2.3. Travail de l'abeille

En butinant, l'abeille puise un nectar auquel se trouvent mélangés les grains de pollen en nombre plus ou moins considérable. Les variations de la richesse en pollen du nectar dépendent de l'espèce végétale et du travail de l'abeille.

Selon Louveaux (1968 a) et Maurizio (1979), le nombre des grains de pollen présent dans le miel ne correspond pas à celui du nectar.

Maurizio (1949) a montré que l'action du proventricule n'est pas susceptible de modifier le spectre pollinique des miels. Cet auteur estime que le passage du nectar par le jabot a une action de nivellement, de telle sorte que le miel entreposé finit toujours par avoir une teneur en pollen moyenne qui est moins variable que la teneur en pollen des différents nectars.

5.2.4. Influence du mode d'extraction

En ce qui concerne l'influence du mode d'extraction, Louveaux et coll., (1970) constatent que les miels d'extracteurs centrifuges contiennent peu de sédiment.

Dans la plupart des cas, 10g de miel donnent 1,5 à 3,5 μ l. Un sédiment de plus de plus de 10 μ l prouve qu'on est en présence d'un miel égoutté ou pressé à moins qu'il ne s'agisse d'un enrichissement du sédiment par des corps étrangers au miel (farine, succédanés de pollen, poussières, levures). Selon Louveaux (1968), la variation du volume du sédiment est plus faible que celle du nombre de grains, ce qui s'explique facilement par le fait que la taille des grains de pollen varie en gros de moins de 10 μ m à plus de 60 μ m ; un même volume de pollen peut donc représenter un nombre de grains très différent selon les espèces végétale considérer. La détermination du nombre de grains de pollen par unité de poids de miel constitue une méthode plus précise, ainsi Maurizio (1949) classe les miels en cinq classes de richesse en pollen :

Class I : moins de 2000 grains par gramme.

Class II : de 2000 à 10 000 grains par gramme.

Class III : de 10 000 à 50 000 grains par gramme.

Class IV : de 50 000 à 100 000 grains par gramme.

Classe V : plus de 100 000 grains par gramme.

Les miels monofloraux pauvres en pollen (miels de Robinier, lavandin (*Lavandula vera* x *Lavandula latifolia*, *Tilia* sp, *Salivallia* sp, *Trifoluim pratense*, *citrus*) appartiennent à la classe I.

La plupart des miels de fleurs et des miels de fleurs mélangés au miellat appartiennent à la classe II.

Dans la classe III, se trouvent les miels de miellat purs et les miels de fleurs riches en pollen (*Myosotis*, *Castanea*, *Cynoglossum officinale*).

La classe IV contient surtout des miels de fleurs riches en pollen et une partie des miels de presse. Au groupe V, appartiennent seulement encore les miels de presse riches en pollen (Louveaux et coll., 1970 ;Maurizio, 1979).

Les miels d'extracteurs ont une teneur en pollen qui est comprise entre 2000 et 10000 grains par grammes (classe II).Les miels à teneur en pollen anormal (trop forte ou trop faible) ne peuvent plus donner lieu à une interprétation valable du spectre pollinique dans la mesure où on recherche l'origine florale du miel, sauf dans quelques cas précis (Louveaux, 1968b).

5.3. Validité de l'analyse pollinique : sur et sous représentation du pollen

L'analyse pollinique utilisée dans la détermination de l'origine botanique des miels présente de grandes incertitudes, entre autre la sur-représentation ou la sous- représentation.

Les pollens de quelques plantes sont sur-représentés dans les miels correspondants, c'est-à-dire que le pourcentage des pollens trouvés est plus élevé que le pourcentage réel du nectar. Chez d'autres plantes il se produit un phénomène inverse : le pollen se trouve sous-représenté (Louveaux et coll., 1970) ; ainsi on aboutit à la notion d'un coefficient de correction applicable à chaque plante.

Les pollens sur- représentés : un miel dit unifloral est toujours un miel provenant du butinage des fleurs d'espèces différentes, avec une variété dominante qu'il faudra retrouver à l'analyse pollinique par la présence de plus de 45% des grains de pollen correspondant (Darrigol, 1979). Pour les miels de *Castanea sativa* et *Myosotis* sp.,Louveaux, Maurizio,Vorwohl (1970) et Maurizio (1979) adoptent comme limite de passage dans la classe des pollens dominants le chiffre de 90%. Parmi les pollens sur-représentés, il faut noter encore *Cynoglossum* et *Mimosa pudica*.

Les pollens sous- représentés : la liste suivante est celle des pollens qui, parmi ceux considérés comme sous-représentés, sont pratiquement les plus importants. Lorsque leur fréquence atteint au moins le pourcentage indiqué, le miel en question provient principalement de la source correspondante :

<i>Lavanda spica x lavandula latifolia</i> (lavanin).....	10- 20%
<i>Salvia</i> (espèces d'Europe).....	20- 30%
<i>Robinia</i>	30%
<i>Tilia</i>	20-30%
<i>Medicago</i>	3%

Appartiennent également au groupe des pollens sous-représentés *chamaenerion* (*Epilobium*), *Cucurbitacées* et *Rosmarinus* (Romarin).

Les anthères des fleurs de quelques variétés de citrus sont en général stériles c'est pourquoi il existe des miels de citrus dans lesquels le pollen de citrus n'est représenté qu'avec une fréquence de 10 à 20%.

Louveaux et coll. (1970) évoquent aussi l'anomalie des coefficients de représentation chez les plantes qui à côté des nectaires floraux possèdent des nectaires extra-floraux ainsi que chez les plantes dioïque dont le nectar des fleurs femelles est évidemment dépourvu de pollen et enfin chez les plantes dont le pollen n'est pas dispersé mais reste en paquets (pollinies) comme, par exemple, chez de nombreuses *Orchidacées* et *Asclépiadacées*.

Chez les miels dont le sédiment contient une forte proportion de pollen non identifiable, une détermination de l'origine botanique selon les mêmes auteurs n'est possible qu'avec réserve étant donné que le coefficient de représentation des pollens en question n'est pas connu.

Parmi les problèmes théoriques auxquels les méllisso-palynologues ont à faire face, celui des corrélations entre le spectre pollinique et les propriétés organoleptiques et physico-chimiques des miels (Anonyme, 1964).

Quelques miels monofloraux sont caractérisés par propriétés chimiques ou physiques dont la prise en considération peut compléter et étayer l'examen microscopique

Pour miels de Bruyère (*Calluna sp.*), il existe des procédés simples et faciles à utiliser pour mise en évidence de la thixotropie et de la teneur relativement élevée en protéines. Les miels de miellat sont, entre autres, caractérisés par une conductibilité électrique relativement élevée. Chez les miels de Robinier et de Tupelo, la teneur élevée en fructose constitue une caractéristique complémentaire (Louveaux et coll., 1970)

Citons enfin que certains grains de pollen provenant d'une même fleur et parfois même d'une même anthère présentent des formes différentes. Cela provient de deux causes principales :

1. Le grain de pollen peut se présenter de plusieurs façons sur la platine au microscope. Il y a ce que l'on appelle la vue polaire, c'est-à-dire par les extrémités, et la vue équatoriale, c'est à dire de face : ces deux vue sont entièrement différentes, et il est nécessaire de les connaître toutes les deux au moins.

2. Tous les grains de pollen d'une même fleur ne sont pas tous nécessairement fertiles.

A côté des grains normalement constitués, il s'en trouve d'autres qui sont malformés, plus petits (parfois de moitié), à contour irrégulier et à surface ridée.

La proportion de grains anormaux est très variable, elle est plus élevée chez les plantes vivaces comparées aux plantes annuelles et chez les espèces cultivées comparées aux espèces

sauvage (0 à 10% chez l'Eglantier et la ronce sauvage ; 25 à 95% chez le rosier et le framboisier cultivé).

Il est admis actuellement que le polymorphisme existe chez les pollens de la plupart des végétaux. Il est dû à plusieurs causes dont celle qui est due à des causes accidentelles : traumatismes effets de voisinage dans une tétrade, par exemple.

Le pollen de certains arbres fruitiers et d'un grand nombre de végétaux présente des formes parfois très différents, bien que provenant d'une même plante, et souvent de la même fleur.

Ce polymorphisme est rencontré chez trois espèces d'Erable : Erable faux-platan, Erable sycomore et Erable champêtre. Les grains sont parfois ronds, anguleux ou plats, dont la grosseur est variable.

Ce phénomène est observé aussi chez les violacées, le pommier du Canada, les cucurbitacées, la Mauve et chez les composées (Caillas, 1968).

Conclusion

L'analyse quantitative et qualitative d'un miel est donc d'une grande complexité ; liée à des facteurs dont les conséquences sont difficilement mesurables.

Ces facteurs sont la race de l'essaim, son état de santé, la nature du sol et du végétal, les conditions climatiques, le moment de récolte, le mode d'extraction et de conservation.

Récemment, garantir la qualité de miel devient de plus en plus important pour des consommateurs, des producteurs et des organismes de réglementation. La Commission européenne (la directive 2001/110/EC de Conseil) encourage l'utilisation de méthodes analytiques pour déterminer l'authenticité de miels. Bien que procédures différentes comme analyse isotopique (Cotte et coll., 2003) ou spectroscopique (Kelly et coll., 2004; Kelly et coll., 2006; Sivakesava et coll., 2002) et méthodes calorimétriques (Cordella et coll., 2002) ont été utilisées pour déterminer l'authenticité de miel, plusieurs auteurs ont proposé d'étudier des glucides, les constituants principaux de miel, par des techniques chromatographiques (Low et coll., 1988 ; Swallow et coll., 1994 ; Cordella et coll., 2005).

Cependant, les miels de la même source florale peuvent varier en raison des variations climatiques saisonnières ou aux origines géographiques différentes (Anklam, 1998).

PARTIE IV
Matériels et méthodes

Introduction

L'appréciation de la qualité des miels par le consommateur se fait principalement par l'arôme (Castro-Vazquez et coll., 2007). Cependant pour appliquer une réglementation sur le produit et mettre en place des normes d'identification des différents miels, un moyen de contrôle quantitatif doit être utilisé. Pour ce faire de nombreux critères sont étudiés à savoir les propriétés sensorielles et physico-chimiques ainsi que l'analyse pollinique. L'analyse en laboratoire permet de mieux connaître nos miels, de déterminer sa qualité, si les normes requises sont respectées, sa composition tel que la nature des sucres, la nature des fleurs qui ont contribué à son élaboration par les abeilles et ceci par l'analyse pollinique mais aussi, savoir si nos méthodes d'extraction, de conservation sont convenables en déterminant le taux d'hydroxyméthylfurfural (HMF) et la teneur en eau.

Il permet de mieux répondre aux interrogations des consommateurs et de leur répondre avec une plus grande justesse sur notamment l'origine florale de nos miels.

L'analyse des pollens du miel ou méliisso-palynologie est de la plus grande importance pour le contrôle de la qualité du miel (Anklam, 1998; Anklam et Radovic, 2001; Devilliers et coll., 2004; Goodall et coll., 1995; Krauze et Zalewski, 1991; Mateo et Bosch-Reig, 1997; Popek, 2002; Terrabet coll., 2002). Le miel contient toujours des grains de pollen, surtout des plantes nectarifères, ainsi que d'autres éléments tels que des algues, des spores de champignons et la présence éventuelle de levures. Cette analyse sert à déterminer la provenance botanique et géographique du miel et à examiner ce dernier dans le sens du contrôle et de l'assurance de la qualité.

De nombreux auteurs (Krauze et Zalewski, 1991 ; Mateo et Bosch-Reig, 1997 ; Persano et coll., 1995) ont suggéré l'utilisation de critères physico-chimiques (le pH, la teneur en sucre, la conductibilité électrique, l'activité enzymatique, la teneur en eau) pour la caractérisation des miels monofloraux.

Les principaux critères d'évaluation physico-chimique utilisés dans notre travail sont: la teneur en eau, la conductibilité électrique, l'acidité libre, l'acidité liée, l'acidité totale, le pH, la concentration en hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité diastasique, ainsi que la teneur en différents sucres à savoir le glucose, le fructose, le saccharose, le maltose, l'isomaltose, le raffinose, le turanose et l'erlose.

1. Les échantillons de miel

Notre étude a porté sur :

- 28 échantillons de miels provenant des principales régions mellifères de la plaine de la Mitidja située au centre de l'Algérie du Nord, à savoir les Wilayate d'Alger (36°45'0" N et 3°10'0" E) (échantillons A1 à A7), Blida (36°34'59" N et 3°0'0"E) (échantillons Ba1 à Ba7), Tipaza (36°34'59"N et 2°25'0"E) (échantillons T1 à T7) et Boumerdès (36°45'0" N et 3°40'0"E) (échantillons Bs1 à Bs7). Les miels ont été récoltés par les apiculteurs entre le mois de mai et le mois de juillet 2006.

- 18 échantillons de miel provenant de différentes régions de la wilaya de Djelfa (Algérie) et récoltés par les apiculteurs au mois de juillet de la même année.

Après extraction électrique du miel des cadres, les échantillons sont homogénéisés et mis dans des récipients hermétiques de 1 kg. La durée de stockage est de 15 jours pour les analyses physico-chimiques et de 1 mois pour les analyses palynologiques.

A chaque échantillon, il a été attribué les informations suivantes afin de permettre leur identification :

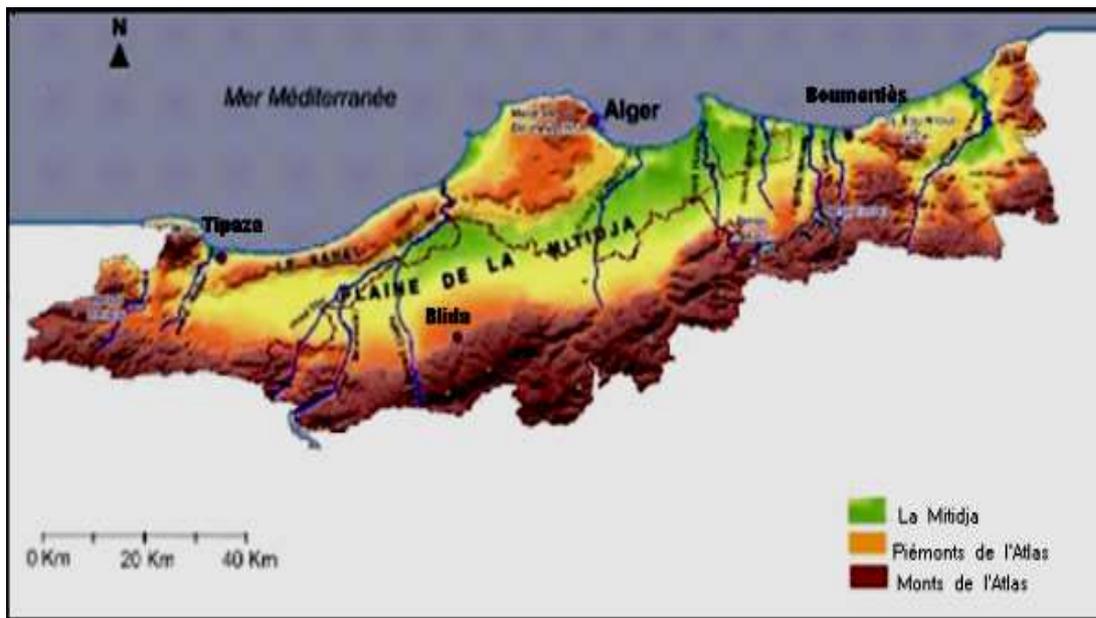
- l'origine géographique du miel
- l'origine florale présumée
- la date de récolte
- le mode d'extraction

2. Présentation des zones d'étude

2.1. Les régions du nord (figure 6)

Les régions du Nord sont caractérisées par des hivers doux et des saisons estivales longues et chaudes. La plaine de la Mitidja: un ensemble de terres très fertiles et à faibles pentes. Elle offre les meilleurs sols de la Wilaya. Les sols limoneux mêlés de cailloux sur le piémont de la Mitidja, des sols rouges, profonds, faciles à travailler: région de Mouzaïa, et des sols sablo argileux de la basse plaine, plus lourds. La diversité des sols présente des aptitudes très variées en matière de cultures: les agrumes sont cultivés dans le centre de la plaine principalement, la vigne cultivée un peu partout, ainsi que le blé associé à des cultures fourragères et maraîchères. On y trouve également des cultures industrielles.

Figure 6 : Carte de présentation des régions du Nord



Source : Programme d'aménagement côtier (PAC), 2006

Les conditions climatiques sont dans l'ensemble favorables. La pluviométrie est généralement supérieure à 600 mm par an en moyenne. Elle est importante dans l'Atlas. Les précipitations atteignent leur apogée en Décembre, Février, mois qui donnent environ 30 à 40% des précipitations annuelles. Inversement, les mois d'été (juin, août) sont presque toujours secs. De façon générale au nord, sur les villes côtières, les températures hivernales varient entre 8°C et 15°C. Elles grimpent à 25°C au mois de mai pour atteindre une moyenne de 28°C à 30°C en juillet et août.

2.2. La wilaya de Djelfa (figure 7)

La Wilaya de Djelfa s'étend sur une superficie de 32.257 km², représentant 1.36% de la superficie totale du pays, et limitée au nord par les wilayates de Médéa et Tissemsilt, au sud par les wilayates de Ghardaïa, Ouargla et El Oued, à l'ouest par les wilayates de Laghouat et Tiaret et à l'est par les wilayates de M'sila et de Biskra (Figure1). Le relief de la Wilaya de Djelfa est caractérisé par la succession de quatre (04) zones non homogènes du Nord au Sud de son territoire, ces quatre zones sont : la Zone plaine du Nord d'une superficie de l'ordre de 500.000 ha appelée "Plaine de Ain Oussera" , la Zone des dépressions des chotts : Cette zone est aussi appelée "la dépression des Sebchas", la Zone de la dépression des monts de Ouled Naïl formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 900 m et 1600 m. Enfin la Zone du

plateau pré-désertique appelé "Plateau Saharien" dans la partie Sud de la Wilaya.. Le climat de la Wilaya de Djelfa est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale. Il est semi-aride dans les zones situées dans les parties du Centre et du Nord de la Wilaya avec une moyenne de 200 mm à 350 mm d'eau de pluie par an et aride dans toute la zone située dans la partie Sud de la Wilaya et qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par an. La température minimale absolue est, à l'exception des mois de Juin, Juillet, Août et Septembre, inférieur à 0°C. Les mois les plus chauds sont Juin, Juillet et Août avec un maximum pour ce dernier. Le couvert végétal naturel de la Wilaya de Djelfa est constitué essentiellement de hautes steppes arides.

Figure 7 : Présentation de la wilaya de Djelfa



3. Analyses physico-chimiques

3.1. Analyses physiques

3.1.1. La conductibilité électrique

La conductibilité électrique a été déterminée selon la méthode de Bogdanov (2002). C'est la mesure à 20°C de la conductibilité électrique prise dans une solution aqueuse à 20 % par rapport à la matière sèche du miel.

5 grammes de miel sont pesés en valeur de matière sèche selon leur teneur en eau initiale. Le miel est dissout dans de l'eau distillée et la solution est amenée à un volume de 25 millilitres

dans une éprouvette. La lecture est faite directement après immersion de la cellule dans la solution. Le conductimètre que nous avons utilisé est de type Knick model.

La conductibilité électrique est donnée par la formule:

$$V = G / K$$

Où: G = Conductance (valeur lue en Siemens par centimètre)

K = Constante de cellule déterminée par la mesure de la conductance d'un électrolyte étalon KCl de conductibilité connue.

1- Détermination de la constante de cellule

La constante de cellule est obtenue selon la formule

$$K = 11.691 \times 1/G \quad \text{Où :}$$

K = constante de cellule en cm^{-1} .

G = conductance lue en milliSiemens

11.691 = conductivité électrique d'une solution de KCl 0.1M à 20 °C.

Si la mesure est prise à des températures différentes de 20°C, un facteur de correction est utilisé : pour des températures au dessus de 20°C : soustraire 3.2 % de la valeur par degré Celsius. Pour des températures au dessous de 20°C : ajouter 3.2 % de la valeur par degré Celsius. Les résultats sont exprimés en milliSiemens par centimètre (mS.cm^{-1})

2- Préparation de la solution de chlorure de Potassium 0.1M.

Dissoudre 7.4557 g de chlorure de potassium (KCl), dans de l'eau distillée et ramener à 1000 ml.

3.1.2. Le pH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre sur une solution de miel à 10% dans l'eau distillée. Le pH-mètre est étalonné au préalable avec des solutions tampon. Le pH-mètre utilisé lors de nos analyses est de type HI 9025 – HANNA.

3.2. Analyses chimiques

3.2.1. La teneur en eau

La teneur en eau des échantillons de miel est déterminée par la mesure de l'indice de réfraction à 20°C à l'aide d'un réfractomètre de type Abbé. Les indices de réfraction sont convertis selon la table de Chataway (Tableau 10) en teneur en eau selon la méthode harmonisée du miel développée par la Commission Internationale du miel, IHC (Bogdanov, 2002). Le réfractomètre d'Abbé utilisé est de type : RF 490, Euromexholland. Si la mesure est effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à 20°C. La correction est additive, si la mesure est faite au dessus de

20°C, elle est soustractive dans le cas contraire. Le facteur de correction est de 0,00023 par degré Celsius.

3.2.2. L'acidité libre, l'acidité liée (des lactones) et l'acidité totale

Cette méthode consiste au titrage au point d'équivalence (méthode Harmonisée de la Commission Européenne).

L'acidité libre est obtenue en traçant la courbe de neutralisation du miel par une solution d'hydroxyde de sodium et détermination du point équivalent.

L'acidité liée (dûe aux lactones) est obtenue en ajoutant un excès d'hydroxyde de sodium à la solution de miel en déterminant cet excès par un titrage en retour par l'acide sulfurique.

L'acidité totale a été quantifiée par volumétrie en utilisant pour le titrage une solution d'hydroxyde de sodium.

L'acidité totale est exprimée en milliéquivalents d'acide pour 1000 g de miel. Le matériel utilisé lors de ce dosage est un titrateur automatique de type ORION.

1-Procédé de détermination des acidités

5 grammes de miel sont pesés et dissous dans quelques millilitres d'eau distillée et la solution est transférée dans une fiole jaugée et complétée à 50 ml. Après avoir bien mélangé la solution, prélever 25 ml qui seront transférés dans un bécher de 250 ml dans lequel sera disposé un barreau magnétique. Plonger l'électrode du titrateur et noter le pH initial. Le liquide est agité puis dosé automatiquement avec l'hydroxyde de sodium 0,05 N (jusqu'à 10 millilitres) ensuite dans le même bécher une solution d'acide sulfurique 0,05 N est versée pour opérer un dosage potentiométrique en retour.

Acidité libre = $V \times T \times (50/25) \times (1000/M)$

Acidité des lactones : L.A. = $[(10-V) \times T - 0.05 \times V'] \times (50/25) \times (1000/M)$

L'acidité totale : T.A. = Acidité libre + Acidité des lactones

2 – Expression des résultats

L'acidité libre est exprimée en milliéquivalents d'hydroxyde de sodium nécessaire pour porter à pH E (pH équivalent) 1kg de miel.

L'acidité des lactones est exprimée en milliéquivalents d'hydroxyde de sodium pour 1kg de miel.

V = volume en millilitre d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre le pH du point équivalent lors de la neutralisation du miel

V' = volume en millilitre d'acide sulfurique pour atteindre le pH du point équivalent lors du dosage en retour

T = normalité de l'hydroxyde de sodium

3.2.3. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)

L'hydroxyméthyl furfural (HMF) a été mesuré par la méthode WINKLER, méthode harmonisée de la Commission Européenne du miel décrite par Bogdanov et coll. (1997), dont le principe est basé sur l'absorption en UV à 550 nm de la coloration obtenue après addition de la *p*-toluidine et de l'acide barbiturique dans la solution de miel constituant l'échantillon. Dans la seconde solution de miel, l'acide barbiturique est remplacé par 1 millilitre d'eau distillée et constitue le blanc avec lequel le zéro est établi pour chaque échantillon. La quantité de solution de miel traitée est de 2 ml.

La solution de miel à étudier est obtenue après dissolution de 10 grammes de miel dans 50 millilitres d'eau distillée (solution à 20%).

Les deux réactifs (*p*-toluidine et acide barbiturique) sont ajoutés immédiatement l'un après l'autre dans l'intervalle d'une à deux minutes.

Après agitation des deux tubes, l'extinction est mesurée au spectrophotomètre dans des cuvettes de 1centimètre. Le maximum d'extinction D° est obtenu entre trois à quatre minutes après addition de la solution d'acide barbiturique.

Les résultats obtenus sont exprimés en milligrammes par kilogramme (mg/kg). L'analyse a été effectuée par spectrophotométrie visible. Le matériel utilisé est le spectrophotomètre UV-visible Cary 50.

1. Préparation de la solution de *p*-toluidine

Cette solution est obtenue après dissolution de 50 grammes de *p*-toluidine dans l'isopropanol après dissolution ajouter 50 millilitres d'acide acétique glacial, le tout est transvasé dans une fiole de 500 millilitres et compléter avec l'isopropanol.

2. Préparation de la solution d'acide barbiturique à 0,5%

0,5 grammes d'acide barbiturique sont dissous dans quelques millilitres d'eau distillée, le volume est ramené à 100 ml dans une fiole. Le taux d'HMF est calculé selon la formule:

$$\text{HMF (mg / kg)} = \frac{192}{\text{Epaisseur de la cuve (cm)}} \times A$$

Où : A est l'absorbance lue

192 est le coefficient d'extinction.

Ce coefficient a été recalculé à partir d'une solution étalon d'HMF pur. Cette solution étalon a été obtenue comme suit :

- dissoudre 20 mg d'HMF pur dans 100 ml d'eau distillée pour obtenir une solution à 20% ou 10 mg d'HMF pour 50 ml d'eau. Prélever 1 ml de cette solution et ramener à 50 ml pour

obtenir une solution à 0,2 mg d'HMF/ 50 ml, prélever 2 ml de cette solution et ajouter comme pour l'échantillon de miel 5 ml de solution de ρ -toluidine et 1 ml d'acide barbiturique, après agitation, la lecture de l'absorbance est faite au spectrophotomètre sans oublier de faire le zéro avec de l'eau distillée.

Le coefficient d'extinction a été obtenu par la formule: $20 / \text{absorbance} = 20 / 0,128 = 156$ où l'absorbance lue est égale à **0,128** ; 20 est le poids d'HMF pur en mg.

3.2.4. Mesure de l'activité diastasique ou amylasique

L'activité diastasique a été déterminée par la méthode Phadebas, méthode harmonisée de la Commission Européenne (Bogdanov et coll., 1997) qui consiste en la mesure de la coloration bleue de l'amidon; celui-ci est hydrolysé par l'enzyme. La coloration bleue est mesurée par spectrophotométrie à 620nm. L'absorbance de la solution étant directement proportionnelle à l'activité diastasique de l'échantillon de miel. Les résultats sont exprimés en unités de Gothe ou unités de Schade par gramme de miel et est définie comme suit: une unité diastasique correspond à l'activité de l'enzyme sur 1 gramme de miel laquelle peut hydrolyser 0,01 gramme d'amidon en 1heure à 40 °C.

Le matériel utilisé est le spectrophotomètre UV- visible Cary 50 réglé à 620 nm ainsi qu'un bain thermostatique à 40°C.

Pour cette analyse nous avons dissous 0,5 grammes de miel dans du tampon acétate de sodium et compléter à dans une fiole jaugée à 50ml.

5ml de cette solution sont transférés dans un tube à essai et placés dans le bain thermostatique à 40 °C.

Le blanc est préparé en plaçant 5 ml du tampon acétate dans un autre tube, lequel sera traité exactement comme la solution d'échantillon. Avec une pince à épiler une tablette Phadebas est ajoutée dans chaque tube et le chronomètre est déclenché. Les solutions sont remuées pour mélanger les réactifs et désagréger les tablettes pendant 10 secondes puis sont replacés dans le bain thermostatique. La réaction est arrêtée après exactement 15minutes par addition de 1ml de solution d'hydroxyde de sodium 0,5 N.Centrifuger les solutions et mesurer l'absorbance dans une cuve de 1cm à 620nm en utilisant l'eau comme référence (le zéro). L'absorbance du blanc est soustraite de l'absorbance de l'échantillon (ΔA_{620}). L'activité de l'amylase est donnée par la formule:

$$DN = - 4,37 \times \Delta A_{620}^2 + 31,38 \times \Delta A_{620} + 0,03$$

Cette formule a été obtenue expérimentalement par une mesure simultanée par la méthode de Schade et Phadebas sur 57 échantillons de miels. Une très bonne corrélation a été trouvée entre les deux mesures ($r = 0,987$).

- Préparation du tampon acétate de sodium

Le tampon acétate est obtenu après dissolution de 8,2 grs d'acétate de sodium ($C_2H_3NaO_2$) déshydraté dans de l'eau distillée, ajouter 1ml d'acide acétique glacial 100% et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

3.2.5. Le dosage des sucres

Cette mesure revêt une très grande importance dans le contrôle des appellations et la recherche de certaines adultérations.

Le dosage des sucres est réalisé par HPLC à détection ampérométrique pulsée selon la méthode de Bogdanov et coll., (1997).

1-Principe

L'examen des constantes de dissociation des sucres neutres (pK_a situé entre 12 et 13) montre qu'ils sont en fait faiblement acides. A pH élevé (12 -14), ils sont soit partiellement, soit complètement ionisés et peuvent donc être séparés par un mécanisme d'ions.

Il est nécessaire d'utiliser une colonne de résine pelliculée échangeur d'anions forte, avec une solution de soude comme éluant. La séparation des différents sucres des miels est obtenue en ajustant le pH de l'éluant, c'est-à-dire en faisant varier sa concentration en soude.

Nous avons utilisé un mode de détection par ampérométrie pulsée qui présente, sur l'ampérométrie à courant constant, le grand avantage d'une réponse stable du fait de l'élimination continue des produits d'oxydation des sucres. De plus, la sensibilité de détection est plus élevée que celle obtenue par la détection conventionnelle par réfractométrie.

Le matériel utilisé est un Chromatographe avec détecteur Coulochem équipé de :

- un module de dégazage (Hélium)
- colonne : Carbopac-AS6 (Dionex)
- précolonne: Carbopac guard P.A.
- boucle d'injection : 25 μ l
- détecteur ampérométrique pulsé avec électrode de mesure en or, électrode de référence Ag/Agcl, volume de la cellule de détection : 9 μ l
- Intégrateur (Shimadzu C-R5A Chromatopac)

1- Préparation de la solution standard des sucres

Nous avons pesé exactement la masse correspondante de chaque sucre (selon le tableau ci – dessous n° 16) dans un bécher de 25ml que l'on a dissout dans quelques millilitres d'eau

bi-distillée, la solution est transférée dans une fiole de 100ml et complétée avec de l'eau bidistillée. Chaque solution est divisée dans des flacons de 5 ml et placée immédiatement à -30°C pour leur utilisation ultérieure (3mois de conservation) ou dans le réfrigérateur (1semaine de conservation).

Tableau 16: Poids des différents sucres utilisés pour les solutions standards

Sucres	Poids (mg)	Sucres	Poids (mg)
Tréhalose	13,0	Turanose	21,2
Glucose	34,5	Mélézitose	13,9
Fructose	41,3	Raffinose	14,4
Isomaltose	13,2	Maltose	11,2
Saccharose	23,8	Erlose	8,4

2- Calibrage externe du chromatographe

Prélever 1 ml de la solution standard avec une seringue, insérer un filtre de porosité 0.02µm et injecter la solution dans la boucle du chromatographe. Les conditions chromatographiques sont:

-Composition de l'éluant: eau ultra-pure ; solution d'hydroxyde de sodium 50%, pH= 13

-Débit : 0.5 millilitre/minute pendant 16 minutes, puis +0.1 ml/min pendant 5 minutes, ensuite 1 ml/min pendant 16 minutes.

-Conditions du détecteur:

Potentiel d'oxydation : E1 = +0.18 V t1 = 300 ms

Cleaning potential: E2 = +1.00 V t2 = 240 ms

Reducing potential: E3 = -0.95 V t3 = 300 ms

Après la séparation (40 minutes), les hauteurs des pics ainsi que les concentrations des différents sucres sont calculés directement par l'intégrateur.

3- Préparation de la solution de miel

Nous avons pesé avec précision 200 mg de miel que l'on fait dissoudre dans quelques millilitres d'eau ultra pure et compléter à 100 ml. Prélever avec la seringue quelques millilitres de cette solution, insérer un filtre de 0.02 µm de porosité puis injecter dans la boucle du chromatographe. Faire démarrer le chromatographe avec les mêmes conditions que pour les solutions standards.

4. Analyse pollinique des échantillons de miel

L'examen microscopique des miels donne des informations sur son origine géographique et sur son origine botanique. Cette détermination repose sur l'identification des pollens et autres constituants du sédiment de miel ainsi que sur leur dénombrement. L'identification ne peut se faire que par comparaison de la morphologie et des dimensions des grains de pollen observés avec celles des grains connus qui constituent les références. L'identification des grains de pollen a été établie grâce aux banques de données numériques et bibliographiques du laboratoire d'analyse et d'écologie apicole (CETAM) en Lorraine au grossissement 400 x et 1000 x à immersion selon la taille des grains de pollen.

L'analyse pollinique a été réalisée selon la méthode établie par la Commission de Botanique Apicole et décrite par Louveaux et coll. (1978) et Von Der Ohe et coll. (2004). Pour ce faire 10 grammes de miel sont pesés à 0,1 gramme près et sont dissous dans 20 millilitres d'eau chaude ne dépassant pas 40°C. La solution obtenue est centrifugée pendant 5 minutes, le liquide est séparé du sédiment en le versant ou par aspiration. Le dépôt est repris par 10 millilitres d'eau distillée et centrifugée pendant 10 minutes à 3000 tours par minute afin d'éliminer tous les sucres du miel. Pour les miels riches en colloïdes, l'examen microscopique peut être facilité par l'utilisation d'une solution diluée d'acide sulfurique (H₂SO₄) soit 5 grammes de H₂SO₄ pour 1 litre d'eau.

L'acide est éliminé par un double lavage du sédiment. Le dépôt restant est transféré à l'aide d'une anse de platine ou d'une pipette Pasteur sur une lame porte-objet, la fraction du sédiment qui reste au fond du tube à centrifuger peut être reprise au moyen d'une goutte d'eau. Après séchage, on l'inclut dans la glycérine gélatinée puis luté au moyen de baume de Canada. Par la suite nous avons procédé à une analyse complète réalisée au laboratoire technique d'analyse et d'écologie apicole (CETAM). Cette analyse a pour but la détermination de tous les pollens présents dans le sédiment ainsi que d'autres constituants. Les préparations ont été explorées à différents grossissements (100x, 400 x et 1000 x).

Les pollens des plantes anémophiles ou de plantes dépourvues de nectaires sont à retrancher du total des pollens dénombrés avant que ne soit calculés les pourcentages des pollens de plantes nectarifères.

Les grains de pollen des plantes anémophiles tels que *Plantago* et Conifères ainsi que les grains de pollen de plantes peu nectarifères ou dépourvues de nectaires tels que *Papaver* et *Cistus* peuvent être utiles pour la détermination de l'origine géographique des miels (Von Der Ohe et coll. 2004). Les grains de pollen abortifs ou malformés sont comptés dans la mesure où il est possible de les identifier.

La fréquence en pourcentage est établie après le dénombrement d'au moins 1200 grains de pollen. Dans l'estimation des fréquences des différents pollens les termes suivants sont utilisés :

"Très fréquent", pour les formes qui représentent plus de 45% sur 100 grains de pollen dénombrés.

"Fréquent", pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 16 et 45%.

"Rare", pour les grains de pollen qui ont une fréquence comprise entre 3 et 15%.

"Isolé", pour les grains de pollen qui ont une fréquence inférieure à 3%.

Lorsque les classes de fréquence sont déterminées avec précision, les termes suivants sont applicables:

"Pollen dominant" (plus de 45% des pollens dénombrés).

"Pollen d'accompagnement" (16 à 45%).

"Pollen isolé important" (3 à 15%).

"Pollen isolé" (moins de 3%).

L'identification des pollens (annexe 4) ne peut souvent pas être poussée jusqu'au genre ou à l'espèce. L'emploi des noms scientifiques de genres ou d'espèces devrait donc être limité aux cas où une détermination sûre est possible. Lorsque cette condition n'est pas remplie il convient d'accompagner le nom scientifique en précisant clairement que celui-ci doit être pris dans un sens large: par exemple *Trifolium repens* s.l. (sensu lato) ou "Groupe *Trifolium repens*", (c'est-à-dire pollen qui d'après ses dimensions et sa structure est plus ou moins semblable à celui de *T. repens* mais qui peut également appartenir à une autre espèce, par exemple *T. resupinatum* ou *T. arvense*). Lorsque les connaissances détaillées font défaut ou lorsque pour des impératifs de temps on doit renoncer à une détermination plus fine, le pollen peut être rattaché à un groupement plus important (forme ou type). Par exemple "Forme *Teucrium*", c'est-à-dire pollen de Labiée tricolpé avec un opercule sur les sillons, ou bien "Type *Symphytum*", c'est-à-dire pollen de Borraginacée stéphanocolporé (Maurizio et Louveaux, 1961; Vorwohl, 1967).

L'identification des pollens de la région de Djelfa a eu lieu grâce à des préparations de pollen de référence confectionnées à partir des anthères des plantes de jujubier (*Zizyphus jujuba*).

Le But du procédé est de mettre en place une collection de préparations de référence qui constitue un complément précieux et nécessaire à la littérature mélikso-palynologique.

Les réactifs utilisés sont : le diéthyl-éther pour analyse, la Glycérine-gélatine de Kaiser, la fuschsine basique en solution alcoolique (0,1%) pour coloration de la glycérine gélatine, des

fleurs dont le nom scientifique et le nom vulgaire sont connus et dont le pollen doit être identifié.

- Mode opératoire

1- Préparations non colorées de pollen dégraissé.

Les anthères, les fleurs entières ou les inflorescences sont lavées dans un verre de montre rempli d'éther. On jette l'éther, on le remplace, on agite et on le jette à nouveau. Après évaporation des restes d'éther on porte le pollen sur une lame porte-objet et on l'étale régulièrement. On recouvre avec de la glycérine-gélatine liquéfiée à 40°C. Lorsque le pollen ne gonfle que lentement on conserve la préparation à la chaleur (platine chauffante ou étuve) pendant le temps voulu pour obtenir le gonflement désiré. Lorsque le pollen éclate facilement on recommande de procéder au dégraissage à l'éther directement sur la lame et de recouvrir rapidement avec la lamelle tout en limitant le chauffage au strict minimum nécessaire.

2- Les préparations peuvent être dégraissées et colorées par utilisation de la glycérine-gélatine colorée. Pour colorer la glycérine-gélatine on lui ajoute goutte à goutte une solution alcoolique de fuchsine.

3- Conservation des préparations

Les préparations de références se modifient dans le temps s'affaiblit. Dans toutes les sortes de préparations nous constatons un gonflement et une augmentation des dimensions des grains de pollen. Le lutage des préparations avec du baume du canada ou autre est recommandé pour améliorer la conservation.

Dans les pays de climat chaud et humide les préparations à la glycérine gélatinée risquent de fondre ou de moisir. Pour préserver les préparations il convient de les conserver à 4°C ou de les sceller à la paraffine.

Le lut à la paraffine est obtenu comme suit (Erdtman, 1969): le pollen (ou le sédiment de miel) est étalé sur la lame porte-objet sur une surface limitée et inclus dans une quantité de glycérine gélatiné suffisamment faible pour que les bords de la lamelle ne soient pas atteints et qu'il reste tout autour un vide d'environ 5 mm. Dans une coupelle en porcelaine on liquéfie de la paraffine et on la porte au moyen d'une baguette de verre sur le bord de la lamelle. Si on a préalablement préchauffé la lame, la paraffine se répand rapidement dans l'espace libre sous la lamelle et constitue un lut hermétique. Ainsi, même si la glycérine-gélatine fond par suite d'une température trop élevée, elle ne peut pas s'écouler et elle est protégée des moisissures.

PARTIE V
Résultats et Discussion

1. Analyses physico-chimiques

1.1. Les échantillons de miels des régions du Nord

1.1.1. La conductibilité électrique

La conductibilité électrique constitue un critère de détermination de l'origine botanique du miel. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel; plus elles sont élevées, plus la conductivité correspondante est élevée et il existe une relation linéaire entre ces grandeurs de mesure (Piazza et coll. 1991).

Il existe un rapport linéaire entre conductibilité électrique et teneur en matières minérales d'un miel sur la base duquel il est possible de calculer la teneur en matières minérales à partir des mesures de la conductibilité électrique (Accorti et coll. 1987). Les résultats de la conductibilité électrique des régions du nord sont mentionnés dans le tableau 17.

Nous constatons que les miels des régions du Nord présentent une conductibilité électrique variant entre 0,21 et 0,81 mS/cm avec une moyenne de 0,40 mS/cm.

Les résultats obtenus permettent la détermination de plusieurs classes à savoir (Annexe 1) :

Classe 1 : 0,21 mS/cm - 0,384 mS/cm représentés par les miels T1, T2, T5, T6, T7, A3, A4, A5, A7, Bs1, Bs5, Bs6, Ba1, Ba3, Ba5 et Ba7.

Classe 2 : 0,516 mS/cm - 0,559 mS/cm concernent les miels T4, A2, Bs3, Bs7, Ba2, Ba4 et Ba6.

Classe 3 : supérieur à 0,559 mS/cm, il s'agit des échantillons T3, A1, A6, Bs2 et Bs4.

Bogdanov (1999) Le miel de nectar, les mélanges de miel de nectar et de miel de miellat ont une conductivité inférieure à 0,8 mS/cm et que le miel de miellat et le miel de châtaignier, supérieure à 0,8 mS/cm à l'exception des miels *Arbutus*, *Banksia*, *Erica*, *Leptospermum*, *Melaleuca*, *Eucalyptus* et *Tilia* ainsi que les mélanges qui en sont issus et pour lesquels la conductibilité varie fortement (Bogdanov, 1999).

Les résultats que nous avons obtenu sont compris dans cet intervalle sauf pour le miel A1 dont la conductivité électrique dépasse légèrement la norme préconisée pour les miels de nectar soit 0,807 mS/cm et qui à priori peut être considéré comme un mélange de miel de nectar et de miellat; cependant son analyse pollinique (Tableau 33) montre que c'est un miel monofloral constitué de 97% de pollen d'*Eucalyptus*.

Nous constatons aussi que l'échantillon Bs2 dont la conductibilité électrique est assez élevée (0,768 mS/cm) est un miel monofloral d'*Eucalyptus* comme le démontre son analyse pollinique avec 99 % de pollen d'*Eucalyptus* (Tableau 33).

Tableau 17 : Conductibilité électrique des échantillons de miel des régions du Nord

N°échantillons	Quantité à peser (gr)	Conductibilité électrique (mS / cm)
T1	11,70	0,281
T2	11,74	0,220
T3	11,74	0,611
T4	11,74	0,559
T5	11,68	0,234
T6	11,70	0,285
T7	12,29	0,227
A1	11,76	0,807
A2	11,74	0,526
A3	11,74	0,384
A4	11,71	0,223
A5	11,70	0,254
A6	11,72	0,630
A7	12,25	0,214
Bs1	11,74	0,246
Bs2	11,76	0,768
Bs3	11,70	0,555
Bs4	12,20	0,677
Bs5	11,71	0,245
Bs6	11,71	0,228
Bs7	11,71	0,545
Ba1	12,27	0,275
Ba2	11,76	0,521
Ba3	11,71	0,216
Ba4	11,76	0,516
Ba5	11,68	0,207
Ba6	11,76	0,553
Ba7	12,25	0,222
Min	-	0,21
Max	-	0,81
Moyenne (x)	-	0,40
Ecart type (s)	-	0,19
VAR (s²)	-	0,04
CV (s/x*100)	-	48,31
x-s	-	0,21
x+s	-	0,59

Pour ce type de miel Talpay (1985) rapporte que la détermination de la conductivité électrique du miel est plus facilement mesurable et est utilisée principalement pour la caractérisation des miels monofloraux à l'exception de l'Arbousier commun (*Arbutus unedo*), la bruyère cendrée (*Erica*), l'*Eucalyptus*, le tilleul (*Tilia sp.*), bruyère commune (*Calluna vulgaris*), *Leptospermum*, arbre à thé (espèces *Melaleuca*) et propose une valeur de 0,4 à 0,9 mS/cm pour les miels d'*Eucalyptus*. Ceci est vérifié pour tous nos échantillons de miel d'*Eucalyptus* à savoir A1, T3, T4, Bs2, Ba2, A3, Ba6 et A6 (tableau 33 et 33 bis) qui présentent des valeurs de 0,807mS/cm, 0,611mS/cm, 0,559 mS/cm, 0,768 mS/cm, 0,521 mS/cm, 0,384 mS/cm, 0,553 mS/cm et 0,630 mS/cm respectivement et se situent dans les normes préconisées pour les miels d'eucalyptus. Les autres valeurs concernent les miels de *Citrus*, de Toutes Fleurs, d'*Hédysarium* et de *Brassicaceae*.

1.1. 2. La teneur en eau des échantillons de miels des régions du Nord

La teneur en eau du miel est l'une des caractéristiques les plus importantes car elle conditionne la qualité et notamment le mode de conservation, les miels titrant plus de 21% d'eau (mis à part les miels de callune) sont de basse qualité et fortement exposés à des risques de fermentation (Louveau 1976).

La connaissance de la teneur en eau est une donnée très importante pour la durée de vie du miel pendant l'entreposage (Terrab et coll., 2003). Elle ne dépend pas de la variété de miel mais d'autres facteurs tels que le type de ruche et l'humidité.

Dans le tableau 18 figurent les résultats obtenus des teneurs en eau des échantillons de miel des régions du Nord. Les valeurs obtenues varient entre 14,4% et 18,60% avec une moyenne de 15,65% (tableau 18).

Les valeurs obtenues sont largement en dessous des valeurs préconisées par le Conseil de l'Union Européenne (2002) stipulant que le taux maximum d'eau autorisée est de 20%, dans ce cas tous nos miels sont conformes aux normes.

Nous notons que ces valeurs sont plus ou moins rapprochées. Nous remarquons la présence de 2 classes principales constituées de 23 échantillons de miels dont le pourcentage en eau est inférieur à 16% et 5 échantillons de miels accusant des teneurs en eau comprises entre 18 et 18,60 % (Annexe 2).

Tableau 18 : Teneur en eau des échantillons de miel des régions du Nord

N° échantillons	Teneur en eau (%)
T1	14,5
T2	14,8
T3	14,8
T4	14,8
T5	14,4
T6	14,5
T7	18,6
A1	15,0
A2	14,8
A3	14,8
A4	14,6
A5	14,5
A6	14,7
A7	18,4
Bs1	14,8
Bs2	15,0
Bs3	14,5
Bs4	18,0
Bs5	14,6
Bs6	14,6
Bs7	14,6
Ba1	18,5
Ba2	15,0
Ba3	14,6
Ba4	15,0
Ba5	14,4
Ba6	15,0
Ba7	18,4
Min	14,40
Max	18,60
Moyenne (x)	15,65
Ecart type (s)	1,60
VAR (s²)	2,55
CV (s/x*100)	10,21
x-s	14,05
x+s	17,25

1.1. 3. pH et acidité des miels des régions du Nord

Les résultats du pH et de l'acidité des miels des régions du Nord sont présentés dans le tableau 19. Il apparaît que les miels des régions du Nord présentent des valeurs de pH acides comprises entre 3,66 et 4,23 avec une moyenne de 3,85. Nous remarquons que les résultats sont rapprochés pour les valeurs se situant entre 3,75 et 3,94 et concernent 25 échantillons de miel (Annexe 3).

Deux échantillons présentent un pH de 4,21 et 4,23 respectivement pour les miels Bs5 et A5.

L'acidité libre des échantillons de miels des régions du Nord varie entre 7,00 et 26,90 meq/kg avec une moyenne de 17,44 meq/kg.

Les échantillons de miels présentent une moyenne d'acidité liée de 12,81 meq/kg qui varie entre 0,70 meq/kg et 23,50 meq/kg.

Seule l'acidité libre possède une valeur légale : ≤ 50 meq/Kg, elle varie de 7,00 à 26,90 meq/kg pour nos échantillons de miel.

Les autres paramètres : pH initial, pH équivalent, acidité combinée (lactones) et acidité totale sont néanmoins importants dans la qualification des appellations monoflorale.

L'acidité totale est un critère très important, les résultats obtenus (Tableau 19) permettent de situer celle-ci entre 12,10 meq/kg et 50,40 meq/kg avec une moyenne de 30,40 meq/kg.

Tableau 19: pH et acidité des échantillons de miel des régions du Nord

N° échantillons	pH initial	pH équivalent	Volume NaOH (ml)	Volume H ₂ SO ₄ (ml)	Acidité libre (meq/kg)	Acidité liée (meq/kg)	Acidité totale (meq/kg)
T1	3,76	6,26	0,931	7,969	18,6	22,0	40,6
T2	3,77	6,7	0,781	8,725	15,6	9,9	25,5
T3	3,75	6,53	1,007	8,282	20,1	14,2	34,4
T4	3,82	6,51	1,194	7,971	23,9	16,7	40,6
T5	3,82	6,69	0,674	8,745	13,5	11,6	25,1
T6	3,78	6,80	0,810	8,598	16,2	11,8	28,0
T7	3,77	6,78	0,848	8,674	17,0	9,6	26,6
A1	3,94	6,48	0,966	8,166	19,3	17,4	36,7
A2	3,9	6,41	1,163	7,794	23,3	20,9	44,1
A3	3,89	6,72	0,738	9,225	14,8	0,7	15,5
A4	3,83	6,81	0,697	8,858	13,9	8,9	22,8
A5	4,23	6,60	0,348	9,396	7,0	5,1	12,1
A6	3,79	6,63	0,961	8,261	19,2	15,6	34,8
A7	3,73	6,90	0,789	8,722	15,8	9,8	25,6
Bs1	3,81	6,81	0,850	8,562	17,0	11,8	28,8
Bs2	3,81	6,49	1,112	7,944	22,2	18,9	41,1
Bs3	3,83	6,93	0,727	8,850	14,5	8,5	23,0
Bs4	3,66	6,25	1,198	8,002	24,0	16,0	40,0
Bs5	4,21	6,62	0,611	8,743	12,2	12,9	25,1
Bs6	3,85	6,81	0,765	8,842	15,3	7,9	23,2
Bs7	3,95	6,81	1,228	7,634	24,6	22,8	47,4
Ba1	3,78	6,80	0,761	8,544	15,2	13,9	29,1
Ba2	3,75	6,34	1,122	8,028	22,4	17,0	39,4
Ba3	3,82	6,78	0,723	8,901	14,5	7,5	22,0
Ba4	3,79	6,36	1,347	7,479	26,9	23,5	50,4
Ba5	3,93	6,90	0,555	9,205	11,1	4,8	15,9
Ba6	3,83	6,54	0,845	8,581	16,9	11,5	28,4
Ba7	3,86	6,84	0,659	8,963	13,2	7,6	20,8
Min	3,66	-	-	-	7,00	0,70	12,10
Max	4,23	-	-	-	26,90	23,50	50,40
Moyenne (x)	3,85	-	-	-	17,44	12,81	30,25
Ecart type (s)	0,12	-	-	-	4,66	5,75	9,95
VAR (s²)	0,02	-	-	-	21,74	33,06	98,99
CV (s/x*100)	3,23	-	-	-	26,74	44,87	32,89
x-s	3,72	-	-	-	12,77	7,06	20,30
x+s	3,97	-	-	-	22,10	18,56	40,20

1.1. 4. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)

Les résultats obtenus lors des analyses des échantillons de miel des régions du Nord sont présentés dans le tableau 20. Les valeurs obtenues pour l'HMF se situent entre 0,80 et 38,70 mg/kg, la moyenne étant de 13,51 mg/kg.

Les recommandations de l'Union Européenne (2002) fixent un maximum de 40 mg d'HMF/kg de miel alors qu'elle est de 60 mg/kg selon le Codex Alimentarius (1993), cette proposition d'un taux maximal plus élevé se base sur le fait que, dans les pays chauds, la teneur en HMF du miel augmente plus rapidement avec la durée de stockage ; c'est ainsi qu'en Arabie Saoudite un taux maximal de 80 mg d'HMF/kg est autorisé (Al-Khalifa et Al-Arify, 1999).

Schweitzer (2003) affirme que le dosage de l'HMF permet également de détecter certaines adultérations : l'adjonction de sucres invertis par la chaleur en milieu acide se traduit par des teneurs en HMF très élevées. Ce type d'adultération ne se rencontre en général que dans certains pays en voie de développement ou plus rarement chez de petits apiculteurs.

Tous nos résultats se situent dans les normes

Tableau 20 : densité optique et HMF des échantillons de miel des régions du Nord

N°échantillons	Densité optique	HMF (mg / kg)
T1	0,08	12,5
T2	0,07	10,9
T3	0,047	7,3
T4	0,18	28,1
T5	0,07	10,9
T6	0,105	16,4
T7	0,066	10,3
A1	0,059	9,2
A2	0,08	12,5
A3	0,144	22,5
A4	0,024	3,7
A5	0,156	24,3
A6	0,063	9,8
A7	0,005	0,80
Bs1	0,08	12,5
Bs2	0,117	18,4
Bs3	0,089	13,9
Bs4	0,138	21,5
Bs5	0,04	6,2
Bs6	0,051	8,0
Bs7	0,062	9,7
Ba1	0,098	15,3
Ba2	0,248	38,7
Ba3	0,077	12,0
Ba4	0,056	8,7
Ba5	0,071	11,1
Ba6	0,071	11,1
Ba7	0,248	38,70
Min	-	0,8
Max	-	38,70
Moyenne (x)	-	13,51
Ecart type (s)	-	8,78
VAR (s²)	-	77,11
CV (s/x*100)	-	65,02
x-s	-	4,72
x+s	-	22,29

1.1. 5. L'activité diastasique ou amylasique

L'activité diastasique permet de contrôler l'importance de l'amylase. Elle se mesure dans une unité arbitraire qui est l'unité Schade. Le minimum légal est de 8, avec une tolérance jusqu'à 3 pour les miels naturellement pauvres en enzymes à condition que pour ces miels la teneur en HMF ne dépasse pas 15 mg/Kg.

L'amylase est une des nombreuses enzymes provenant des glandes digestives de l'abeille. Elle intervient dans l'hydrolyse des amidons en maltose. Les miels de miellat ont une activité diastasique supérieure à celle des miels de nectar (présence d'enzymes des « pucerons » et des abeilles).

Les miels contiennent plusieurs enzymes dont la présence est à rattacher à l'origine double du miel : végétale et animale ainsi les plus importants sont l'invertase, l'amylase et la gluco-oxydase qui est à l'origine de la lyse du glucose (White, 1979 et Gonnet, 1982).

L'activité de la diastase, enzyme du miel, est un facteur de qualité, qui est influencé par le stockage et le chauffage du miel et qui est par conséquent un indicateur de fraîcheur et de surchauffage du miel.

Dans le tableau 21 sont présentés les résultats de l'activité de la diastase ainsi que l'absorbance (D_0) ΔA à 620 nm. Les résultats obtenus montrent que l'activité diastasique des échantillons de miel des régions du Nord varie entre 8,00 et 34,00 unités de Schade avec une moyenne de 14,58 unités de Schade. Tous nos résultats sont conformes aux normes et peuvent être regroupés en classe (Annexe 4) et qui sont :

- la classe 1 constituée d'échantillons dont l'activité diastasique est comprise entre 8 et 14,58 unités de Schade
- la classe 2 concerne les échantillons dont l'activité diastasique se situe entre 14,58 et 21,78 unités de Schade
- la classe 3 pour les échantillons dont l'activité diastasique est supérieure à 21,78 unités de Schade.

Tableau 21: Activité diastasique des échantillons de miel des régions du Nord

N°échantillons	Absorbance échantillon	Absorbance blanc	ΔA 620 nm	Activité diastasique (U.Schade/g)
T1	1,145	0,021	1,124	30
T2	0,392	0,021	0,371	11
T3	0,673	0,021	0,652	19
T4	0,67	0,021	0,649	19
T5	0,453	0,021	0,432	13
T6	0,369	0,021	0,348	10
T7	0,458	0,021	0,437	13
A1	0,477	0,021	0,456	13
A2	1,36	0,021	1,339	34
A3	0,285	0,021	0,264	8
A4	0,368	0,021	0,347	10
A5	0,32	0,021	0,611	18
A6	0,279	0,021	0,258	8
A7	0,268	0,021	0,247	8
Bs1	0,429	0,021	0,408	12
Bs2	0,815	0,021	0,794	22
Bs3	0,396	0,021	0,375	11
Bs4	0,494	0,021	0,473	14
Bs5	0,634	0,021	0,613	18
Bs6	0,352	0,021	0,331	10
Bs7	1,368	0,021	1,347	34
Ba1	0,346	0,021	0,325	10
Ba2	0,829	0,021	0,808	23
Ba3	0,942	0,021	0,921	25
Ba4	0,712	0,021	0,691	20
Ba5	0,291	0,021	0,27	8
Ba6	0,542	0,021	0,521	15
Ba7	0,497	0,021	0,476	14
Min	-	-	-	8,00
Max	-	-	-	34,00
Moyenne (x)	-	-	-	14,58
Ecart type (s)	-	-	-	7,20
VAR (s²)	-	-	-	51,90
CV (s/x*100)	-	-	-	49,41
x-s	-	-	-	7,37
x+s	-	-	-	21,78

1.1. 6. La teneur en sucres

Les principales sortes de sucres du miel sont le fructose et le glucose ; selon Terrab et coll. (2001) ; Nagai et coll. (2002), les glucides sont essentiellement des monosaccharides réducteurs tels que le glucose et le fructose et représentent à eux seuls 90% de la matière sèche totale du miel.

On trouve en plus des petites quantités de différents disaccharides (saccharose, turanose, maltose, isomaltose) et des trisaccharides (mélézitose, erlose et raffinose) (Donner ,1977 ; Siddiqui,1970). Environ 95 g/100 g de la matière sèche du miel se compose de sucres.

Les résultats obtenus lors du dosage des sucres sont mentionnés dans les pics chromatographiques (annexe15) et résumés dans les tableaux22,23 et 24.

1. La teneur en glucose et fructose (monosaccharides).

Le tableau 22 donne les résultats obtenus lors du dosage du glucose et du fructose des échantillons de miels des régions du Nord ainsi que le rapport fructose / glucose et le rapport glucose / eau.

La teneur en glucose des 28 échantillons varie entre 27,20 et 37,40 %(annexe 15 : pics chromatographiques) avec une moyenne de 31,88%.

La teneur en glucose varie de 25,50% à 40,80%. Il apparaît clairement que tous nos échantillons présentent des valeurs conformes aux normes. La figure 14 montre que nos résultats sont groupés(Gonnet, 1979).

La teneur en fructose des échantillons de miel des régions du Nord se situe entre 36,70 et 45,90% (tableau 22) avec une moyenne de 40,33%. Nos résultats concordent avec ceux établis par Gonnet (1979) qui précise que la teneur en fructose des miels varie entre 32,40 et 45,90%.

Le fructose prédomine presque dans tous les types de miels à l'exception des miels de *Taraxacum officinal* et *Tricostema lanceolatum* qui contiennent plus de glucose que de fructose (White, 1979). Cette constatation est vérifiée pour presque tous les miels des régions du Nord sauf pour l'échantillon A5 (tableau 22 et annexe 15) qui est un miel de *Brassicaceæ* (tableau 33 bis) dont le taux de glucose est légèrement supérieur aux taux de fructose soit 36,7% de fructose pour 37,4% de glucose. A cet effet Louveaux (1968b) précise que le spectre des sucres permet dans certains cas d'identifier l'origine botanique de quelques miels monofloraux tels que les miels de *Brassicaceæ* qui sont caractérisés par une dominance du glucose par rapport au fructose.

Tableau 22 : Teneur en fructose, glucose, rapport fructose/glucose, rapport glucose / eau et somme de glucose et fructose des miels des régions du Nord

N°échantillons	Glucose	fructose	F/G	F+G	G/Eau
T1	32,3	37,4	1,16	69.70	2,23
T2	29,1	36,7	1,26	65.80	1,97
T3	32,9	39,3	1,19	72.20	2,23
T4	31,8	39,9	1,25	71.70	2,15
T5	35,9	44,5	1,24	80.40	2,49
T6	32,1	41,7	1,3	73.80	2,22
T7	28,4	36,8	1,3	65.20	1,53
A1	31,3	37,9	1,21	69.2	2,09
A2	31,9	43,9	1,38	75.80	2,15
A3	30,9	44,4	1,44	75.30	2,09
A4	33,3	42,6	1,28	75.90	2,28
A5	37,4	36,7	0,98	74.10	2,58
A6	31,8	36,7	1,15	68.50	2,16
A7	31,3	41,0	1,31	72.30	1,70
Bs1	31,0	40,0	1,29	71.00	2,10
Bs2	31,9	43,9	1,38	75.80	2,12
Bs3	33,0	41,7	1,26	74.70	2,27
Bs4	32,9	38,6	1,17	71.50	1,83
Bs5	31,6	43,2	1,37	74.80	2,17
Bs6	31,4	39,8	1,27	71.20	2,15
Bs7	27,2	37,0	1,36	64.20	1,87
Ba1	31,7	40,0	1,26	71.70	1,72
Ba2	32,8	41,1	1,26	73.90	2,18
Ba3	32,7	45,9	1,4	78.60	2,24
Ba4	32,0	39,5	1,24	71.50	2,13
Ba5	31,1	40,0	1,29	71.10	2,16
Ba6	31,0	38,6	1,25	69.60	2,07
Ba7	33,2	40,9	1,23	74.10	1,80
Min	27,20	36,70	0,98	64,20	1,53
Max	37,40	45,90	1,44	78,60	2,58
Moyenne (x)	31,88	40,33	1,27	72,21	2,06
Ecart type (s)	2,08	2,69	0,10	3,62	0,25
VAR (s²)	4,31	7,23	0,01	13,12	0,06
CV (s/x*100)	6,51	6,67	8,06	5,02	12,30
x-s	29,81	37,64	1,17	68,59	1,81
x+s	33,96	43,01	1,37	75,83	2,31

F = fructose G = glucose

2. Le rapport Fructose / Glucose et Glucose / Eau

Les résultats des différents rapports sont indiqués dans le tableau 22.

L'influence de la composition du miel sur ses facultés de cristallisation a fait l'objet de nombreuses études. D'une façon générale Louveaux(1968b) ainsi que de nombreux auteurs s'accordent pour dire que la teneur en glucose et en eau sont des facteurs essentiels, ceci a amené différents auteurs à établir une relation entre le rapport glucose/Eau (G/Eau) ou encore Fructose/Glucose (F/G) et la capacité de cristallisation (Doner, 1977 ; Tabouret, 1979).

Le glucose et le fructose dont le rapport de l'un à l'autre conditionne la cristallisation. Si le rapport F/G est supérieur à 1,30 la cristallisation sera lente c'est le cas des échantillons A2, A3, A7, Bs2, Bs5, Bs7 et Ba3 des régions du Nord (miels riches en fructose).La cristallisation est plus rapide quand le rapport F/G est inférieur à 1(Gonnet, 1987) ; c'est le cas de l'échantillon A5 dont le rapport F/G est égal à 0,98.

3. La teneur en saccharose

Les taux de saccharose des miels des régions du Nord sont reportés sur le tableau 23. Les miels analysés des régions du Nord ont un taux de saccharose qui varie de 0 à 7,6 et une moyenne 1,67% (tableau 23).Selon Bogdanov (1999) la norme générale de 5 g de saccharose pour 100 g de miel serait remplie par plus de 99% des miels analysés à l'exception de quelques miels monofloraux. White et coll. (1962) proposent une teneur en saccharose variant de 0,25 à 7,57% et la limite maximale a été fixée par Bocquet(1995) et qui est de 10%. Tous nos échantillons correspondent aux normes établies. Il faut remarquer cependant que deux échantillons seulement dépassent légèrement les 5% de saccharose, il s'agit des miels A1 et A6 avec 7,6 et 5,6% respectivement, ce sont des miels d'*Eucalyptus* dont la teneur en saccharose peut être inférieure ou égale à 10 %.Ces normes sont fixées par le Codex Alimentarius pour certains miels monofloraux tels que l'*Eucalyptus*, le miel de *Lavandula*, d'*Hedysarum*, de *Trifolium* et de *Medicago*.

Tableau 23 : Teneur en saccharose des miels des régions du Nord

N°échantillons	Teneur en saccharose (%)
T1	1,8
T2	1,2
T3	3,7
T4	1,7
T5	1,3
T6	1,3
T7	1,3
A1	7,6
A2	1,1
A3	1,1
A4	1,4
A5	1,4
A6	5,6
A7	1,1
Bs1	1,4
Bs2	1,1
Bs3	1,0
Bs4	3,3
Bs5	1,6
Bs6	1,4
Bs7	1,2
Ba1	1,0
Ba2	0,0
Ba3	1,3
Ba4	1,5
Ba5	2,8
Ba6	1,9
Ba7	1,6
Min	0,0
Max	5,60
Moyenne x)	1,67
Ecart type (s)	1,20
VAR (s²)	1,45
CV (s/x*100)	71,95
x-s	0,47
x+s	2,88

4. Lateneur en sucres spécifiques

L'introduction d'une norme relative en sucres spécifiques aura des conséquences positives supplémentaires pour le contrôle du miel (Bogdanov, 1999).

Les résultats obtenus pour les sucres spécifiques des régions du Nord sont enregistrés dans le tableau 24.

1. La teneur en isomaltose

Les miels des régions du Nord présentent des teneurs en isomaltose se situant entre 0% et 1,2% avec une moyenne de 0,61%. Nous constatons une grande dispersion due à la différence de l'origine botanique des miels

2. La teneur en maltose

De même que pour l'isomaltose les valeurs obtenues pour le maltose montrent une variation entre les différents échantillons se situant entre 0,70% et 2,60% avec une moyenne de 1,90%.

3. La teneur en raffinose

Les résultats des chromatogrammes montrent une teneur en raffinose se situant entre 0,0% et 0,20% pour les miels des régions du Nord. Les résultats sont très dispersés par rapport à la moyenne

4. La teneur en turanose

La teneur en turanose se situe entre 0,0% et 2,10% pour les miels du Nord.

5. La teneur en erlose

Les teneurs en erlose varient entre 0,0 % et 1% pour les miels des régions du Nord.

27 échantillons présentent des valeurs comprises entre 0,0 et 0,60% d'erlose et seul un échantillon présente une valeur de 1 %, il s'agit de l'échantillon Ba3 qui est un miel de *Citrus*.

Tableau 24 : Teneur en isomaltose, turanose, raffinose, maltose et erlose des miels des régions du Nord.

N°échantillons	Isomaltose (%)	Turanose (%)	Raffinose (%)	Maltose (%)	Erlose (%)
T1	1	1,6	0,2	2,5	0,2
T2	0	1	0,1	2,3	0,2
T3	0,3	0	0	0	0,0
T4	0,8	1,1	0	2,1	0,1
T5	0,8	1,1	0,1	1,8	0,0
T6	0,9	0,8	0	2,3	0,4
T7	0,8	1,2	0	1,4	0,1
A1	0,7	0,9	0,1	1,8	0,4
A2	0	0,8	1,5	0,7	0,0
A3	0	2,1	0	1,2	0,5
A4	0,5	1	0	2,4	0,1
A5	1,2	1,4	0,1	0,7	0,2
A6	0	0	0	1,6	0,2
A7	0,6	0,8	0,2	1,7	0,2
Bs1	0,6	1,7	0,1	3,4	0,4
Bs2	0	0,8	1,5	0,7	0,2
Bs3	0,5	0,5	0	2,2	0,02
Bs4	0,8	0	0,1	2,1	0,0
Bs5	1	1	0	2,4	0,04
Bs6	0,9	0	0,1	1,8	0,0
Bs7	0,7	1	0	1,3	0,4
Ba1	0,8	1,2	0,1	2,2	0,4
Ba2	0	0,7	0,2	2,6	0,1
Ba3	0,6	1,1	0,2	2,2	1,0
Ba4	0,5	0	0,1	1,8	0,2
Ba5	1	1,5	0,1	2,2	0,5
Ba6	0,7	1,2	0	2,1	0,3
Ba7	0	1,2	0,2	1,9	0,6
Min	0	0	0	0,70	0,0
Max	1,20	2,10	0,20	2,60	1,00
Moyenne x)	0,61	0,88	0,07	1,90	0,28
Ecart type (s)	0,35	0,59	0,08	0,50	0,25
VAR (s²)	0,12	0,34	0,01	0,25	0,06
CV (s/x*100)	57,83	66,59	104,09	26,41	90,01
x-s	0,26	0,29	0,00	1,40	0,03
x+s	0,96	1,46	0,15	2,40	0,53

1.2. Les échantillons de miels de la région de Djelfa

1.2. 1. La conductibilité électrique

Le tableau 25 donne les résultats obtenus de la conductivité électrique des miels de la région de Djelfa. Ces échantillons analysés pour la première fois présentent une conductivité électrique inférieure à 0,8 mS/cm variant de 0,325 mS/cm à 0,638 mS/cm avec une moyenne de 0,45 mS/cm, ce sont tous des miels de nectar. Les valeurs obtenues permettent de caractériser ce type de miel, en effet nous constatons que tous les miels monofloraux de jujubier possèdent une conductivité électrique comprise entre 0,370 mS/cm et 0,638 mS/cm. La valeur de conductivité la plus élevée soit 0,638 mS/cm est enregistrée pour le miel monofloral J7 constitué de 93 % de pollen de jujubier. Sur 18 échantillons analysés 4 d'entre eux ont été classés d'origine autre que le jujubier (Tableau 35 bis), il s'agit des miels J4, J10, J11 et J14 dont la conductivité électrique est de 0,340 - 0,325 - 0,378 et 0,366 mS/cm respectivement. Il est à signaler que le miel J11 (0,378 mS/cm) est un miel monofloral de *Péganum harmala* constitué de 44% de pollen de jujubier. L'échantillon (J4) est aussi un miel monofloral de *Péganum harmala* ; les deux autres échantillons (J10 et J14) sont des miels sans dominance mais qui contiennent également des taux appréciables de pollen de jujubier à savoir respectivement 43% et 40% comme pollen d'accompagnement. Les valeurs obtenues paraissent plus ou moins dispersées et déterminent plusieurs classes à savoir :

- classe 1 : constituée d'échantillons de miels dont la conductivité électrique est inférieure à 0,36 mS/cm, la classe 2 : comprenant les miels dont la conductivité électrique varie entre 0,36 mS/cm et 0,45 mS/cm, la classe 3 : comprenant les miels dont la conductivité électrique se situe entre 0,36 mS/cm et 0,45 mS/cm et la classe 4 : dans cette classe sont inclus les miels dont la conductivité électrique dépasse 0,55 mS/cm (Annexe 7).

Tableau 25: Conductibilité électrique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa

N°échantillons	Quantité à peser (gramme)	Conductibilité électrique (mS / cm)
J1	11,56	0,534
J2	11,43	0,451
J3	11,43	0,457
J4	11,49	0,340
J5	11,49	0,393
J6	11,71	0,434
J7	11,68	0,638
J8	11,49	0,453
J9	11,60	0,422
J10	11,56	0,325
J11	11,61	0,378
J12	11,52	0,508
J13	11,68	0,458
J14	11,77	0,366
J15	11,81	0,370
J16	11,67	0,548
J17	11,66	0,633
J18	11,77	0,551
Min	-	0,325
Max	-	0,638
Moyenne x)	-	0,45
Ecart type (s)	-	0,09
VAR (s²)	-	0,01
CV (s/x*100)	-	20,41
x-s	-	0,36
x+s	-	0,55

1.2. 2. La teneur en eau

La teneur en eau des différents échantillons de miel de la région de Djelfa (tableau 26) est très faible et se situe entre 12,5% et 15,3% pour une moyenne de 13,85%.

L'origine géographique ainsi que la date de récolte et d'extraction des miels de jujubier s'effectuent au mois de Juillet correspondant à des périodes très chaudes expliquent leur faible teneur en eau. Ces valeurs sont largement en dessous des valeurs préconisées par le Conseil de l'Union Européenne (2002).

Il apparaît clairement que les miels de la région de Djelfa sont caractérisés par une teneur en eau très faible ce qui leur confère une autre qualité. Ces miels se conserveront plus longtemps sans risque de fermentation.

Nous remarquons que les résultats obtenus des teneurs en eau sont plus ou moins rapprochés par rapport à la moyenne (Annexe 8).

Tableau 26: Teneur en eau des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa

N°échantillons	Teneur en eau (%)
J1	13,5
J2	12,5
J3	12,5
J4	13
J5	13
J6	14,6
J7	14,4
J8	13
J9	13,8
J10	13,5
J11	13,9
J12	13,2
J13	14,4
J14	15,1
J15	15,3
J16	14,3
J17	14,2
J18	15,1
Min	12,50
Max	15,30
Moyenne x)	13,85
Ecart type (s)	0,88
VAR (s²)	0,78
CV (s/x*100)	6,36
x-s	12,97
x+s	14,73

1.2. 3. pH et acidité des échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa

Dans le tableau 27 figurent les résultats obtenus pour le pH, l'acidité libre, l'acidité liée ainsi que l'acidité totale.

Tous les miels sont acides avec un pH généralement situé entre 3,5 et 5 en raison de la présence des acides organiques, l'acide majoritaire des miels est l'acide gluconique lequel est la conséquence de l'action de la gluco-oxydase, une des enzymes du miel ; une faible teneur enzymatique ralentit la production d'acide gluconique (Horn et Lüllman, 1992).

Le pH du miel de miellat se situe entre 4,5 et 5,5. Le pH des miels Suisse est de 4,4 (Bogdanov, 1997).

Le pH initial des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa varie entre 4,05 et 6,43 (tableau 27) avec une moyenne de 5,19. Ces résultats montrent que les pH de ces miels dépassent les normes établies pour les miels de nectar et laissent supposer que nous sommes en présence de miel de miellat, cependant l'examen microscopique de ces échantillons indique que se sont des miels de nectar (de fleur). Nous remarquons que les pH élevés concernent surtout les miels monofloraux de jujubier J1, J2, J3, J5, J6, J7, J8, J9, J12, J13, J15, J16, J17 et J18 avec respectivement un pH de 5,47- 5,02 – 5,95 – 5,09 – 6,32 – 5,49 – 4,82 – 6 – 6 – 4,23 – 5,4 – 5,5 et 6,43.

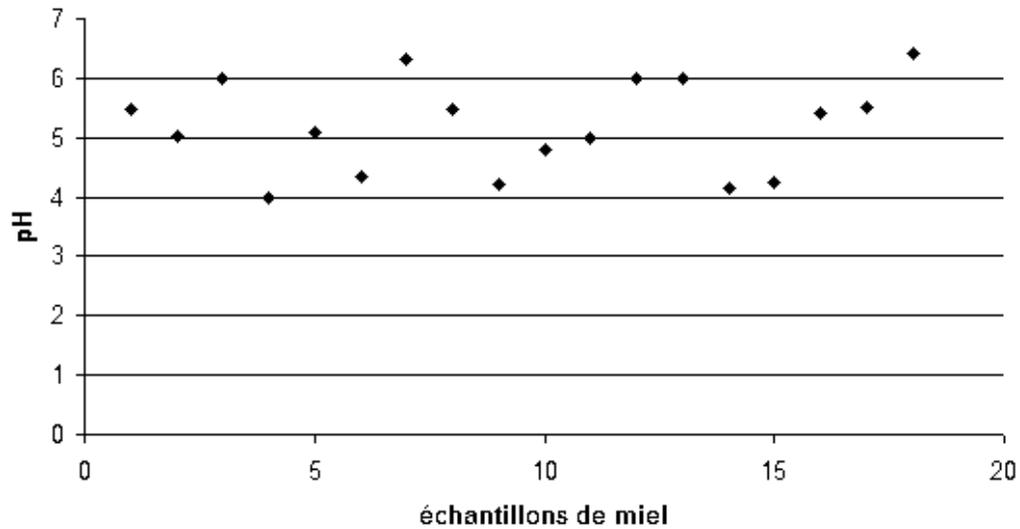
Nous constatons aussi que les échantillons J4, J10, J11 et J14 qui se sont avérés après leur analyse pollinique comme miel monofloral de *Péganum harmala* (J4 et J11) et de miel polyfloral (toutes fleurs) pour les deux autres (J10 et J14) présentent respectivement des pH de 4,05 - 4,88- 5,0 et 4,16.

L'échantillon J10 (pH=5,0) contient 43% de pollen de jujubier en pollen d'accompagnement, l'échantillon J11 en contient 40% et l'échantillon J04 n'en contient pas du tout et présente le pH le plus bas (4,05). Il apparaît donc qu'il existe une relation entre ce type de miel et leur pH élevé. Certains miels de miellat, sapin mais surtout châtaignier, mais également un miel de nectar, celui de la bourdaine (Rhamnacées) sont très peu acides et vieillissent beaucoup plus lentement (Schweitzer, 2003).

La figure 19 permet de mettre en place les classes suivantes :

- classe 1 : 4,05 - 5,19
- classe 2 : 5,19 – 5,97
- classe 3 : Supérieur à 5,97

Figure 9 : pH initial des échantillons de miel de la région de Djelfa



L'acidité libre des miels de ces régions paraît assez faible comparativement aux miels des régions du Nord de notre pays et varie de 1,50 à 13,80 meq /kg. Ces valeurs constituent une autre caractéristique des miels des régions semi-arides.

L'Acidité libre, l'acidité totale et le pH sont utilisés dans la classification des miels monofloraux, tandis que celle des lactones (acidité liée), en raison de leur forte variabilité, ne fournit pas des informations utiles (Persano Oddo et coll., 1986; Persano Oddo et Piro, 2004).

L'acidité totale des miels de la région de Djelfa se situe entre 1,5 et 22,9 milliéquivalents/kg. Il faut noter que pour les miels monofloraux de jujubier elle se situe entre 1,5 et 19,0 milliéquivalents/kg ; ce sont bien des miels à faible acidité totale caractérisant les miels de jujubier. Ces miels se conserveront plus longtemps que les miels des régions du Nord.

Tableau 27 : pH et acidité des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa

N° échantillons	pH Initial	pH équivalent	Volume NaoH (ml)	Volume H ₂ SO ₄ (ml)	Acidité libre (meq/kg)	Acidité liée (meq/kg)	Acidité totale (meq/kg)
J1	5,47	7,3	0,235	9,665	4,7	2,0	6,7
J2	5,02	6,82	0,228	9,512	4,6	5,2	9,8
J3	5,95	6,88	0,137	9,721	2,7	2,8	5,6
J4	4,05	6,85	0,688	8,865	13,8	8,9	22,7
J5	5,09	6,79	0,202	9,798	4,0	0	4,0
J6	4,33	6,58	0,521	9,258	10,4	4,4	14,8
J7	6,32	7,63	0,239	9,297	4,8	9,3	14,1
J8	5,49	6,71	0,208	9,341	4,2	9,0	13,2
J9	4,82	6,87	0,373	9,536	7,5	1,8	9,3
J10	4,88	6,91	0,305	9,581	6,1	2,3	8,4
J11	5	6,99	0,288	9,502	5,8	4,2	10
J12	6	7,08	0,158	9,84	3,2	0	3,2
J13	6	7,13	0,127	9,919	1,6	0,9	2,5
J14	4,16	6,85	0,517	9,172	10,3	6,2	16,5
J15	4,23	6,93	0,5	9,05	10,0	9,0	19,0
J16	5,4	7,20	0,198	9,747	4,0	1,1	5,1
J17	5,5	6,87	0,161	9,788	3,21	1,0	4,2
J18	6,43	7,25	0,076	9,924	1,5	0	1,5
Min	4,05	-	-	-	1,50	0,0	1,50
Max	6,43	-	-	-	13,80	9,30	22,70
Moyenne x	5,19	-	-	-	5,69	3,78	9,47
Ecart type (s)	0,78	-	-	-	3,41	3,39	6,10
VAR (s²)	0,61	-	-	-	11,63	11,53	37,19
CV (s/x*100)	15,09	-	-	-	59,94	89,73	64,38
x-s	4,41	-	-	-	2,28	0,39	3,37
x+s	5,97	-	-	-	9,10	7,18	15,57

1.2. 4. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)

Dans le tableau 28 sont représentés la densité optique ainsi que les taux d'hydroxyméthyl furfural des miels de la région de Djelfa. Ces miels présentent des valeurs d'HMF très basses comprises entre 0,2 et 4,5 mg /kg avec une moyenne de 1,13 mg/kg et une densité optique comprise entre 0,001 et 0,027 (tableau 28). De façon générale selon Bogdanov et coll. (2004) un miel ne devrait pas dépasser 15mg d'HMF par kg pour rester dans le cadre d'un produit frais et de qualité optimale. Les résultats obtenus sont inférieurs aux valeurs obtenues pour les miels des régions du Nord qui sont eux-mêmes inférieurs aux normes établies. Malgré la dispersion des résultats obtenus, les miels de la région de Djelfa peuvent être considérés de très bonne qualité.

Le miel monofloral J07 contenant d'après son analyse pollinique 93% de pollen de jujubier (tableau 35) possède un taux d'HMF de 0,2 mg /kg. Il apparaît clairement que les miels de jujubier de la région de Djelfa peuvent être classés dans la catégorie des miels frais de très bonne qualité (qualité optimale), ces miels peuvent être stockés pendant une période assez longue sans subir de transformation

Selon Louveaux (1968), pour un pH faible la teneur en HMF augmente plus rapidement que pour un pH élevé. Gonnet (1993) précise que le taux d'HMF doit rester très bas pour assurer une garantie de qualité et une preuve de bonne conservation du produit.

Tableau 28 : Densité optique et HMF des échantillons de miel de la région de Djelfa

N°échantillons	Densité optique	HMF (mg/kg)
J1	0,005	0,8
J2	0,003	0,5
J3	0,0021	0,4
J4	0,003	0,5
J5	0,014	2,3
J6	0,027	4,5
J7	0,001	0,2
J8	0,005	0,8
J9	0,002	0,4
J10	0,006	1,1
J11	0,01	1,8
J12	0,005	0,9
J13	0,003	0,5
J14	0,008	1,4
J15	0,007	1,3
J16	0,009	1,6
J17	0,002	0,4
J18	0,005	0,9
Min	-	0,20
Max	-	4,50
Moyenne x	-	1,13
Ecart type (s)	-	1,01
VAR (s²)	-	1,03
CV (s/x*100)	-	89,90
x-s	-	0,11
x+s	-	2,14

1.2. 5. Activité diastasique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa

Les résultats obtenus de l'activité diastasique des régions de Djelfa sont mentionnés dans le tableau 29.

Les échantillons de miel récoltés de la région de Djelfa présente une activité diastasique variant de 17 à 32 unités de Schade avec une moyenne de 24 unités de Schade, ce sont des miels frais à forte activité enzymatique qui peut être due à la forte concentration des nectars de ces miels et varie de :

- 17 à 32 unités de Schade pour les miels monofloraux de *jujubier* (J1, J2, J3, J5, J6, J7, J8, J9, J12, J13, J15, J16, J17, J18)

- 22 à 26 unités de Schade pour les miels monofloraux de *Péganum harmala*

Nous remarquons que la valeur minimale obtenue (17 unités de Schade) dépasse de loin le minimum légal autorisé et qui est de 8 unités de Schade. Nous en déduisons que la forte teneur enzymatique de ces miels constitue une autre caractéristique de ces miels.

Les résultats obtenus paraissent plus ou moins regroupés autour de la moyenne (Annexe 9) et nous pouvons distinguer deux classes à savoir : les miels dont l'activité diastasique varie entre 17 et 24 unités de Schade et les miels à plus de 24 unité de Schade.

Tableau 29: Activité diastasique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa

N°échantillons	Absorbance échantillon	Absorbance blanc	$\Delta A_{620\text{ nm}}$	Activité diastasique (U.Schade/g)
J1	1,181	0,021	1,160	31
J2	0,816	0,021	0,795	22
J3	0,688	0,021	0,667	19
J4	0,986	0,021	0,965	26
J5	0,625	0,021	0,604	17
J6	0,728	0,021	0,707	20
J7	0,867	0,021	0,846	23
J8	0,764	0,021	0,743	21
J9	1,125	0,021	1,104	29
J10	1,067	0,021	1,046	28
J11	0,813	0,021	0,792	22
J12	0,953	0,021	0,932	25
J13	0,676	0,021	0,655	19
J14	0,606	0,021	0,585	17
J15	0,901	0,021	0,880	24
J16	1,095	0,021	1,074	29
J17	1,062	0,021	1,041	28
J18	1,270	0,021	1,249	32
Min	-	-	-	17,00
Max	-	-	-	32,00
Moyenne x	-	-	-	24,00
Ecart type (s)	-	-	-	4,74
VAR (s²)	-	-	-	22,47
CV (s/x*100)	-	-	-	19,75
x-s	-	-	-	19,26
x+s	-	-	-	28,74

1.2. 6. La teneur en sucres

Les résultats obtenus lors du dosage des sucres des miels de la wilaya de Djelfa sont mentionnés dans les tableaux 30,31 et 32. Les pics chromatographiques correspondants aux différents résultats sont regroupés en annexe 16.

1. La teneur en glucose et fructose (monosaccharides)

Les teneurs en glucose et en fructose des miels de la région de Djelfa sont enregistrées dans le tableau 30. D'après ces résultats les valeurs obtenues pour le glucose varient de 20.80 % et 35.30% avec une moyenne de 28,68 % et semblent plus ou moins regroupés autour de la moyenne (Annexe 10).

Les valeurs enregistrées pour les miels J2, J3 et J8 sont inférieurs aux normes (25,50 % à 40,80 %) soit respectivement des teneurs de 22.70 %, 20.80 % et 24.30%.

En ce qui concerne le fructose, les valeurs enregistrées pour les miels de Djelfa (tableau 30) oscillent entre 29,60 % à 40,10 % pour une moyenne de 36,74% et laissent apparaître que les miels J2 et J3 sont inférieurs aux normes soit respectivement 30.2% et 29.6% de fructose laissant supposer que ce sont des miels de miellats. Le miel de miellat contient peu de fructose ; les normes établies pour ces types de miel (miellat) se situent entre 23,91 à 38,12% (White et coll., 1962). Nous remarquons que ces deux échantillons (J2 et J3) présentent des teneurs basses en fructose et glucose mais une teneur élevée en saccharose (tableau 31) due probablement à la composition du nectar des fleurs d'où proviennent ces miels.

Nous remarquons pour ces types de miel des régions arides et semi-arides que le fructose prédomine dans tous les échantillons (tableau 30).

Nous remarquons aussi que les résultats sont plus ou moins regroupés autour de la moyenne (Annexe 11).

Bogdanov (1999) proposent une valeur pour la somme des teneurs en fructose et glucose d'au moins 60 g/100 g pour tous les miels de nectar et de 45 g/100g pour tous les miels de miellats.

Dans notre cas, la somme des teneurs en fructose et glucose des échantillons de miels de Djelfa varie entre 50,40g /100g et 75,40g/100g, ce sont des miels de nectar du fait que les miels de nectar contiennent plus de monosaccharide que les miels de miellats (Diez et coll., 2004).

Tableau 30: Teneur en fructose, glucose, rapport fructose/glucose, rapport glucose / eau et somme de glucose et fructose des miels de la région de Djelfa

N°échantillons	Glucose	Fructose	F/G	F+G	G/Eau
J1	25,9	34	1,31	59.9	1,91
J2	22,7	30,2	1,33	52.9	1,81
J3	20,8	29,6	1,42	50.4	1,66
J4	35,3	40,1	1,14	75.4	2,71
J5	27,8	40	1,44	67.8	2,13
J6	28,2	39,5	1,40	67.7	1,93
J7	27	38	1,41	65	1,87
J8	24,3	35,2	1,45	69.5	1,86
J9	30,4	37,4	1,23	67.8	2,20
J10	31,2	39,5	1,27	70.7	2,31
J11	29,2	38,3	1,31	67.5	2,10
J12	26,3	34,2	1,30	60.5	1,99
J13	28,5	36,1	1,27	64.6	1,97
J14	33	37	1,12	70	2,18
J15	33,2	37,2	1,12	70.4	2,16
J16	31,4	39,3	1,25	70.7	2,19
J17	30,3	38,3	1,26	68.6	2,13
J18	30,8	37,4	1,21	68.2	2,03
Min	20,80	29,60	-	-	-
Max	35,30	40,10	-	-	-
Moyenne x	28,68	36,74	-	-	-
Ecart type (s)	3,77	3,09	-	-	-
VAR (s²)	14,19	9,52	-	-	-
CV (s/x*100)	13,13	8,40	-	-	-
x-s	24,92	33,65	-	-	-
x+s	32,45	39,82	-	-	-

2. Le rapport Fructose / Glucose (F/G) et rapport Glucose / Eau (G/Eau)

Les miels de la région de Djelfa sont liquides et ont présenté une cristallisation très lente après leur conservation, ces miels ont un rapport F/G variable, il est supérieur à 1,30 pour les miels J1, J2, J3, J5, J6, J7, J8 et J11 et inférieur à 1,30 pour les autres échantillons ; cependant aucun échantillon ne présente un rapport F/G inférieur à 1.

Le rapport G/E des miels de la région de Djelfa est supérieur à 2 pour les miels J4, J5, J9, J10, J11, J14, J15, J16, J17 et J18 qui normalement devrait présenter une cristallisation rapide alors que ces miels se sont avérés liquide pendant la période de leur stockage dans leur région d'origine, par la suite leur cristallisation est apparue après plusieurs mois de stockage dans le Nord du pays. Selon Tabouret (1979), le rapport F/G ou G/E n'est pas le seul facteur de cristallisation. Un certain nombre de facteurs de catalyse plus ou moins bien connus, le pollen, les poussières, les causes thermiques ainsi que l'agitation constituent un facteur important de la cristallisation.

La cristallisation du miel est ainsi un processus naturel (Schley et Schultz, 1987; Bogdanov, 1986 ; Horn, 1991). La vitesse de cristallisation dépend surtout de la teneur en glucose du miel (White et coll., 1962; Bogdanov et coll., 1987). Les miels dont la teneur en glucose est inférieure à 28 g/100 g ou dont le rapport glucose/eau est inférieur à 1,7 restent plus longtemps liquides. Les miels à cristallisation rapide se cristallisent le plus souvent très finement, alors que les miels à cristallisation lente ont tendance à avoir une cristallisation grossière. Une cristallisation fine peut être obtenue par des procédés spéciaux d'ensemencement (Schley et Schultz, 1987 ; Bogdanov et Lehnerr, 1988 ; Horn, 1991).

3. La teneur en saccharose

Le taux de saccharose des miels analysés de la région de Djelfa (tableau 31) se situe entre 2,5 et 22%. Ces miels provenant de nectar particulièrement concentrés (teneur en eau très faible) présentent des taux assez élevés en saccharose pour certains échantillons.

Quatre échantillons dépassent la norme de 10% de saccharose, il s'agit des miels J2, J3, J12 et J13 avec respectivement 16,9%, 22%, 12,2% et 11,4% de saccharose. Ces fortes teneurs peuvent être dues au nourrissage des abeilles avec du sirop de saccharose mais les miels en question se montrent très riches en pollen de jujubier, ce qui exclut une éventuelle falsification.

Les miels J1, J7, J8, J9, J11, J16, J17 et J18 présentent aussi des teneurs assez élevées en saccharose dépassant la norme des 5g/100g de miel variant entre 5,4 et 10%. La richesse de ces miels en pollen exclut aussi un éventuel ajout de sirop de sucre.

Nous remarquons que les miels les plus riches en saccharose (J2, J3, J12 et J13) sont des miels monofloraux de jujubier (tableau 35).

Nous remarquons aussi que les miels de jujubier sont particulièrement riches en erlose (tableau 32) ce qui exclut encore une fois leur falsification par du sirop de sucre.

Tableau 31: Teneur en saccharose des miels de la région de Djelfa

N° échantillons	Saccharose
J1	10
J2	16,9
J3	22
J4	3,4
J5	4,4
J6	2,5
J7	5,4
J8	8,7
J9	8,4
J10	3,3
J11	9,9
J12	12,2
J13	11,4
J14	4,3
J15	3,9
J16	5,4
J17	6
J18	5,5
Min	2,50
Max	22,00
Moyenne x	7,98
Ecart type (s)	5,16
VAR (s²)	26,67
CV (s/x*100)	64,73
x-s	2,81
x+s	13,14

4. La teneur en sucres spécifiques

Les résultats obtenus pour les sucres spécifiques sont enregistrés dans le tableau 32

Tableau 32: Teneur en sucres spécifiques des miels de la région de Djelfa
(en pourcentage)

N° échantillons	Isomaltose	Turanose	Maltose	Erlose
J1	0,4	1,3	1,8	4,5
J2	0,2	0,9	1,6	5,05
J3	0,3	1,1	1,5	5
J4	0,3	1	2,5	0,01
J5	2	1,9	2,2	2
J6	1,7	2,7	2	1,1
J7	4,1	3	1,5	4,1
J8	2,7	1,9	1,2	4
J9	1,3	1,4	2,5	3,5
J10	1,1	1,6	2,2	1,7
J11	1,4	1,9	2,1	4,7
J12	1,2	0,03	1,3	5
J13	1,2	1,3	1,2	4,5
J14	0,7	1,2	2	1,2
J15	0,8	1	1,6	1,2
J16	0,8	1,7	1,15	2,6
J17	1,7	2	1,3	3,3
J18	1,5	1,6	1	2,2
Min	0,20	0,03	1,00	0,01
Max	4,10	3,00	2,50	5,05
Moyenne x	1,30	1,53	1,70	3,10
Ecart type (s)	0,96	0,68	0,48	1,62
VAR (s²)	0,92	0,46	0,23	2,61
CV (s/x*100)	73,69	44,36	27,92	52,13
x-s	0,34	0,85	1,23	1,48
x+s	2,26	2,21	2,18	4,71

1. La teneur en isomaltose

Les résultats obtenus pour les miels de la région de Djelfa (tableau 32) se situent entre 0,2 et 4,1% ; ces teneurs sont plus élevées que celles des régions du Nord.

2. La teneur en maltose

La teneur en maltose se situe entre 1 et 2,50% pour les miels de Djelfa (tableau 32).

3. La teneur en raffinose

Les résultats des chromatogrammes montrent une teneur nulle en raffinose (voir annexe) pour les miels de la région de Djelfa.

4. La teneur en turanose

La teneur en turanose se situe entre 0,03 et 2,70% pour les miels de la wilaya de Djelfa (tableau 32).

5. La teneur en erlose

Les miels de la région de Djelfa ont des valeurs en erlose comprises entre 0.01% et 5.05%. Le taux de 5,05% paraît considérable. D'après les résultats obtenus nous pouvons faire les constatations suivantes :

a / aux valeurs les plus élevées en erlose soit 5,05 %, 5% et 5% (figure 24) respectivement pour les miels J2, J3 et J12 correspondent des taux élevés en saccharose soit 16%, 22% et 12,2% ; ces échantillons sont des miels monofloraux de jujubier

b / les échantillons J1, J7, J8, J9, J16 et J17 présentant des taux de saccharose assez élevés toujours supérieurs à 5% auxquels correspondent des valeurs élevées en erlose soit respectivement 4,5%, 4,1%, 4%, 3,5%, 2,6% et 3,3%. Ces échantillons sont tous des miels monofloraux de jujubier d'après leur analyse pollinique (tableau 35 et 35 bis)

c / nous remarquons que le miel J11 est un miel monofloral de *Péganum harmala* (Harmel) mais qui contient 44% de pollen de jujubier comme pollen d'accompagnement (tableau 35 bis), cette composition lui confère un taux de saccharose de 9,9% ainsi qu'une teneur élevée en erlose de 4,7%

d / l'échantillon J10 est un miel sans pollen dominant appelé communément miels toutes fleurs mais contient 43% de pollen d'accompagnement de jujubier (tableau 35 bis). Le spectre des sucres de ce miel montre qu'il est constitué d'une teneur légèrement élevée en erlose (1,7%) et une teneur conforme aux normes pour le saccharose (3,3%)

e / selon son analyse pollinique le miel J7 contient 93% de pollen de jujubier, cet échantillon a un taux de saccharose de 5,4% et une teneur en erlose de 4,1%. Nous remarquons

également que cet échantillon présente le taux d'isomaltose le plus élevé à savoir 4,1% (tableau32)

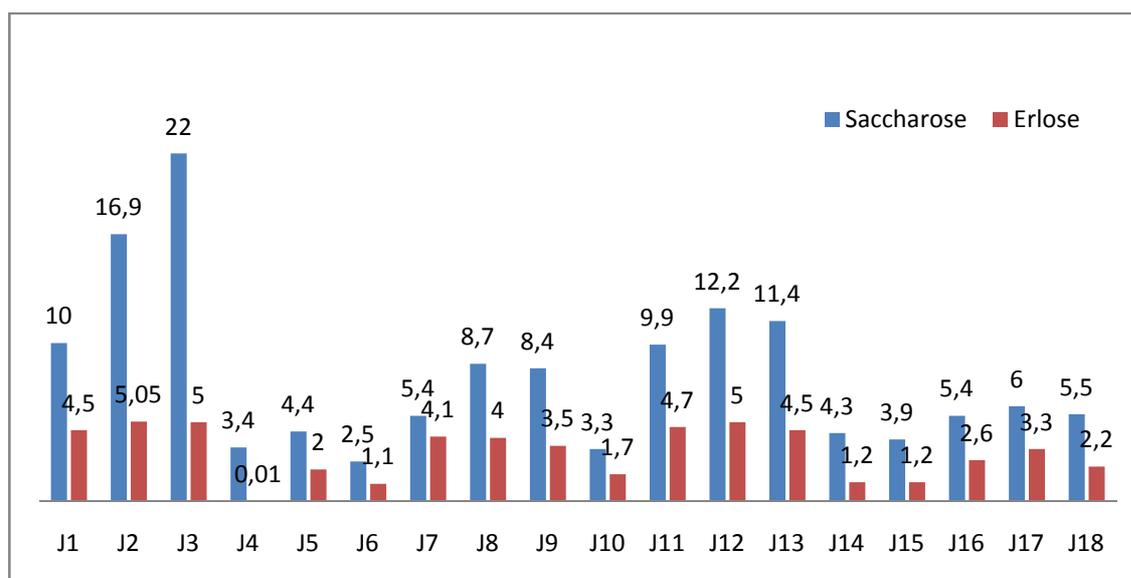
f / l'échantillon J4 est un miel de *Péganum harmala* selon son analyse pollinique et ne contient pas de pollen de jujubier ni en pollen d'accompagnement ni en pollen minoritaire (tableau 35), ce miel est conforme aux normes établies avec 0,01% d'erlose et 3,4% de saccharose.

Selon les résultats des analyses polliniques il apparaît que les miels de jujubier ont des valeurs élevées en erlose. Nous remarquons que ces miels sont hors normes avec une teneur en saccharose supérieure à 5 % et des taux élevés en erlose (figure 10).

Il apparaît évident que ces miels possèdent des caractéristiques différentes de celles des miels des régions du Nord.

Les sucres spécifiques du miel sont analysés pour obtenir des renseignements concernant différents aspects de la qualité du miel (Bogdanov, 1999). Ainsi, le rapport fructose/glucose et la concentration de saccharose sont de bons critères pour différencier les miels monofloraux. La teneur en oligosaccharides tels que le mélézitose et le maltotriose sont de bons indicateurs pour la teneur en miellat d'un miel. Le spectre de sucres spécifiques donne des renseignements sur l'authenticité du miel et la falsification des sucres.

Figure 10 : Comparaison des teneurs en saccharose et erlose des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa (en pourcentage)



Il apparaît clairement que les teneurs élevées en saccharose correspondent à des teneurs élevées en erlose (figure 9).

2. Analyses polliniques

L'identification des pollens ne peut souvent pas être poussée jusqu'au genre ou à l'espèce. L'emploi des noms scientifiques de genres ou d'espèces devrait donc être limité aux cas où une détermination sûre est possible. Lorsque cette condition n'est pas remplie il convient d'accompagner le nom scientifique d'une précision clairement que celui-ci doit être pris dans un sens large: par exemple *Trifolium repens* s.l. (sensu lato) ou "Groupe *Trifolium repens*", (c'est-à-dire pollen qui d'après ses dimensions et sa structure est plus ou moins semblable à celui de *T. repens* mais qui peut également appartenir à une autre espèce, par exemple *T. resupinatum* ou *T. arvense*). Lorsque les connaissances détaillées font défaut ou lorsque pour des impératifs de temps on doit renoncer à une détermination plus fine, le pollen peut être rattaché à un groupement plus important (forme ou type). Par exemple "Forme *Teucrium*", c'est-à-dire pollen de Labiée tricolpé avec un opercule sur les sillons, ou bien «Type *Symphytum*», c'est-à-dire pollen de Borraginacée stéphanocolporé (Louveaux, Maurizio et Vorwohl, 1978). Lorsque les classes de fréquence sont déterminées avec précision, les termes suivants sont applicables :

"Pollen dominant" (plus de 45% des pollens dénombrés).

"Pollen d'accompagnement" (16 à 45%).

"Pollen isolé important" (3 à 15%).

"Pollen isolé" (moins de 3%).

2.1. Les échantillons de miel des régions du Nord

Les tableaux 33 et 33 bis mettent en évidence la dominance de cinq types de miel à savoir:

- les miels de *Citrus* pour les échantillons T5, T6, A4, A7, Bs1, Bs3, Ba3, Ba5 et Ba7.
- les miels polyfloraux pour les échantillons T2, T7, Bs4, Bs5, Bs6, Bs7, Ba1 et Ba4.
- les miels d'*Eucalyptus* pour les échantillons T3, T4, A1, A3, A6, Bs2, Ba2 et Ba6.
- les miels d'*Hédysarum coronarium* pour les échantillons T1 et A2.
- les miels de *Brassicaceae* pour l'échantillon A5.

Tableau 33 : Les différents types de pollens présents dans les échantillons de miel des régions du Nord (en pourcentage)

N°échantillons	pollens dominants (≥ 45%)	Pollens d'accompagnement (≥ 16% et < 45%)	Pollens Minoritaires (≥ 3% et < 16%)
T1	<i>Hédysarum coronarium</i> 95%	∅	∅
T2	∅	<i>Eucalyptus</i> 30%, <i>Echium</i> 23%, <i>Citrus</i> 20%	<i>Brassicaceæ</i> 3%, <i>Trifolium repens</i> 3%, <i>Prunus/pyrus</i> 3%
T3	<i>Eucalyptus</i> 92%	∅	<i>Apiaceæ</i> 3%
T4	<i>Eucalyptus</i> 80%	∅	<i>Trifolium</i> sp. 4%, <i>Echium</i> 6%
T5	∅	<i>Citrus</i> sp. 44%	<i>Brassicaceæ</i> 9%, <i>Fabaceæ</i> 8%, <i>Trifolium</i> sp. 6%
T6	∅	<i>Citrus</i> sp. 30%	<i>Castanea sativa</i> 13%, <i>Eucalyptus</i> 10%, <i>Echium</i> 6%, <i>Prunus/pyrus</i> 4%
T7	∅	<i>Apiaceæ</i> 26%, <i>Lotus</i> 25%	<i>Eucalyptus</i> 6%
A1	<i>Eucalyptus</i> 97%	∅	∅
A2	<i>Hédysarum coronarium</i> 54%	<i>Apiaceæ</i> 21%	<i>Trifolium</i> sp. 4%, <i>Astéraceæ liguliforme</i> 4%
A3	<i>Eucalyptus</i> 87%	∅	<i>Prunus/pyrus</i> 3%
A4	∅	<i>Citrus</i> sp. 33%, <i>Prunus/pyrus</i> 28%	<i>Brassicaceæ</i> 5%, <i>Fabaceæ</i> 8%, <i>Carduus</i> sp. 4%, <i>Borago</i> 3%
A5	<i>Brassicaceæ</i> 53%	<i>Eucalyptus</i> 22%	<i>Lamiaceæ</i> 8%, <i>Fabaceæ</i> 7%
A6	<i>Eucalyptus</i> 79%	<i>Apiaceæ</i> 18%	∅
A7	<i>Citrus</i> sp. 50%	∅	∅
Bs1	∅	<i>Citrus</i> sp. 34%, <i>Echium</i> 18%	<i>Brassicaceæ</i> 11%, <i>Fabaceæ</i> 7%, <i>Prunus/pyrus</i> 5%
Bs2	<i>Eucalyptus</i> 99%	∅	∅

∅ : pas de pollen

Tableau 33bis : Les différents types de pollens présents dans les échantillons de miel des régions du Nord (en pourcentage)

N°échantillons	pollens dominants (≥ 45%)	pollens d'accompagnement (≥ 16% et < 45%)	Pollens minoritaires (≥ 3% et < 16%)
Bs3	∅	<i>Citrus</i> sp.32%, <i>Brassicaceæ</i> 29%	<i>Lamiaceæ</i> 5%
Bs4	∅	<i>Echium</i> 44%, <i>Eucalyptus</i> 42%	<i>Brassicaceæ</i> 4%, <i>Trifolium</i> sp.8%
Bs5	∅	<i>Apiaceæ</i> 40%, <i>Trifolium</i> sp.22% , <i>Eucalyptus</i> 18%	<i>Lotus</i> 4%
Bs6	∅	<i>Citrus</i> sp.21%, <i>Brassicaceæ</i> 21%, <i>Prunus/pyrus</i> 18%	∅
Bs7	∅	∅	<i>Eucalyptus</i> 15%, <i>Ziziphus</i> sp. 13%, <i>Brassicaceæ</i> 4%
Ba1	∅	<i>Brassicaceæ</i> 41%, <i>Trifolium</i> sp.18%	∅
Ba2	<i>Eucalyptus</i> 74%	∅	<i>Apiaceæ</i> 4%, <i>Lamiaceæ</i> 8%, <i>Citrus</i> 5%
Ba3	<i>Citrus</i> sp.50%	<i>Echium</i> 16%	<i>Fabaceæ</i> 6%
Ba4	∅	<i>Daucus</i> 39%	<i>Brassicaceæ</i> 5%, <i>Fabaceæ</i> 5%, <i>Carduus</i> sp. 3%, <i>Ulariaceæ</i> 5%, <i>Citrus</i> 4% , <i>Hédysarum</i> <i>coronarium</i> 3% , <i>Eucalyptus</i> 4%, <i>Prunus/pyrus</i> 4%
Ba5	<i>Citrus</i> sp.69%	∅	<i>Brassicaceæ</i> 14%, <i>Lamiaceæ</i> 5%
Ba6	<i>Eucalyptus</i> 90%	∅	∅
Ba7	<i>Citrus</i> sp.59%	∅	<i>Prunus/pyrus</i> 15%, <i>Fabaceæ</i> 10%

Tableau 34 : Les différents types de pollen isolés présents dans les miels
des régions du Nord (en pourcentage)

N°échantillons	Pollens très minoritaires ou isolés : < 3%
T1	<i>Geranium</i> sp., <i>Centaurea</i> sp., <i>Astéraceæ liguliforme</i> , <i>Taraxacum</i> , <i>Brassicaceæ</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Prunus/pyrus</i> , <i>Trifolium</i> sp.
T2	<i>Apiaceæ</i> , <i>Anthyllis</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Medicago</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp.
T3	<i>Trifolium</i> sp., <i>Citrus</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Brassicaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Acacia</i> sp., <i>Convolvulus</i>
T4	<i>Astéraceæ liguliforme</i> , <i>Citrus</i> , <i>Brassicaceæ</i> , <i>Alliaceæ</i> , <i>Capparis</i> , <i>Borago</i> , <i>Convolvulus</i> , <i>Cirsium</i>
T5	<i>Echium</i> , <i>Prunus/pyrus</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Acacia</i> sp., <i>Euphorbiaceæ</i> , <i>Convolvulus</i> , <i>Carduus</i> sp.
T6	<i>Cirsium</i> , <i>Achillea type</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Brassicaceæ</i>
T7	<i>Cynoglossum</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Brassicaceæ</i>
A1	<i>Fabaceæ</i> , <i>Citrus</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Astéraceæ liguliforme</i> , <i>Trifolium</i> sp.
A2	<i>Mentha</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Achillea type</i> , <i>Ceratonia ciliqua</i> , <i>Echinops</i> , <i>Rhamnaceæ</i> , <i>Onobrychis</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Convolvulus</i> , <i>Cirsium</i>
A3	<i>Brassicaceæ</i> , <i>Citrus</i> , <i>Genista type</i> , <i>Zizyphus</i> , <i>Hédysarum coronarium</i> , <i>Fabaceæ</i> , <i>Liliaceæ</i> , <i>Convolvulus</i> , <i>Cirsium</i>
A4	<i>Lamiaceæ</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Acacia</i> sp.
A5	<i>Scrofulariaceæ</i> , <i>Trifolium</i> sp., <i>Solidago type</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Acacia</i> sp., <i>Astéraceæ liguliforme</i> , <i>Liliaceæ</i>
A6	<i>Citrus</i> , <i>Echium</i> , <i>Trifolium</i> sp.
A7	<i>Echium</i> , <i>Brassicaceæ</i> , <i>Eucalyptus</i>
Ba1	<i>Citrus</i> , <i>Echium</i> , <i>Salix</i> , <i>Hédysarum coronarium</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Eucalyptus</i>
Ba2	<i>Carduus</i> sp., <i>Echium</i> , <i>Astéraceæ liguliforme</i> , <i>Acacia</i> sp., <i>Malva</i> sp., <i>Prunus/pyrus</i> , <i>Convolvulus</i>
Ba3	<i>Brassicaceæ</i> , <i>Carduus</i> sp., <i>Prunus/pyrus</i> , <i>Trifolium</i> sp., <i>Acacia</i> sp., <i>Convolvulus</i>
Ba4	<i>Arctium type</i> , <i>Convolvulus</i> , <i>Trifolium</i> sp., <i>Apiaceæ</i> , <i>Genista type</i> , <i>Cucumis</i>
Ba5	<i>Rhamnaceæ</i> , <i>Eucalyptus</i> , <i>Trifolium</i> sp., <i>Malvaceæ</i>
Ba6	<i>Brassicaceæ</i> , <i>Citrus</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Convolvulus</i> , <i>Trifolium</i> sp., <i>Lamiaceæ</i> , <i>Ceratonia siliqua</i>

Tableau 34 bis : Les différents types de pollen isolés présents dans les miels
des régions du Nord (en pourcentage)

N°échantillons	Pollens très minoritaires ou isolés : < 3%
Ba7	<i>Malvaceæ, Trifolium sp., Brassicaceæ, Carduus sp., Eucalyptus, Lotus</i>
Bs1	<i>Lamiaceæ, Carduus sp., Castanea, Erica arborea, Taraxacum, Trifolium repens, Eucalyptus, Convolvulus</i>
Bs2	<i>Capparis, Cirsium, Trifolium sp., Convolvulus, Apiaceæ, Acacia sp., Astéraceæ liguliforme</i>
Bs3	<i>Cynoglossum, Prunus/pyrus, Fabaceæ, Rosaceæ, Convolvulus, Apiaceæ, Carduus sp., Genista type, Cirsium</i>
Bs4	<i>Taraxacum, Capparis, Astéraceæ liguliforme, Acacia sp., Convolvulus, Vicia, Prunus/pyrus</i>
Bs5	<i>Citrus, Fabaceæ, Carduus sp., Astéraceæ liguliforme, Rhamnaceæ</i>
Bs6	<i>Apiaceæ, Salix, Lotus</i>
Bs7	<i>Carduus sp., Echium, Rubus type, Genista type, Lamiaceæ, Achillea type, Centaurea, Echinops</i>

Malgré le nombre restreint de formes de dominance, plusieurs espèces sont identifiées comme pollen d'accompagnement, minoritaires ou isolés (tableaux 33, 33 bis, 34 et 34 bis), il s'agit du pollen d'*Echium*, *Prunus pyrus*, d'*Apiaceæ*, *Lotus*, de *Trifolium* sp., *Daucus*, *Astéraceæ*, *Lamiaceæ* et *Fabaceæ* caractérisant la flore méditerranéenne. Ce sont des plantes nectarifères, pollinifères et entomophiles.

Les miels de *Citrus*, d'*Eucalyptus* et de *Trifolium* constituent les principales espèces mellifères en Algérie (Ricciardelli d'Albore, 1998). D'après nos résultats nous notons l'absence de miel de *Trifolium* présent dans les échantillons de miel sous forme de pollen minoritaires ou isolés.

Les miels monofloraux de *Citrus* constituent le spectre pollinique le plus important des miels étudiés des régions du Nord (8/28); le pollen de *Citrus* étant généralement sous-représenté dans les miels d'agrumes.

L'*Eucalyptus* constitue aussi spectre pollinique important des miels étudiés; il est omniprésent dans 51% des échantillons et le nombre de miels monofloraux est assez important (8/28). Ces résultats confirment son abondance dans la plus part des miels étudiés, en effet Louveaux et Abed (1984), estiment que l'*Eucalyptus* est une plante mellifère importante sur l'ensemble de l'Afrique du nord, espèce caractérisant les miels méditerranéens. Le pourcentage de grains de pollen d'*Eucalyptus* dans les miels monofloraux paraît très important atteignant 99% dans l'échantillon Bs2, ce qui montre sa sur représentation dans les miels. En effet selon Bocquet (1997) le pourcentage de pollen d'*Eucalyptus* dans les miels monofloraux est proche de 90% et que les plus purs sont d'origine Australienne, leur spectre pollinique peut contenir 100% de grain de pollen de cette plante. Ce phénomène est lié à la taille ainsi qu'à l'abondance de ce grain de pollen dans les fleurs de *Myrtacées*.

Les résultats obtenus montrent que l'*Eucalyptus* constitue une plante apicole très intéressante dans la Mitidja.

Le pollen d'*Hédysarum coronarium* (Sainfoin ou Sulla), domine dans deux échantillons de miel. La présence de cette plante est justifiée par sa culture dans ces régions. Bocquet (1995) affirme que le miel d'*Hédysarum coronarium* est fréquent dans les pays méditerranéens et que l'Italie est le principal producteur de ce miel. Selon ce même auteur la prédominance de cette plante est limitée aux régions montagneuses et l'Afrique du nord en produit surtout sous forme de miels de toutes fleurs.

Louveaux et Abed (1984) affirment que l'*Hédysarum coronarium* est dominant dans la partie centrale de l'Algérie, en Tunisie et au Maroc ceci concorde bien avec nos résultats.

Les miels polyfloraux représentent aussi un nombre non négligeable (7/28) et sont constitués de plantes spontanées, d'arbres fruitiers ou autres sans dominance apparente. Nous avons mis en évidence parmi ces miels un seul miel de *Daucus* (Ba5) considéré miel de toutes fleurs. En effet le miel de *Daucus* sp. constitue la deuxième miellée après les agrumes dans la wilaya de Blida.

Le miel monofloral de *Brassicaceae* famille des crucifères pour l'échantillon (A5) est considéré comme miel de toutes fleurs. Nous notons par ailleurs la présence de pollen de type *Prunus/pyrus* dans plusieurs échantillons (8/28), il s'agit de grains de pollen des différentes espèces fruitières de rosacées tels que les pommiers, les pruniers et les poiriers.

Les pollens très minoritaires (tableau 34 et 34bis) sont constitués d'une grande diversité de plantes spontanées ou cultivées reflétant la diversité botanique des régions du Nord de l'Algérie.

Il est à noter que d'autres formes de pollen ont été retrouvées dans les échantillons de miel, il s'agit des pollens de plantes anémophiles ou réputés non nectarifères tels que les pollens de *Cistus*, *Olea*, *Plantago*, *Papaveraceae*, *Poaceae* (graminées) et *Helianthémum*.

2.2. Les échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa

Les résultats de l'analyse pollinique des échantillons de miel de la région de Djelfa sont enregistrés dans les tableaux 35 et 35 bis.

Le spectre pollinique des miels de la région de Djelfa paraît plus simple que celui des régions du Nord et l'identification des grains de pollen nous montre que nous sommes en présence de miels composés essentiellement de pollen de *Zizyphus jujuba* en quantité appréciable, de pollen de *Péganum harmala* et en quantité moins importantes de pollen d'*Echium* et *Arctium* (figure 25). Ces miels n'ont fait l'objet d'aucune étude au préalable et laissent apparaître un spectre caractéristique des zones arides à semi-arides de l'Afrique du nord.

Deux espèces mellifères principales fleurissent aux mois de juin et juillet et qui sont respectivement le *Péganum harmala*, plante considérée plus pollinifère que mellifère et le jujubier (*Zizyphus jujuba*).

Les spectres polliniques des échantillons de miel laissent apparaître 11 formes de pollen.

Dans 14/18 échantillons domine le pollen de *Zizyphus jujuba* variant de 49% à 93% et est présent dans l'échantillon J10 (43%), J11 (44%) ainsi que J14 (40%) comme pollen d'accompagnement. Cependant les résultats des analyses physico-chimiques montrent que pour ces trois échantillons nous enregistrons des taux assez élevés en erlose soit respectivement 1,7%, 4,7% et 1,2% ; ceci nous laisse supposer que malgré la présence du pollen de *Péganum harmala* dans les échantillons J10 (30%), J11 (49%) et d'*Apiaceae* dans le

miel J14 (19%) , ces échantillons méritent aussi l'appellation de miel de jujubier car c'est une plante plus nectarifère que pollinifère. Ces résultats nous permettent d'avancer que ce type de miel peut être considéré comme miel monofloral et porté le nom de miel de jujubier à partir de 40% de pollen.

Les pollens minoritaires ($\geq 3\%$ et $< 16\%$) de ces régions sont constitués en grande partie de pollens de Brassicaceæ, d'*Echium*, de *Carduus*, *Hédysarium* et de *Péganum harmala*.

Figure 11 : Comparaison des principaux taxons composant les pollens des miels de la Wilaya de Djelfa (en pourcentage)

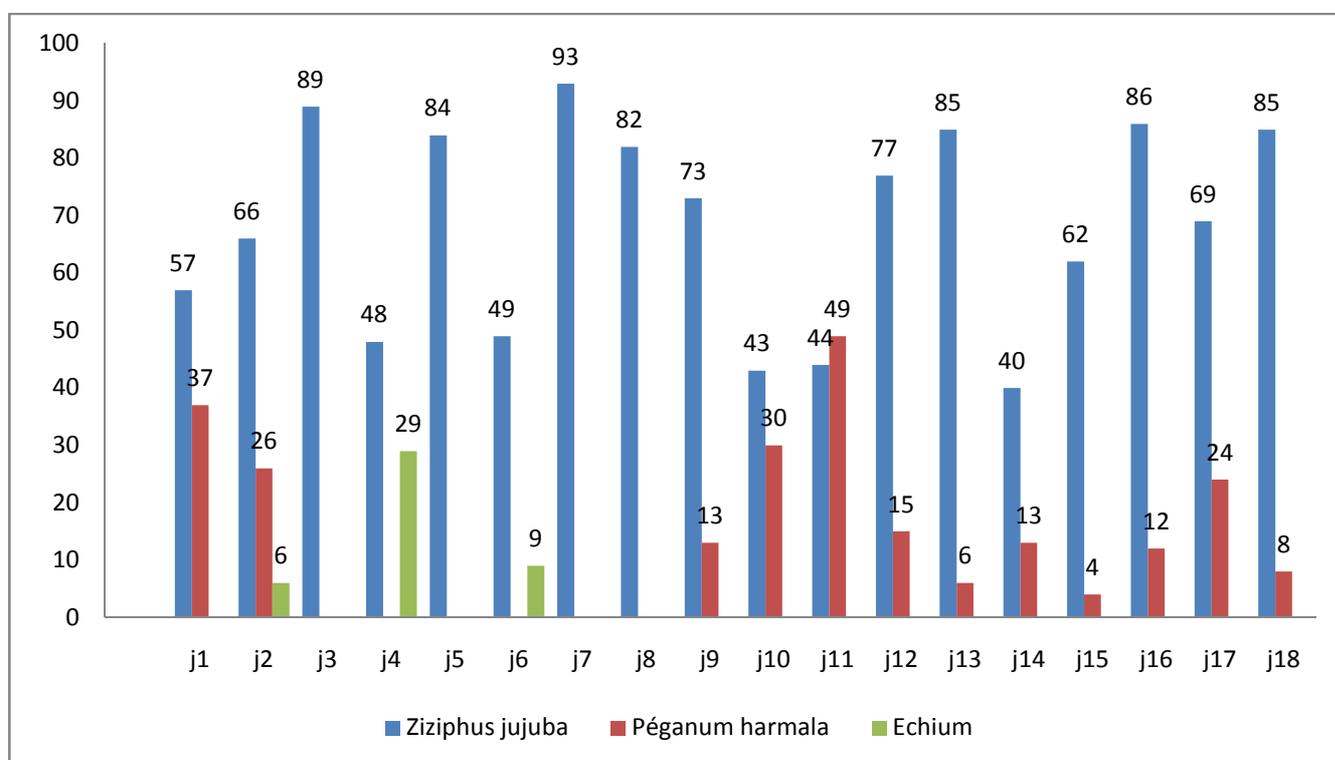


Tableau 35 : Les différents types de pollen présents dans les miels de la Wilaya de Djelfa (en pourcentage)

N°échantillons	pollens dominants (≥ 45%)	pollens d'accompagnement (≥ 16% et < 45%)	Pollens minoritaires ≥ 3% et < 16%	Pollens très minoritaires ou isolés : < 3%
J1	<i>Zizyphus jujuba</i> 57	<i>Péganum harmala</i> 37	<i>Brassicaceæ</i> 3	<i>Apiaceæ</i> , <i>Carduus</i>
J2	<i>Zizyphus jujuba</i> 66	<i>Péganum harmala</i> 26	<i>Echium</i> 6	<i>Carduus</i> , <i>Brassicaceæ</i>
J3	<i>Zizyphus jujuba</i> 89	∅	<i>Carduus</i> 4	<i>Péganum harmala</i> , <i>Caryophyllaceæ</i> , <i>Brassicaceæ</i>
J4	<i>Péganum harmala</i> 48	<i>Echium</i> 29	<i>Brassicaceæ</i> 11, <i>Carduus</i> 6	<i>Prunus/ Pyrus</i> , <i>Centaurea</i> , <i>Zizyphus</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Astéraceæ liguliflore</i>
J5	<i>Zizyphus jujuba</i> 84	∅	<i>Hédysarium</i> 6, <i>Brassicaceæ</i> 4, <i>Carduus</i> 3	<i>Acacia sp.</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Liliaceæ</i> , <i>Caryophyllaceæ</i> , <i>Arctium sp.</i>
J6	<i>Zizyphus jujuba</i> 49	<i>Arctium</i> 16	<i>Echium</i> 9, <i>Lotus</i> 4, <i>Trifolium</i> sp 4, <i>Hédysarium</i> 4	<i>Carduus</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Prunus/ Pyrus</i> <i>Astéraceæ liguliflore</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Lavandula</i> <i>stæchas</i>
J7	<i>Zizyphus jujuba</i> 93	∅	∅	<i>Brassicaceæ</i> , <i>Apiaceæ</i> , <i>Lamiaceæ</i> , <i>Trifolium</i> <i>repens</i> , <i>Arctium sp.</i> , <i>Astéraceæ liguliflore</i> , <i>Thymus</i> , <i>Carduus</i>
J8	<i>Zizyphus jujuba</i> 82	∅	<i>Apiaceæ</i> 5, <i>Hédysarium</i> 3	<i>Echium</i> , <i>Astéraceæ liguliflore</i> , <i>alliaceæ</i> , <i>Achillea</i> <i>type</i> , <i>Carduus</i> , <i>Brassicaceæ</i>
J9	<i>Zizyphus jujuba</i> 73	∅	<i>Péganum harmala</i> 13, <i>Carduus</i> 4, <i>Astéraceæ</i> <i>liguliflore</i> 4	<i>Apiaceæ</i> , <i>Brassicaceæ</i> , <i>Echium</i>

Tableau 35 bis : Les différents types de pollen présents dans les miels de la Wilaya de Djelfa(en pourcentage)

N°échantillons	pollens dominants (≥ 45%)	pollens d'accompagnement (≥ 16% et < 45%)	Pollens minoritaires ≥ 3% et < 16%	Pollens très minoritaires ou isolés : < 3%
J10	∅	<i>Zizyphus jujuba</i> 43 <i>Péganum harmala</i> 30	<i>Apiaceæ</i> 11, <i>Carduus</i> 8	<i>Centaurea, Thymus, Brassicaceæ, Lotus</i>
J11	<i>Péganum harmala</i> 49	<i>Zizyphus jujuba</i> 44	∅	<i>Thymus, Lotus, Carduus, Apiaceæ</i>
J12	<i>Zizyphus jujuba</i> 77	∅	<i>Péganum harmala</i> 15	<i>Thymus, Carduus, Brassicaceæ Prunus/ Pyrus</i>
J13	<i>Zizyphus jujuba</i> 85	∅	<i>Péganum harmala</i> 6	<i>Apiaceæ, Lamiaceæ, Brassicaceæ, Echium, Centaurea, Thymus, Astéraceæ liguliflore, Carduus</i>
J14	∅	<i>Zizyphus jujuba</i> 40 <i>Apiaceæ</i> 19	<i>Astéraceæ liguliflore</i> 15, <i>Péganum harmala</i> 13, <i>Centaurea</i> 6, <i>Carduus</i> 4	<i>Brassicaceæ, Lotus</i>
J15	<i>Zizyphus jujuba</i> 62	∅	<i>Astéraceæ liguliflore</i> 14, <i>Carduus</i> 12, <i>Apiaceæ</i> 3, <i>Péganum harmala</i> 4	<i>Brassicaceæ, Lotus</i>
J16	<i>Zizyphus jujuba</i> 86	∅	<i>Péganum harmala</i> 12	<i>Brassicaceæ, Carduus</i>
J17	<i>Zizyphus jujuba</i> 69	<i>Péganum harmala</i> 24	<i>Carduus</i> 7	
J18	<i>Zizyphus jujuba</i> 85	∅	<i>Péganum harmala</i> 8, <i>Carduus</i> 5	<i>Brassicaceæ</i>

Discussions

La conductibilité électrique du miel est étroitement liée à la concentration des sels minéraux, acides organiques et des protéines, c'est un paramètre qui montre une grande variabilité en fonction de l'origine florale. Elle est considérée comme un des meilleurs paramètres qui permet de différencier entre les miels des différentes origines florales (Krauze et Zalewski, 1991); Mateo et Bosch-Reig, (1998); Terrab et coll., 2002).

La conductibilité électrique pourrait être considérée comme un paramètre fiable pour différencier les différents types de miel tels que les agrumes (0,124-0,262 mS/cm), la bruyère (0,815-1,092 mS/cm) ou miel de miellat (0,822-1,213 mS/cm) (Mateo et Bosch-Reig, 1998). Nous avons vu précédemment que Talpay (1985) propose une valeur de 0,4 à 0,9 mS/cm pour les miels d'*Eucalyptus*. Pour les miels de notre pays nous proposons les valeurs suivantes : 0,207- 0,285 mS/cm pour les miels d'agrumes, 0,384 – 0,807 mS/cm pour les miels d'*eucalyptus*, 0,325 – 0,638 mS/cm pour les miels de *jujubier*.

La teneur en eau ne constitue pas une caractéristique typique de la variété de miel. Elle dépend d'autres facteurs tels que l'humidité de l'air. La teneur en eau est sans doute le critère de qualité le plus important pour le miel. Une teneur basse, si possible inférieure à 18% ou même à 17%, garantit la bonne conservation du miel. En général, un taux d'humidité élevé entraîne la fermentation du miel, la perte de la saveur, causant la perte de la qualité du miel (Costa et coll., 1999). Concernant la teneur en eau des miels des régions du Nord, tous sont conformes aux normes et peuvent être bien conservés cependant une attention particulière doit être accordée aux échantillons Ba1-Bs4-T7-A7-Ba7 titrant respectivement 18,5% -18,0% - 18,6% - 18,4 % et 18,4% d'eau afin d'éviter une éventuelle fermentation car un miel à haute teneur en eau est plus susceptible de fermenter (Bogdanov, 1999). Cette teneur relativement élevée en eau est due essentiellement à la période de récolte de ces miels qui sont des miels de toutes fleurs pour les échantillons Ba1- Bs4-T7 et des miels de *Citrus* sp. pour les échantillons A7 et Ba7. Les miels polyfloraux et de *Citrus* sp. sont récoltés généralement durant les mois d'Avril à Mai ce qui explique ces teneurs en eau assez élevées. L'entreposage de ces miels doit s'effectuer dans des locaux appropriés non humide. Ces teneurs élevées en eau peuvent s'expliquer aussi par une récolte précoce de ce miel, c'est-à-dire avant sa maturation, une extraction du miel dans un milieu assez humide, ce qui entraîne une absorption d'humidité, il subira une cristallisation défectueuse rendant le produit instable et entraînant des difficultés à la conservation (Gonnet, 1993).

Une humidité relative élevée pendant la récolte va conduire à une déshumidification difficile du nectar par l'abeille et donc à la production d'un miel riche en eau, instable sur le plan physique et biologique et susceptible de se dégrader rapidement (Gonnet, 1993).

Les travaux de Nanda et coll., (2003) affirment que la teneur en eau est affectée par le climat, la saison et la teneur en eau d'origine végétale.

La faible teneur en eau des miels de la wilaya de Djelfa constitue une caractéristique des miels de ces régions ; en effet ces miels peuvent être conservés sans risque de fermentation car leur teneur en eau leur confère une qualité non négligeable. Bogdanov et coll. (2005) affirment qu'une teneur basse en eau inférieure à 18% ou même à 17% garantit la bonne conservation du miel. Selon ces mêmes auteurs un miel dont la teneur en eau est inférieure à 15% n'est pas assez coulant car la consistance optimale du miel est obtenue avec une teneur en eau entre 15% et 17%. Dans notre travail, les miels de jujubier sont restés coulant durant toute l'année du fait de la différence de températures qui existent entre les pays froids et chauds ce qui confère à ces miels un autre critère d'appréciation par le consommateur.

Le pH de l'*eucalyptus* est de 3,65 et il est de 3,72 pour les miels polyfloraux (Terrab et coll., 2002). Les résultats obtenus pour les miels d'*Eucalyptus* des régions du Nord de notre pays se situent légèrement au dessus de ces valeurs et sont comprises entre 3,79 et 3,89. En ce qui concerne les miels polyfloraux, les résultats varient entre 3,66 et 4,21 ceci peut s'expliquer par la grande diversité de la flore mellifère de notre pays.

Les miels de la Wilaya de Djelfa ont un pH caractéristique moins acide que les miels des régions du Nord se situant entre 4,05 – 6,43. Nous remarquons par ailleurs que le pH des miels monofloraux de *Ziziphus jujuba* présente des valeurs comprises entre 4,33 (J6) et 6,43 (J18). L'échantillon J6 contient 49% de pollen de jujubier tandis que l'échantillon J18 en contient 85%.

Il apparaît nettement que les miels que nous avons étudiés sont des miels normalement acides se situant dans les normes de miel de nectar.

L'acidité est un critère de qualité important. La fermentation du miel provoque une augmentation de l'acidité, c'est pourquoi une valeur maximale est très utile, bien qu'il existe une fluctuation naturelle considérable. L'ancienne norme prescrit une valeur maximale de 40 milliéquivalents/kg. Dans le projet du Codex Alimentarius (1993), elle a été augmentée à 50 milliéquivalents/kg étant donné qu'il existe quelques sortes de miels qui ont une teneur naturelle en acide plus élevée (Horn et Lüllmann, 1992).

Les miels étudiés des régions du Nord se situent dans les normes prescrites et varient entre 12,1 et 50,4 milliéquivalents/kg. Pour les miels des régions arides, en particulier les miels de

jujubier nous proposons une nouvelle norme qui se situe entre : 1,50(J18) -19,0(J15) milliéquivalents/kg. Il apparaît nettement que les miels que nous avons étudiés sont des miels normalement acides se situant dans les normes de miel de nectar.

La recherche et le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF) permettent de situer le niveau de fraîcheur du miel, c'est un aldéhyde cyclique (C₆H₆O₃) issu de la dégradation en premier lieu par déshydrogénation du fructose et du glucose en milieu acide et à température élevée (Badui, 1986; Espinoza-Mansilla et coll., 1993). Tous nos échantillons correspondent aux normes établies par l'Union Européenne (Conseil de l'Union Européenne, 2002) qui reprennent tout simplement les normes du Codex Alimentarius datant de 1981 mais révisées en 2001. Ce sont donc des normes internationales.

Les critères de qualité tels que l'hydroxyméthylfurfural (HMF), l'activité de l'invertase (α glucosidase) et de l'amylase (α amylase, diastase) sont utilisés pour apprécier les détériorations dues au stockage et à la chaleur Hadorn et al. (1962); White et al. (1964).

Les taux élevés d'HMF dénotent parfois un chauffage du miel dont le vieillissement est dépendant du pH. La durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel est en fonction de la température de stockage comme indiqué dans le tableau 36 (White et coll., 1964) ; Hadorn et coll. 1962) ; Sancho et coll. 1992).

Tableau 36 : Durée nécessaire pour la formation de 40 mg HMF/kg de miel

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

Comparativement aux miels des régions du Nord, les miels de la wilaya de Djelfa possèdent un pH élevé qui leur confère un taux d'HMF très bas malgré des conditions climatiques favorables à la production d'HMF (température élevée).

Duisberg et Hadorn (1966) de même que Hadorn et coll. (1962) donnent les valeurs indicatives suivantes pour l'activité diastasique ou amylasique :

- pour les miels fraîchement récoltés : 13 à 30 unités de Schade,
- pour les miels fraîchement récoltés, pauvres en enzymes : 4 à 8 unités de Schade.

L'activité diastasique est utilisée comme critère d'appréciation de différentes sortes de miel et donnent une valeur de 13 à 34 pour l'eucalyptus par exemple et 3 à 16 pour les miels d'oranger (Talpay, 1985 ; Persano-Oddo et coll., 1995).

Nous remarquons que l'activité diastasique des miels d'*Eucalyptus* de notre pays (A1, T3, T4, Bs2, Ba2, A3, Ba6 et A6) varie de 8 à 23 unités de Schade et pour les miels de *Citrus* (Bs1, T5, T6, Ba3, A4, Ba5, A7 et Ba7) entre 8 à 25 unités de Schade. Les miels de la wilaya de Djelfa présentent une activité diastasique comprise entre 17 à 32 unités de Schade pour les miels de jujubier.

Les teneurs en glucose, fructose et saccharose des échantillons de miel des régions du Nord se situent dans les normes Européennes. Les résultats concernant le fructose se situent entre 36,70 et 45,90% (tableau 22), concordent avec ceux établis par Gonnet (1979) qui précise que la teneur en fructose des miels varie entre 32,40 et 45,90%.

Le fructose prédomine dans presque tous les types de miels à l'exception des miels de *Taraxacum officinal* et *Tricostema lanceolatum* qui contiennent plus de glucose que de fructose (White, 1979). Cette constatation est vérifiée pour tous les miels de la région de Djelfa et presque tous les miels des régions du Nord sauf pour l'échantillon A5 qui est un miel de Brassicaceae dont le taux de glucose est légèrement supérieur au taux de fructose soit 36,7% de fructose pour 37,4% de glucose .

Nos résultats montrent que les miels de jujubier ont des teneurs en glucose inférieures aux normes Européennes se situant entre 20,80 -33,20%, il en est de même pour le fructose dont la teneur varie entre 29,60 - 40% (pics chromatographiques en annexe 14). Ces miels sont caractérisés par des teneurs en saccharose et en erlose particulièrement élevées enlevant tout doute de falsification par du sirop de sucre.

Le facteur glucose/ eau est le plus adéquat pour déterminer le potentiel de cristallisation du miel (Gonnet et coll., 1986 ; Tabouret 1979). D'une manière générale lorsque le rapport G/E est élevé, supérieur à 2, la cristallisation est rapide et inversement s'il est inférieur à 2. Les échantillons des régions du Nord ont un rapport G/E compris entre 2,49 et 1,53. Les échantillons Ba1, Bs4, T7, Bs7, A7 et Ba7 présentent un rapport G/E inférieur à 2 avec respectivement des rapports de 1,72, 1,83, 1,53, 1,87, 1,70 et 1,80 et présentent donc une cristallisation lente. Nous avons constaté que sur ces six échantillons cinq d'entre eux présentent des taux relativement élevés en eau, ce sont des miels peu concentrés. Il apparaît clairement que les miels des régions du Nord cristallisent plus ou moins rapidement selon leur teneur en eau.

Le spectre pollinique des miels de la Wilaya de Djelfa paraît plus simple que le spectre pollinique des miels des régions du Nord dont la diversité des plantes mellifères est plus importante.

Au terme de notre travail, nous allons présenter les résultats les plus pertinents. Les tableaux 37 et 38 présentent les normes que nous proposons pour les miels de l'Algérie.

1- Les miels des régions du Nord

Tableau 37 :Présentation des normes établies
pour les miels des régions du Nord

Conductivité électrique (mS/cm)	Teneur en eau (%)	pH	Acidité totale (meq. /kg)	Acidité libre (meq. /kg)	HMF (mg /kg)	Activité diastasique (unité de Schade)
0,21-0,807	14,4-18,6	3,66-4,23	12,10-50,40	7,00-26,90	0,80-38,70	8,00-34,00

Glucose (%)	Fructose (%)	Saccharose (%)	Isomaltose (%)	Maltose (%)	Raffinose (%)	Turanose (%)	Erlose (%)
27,20-37,40	36,70-45,90	0 - 7,6	0 - 1,2	0,7-2,60	0 - 0,2	0 - 2,10	0 - 1,0

2- Les miels de la Wilaya de Djelfa

Tableau 38 :Présentation des normes établies
pour les miels de la wilaya de Djelfa

Conductibilité électrique (mS/cm)	Teneur en eau (%)	pH	Acidité totale (meq. /kg)	Acidité libre (meq. /kg)	HMF (mg /kg)	Activité diastasique (unité de Schade)
0,32-0,63	12,50 - 15,30	4,05- 6,43	1,5-22,70	1,50-13,80	0,2-4,5	17-32

Glucose (%)	Fructose (%)	Saccharose (%)	Isomaltose (%)	Maltose (%)	Raffinose (%)	Turanose (%)	Erlose (%)
20,80-35,30	29,60- 40,10	2,5-22	0,2-4,10	1,00-2,5	-	0,03-3	0,01- 5,03

Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus dans le cadre de notre travail sur les miels des régions du Nord et de la région de Djelfa ont permis de caractériser les principaux miels monofloraux et de les différencier des miels polyfloraux.

La méthodologie adoptée dans ce travail a permis l'obtention de normes propres à l'Algérie. Les analyses chromatographiques montrent que les miels des régions du Nord présentent des taux de sucres en particulier de saccharose comprises dans les normes internationales. Par ailleurs les miels de la région de Djelfa (hors normes) présentent des taux de saccharose supérieurs à la norme admise atteignant 22% ainsi que des teneurs très élevées en erlose (5,03%).

L'introduction d'une norme relative à la teneur en sucres spécifiques aura des conséquences positives supplémentaires pour le contrôle de routine du miel. Actuellement, on analyse la teneur en sucres réducteurs des échantillons de miels prélevés dans le commerce par rapport à sa conformité avec la norme Européenne mais cela n'en dit pas long sur la qualité du miel. La teneur en oligosaccharides tels que le Mélézitose et le maltose sont de bons indicateurs pour la teneur en miellat d'un miel. Le spectre de sucres spécifiques donne des renseignements sur l'authenticité du miel et la falsification.

La caractérisation des miels monofloraux est fondée à la fois sur des analyses physico-chimiques et polliniques. En général, les miels monofloraux possèdent un ou plusieurs caractères discriminants qui vont les différencier des autres miels monofloraux et des miels polyfloraux. Ces critères varient d'un miel à l'autre. Pour les miels d'*Eucalyptus*, c'est une conductivité électrique généralement assez élevée et un rapport fructose/glucose assez bas, expliqué par la forte teneur en glucose de ces miels. Les miels de *Citrus* possèdent en général une plus faible conductivité électrique et un rapport fructose/glucose similaire à l'*Eucalyptus*. Les miels de jujubier sont caractérisés par un pH, un taux d'erlose et de saccharose élevés ce qui les différencie des miels des régions du nord. Ces miels hors normes sont très appréciés par les consommateurs et doivent bénéficier d'une dérogation lors de leur étiquetage. Ainsi, le rapport fructose/glucose et la concentration de saccharose sont de bons critères pour différencier les miels monofloraux.

La palynologie est plus difficile à interpréter car les pollens présents dépendent beaucoup de la flore annexe avec des artefacts liés à la sur- ou sous-représentation de certains pollens. Elle est cependant importante pour établir la base d'un référentiel pollinique permettant de caractériser l'origine géographique du produit qui peut, dans quelques cas relativement rares,

être reconnues grâce à des formes caractéristiques de pollen n'existant que sur un territoire déterminé. Le plus souvent, c'est l'apparition de combinaisons de pollens qui permet la localisation de la région dans laquelle le miel a été produit. Les frontières de l'Algérie comme de tout autres pays sont des frontières politiques et non pas phytogéographiques. L'analyse pollinique pourra déterminer de façon certaine qu'un miel est originaire d'Afrique du Nord. Pour séparer les miels algériens, des tunisiens, ou des marocains par exemple, il faudrait disposer d'analyses polliniques comparatives entre les miels de ces différents pays et surtout identifier des espèces mellifères spécifiques à chaque pays dont la présence de pollen dans le miel pourrait servir de marqueur.

Les résultats de ces analyses font apparaître en Mitidja la dominance des miels monofloraux de *Citrus*, d'*Eucalyptus* et de miels polyfloraux qui ont une grande importance pour l'apiculture Algérienne. L'analyse pollinique confirme la spécificité de la flore des régions arides et semi-arides caractérisée surtout par des plantes spontanées ; les apiculteurs Algériens y trouvent une source mellifère abondante constituée essentiellement de miel monofloral de *Ziziphus jujuba* et de *Péganum harmala*.

Ces résultats constituent un complément de référentiel pour les miels étudiés des régions du Nord de l'Algérie et un premier référentiel pour les miels des régions du Sud et fournissent des éléments précis pour le contrôle des appellations des miels produits. Ils montrent également l'importance relative des différentes espèces nectarifères et permettent donc d'établir des fiches de spécifications qui pourront évoluer en fonction d'analyses d'autres miels. Ce travail doit se poursuivre car il serait important de pouvoir caractériser tous les miels de notre pays et établir des normes de référence.

La fraude est un phénomène de plus en plus fréquent, résultant de l'ouverture des marchés internationaux et la concurrence mondiale. À l'heure actuelle, l'utilisation de méthodes de contrôle fiables pour assurer la conformité d'un produit alimentaire est impérative si nous voulons limiter ou éliminer ces risques de falsification.

Un certain nombre de méthodes de contrôle existent pour lutter contre la fraude dont l'analyse pollinique (palynologie) ainsi que les analyses physico-chimiques.

Références bibliographiques

1. Accorti M., Piazza M.G. et Persano-Oddo L., (1987). La conductivité électrique et le contenu en cendres du miel. *Apiacta*, 22, 19-20.
2. Adam F., Hadorn H., et Maurizio A. (1974). Livre des denrées alimentaires Suisse. Miel et miel artificiel 34 p.
3. Al-Khalifa A.S, Al-Arifly I.A., (1999). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. *Food Chemistry* 67, 21-25.
4. Anonyme, (1964). Analyse pollinique des miels in *Ann. de l'abeille*,7(4) pp 261-271.
5. Anonyme, (1977). Méthodes officielles d'analyse du miels n° 77-79. Arrêté du 15 février.
6. Anonyme, (1984).Commission du Codex Alimentarius.Norme Régionale Européenne Recommandée pour le miel. FAO/OMS.
7. Anklam E., (1998). A review of analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 61(4), 549–562.
8. Anklam E. et Radovic B., (2001). Suitable analytical methods for determining the origin of European honey. *American laboratory*, May, 60–6.
9. Arnon S., Midura T., Damus K., Thompson B., Wood R. and Chin, J. (1979). Honey and other environmental risk factors for infant botulism, *J. of Pediatrics* 94, 331-336 (1979).
10. Arrêté du 15/02/77 relatif aux méthodes officielles d'analyse du miel in *Journal Officiel de la République Française* du 22/04/77.
11. Bachmann S., Meier M. and Känzig A., (1997). 5-Hydroxymethyl-2-furfural (HMF) in *Lebensmitteln, Lebensmittelchemie* 51 pp. 49–50.
12. Badui D.S., (1986). *Química de los alimentos*. Ed. Alhambra.
13. Biri M., (1981). *L'élevage moderne des abeilles*. Ed. de Vecchi 324 p.
14. Boughediri L., (1985). Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude du pollen. Thèse de magister, USTHB.
15. Bocquet M., (1995). Le miel de sainfoin d'Espagne. Nature et composition, principales caractéristiques organoleptiques. *Bull.Tech. Apic*, 22(1), 89,43 – 44.
16. Bocquet M., (1997). Le miel d'Eucalyptus. Nature et composition, principales caractéristiques organoleptiques. *Bull.Tech. Apic.*, 24(3), 151 – 152
17. Bogdanov S., (1986). *Honigsensorik und Honigdegustation*. Schweizerische-Bienenzeitung 109, 453-457.

18. Bogdanov S., Rieder K., Ruegg M., (1987). Neue Qualitastkriterien bei Honigntersuchungen. *Apidologie* 18(3), 267-278.
19. Bogdanov S.und Lehnherr B., (1988). Honig kann fein umkristallisieren und cremig gemacht werden. *Schweizerische Bienen-Zeitung* 111, 300-303.
20. Bogdanov S., Imdorf A., Kilchenmann V. und Gerig, I. (1990).Rückstände von Fluvalinat in Bienenwachs, Futter und Honig. *Schweiz. Bienenztg.* 113, 130-134 sowie 113, 250-254 (Rückstände von Folbex in Wachs, Futter und Honig).
21. Bogdanov, S. und Kilchenmann, V (1991). Zink- und Aluminiumrückstände aus Varroagittern. *Schweiz. Bienenztg.* 114, 197-199.
22. Bogdanov S. et Lischer P., (1993). Interlaboratory trial of the International Honey Commission: Phadebas and Schade diastase determination methods, moisture by refractometry and invertase activity.
23. Bogdanov S., (1996). Nouvelle législation Suisse sur les denrées alimentaires. *Revue Suisse d'apiculture*, 93 (6), 200-205.
24. Bogdanov, S., Martin P. and Lüllmann C., (1997). Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie (extra issue)* 1-59.
25. Bogdanov S., (1999). Honig Quality and International Regulatory Standards .Review of the Work of the International Honey Commission. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.*, 90.
26. Bogdanov S. , Lullmann C., Martin P. , Ohe W.V.D., Russmann H. and Vorwohl G. (2000). Honey quality, methods of analysis and international regulatory standards: Review of the work of the international honey commission, Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, Switzerland.
27. Bogdanov S. (2002). Harmonized Methods of the International Honey Commission.
28. Bogdanov S., Ruoff K., Persano Oddo L., (2004).Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys.*Apidologie* 35, S4 – S17.
29. Bogdanov S., Edder P., (2004). Contamination du miel par un sulfonamide du à l'utilisation d'un herbicide employé en agriculture. *Revue Suisse d'apiculture* 125, 25 - 29.
30. Bogdanov S., Bieri K., Kilchenmann V., Gallmann P., (2005) .Miels monofloraux suisses. pp 6-55.
31. Bosi G., (1978). Méthode rapide pour la détermination par chromatographie en phase gazeuse des glucides du nectar et de préparations des éthers trimethylsilyles en présence d'eau. *Apidologie*, 4, 57-64.

32. Boughediri, L., Cerceau-Larrival, M.-Th. et Doré, J. C. (1995). Significance of freeze-drying in long term storage of date palmpollen. In: Pollen Banks and Genetic Resources. 8th Int.Palynol. Congr. Aix-en-Provence 1992. Symp. Bl. Proc.Vol. Grana 34(6): 408-412.
33. Bousseta A., Collins S. and Dufour J.P. (1992). Characteristic aroma profiles of unifloral honeys obtained with dynamic headspace GC- MS system.J. Apic. Res. 31, 96 – 109.
34. Caillas A., (1968).Quelques notions de palynologie pratique des pollens de la flore du Sud - Est Méditerranéen Français.
35. Castro-Vazquez L., Diaz-Maroto, Pérez-Coello (2007). Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys. Food Chemistry 103, 601–606.
36. Chataway H. D., (1935). Canadian J. Res. 6, 532-547.
37. Codex Alimentarius Commission. Recommended European regional standard for honey (CAC/RS 12-1969).
38. Codex Alimentarius Standard for Honey (1993). Ref. Nr. CL 1993/14-SH FAO and WHO, Rome.
39. Commission du Codex Alimentarius (2001, Juillet). Draft report of 24th Session. Geneva.
40. Codex Alimentarius draft revised for Honig at step 6 of the Codex Procedure (1998).CX 5/10, 2, CL 1998/12-S.
41. Cordella C., Antinelli J. F., Aurieres C., Faucon J. P., Carbol-Bass D. et Sbirrazzuoli N. (2002). Use of differential scanning calorimetry(DSC) as a new technique for detection of adulteration in honeys. Study of adulteration effect on honey thermal behavior. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(1), 203–208.
42. Cordella C., Militao J. S. L. T., Clement M. C., Drajnudel P. et Cabrol-Bass D. (2005). Detection and quantification of honey adulteration via direct incorporation of sugar syrups or bee-feeding: Preliminary study using high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) and chemometrics. Analytical Chimica Acta, 531(2), 239–248.
43. Costa L., Albuquerque M., Trugo L., Quinteiro L., Barth O., Ribeiro M.and De Maria C. (1999). Determination of non-volatilecompounds of different botanical origin Brazilian honeys. FoodChemistry, 65, 347–352.

44. Cotte, J. F., Casabianca H., Chardon S., Lheritier J. et Grenier-Loustalot M. F. (2003). Application of carbohydrate analysis to verify honey authenticity. *Journal of Chromatography*, 1021, 145–155.
45. Council of the European Union (2002). Council Directive 2001/110/ec of 20 December relating to honey. *Official Journal of the European Communities*, 10, 47–52.
46. Culvenor, C.C.J. (1985). Patterson's curse and toxic alkaloids. *Search. Australia* 16, 219-223.
47. Crane E., (1979). *Honey: A comprehensive survey*, Heinemann, International Bee Research Association (IBRA), London.
48. Criseo G. (1993). Isolation of *C. botulisme* type B from Sicilian honey samples. *Riv. sci. alim.* 22 (2), 175-181.
49. Daharu P. and Sporns P. (1985). Residue levels and sensory evaluation of bee repellent phenol found in honey. *Can. Inst. Food Sci. Technol.* 18, 63-66.
50. Darrigol J-L. (1979). *Le miel pour votre santé*, Apithérapie, Miel Français, Editions Dangles - 140 p.
51. Dany B. (1984). *La récolte moderne du pollen*. Ed. européennes apicoles. Bruxelles ; 129 p.
52. Davies, A. (1975). Amino acid analysis of honeys from eleven countries. *J. Apicultural research* 14, 29-39.
53. Deifel A., Gierschner, K. und Vorwohl, G. (1985). Saccharose im Honig: Saccharose und deren Transglykosidierungsprodukte in natürlichen und Zuckerfütterungshonigen; *Dtsch. Lebensm.-Rundsch.* 81, 356-362.
54. Devilliers J., Morlot M., Pham-Delegue M. H. et Dore J. C., (2004). Classification of monofloral honeys based on their quality control data. *Food Chemistry*, 56, 305–31
55. Diez M. J., André C. et Terrab A., (2004). Physicochemical parameters and pollen analysis of Moroccan honeydew honeys. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 167-176.
56. DIN-Norm 10750 Bestimmung der Diastase- Aktivität, (1990).
57. Donadieu Y. (1984). *Les thérapeutiques naturelles. Le miel*, éd. Librairie Maloine S.A.
58. Doner L., (1977). Sugar of honey. A review. *J. Sci. Fd. Agric.* 28, 443-456.
59. Doner. L., White J. and Philips, J. (1979). Gas-liquid chromatographic test for honey adulteration by high fructose corn syrup. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62, 186-189.
60. Dumas C. (1984). *Ecologie floral et pollinisation*, pp.31-35 in *pollinisation et production végétale*.

61. Duisberg H. und Hadorn H., (1966). Welche Anforderungen sind an Handelshonige zu stellen. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. 57, 386-407.
62. Echigo T.E. and Takenaka T., (1974). Production of organic acids in honey by honeybees. J. of the Agr. Chem. Soc. of Japan (japanisch) 48, 225-230.
63. Erdtman, G. (1952). Pollen Morphology and Plant Taxonomy -Angiosperms. Almquist and Wiksell, Stockholm.
64. Erdtman, G. (1960).The acetolysis method - A revised description. Sven.Bot. Tidskr. 54: pp 561-564.
65. Erdtman, G. (1963). Palynology.Advances in Botanical Research 1:149–208.
Erdtman, G. 1969. Handbook of Palynology. Morphology, Taxonomy and Ecology. Munksgaard,Copenhagen.
66. Espinoza Mansilla A., Muñoz de la Peña, Salinas F., (1993). Semiautomatic determination of furanic aldehydes in food and pharmaceutical samples by a stopped-flow injection analysis method. J.of the AOAC International.
67. Fleming, R. and Stojanovic, V. (1980). Untersuchungen von Bienenhonig auf Clostridium botulinum-Sporen, Arch. Lebensm. Hyg. 31, 179-180.
68. Food and Drug Administration (FAD). Union européenne, 25 janvier 2002
69. Frankel S., Robinson G. E. et Berenbaum M. R., (1998). Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. Journal of Apicultural Research, 37(1), 27–31.
70. Gadbin C., (1979).L'intérêt de l'acétolyse en mélisso-palynologie in Apidologie, 10 (1), pp. 23-28.
71. Gauch R., Leuenberger U. and Baumgartner E. (1979).Quantitative determination of mono-, di- and trisaccharides by thin-layer chromatography. J. Chromatogr. 174, 195-200.
72. Ghoshdastidar N., Chakrabarti J., (1992). Studies on hydroxyméthylfurfural formation during storage of honey. J. of Food Science and Technology, 29 (6), 399.
73. Goodall I., Dennis J., Parkes L. and Sharman M., (1995). Contribution of high performance liquid chromatographic analysis of carbohydrates to authenticity testing of honey. Journal of Chromatography, 706, 353–35.
74. Gonnet M., Lavie P. et Louveaux, J. (1964). La pasteurisation des miels. Ann. Abeilles 7, 81-102.
75. Gonnet M., (1971).Quelques observations sur la production du nectar chez les lavandes et les lavandins en Provence. INRA, vol.2, pp.6.

76. Gonnet M., (1979). Conservation du miel et principales modifications physiques, chimiques et biologiques subies par le produit pendant son stockage. Bull. Tech. Apic., 6 (4), 13.
77. Gonnet M., (1982). Le miel, composition, propriétés et conservation. Ed. OPIDA.
78. Gonnet M., Vache G., (1985). Le goût du miel .Edition U.N.A.F., Paris, 146 p.
79. Gonnet (M.). (1987). Caractéristiques, technologie et commercialisation de miels de colza et de tournesol », Abeilles et Fleurs, vol. 367 (n° 4), 10-13.
80. Gonnet M. (1992) Cristalización dirigida de mieles. Vida Apíc; 51: 46–55
81. Gonnet M., (1993). Les principaux critères de la qualité d'un miel, l'abeille de France et l'apiculteur, vol.783, n°6,269-271.
82. Hadorn, H. (1961). Zur Problematik der quantitativen Diastasebestimmung in Honig. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. 52, 67-103.
83. Hadorn H., Zürcher K. und Doevelaar F. (1962). Über Wärme- und Lagerschädigungen von Bienenhonig, Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. 53, 191-229.
84. Hadorn H. und Zürcher K. (1963). Formolzahl von Honig. Gleichzeitige Bestimmung von Formolzahl, pH, freie Säure und Lactongehalt in Honig. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. 54, 304-321.
85. Hadorn H, Zürcher K. (1972). Eine einfache kinetische Methode zur Bestimmung der Diastasezahl in Honig. Deutsche Lebensmittel Rundschau 68, 209-216.
86. Hadorn H., Zürcher K., and Strack C., (1974). Gas-chromatographische Bestimmung der Zuckerarten in Honig, Mitt. Gebiet. Lebensm. Hyg., 65, 198-208.
87. Hamman K., Zehnder C. und Wald B. (1990). Bestimmung von 1, 4-Dichlorbenzol in Honig mittels GC. Lebensmittelchem Gerichtl. Chem. 44, 90-91.
88. Hooper T. (1980). Les abeilles et le miel: guide de l'apiculture. Ed. Delachaux et Niestle.
89. Horn H. und Lüllmann C., (1992). Das grosse Honigbuch, Ehrenwirth, München.
90. Horn H., (1991). Die Kristallisation des Bienenhonigs. Teile 1 bis 4; 1991: Hefte 11, 323-326 und 12, 361-363; Hefte 1, 9-13 und 2, 44-48 .
91. Ioriche N. (1979). Les abeilles pharmaciennes ailées, éd. Mir-Moscou.
92. Iwama S., (1979). Le spectre pollinique du miel de *Tétragonisca angustula* Latreille (*Apidae Meliponinae*) in Apidologie 10(3), pp. 275-295.
93. Jean-Prost P., (1972). Apiculture, éd. J.B. Baillière.

94. Jeanne F. (1983). Les produits de la ruche. Le pollen récolté par les abeilles in Bull. Tech. Apic.10(3) ,44 pp. 111-130.
95. Jeuring J. and Kupperts F., (1980). High Performance Liquid Chromatography of Furfural and Hydroxymethylfurfural in Spirits and Honey. J.Ass. Off. Anal. Chem. 63, 1215.
96. Journal Officiel Français (1977). Arrêté du 15 février 1977 relatif aux méthodes officielles d'analyse du miel, pp. 1–30.
97. Kelly D., Downey G. et Fouratier V. (2004). Initial study of honeyadulteration of honey by sugar solutions using mid infrared (MIR) spectroscopy and chemometrics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(1), 33–39.
98. Kelly D., Petisco C. et Downey G., (2006). Potential of near infrared transfectance spectroscopy to detect adulteration of Irish honey by beet invert syrup and high fructose corn syrup. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 14(2), 139–146.
99. Krauze A. et Zalewski R. I., (1991). Classification of honeys by principal component analysis on the basis of chemical and physical parameters. Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchung und Forschung A, 192, 19–2.
100. KushnirI., (1979). Sensitive thin-layer chromatographic detection of high fructose corn sirup and other adulterants in honey. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 62(4), 917–920
101. Lagrange V.et Sanders S., (1988). Honey in cereal-based new food product. CerealFoods World, 33, 833–838.
102. Larrauri J.E., Rupèrez P. and Saura-Calixto F., (1997).Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. Journal of Agricultural and Food Chemistry **45**, pp. 1390–1393.
103. Laude VT., Naegel L. , Horn H., (1991). Die physiko-chemischem Eigenschaften Philippinischer Honige. Apidologie 22, 371-380.
104. Layens G., Bonnier G. (1987). Cours complet d'apiculture et conduite d'un rucher isolé. Librairie Générale de l'Enseignement, 458 p. Paris.
105. Lipp, J., Ziegler, H. and Conrady, E. (1988). Detection of high fructose- and other syrups in honey using high-pressure liquid chromatography; Z. Lebensm.-Unters. Forsch. 187, 334-338.
106. Loublier. Y., M. L. Piana., M.H. Pham - Delegue and Borneck. R. (1994).Characterization of monofloral Lavender honeys. Grana 33: pp 231-238.

107. Lord D.W., Scotter M., Whittaker A.D and Wood R., (1988). The determination of acidity, apparent reducing sugar and sucrose, hydroxyméthylfurfural, mineral, moisture, water-insoluble solids contents in honey; collaborative study, *J.Assoc. Publ. Anal.(UK)*, 26, 51-76
108. Louveaux J. (1970). Annexes Microphotographiques, Tome III. Atlas Photographique d'Analyse Pollinique des Miels. Service de la Répression des Fraudes et du Contrôle de la Qualité.
109. Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G., (1970). Internationale Kommission für Bienenbotanik der IUBS: Methodik der Melissopalynologie. *Apidologie* 1, 193-209.
110. Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G., (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World* 59(4): 139-157.
111. Louveaux J., (1976). Caractéristiques et composition du miel. Ed. INRA, pp. 37- 46.
112. Louveaux J., Abed L., (1984). Les miels d'Afrique du Nord et leur spectre pollinique. *Apidologie*, 15(2) ,145-1 70.
113. Louveaux J. (1980). Les abeilles et leur élevage. Ed. Hachette ; 235 p. Paris (France).
114. Louveaux J., (1985). Les produits du rucher. In *Les abeilles et leur élevage*, pp. 165-199. OPIDA.
115. Louveaux J., (1968 a). Analyse pollinique des miels in *Traité de biologie de l'abeille*. Tome 3, Les produits de la ruche.
116. Louveaux J., (1968 b). Composition, propriétés et technologie du miel, pp.276-324 in *Traité de biologie de l'abeille*. Tome 3, Les produits de la ruche.
117. Low N. H., Nelson P. and Sporns P., (1988). Carbohydrate analysis of Western Canadian honeys and their nectar sources to determine the origin of honey oligosaccharides, *J. Apic. Res*, 27 (4), 245-251.
118. Low N. H. and Sporns P., (1988). Analysis and quantitation of minor di- and trisaccharides in honey, using capillary gas chromatography. *J. Food Sci.*, 53 (2), 558-561.
119. Lutier P.M., Vaissière B. E. (1993). An improved method for pollen analysis of honey, review of palancobotany and palynology, 78; pp. 129-144
120. Maga J. (1983). Honey flavour, *Lebensm. Wiss. u. Technol.* 16, 65-68.
121. Mateu Andres I., Burgaz Moreno M.E., Rosello Caselles J., (1993). La apicultura valenciana. Tradición y aprovechamiento. Generalitat Valenciana. Consellería D'Agricultura i Pesca. España.

122. Mateo R., Bosch F., Pastor A. and Jimenez M. (1987). Capillary column gas chromatographic identification of sugars in honey as trimethylsilyl derivatives, *J. Chromatogram*, 410, 319-328.
123. Mateo R., Bosch-Reig F., (1997). Sugars profiles of Spanish unifloral honeys. *Food Chemistry*, 60, 33–40.
124. Mateo R. et Bosch-Reig F., (1998). Classification of Spanish unifloral honeys by discriminant analysis of electrical conductivity, color, water content, sugars and pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 393–400.
125. Maurizio, A. (1949). Analyse pollinique quantitative du miel. *Beih. Suisse. Bienenztg.* 2, p. 320-421.
126. Maurizio A., Louveaux J., 1961. Pollens de plantes mellifères d'Europe. *Pollen et spores* 3, 219-246.
127. Maurizio A. (1968). La formation du miel. Les produits de la ruche, in *traité de biologie de l'abeille*. Tome 3. Ed. Masson et Cie, pp. 263-276.
128. Maurizio A. (1979). Microscopy of honey. In Crane ed. *Honey, a comprehensive survey* (2nd ed.). Heinemann, London, UK, pp. 240-257.
129. Ministère de l'agriculture et du développement rural, (2003). *Rapport sur la situation du secteur agricole*. Direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information.
130. Ministère de l'agriculture et du développement rural (2006). *Principaux résultats de l'activité économique et sociale en 2005 ; délégation à la planification*.
131. Molan P. (1992). The antibacterial activity of honey, *Bee world* 73, 5-28 and 59-76 .
132. Morse R. and Lisk D.J. (1980). Elemental analysis of honeys from several nations, *Am. Bee J.* Nr. 7, 522-523.
133. Nagai T., Inoue R., Inoue H. et Suzuki N., (2002). Scavenging capacities of pollen extracts from *Cistus ladaniferus* on autoxidation, superoxide radicals, hydroxyl radicals and DPPH radicals. *Nutrition Research*, 22, 519-526.
134. Nanda, V., Sarkar, B. C., Sharma, H. K., & Bawa, A. S. (2003). Physicochemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 613–619.
135. Ouchemoukh S., Louaileche H., Schweitzer P., (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control* 18 ,52–58.
136. Official Methods of Analysis AOAC, (1990). No. 980.23, edition 15.

137. Persano Oddo L., Piazza M. G., Baldi E., (1986). Acidità pH nei principali mieli uniflorali Italiani. *Apicoltura* 2, 145-154.
138. Persano Oddo L., Piazza M. G., Sabatini A. G. and Accorti M. (1995) Characterization of unifloral honeys. *Apidologie* 26, pp. 453-465.
139. Persano Oddo L., Pulcini P., Piazza MG., (1996). Invertase content of Italian unifloral honeys. *Apicoltore Moderno* 87 (1) 25-29.
140. Persano Oddo L., Piazza MG., Pulcini P., (1999). Invertase activity in honey. *Apidologie* 30: 57-65.
141. Persano Oddo L., Pulcini P., (1999). A scientific note on the Phadebas method for honeys with low enzyme content. *Apidologie* 30, 347-348.
142. Persano Oddo L. and Piro R., (2004). Main European unifloral honeys: descriptive sheets, *Apidologie* 35 pp. S38–S81.
143. Persano Oddo L. and Bogdanov S., (2004). Determination of honey botanical origin: Problems and issues, *Apidologie* 35, pp. S2–S3.
144. Petrov V., (1970). Mineral constituents of some Australian honeys as determined by atomic absorption. *J. Apic. Res.* 9, 95-101.
145. Piazza M.G., Accorti M. et Persano Oddo L., (1991). Electrical conductivity, ash, colour and specific rotatory power in Italian unifloral honeys. *Apicoltura* 7, 51-63.
146. Pons A., 1958, Le pollen. Que sais-je ? Le point de connaissance actuel. *Presse Universitaire de France*. 125 p.
147. Popek S., (2002). A procedure to identify honey type. *Food Chemistry*, 79, 401–406.
148. Pourtallier J., (1967). Détermination quantitative des sucres des miels par chromatographie en phase gazeuse, *Bulletin apicole*, 10 (2), 209-212.
149. Pourtallier J., (1967). Ueber die Benutzung der GC für die Bestimmung der Zucker in Honig. *Z. für Bienenforschung*, 9, 217-221 (1967).
150. Pourtallier J. and Rognone C., (1977). Metodo modificato di dosaggio degli zuccheri del miele mediante cromatografia in fase gassosa; Prove preliminari, Simposio intern. di Tecnologia apistica, Bologna, 25-27/1/1977, Apimondia, Bucarest, 73-83.
151. Pourtallier J., Rognone C. and Davico R., (1990). Une nouvelle technique d'analyse des sucres des miels par chromatographie liquide à haute performance, *L'Abeille de France*, 754, 448-451.
152. Rabiet E., (1984). *Choix et culture des plantes apicoles*. 418 p. ISBN 2, 1-6.
153. Renault J. et Petzold M. (1992). Spores et pollen. Ed. Newchatel Suisse, pp. 92- 194.
154. Ricciardelli d'Albore G., (1998). *Mediterranean melissopalynology*. Ed. Perugia, Italie.

155. Sabatini G., Nanetti A., Maurizio M. and Lercker G., (1984). Studio dell'origine dei mieli attraverso il profilo gascromatografico dei componenti neutri, *Rivista di merceologia*, 23, 71-81.
156. Sahinler N., Sahinler S., and Gul A., (2004). Biochemical composition of honeys produced in Turkey. *Journal of Apicultural Research* 43 (2), pp. 53–56
157. Sancho M.T., Muniategui S., Huidobro J.F. and Simal J., (1992). Aging of honey (1992). *J. Agric. Food Chem.* 40, 134-138.
158. Sanz M. L., Sanz J. and Martinez-Castro I. (2004). Gas chromatographic–mass spectrometric method for the qualitative and quantitative determination of disaccharides and trisaccharides in honey. *Journal of Chromatography A*, 1059, 143–148.
159. Sanz M. L., Polemis N., Morales V., Corzo N., Drakoularakou A. and Gibson G. R., (2005). In vitro investigation into the potential prebiotic activity of honey oligosaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(8), 2914–2921.
160. Sato T. et Miyata G., (2000). The nutraceutical benefit, part II: honey. *Nutrition*, 16, 468-469.
161. Schade J. E., Marsh G. L. and Eckert J. E., (1958). Diastase activity and hydroxymethylfurfural in honey and their usefulness in detecting heat adulteration. *Food Research* 23, 446-463.
162. Schley P.; Schultz B., (1987). Die Kristallisation des Bienenhonigs, *Die Biene* Nr.1, 5-10, Nr.2, 46-50, Nr.3, 114-118, Nr.4, 186- 187, Nr. 5, 245-247.
163. Schweitzer P., (2003). La conductivité électrique des miels. *Abeille de France*, 898, pp.524-525
164. Siddiqui I., (1970). The sugars of honey. *Advances in carbohydrate chemistry and biochemistry* 25, 285-309.
165. Siegenthaler U., (1975). Bestimmung der Amylase in Bienenhonig mit einem handelsüblichen, farbmarkierten Substrat, *Mitt. Geb. Lebensm. Hyg.* 66, 393-399.
166. Signorini R. (1978). *Le miel source de vie*. Paris : Retz, 173 p.
167. Sivakesava S. et Irudayaraj J., (2002). Classification of simple and complex sugar adulterants in honey by mid-infrared spectroscopy. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(4), 351–360.
168. Southwick, E. E., Southwick, L. Jr. (1992). Estimating the economic value of honeybees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology* 85: 621-633.

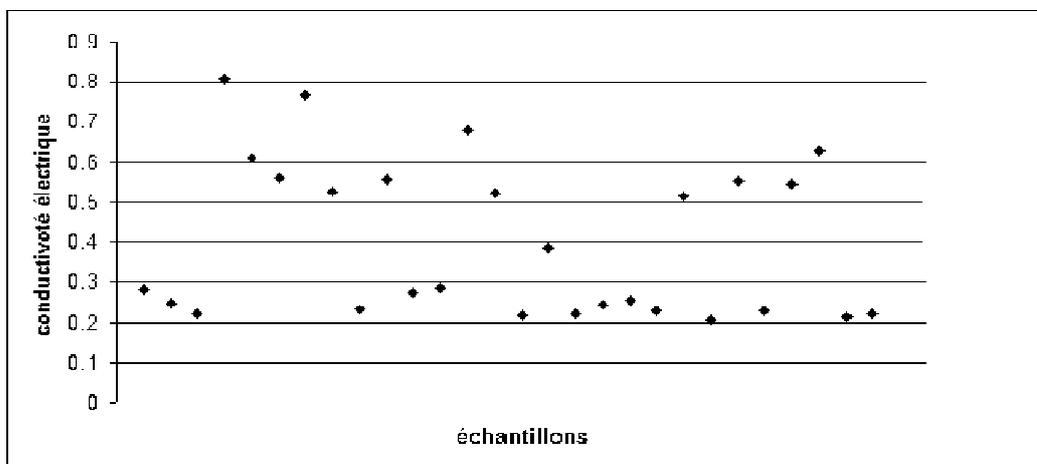
169. Stephen, W., (1946). The relationship of moisture content and yeast count in honey fermentation. *Scientific Agriculture* 26, 258-264.
170. Sugiyama H., Mills D. and Kuo K. (1978). Number of *Clostridium botulinum* Spores in Honey, *J. Food Protection* 41, 848-850.
171. Swallow K. W., Low N. H., (1994). Determination of honey authenticity by anion exchange chromatography. *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 77, 3: 695–702.
172. Swiss Food Manual (1995). Determination of Hydroxymethylfurfural by HPLC Kapitel Honig, Eidg.Druck und Materialzentrale.
173. Swiss Food Manual (1995). Determination of Diastase with Phadebas. Chapter 23A, Honey, Bern.
174. Tabouret T. (1979). Rôle de l'activité de l'eau dans la cristallisation du miel. *Apidologie* 10 (4): 341-358.
175. Takenaka, Echigo T., (1974). Changes in enzyme activity during the storage of honey. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tamagawa University* no 14: 19-25.
176. Talpay, B. (1985). Spezifikationen Deutsch. *Lebensm- Rundsch*, 81, 148 – 151.
177. Teper D. (2006). Food plants of *bombus terrestris*L. as determined by pollen analysis of faeces. *Journal of Apicultural Science* 50 (2), 101-107.
178. Terrab A., Vega-Pérez J. M., Diez M. J. et Heredia F. J. (2001). Characterisation of northwest Moroccan honeys by gas chromatographic-mass spectrometric analysis of their sugar components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 179-185.
179. Terrab A., Diez M. J. et Heredia F. J. (2002). Characterisation of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. *Food Chemistry*, 79, 373–37
180. Terrab A., Diez M. J. et Heredia F. J., (2003). Palynological, physicochemical and colour characterization of Moroccan honeys. Orange (*Citrus* sp.) honey. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 387–3.
181. Tsigouri A, Passaloglou M., (2000). A scientific note on the characteristics of thyme honey from the Greek island of Kithira. *Apidologie* 31, 457-458.
182. Tysset C. and Rousseau, M. (1981). Le problème du microbisme et de l'hygiène des miels du commerce, *Rev. Med. vet.* 132, 591-600.
183. Vlayen, P. (1995). Miel et Botulisme. *Les Carnets du CARI*, 46, 14-16 (1995).
184. Vorwohl G., (1964). Die Beziehung zwischen der elektrischen Leitfähigkeit der Honige und ihrer trachtmässigen Herkunft. In: *Ann. de Abeille* 7, 301-309.

185. Vorwohl G. (1967). The microscopic analysis of honey, a comparison of its methods with those of the other branches of palynology. *Review of palaeobotany and palynology* (3), 1-4; pp. 287-290.
186. Von Der Ohe W., Dustman J. und Von der Ohe K., (1991). Prolin als Kriterium der Reife des Honigs, *Dtsch. Lebensm.-Rundsch.* 87, 383-386.
187. Von der Ohe W., Persano Oddo L., Piana L., Morlot M., Martin P., (2004). Harmonised methods of melissopalynologie; *Apidologie* 35; 18-25.
188. Von der Ohe W. (1999). Comparison of methods for determination of invertase activity, *Apidologie* 30 (5); 412-413.
189. Wang X. H., Andrae L. et Engeseth N. J. (2002). Antimutagenic effect of various honeys and sugars against Trp-p-1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(23); 6923–6928.
190. Wedmore, (1955). The accurate determination of the water content of honeys, *Bee World* 36, 197-206.
191. Wellford T., Eadie T. and Liewellyn, G. (1978). Evaluation the Inhibitory action of Honey on Fungal Growth, Sporulation and Aflatoxin Production. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 166, 280-283 (1978).
192. Weston R. J. et Brocklebank L. K. (1999). The oligosaccharide composition of some New Zealand honeys. *Food Chemistry*, 64, 33–37.
193. White J. W. and Parent F.W., (1959). Report on the analysis of honey. *J. Assoc. off. Agric. Chemists*, 42, 341-348.
194. White J.W, Riethof M L, Subers MH, Kushnir I., (1962). Composition of American honeys. *Tech. Bull. US; Dep Agrc.*, 1261.
195. White JW, Subers MH and Schepartz AI. (1963). The identification of inhibine, the antibacterial factor in honey, as hydrogen peroxide and its origin in a honey glucose oxidase system. *Biochimica et Biophysica Acta* 73:57-70.
196. White J.W., Kushnir, I. and Subers M. (1964). Effect of storage and processing temperatures on honey quality. *Food Technology* 18, 153-156.
197. White J.W. (1975). Composition of honey, in Crane E., *Honey: A Comprehensive Survey*, Heinemann, London pp. 180-194.
198. White, J. W. (1978). Honey. *Adv. Food Res.*, 24, 287–374.
199. White J.W., (1979). Spectrophotometric method for hydroxyméthylfurfural in honey. *J. Assoc. off Anal. Chem.* 62, 509.

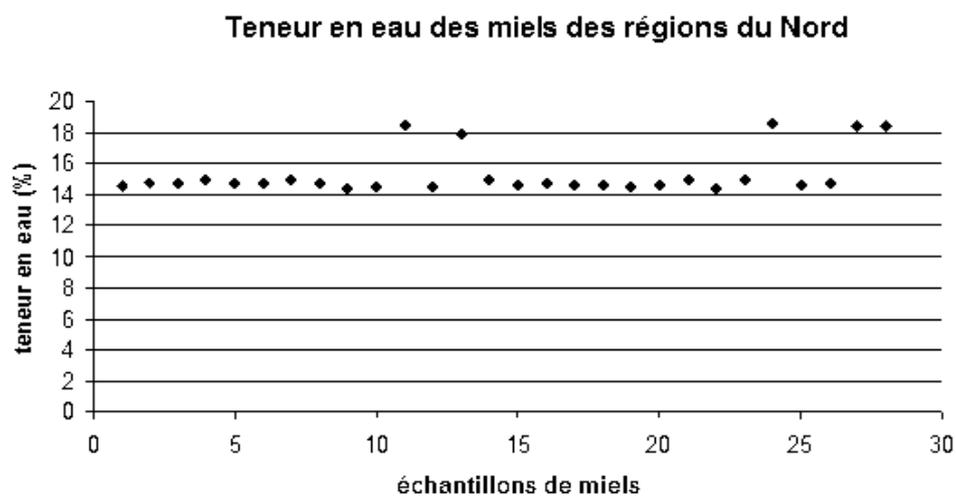
200. White J.W., (1980). Hydroxyméthylfurfural content of honey as an indicator of its adulteration with inverted sugars. *Bee World*, 61-29.
201. White JW. (1981). Natural honey toxicants. *Bee World* 62(1):23-28.
202. White J. W. and Winters K., (1989). Honey protein as internal standard for stable carbon isotope detection of adulteration of honey; *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 72, 907-911.
203. White J.W., (1992). Quality evaluation of honey: Role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. *American Bee Journal* 132(11/12): 737-742, 792-794.
204. White J.W., (1992). Internal standard stable carbon isotope ratiomethod for determination of C4 plant sugar in honey: Collaborative study and evaluation of improved protein preparation procedure. *Journal of the AOAC International*, 75(3), 543-5.
205. White J.W., (1994). The role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. *Bee World* 75(3): 104-117.
206. Winkler O.,(1955). Beitrag zum Nachweis und zur Bestimmung von Oxymethylfurfural in Honig und Kunsthonig. *Z.Lebensm.Unters.Forsch.*102, 160-167.
207. Winkler O., (1990). DIN. Norm, 10751 Part 1. Bestimmung des Gehaltes an Hydroxymethylfurfural: Photometrisches Verfahren nach.

Annexes

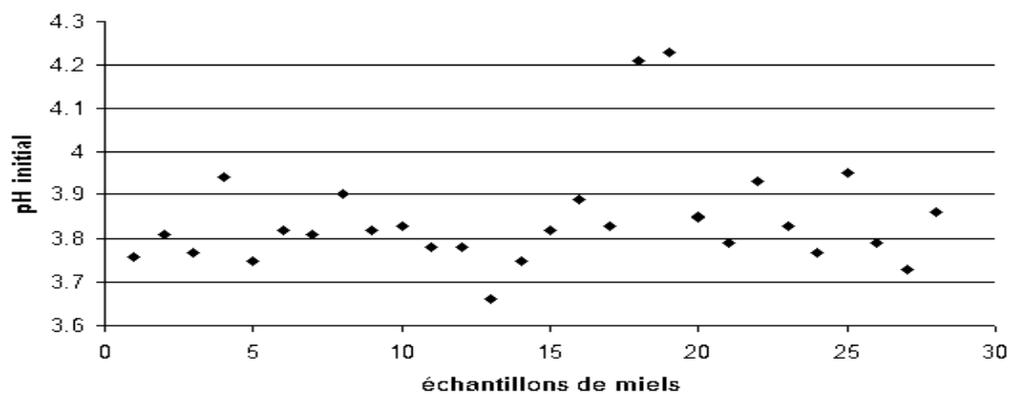
Annexe 1 : La conductivité électrique des échantillons de miels des régions du Nord



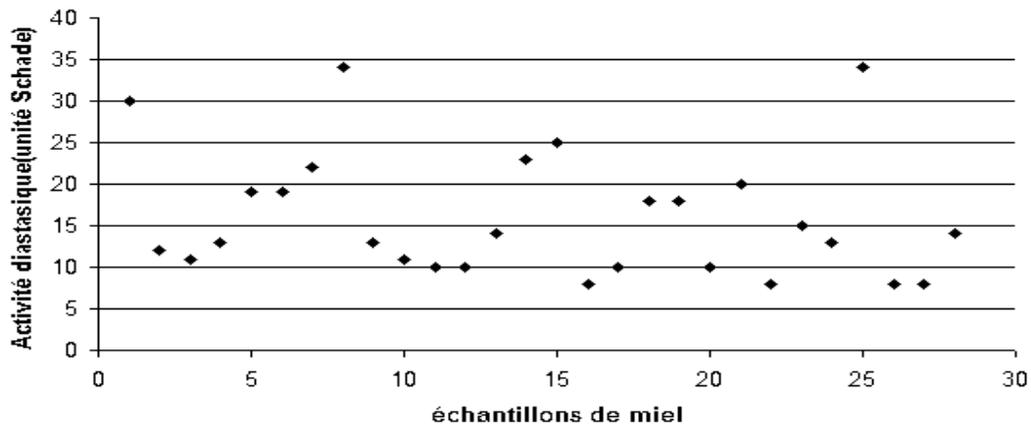
Annexe 2 : Teneur en eau des échantillons de miels des régions du Nord



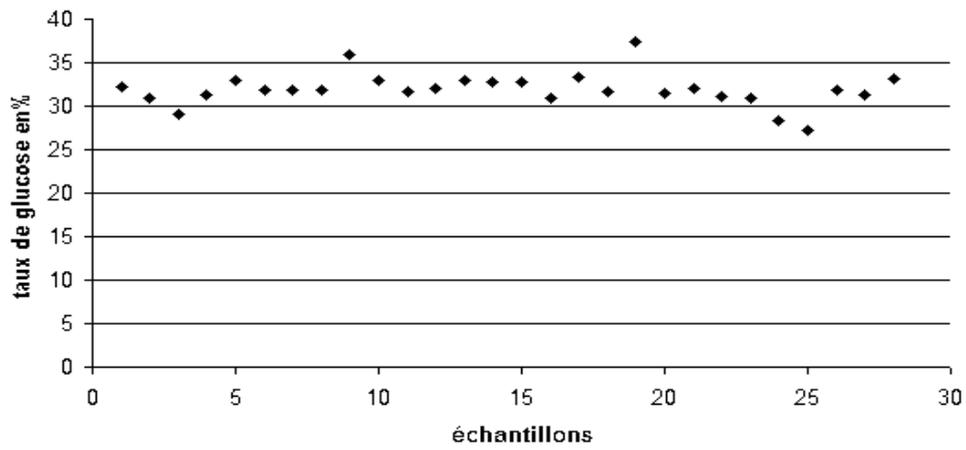
Annexe 3 : Le pH initial des échantillons de miels des régions du Nord



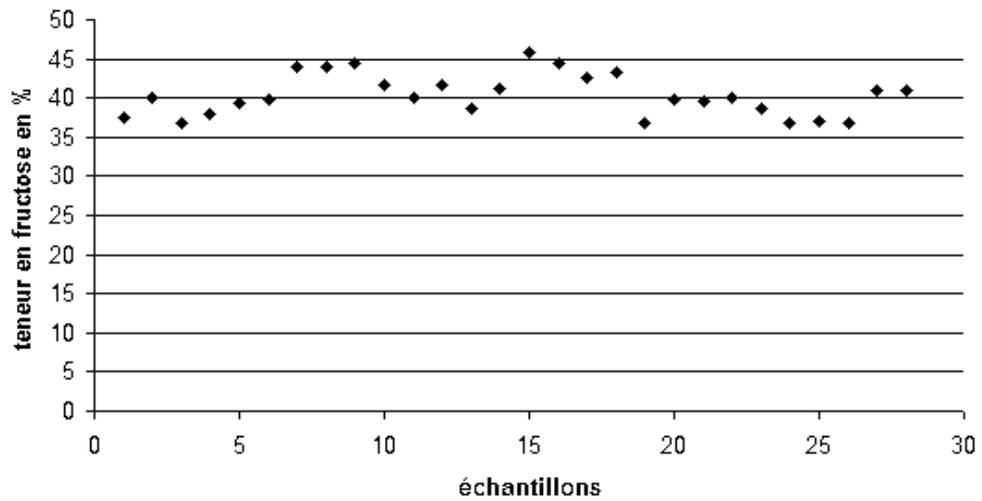
Annexe 4 :Activité diastasique des échantillons de miel des régions du Nord



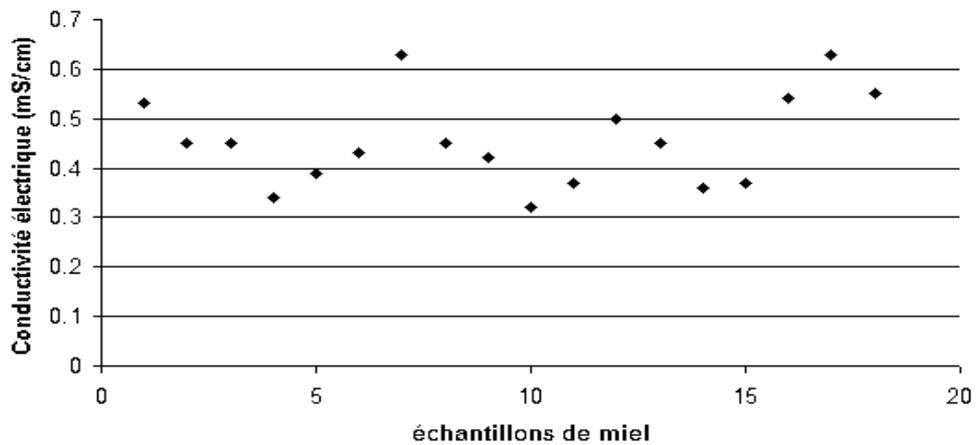
Annexe 5 :Teneur en glucose des échantillons de miel des régions du Nord



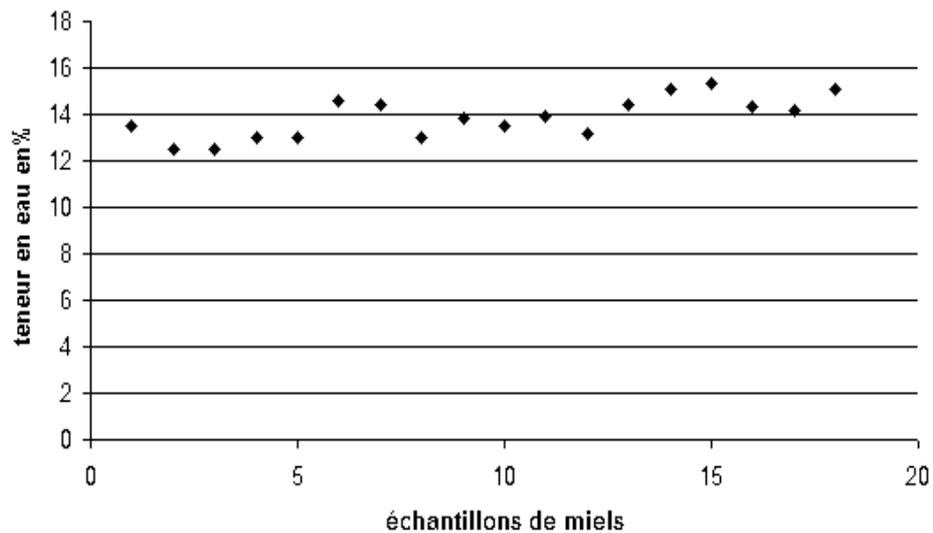
Annexe 6 :Teneur en fructose des échantillons de miel des régions du Nord



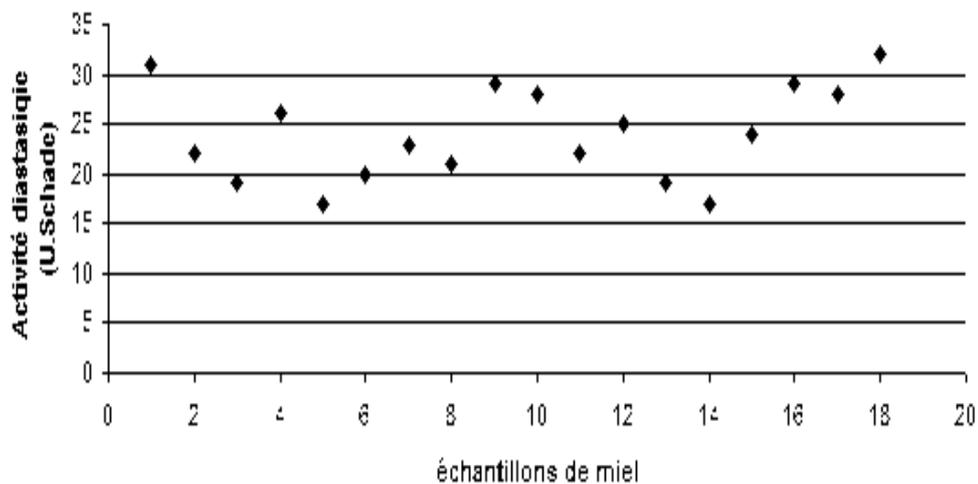
Annexe 7 : Conductivité électrique des échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa



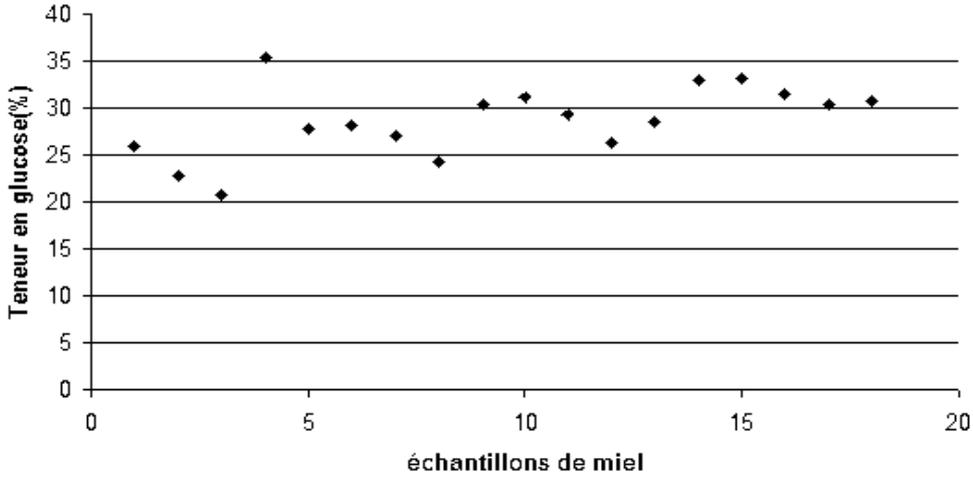
Annexe 8 : Teneur en eau des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa



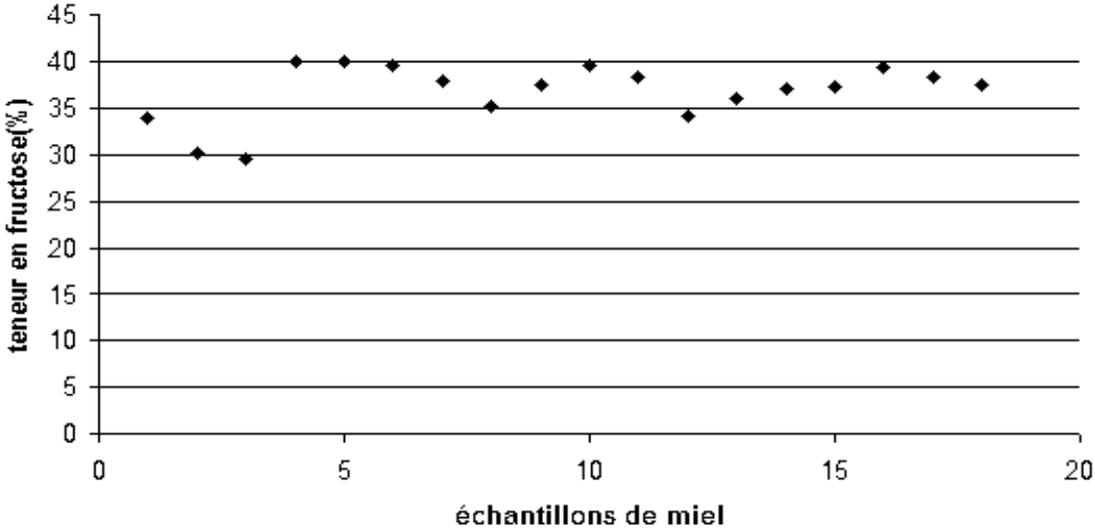
Annexe 9 : Activité diastasique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa



Annexe 10 :Teneur en glucose des échantillons de miel de la région de Djelfa



Annexe 11: Teneur en fructose des échantillons de miel de la région de Djelfa



Annexe12:Ornementation de l'exine – Pollens de référence

Exine lisse comme chez la bourdaine:*Frangula alnus* Exine fovéolée comme chez les Tilleuls: *Tilia sp.*



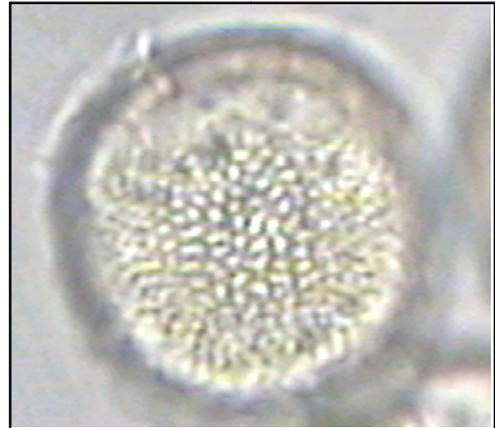
Exine striée comme chez certains arbres fruitiers:Ou chez les érables: *Acer sp.*
Prunus/pyrus



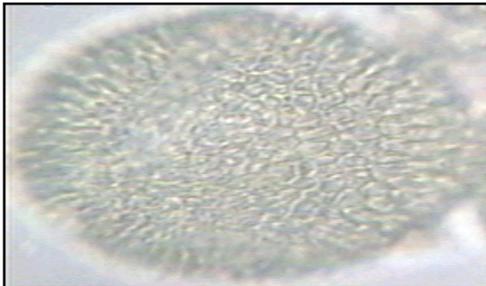
Exine pontuée comme chez les campanules:Exine baculée comme chez le gui : *campanula*
sp.*Viscum album*



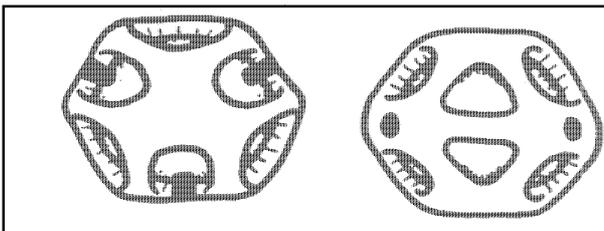
Exine échinulée comme chez le tournesol : Exine réticulée comme chez le *Helianthus annuus*
colza: *Brassica napus*



Ou chez les cistacées: *Cistus* sp.



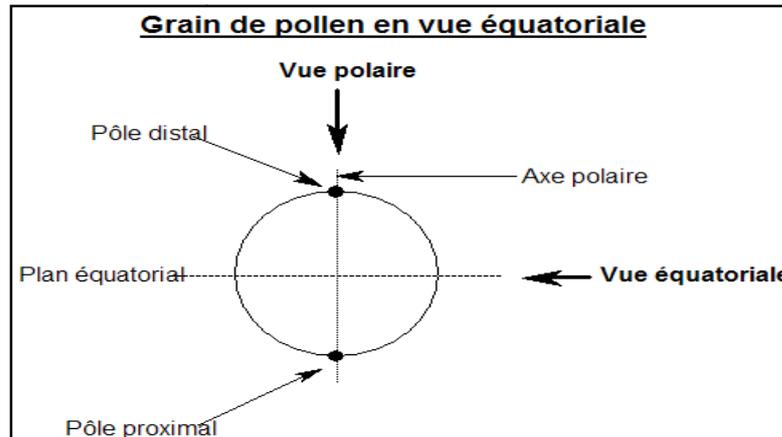
Exine fenestrée chez les astéracées liguliflores, l'exine peut être fenestrée comme chez le pissenlit, *Taraxacum officinalis*



Annexe 13 : Formes et symétrie des grains de pollen

On peut considérer chaque grain comme une sphère avec 2 pôles réunis par un axe polaire.
Le pôle proximal est le pôle qui était le plus proche du centre de la tétrade initiale, le pôle distal celui qui était le plus éloigné.

En microscopie optique, le pollen va apparaître sous une infinité de plans différents. Souvent, en raison d'une symétrie particulière deux vues sont privilégiées: la vue polaire et la vue équatoriale.



Grain isopolaire: les 2 pôles sont semblables et on ne peut les distinguer. (Cas le plus fréquent)

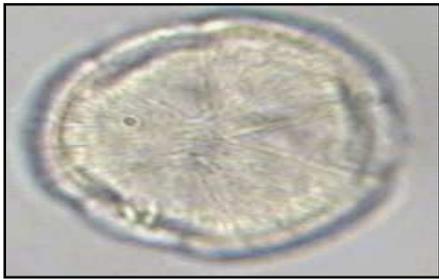
Grain anisopolaire: les 2 pôles ont une forme différente, par exemple le pollen de la vipérine (*Echium vulgare*) qui a la forme d'une poire en vue équatoriale



Lorsqu'ils sont en vue polaire, le pollen peut être: circulaire: par exemple la campanule (*campanula sp.*)



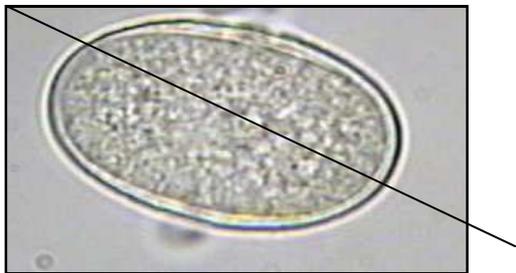
subcirculaire: l'érable (*acer sp.*)



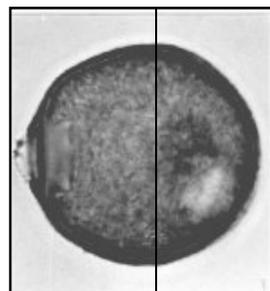
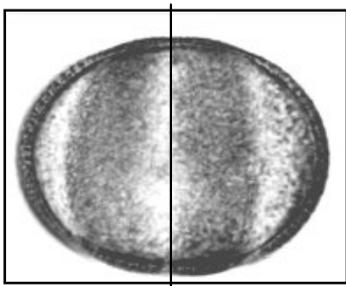
subtriangulaire: la bourdaine (*rhamnus frangula*) triangulaire: l'eucalyptus (*Eucalyptus sp.*)

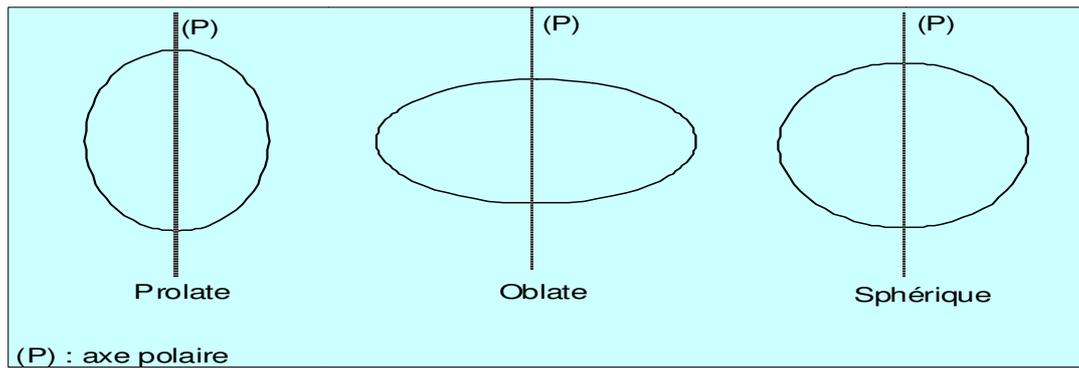


En vue équatoriale ou méridienne, il peut être: prolate (ou longiaxe), plus haut que large comme chez la vesce (*vicia sp.*)



Oblate (ou bréviaxe), plus large que haut: Sphérique ou subsphérique: la jasione sauge (*salvia sp.*)
(*jasione sp.*)





Les polyades

La majorité des grains de pollen ne sont constitués que d'un seul grain. C'est ce que l'on appelle également une monade. C'est le cas le plus général. Certains grains de pollen sont cependant émis sous une forme composée de plusieurs entités réunies ensemble que l'on appelle sous le terme générique de polyades. Plus particulièrement on parle de diades lorsque le grain de pollen est composé de deux entités, de tétrades lorsqu'il y en a quatre et de polyades lorsqu'il y en a plus (généralement 8 ou 16)...

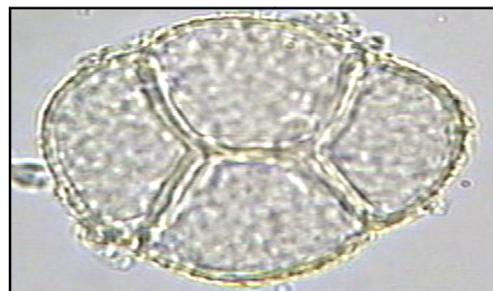
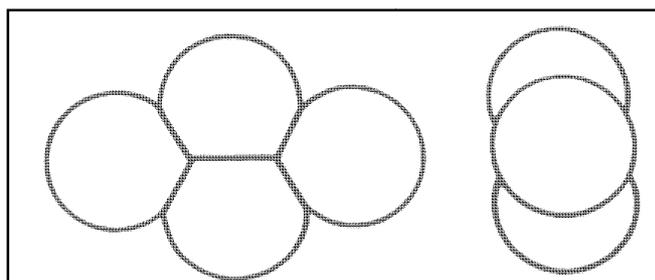
Les tétrades

Les tétrades se rencontrent chez presque tous les grains de pollens de la famille des éricacées qui comptent de très nombreuses plantes mellifères comme les différentes bruyères, le rhododendron, la myrtille, l'arbousier... avec quelques très rares exceptions ainsi le pollen de *Erica terminalis* n'est pas une tétrade.



L'inverse est cependant encore moins vrai puisque des tétrades se rencontrent chez beaucoup d'autres espèces : des Orchidacées (orchidées) par exemple, mais également chez la drosera, la massette (*Typha latifolia*) mais pas *Typha angustifolia* dont le pollen est une monade monoporé, ainsi que chez le catalpa, *catalpa bignonioides*.

Toutes les tétrades ne sont pas régulières comme chez la bruyère callune



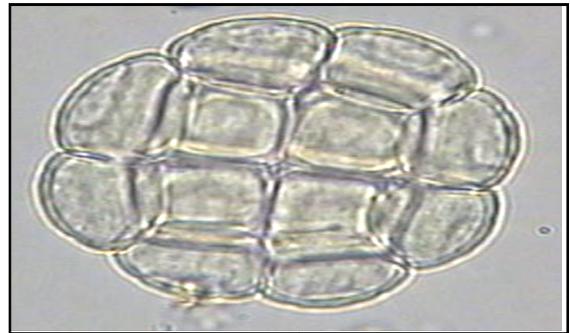
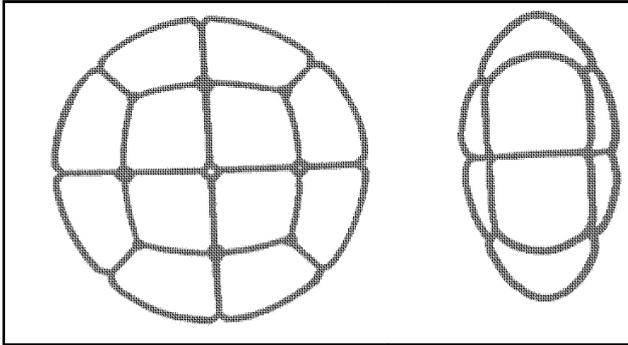
Ou le catalpa



Des polyades chez les mimosacées

Beaucoup d'acacias (les vrais) ont des grains de pollen en forme de polyades à 16 grains quelquefois 8 ou 4.

Le mimosa, acacia dealbata possède ce pollen typique



Les grains de pollen à (ballonnets)

Chez la majorité des résineux les grains de pollen sont munis de sacs aériens

Pin maritime, *Pinus maritima*

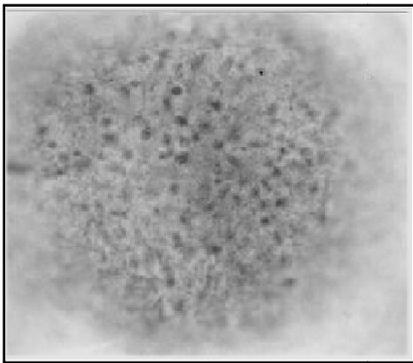


Annexe 14 : Les apertures

De nombreux grains de pollen possèdent des ouvertures ou apertures. Ce sont des zones où le sporoderme devient très mince. C'est par cet endroit qu'émerge le tube pollinique lors de la fécondation. Ces ouvertures se présentent sous deux types très différents. De simples ouvertures arrondies s'appellent des pores et le grain de pollen sera dit poré. Il peut également s'agir d'ouvertures allongées qui pénètrent dans le pollen, les sillons ou colpi (forme plurielle de colpus). Le grain de pollen est colpé. Enfin certains grains présentent un sillon terminé par un pore; ils sont qualifiés de colpores. Le nombre des apertures est également très variable.

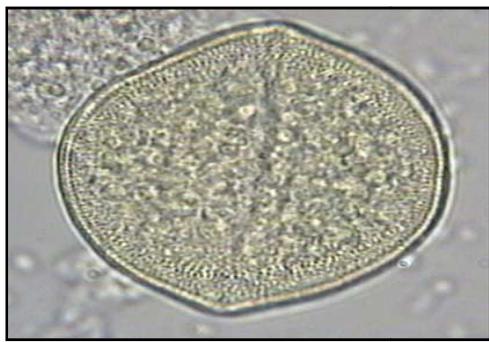
Pollen inaperturé

Pas d'ouverture du tout comme chez *Larix decidua*, le mélèze, *Pinus* sp., les pins mais également de très nombreuses espèces dans une grande diversité de famille (chez le bananier, *Musa* sp., par exemple)



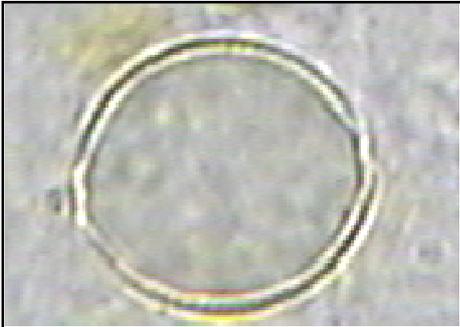
Pollen monocolpé

Un seul colpus comme chez les monocotylédones en général comme l'agave, le palmier-dattier, l'ail, l'asphodèle.



Pollen dicolpé

Deux colpi comme chez l'hypocoum procumbens, papavéracée surtout présente dans les miels de romarin espagnol



Pollen tricolpé

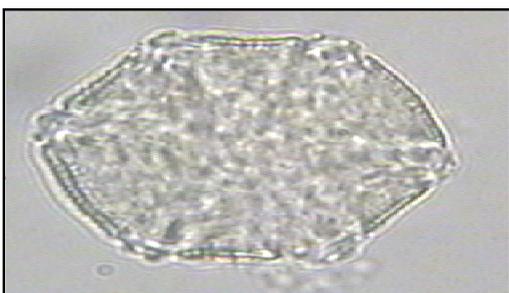
Trois colpi Extrêmement répandu chez les dicotylédones – de très nombreuses espèces comme chez des rosacées - arbres fruitiers par exemple et beaucoup d'autres chez les brassicacées, les géraniacées, certaines lamiacées, certaines fabacées, des papavéracées, les plombaginacées, les renonculacées, les résédacées, les salicacées, les saxifragacées, les scrofulariacées



Prunus domestica (Mirabellier)

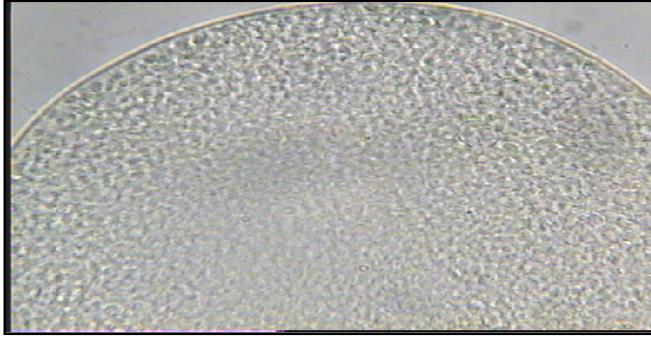
Pollen stéphanocolpé

Plus de trois colpi Beaucoup de lamiacées (mais pas toutes) comme lavandula sp (les lavandes), *Rosmarinus officinalis* (le romarin), *Thymus sp* (les thymys).



Pollen monoporé

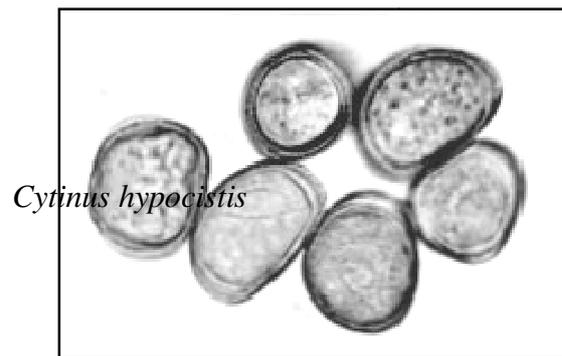
Un porus Les poacées comme *Zea mays* (le maïs) ; des cupressacées (Cyprés); *Typha angustifolia*



Zea mays (Maïs)

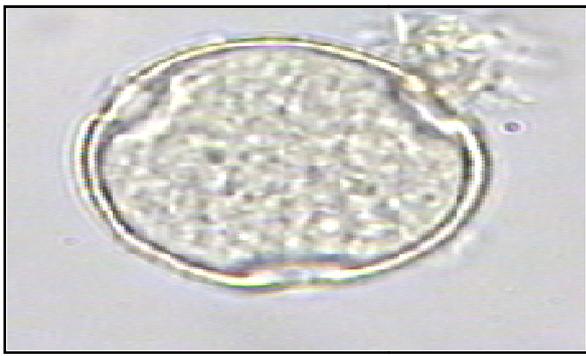
Pollen diporé

Deux pori (rare) Chez la colchique et *Cytinus hypocistis* (Rafflesiacée) - parasite des cistes



Pollen triporé

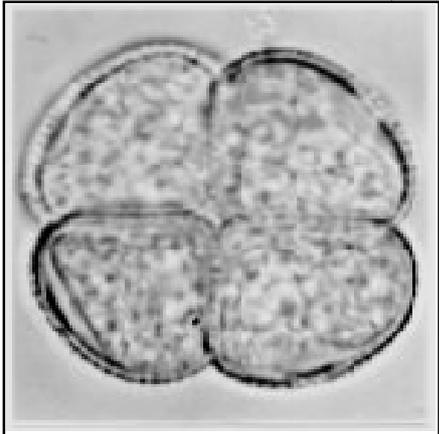
Trois pori Chez les campanules, des dipsacées comme *Knautia arvensis* et des cucurbitacées comme *Cucumis sativa*



Campanula rotundifolia

Pollen tétraporé

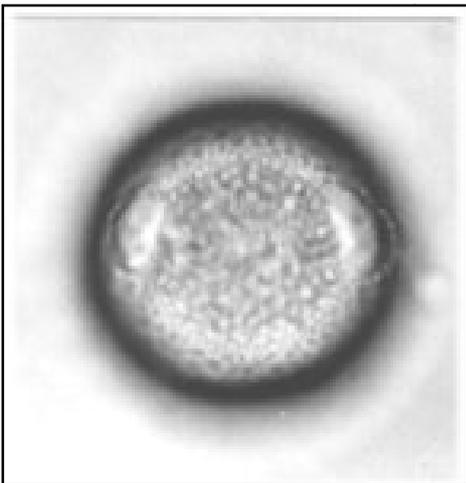
Quatre pori Chez *Typha latifolia*



Typha latifolia

Pollen stéphanoporé

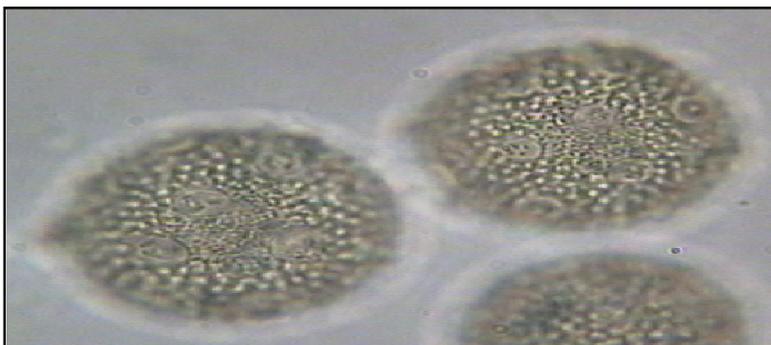
Plus de quatre pori,chez le pistachier *Pistacia lentiscus*L. (Anacardiacées)



Pistacia lentiscus

Pollen périporé

Des pori sur toute la surface Très fréquent - chez les *caryophyllacées*, les *malvacées*, des *chénopodiacées*,



Silene inflata

Pollen tricolporé

Trois colpi associés à des pori Très fréquent - en particulier chez les fabacées, des astéracées, mais également *Fagopyrum esculentum* et d'autres polygonacées, *Arbutus unedo*.



Vicia faba

Pollen tétracolporé

Quatre colpi associés à des pori Chez les « citrus » comme le citronnier (*Citrus limon*), le caroubier (*Ceratonia siliqua*)



Citrus nobilis

Pollen stéphanocolporé

Plus de trois colpi associés à des pori Chez beaucoup de Borraginacées comme chez *Borago officinalis*

Borago officinalis



Pollen hétérocolporé

Une alternance de colpi et de pori Chez des lythracées comme chez *Lythrum salicaria* et la verveine, *Verbena officinalis*



Lythrum salicaria

Pollen syncolpé

Des colpi continus Chez les eucalyptus et le *Loranthus europaeus*

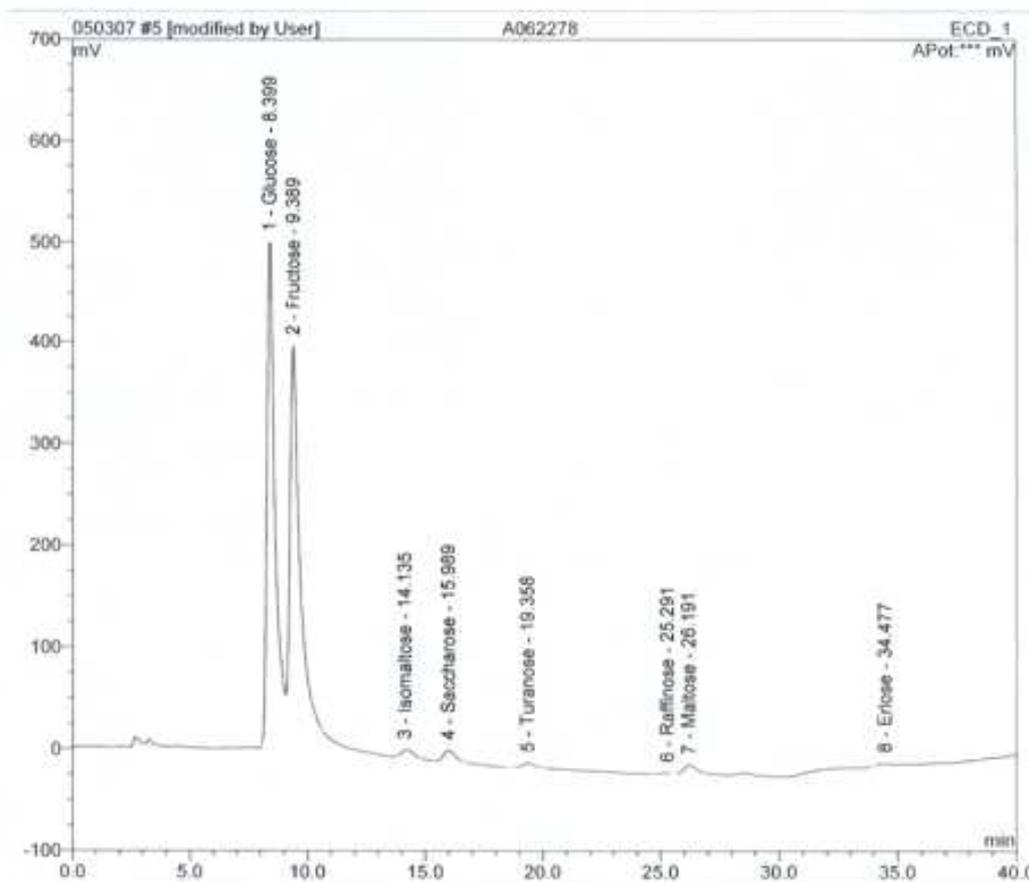


Loranthus europaeus

Annexe 15
Pics chromatographiques
des échantillons de mielles régions du
Nord

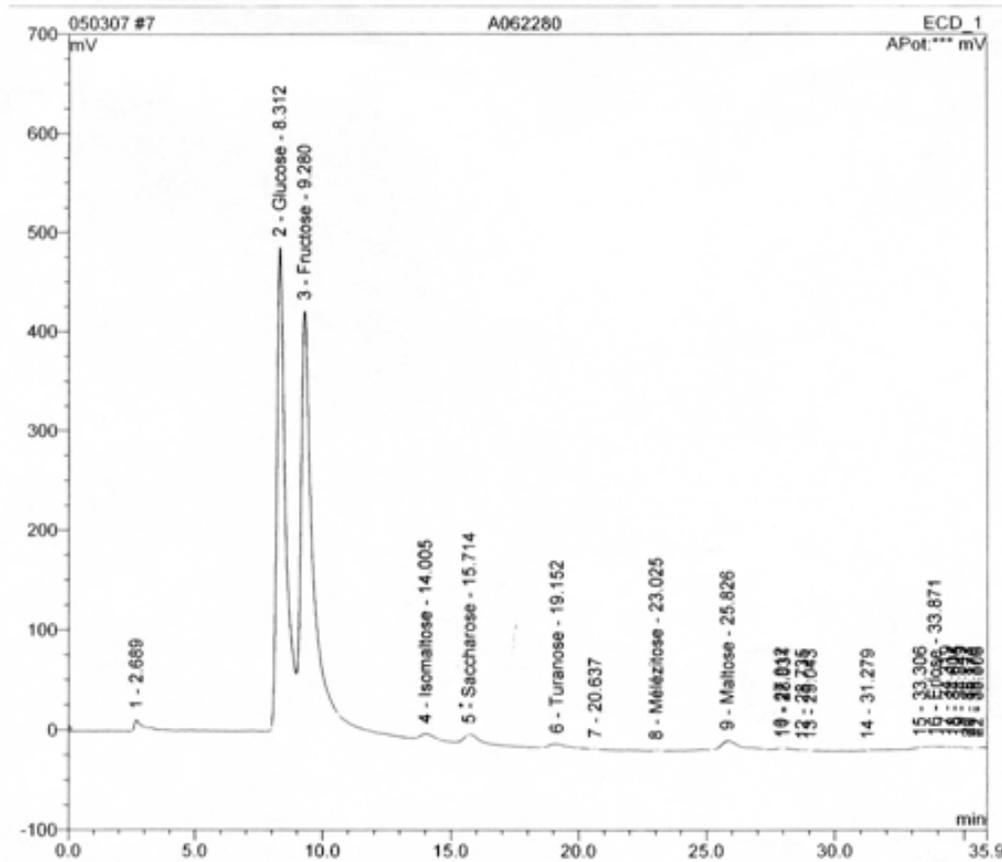
Sample Name:	T1	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 13:00	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.40	Glucose	BMB	171.171	479.836	32.2741
2	9.39	Fructose	bMB	154.081	350.225	37.3614
3	14.14	Isomaltose	BMB*	3.595	6.569	1.0090
4	15.99	Saccharose	BMB	6.341	11.187	1.8374
5	19.36	Turanose	BMB	2.629	4.380	1.6044
6	25.29	Raffinose	BMB	0.558	1.073	0.2382
7	26.19	Maltose	bMB	5.329	8.386	2.4670
8	34.48	Eriose	BMB*	0.523	0.956	0.2370
TOTAL:				344.23	862.61	77.03



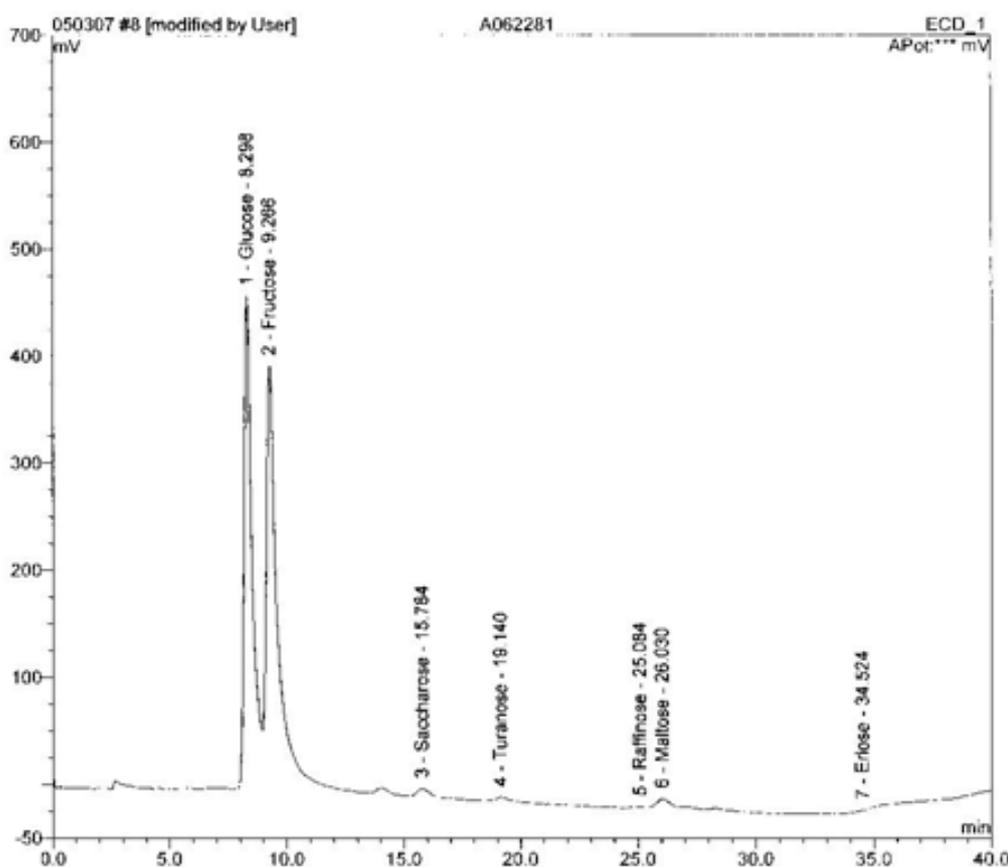
Sample Name:	Bs1	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 14:50	Run Time:	34.89

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.31	Glucose	BMB	164.520	465.847	31.0201
2	9.28	Fructose	bMB	165.138	373.409	40.0426
3	14.00	Isomaltose	BMB	2.155	4.486	0.6048
4	15.71	Saccharose	BMB*	4.839	8.300	1.4020
5	19.15	Turanose	BMB	2.862	4.151	1.7467
6	24.93	Raffinose	BMB*	0.222	0.709	0.0948
7	25.83	Maltose	bMB	7.260	9.320	3.3611
8	33.87	Ertose	BMB*	0.892	0.966	0.4039
TOTAL:				347.89	867.19	78.68



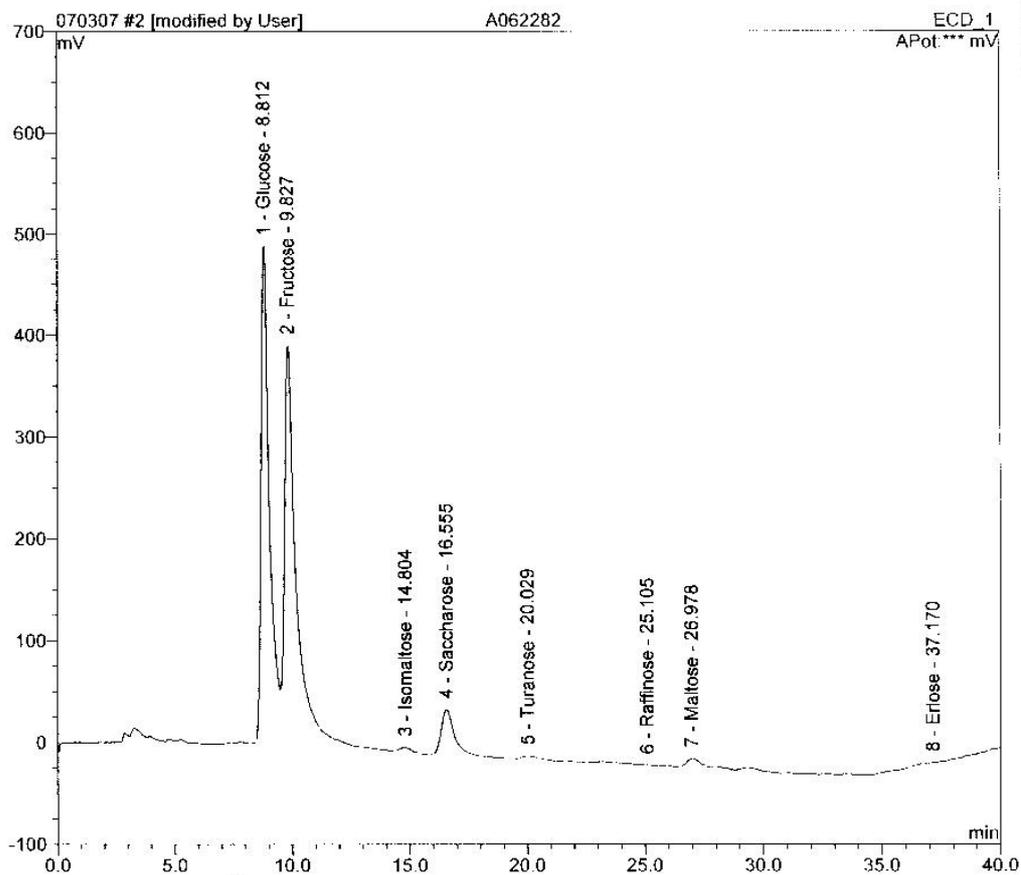
Sample Name:	T2	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 17:34	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.30	Glucose	BMB	154.425	439.863	29.1167
2	9.27	Fructose	bMB	151.516	347.900	36.7396
3	15.78	Saccharose	BMB*	4.185	7.243	1.2126
4	19.14	Turanose	BMB*	1.611	3.351	0.9834
5	25.08	Raffinose	BMB*	0.289	1.199	0.1235
6	26.03	Maltose	bMB*	4.867	8.245	2.2533
7	34.52	Eriose	BMB*	0.427	0.000	0.1934
TOTAL:				317.32	807.80	70.62



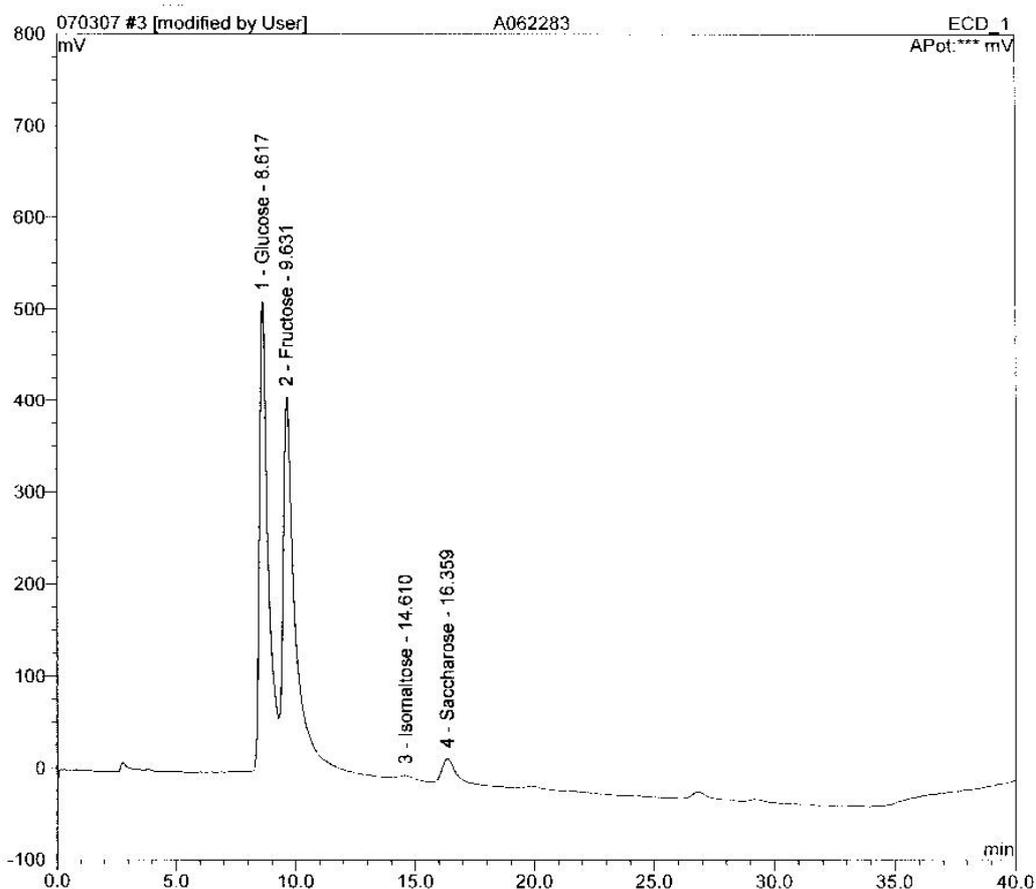
Sample Name:	A1	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 10:50	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.81	Glucose	BMB	173.843	469.207	31.3148
2	9.83	Fructose	bMB	158.899	346.012	37.8959
3	14.80	Isomaltose	BMB*	2.535	4.880	0.7155
4	16.56	Saccharose	BMB	25.657	43.817	7.5992
5	20.03	Turanose	BMB*	1.490	2.472	0.8566
6	25.11	Raffinose	BMB	0.086	0.721	0.0343
7	26.98	Maltose	BMB*	4.331	7.981	1.7887
8	37.17	Eriose	BMB*	0.895	0.884	0.4326
TOTAL:				367.74	875.97	80.64



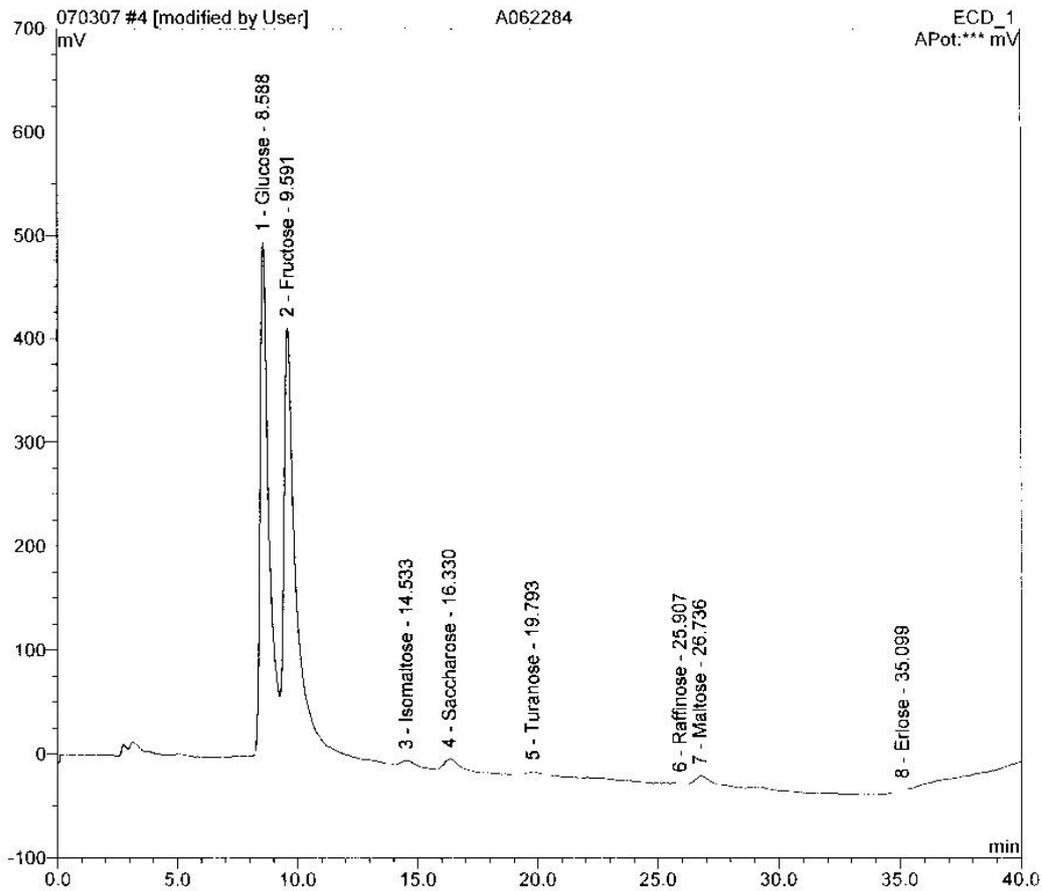
Sample Name:	T3	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 11:30	Run Time:	19.91

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.62	Glucose	BMB	182.915	490.810	32.9490
2	9.63	Fructose	bMB	164.968	358.751	39.3433
3	14.61	Isomaltose	BMB*	1.070	3.030	0.3020
4	16.36	Saccharose	BMB*	12.571	23.719	3.7232
TOTAL:				361.52	876.31	76.32



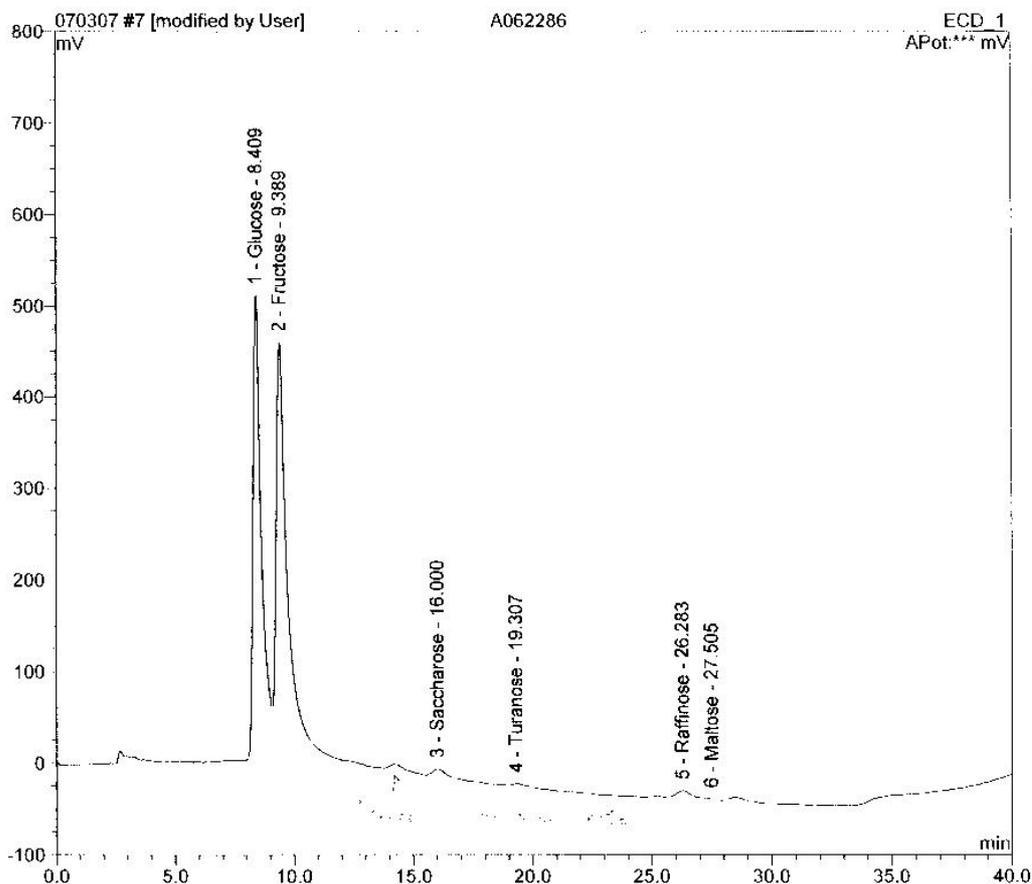
Sample Name:	T4	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 12:13	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.59	Glucose	BMB	176.670	473.691	31.8242
2	9.59	Fructose	bMB	167.432	363.004	39.9309
3	14.53	Isomaltose	BMB*	3.010	5.263	0.8495
4	16.33	Saccharose	BMB	5.803	9.989	1.7188
5	19.79	Turanose	BMB	1.827	3.290	1.0506
6	25.91	Raffinose	BMB*	0.072	0.627	0.0289
7	26.74	Maltose	bMB*	5.195	8.164	2.1452
8	35.10	Eriose	BMB	0.172	0.684	0.0832
TOTAL:				360.18	864.71	77.63



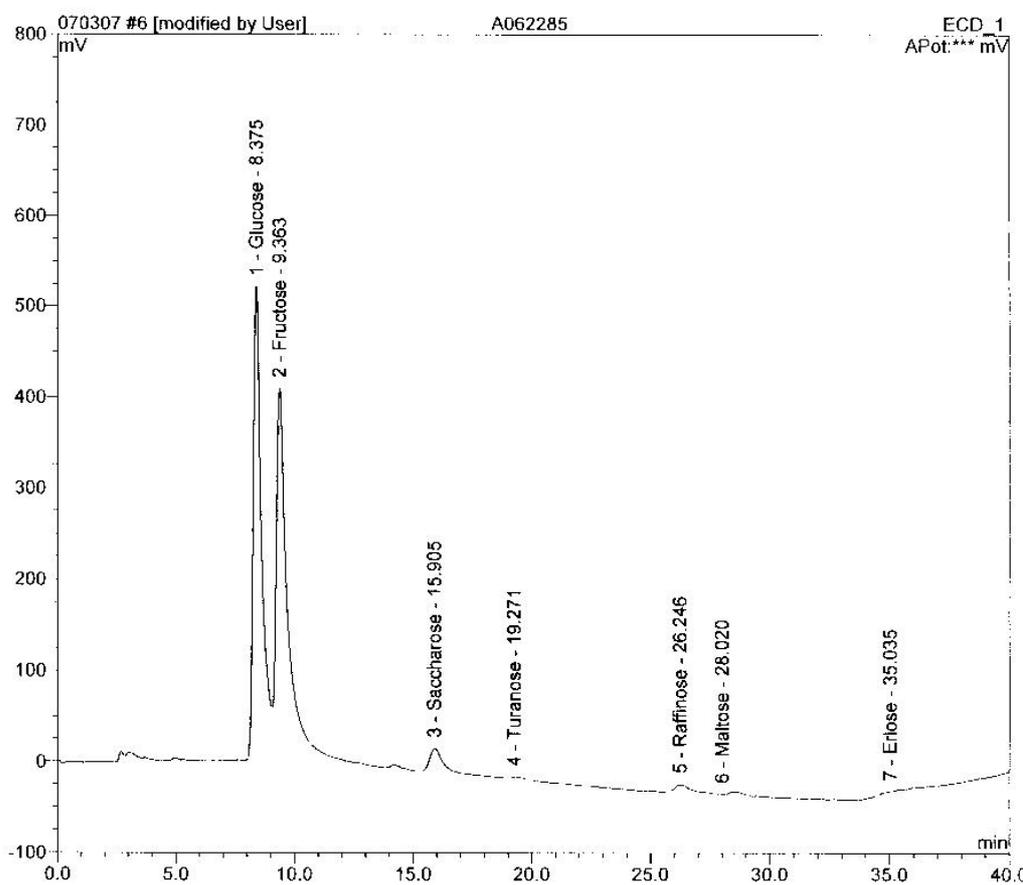
Sample Name:	Bs2	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 14:20	Run Time:	38.91

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.41	Glucose	BMB	176.946	486.672	31.8739
2	9.39	Fructose	bMB	184.096	405.680	43.9051
3	16.00	Saccharose	BMB*	3.754	7.170	1.1119
4	19.31	Turanose	BMB*	1.350	2.507	0.7760
5	26.28	Raffinose	BMB	3.814	6.872	1.5265
6	27.50	Maltose	BMB*	1.592	0.118	0.6575
TOTAL:				371.55	909.02	79.85



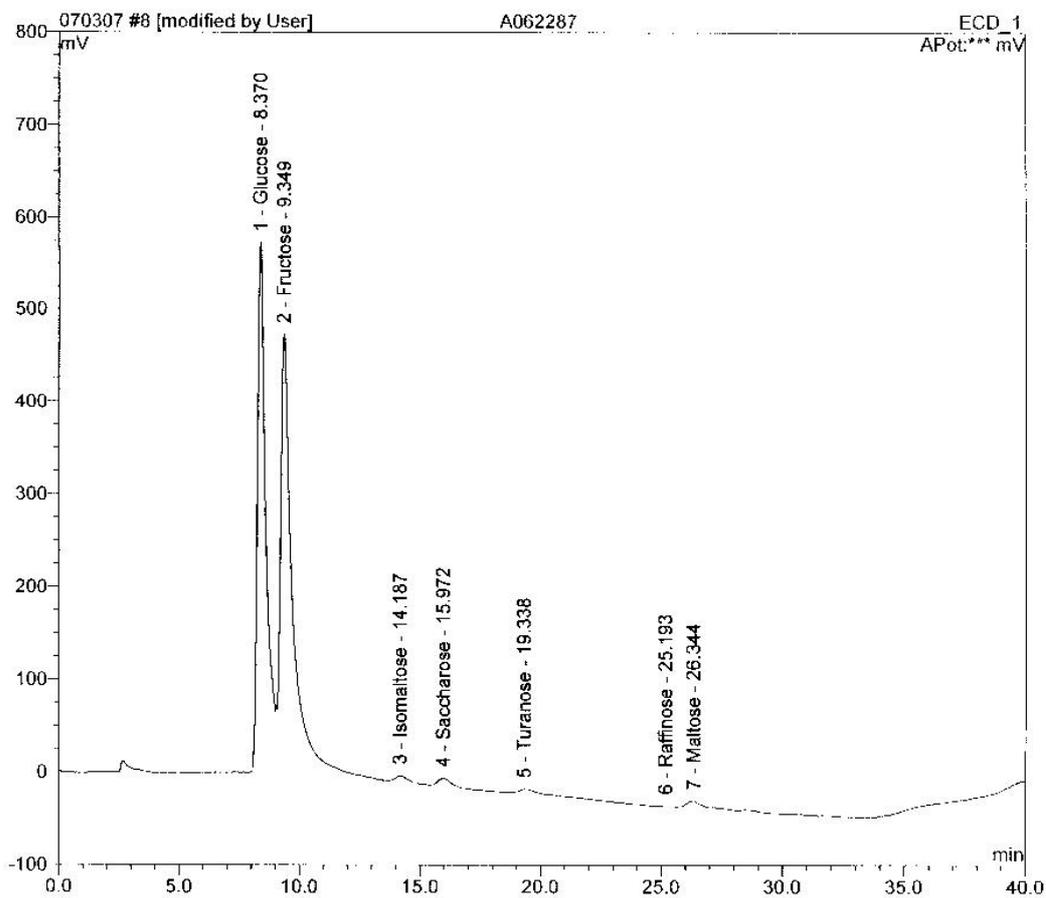
Sample Name:	A2	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 13:36	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.38	Glucose	BMB	181.310	500.402	32.6599
2	9.36	Fructose	bMB	160.310	358.800	38.2323
3	15.91	Saccharose	BMB	14.547	25.720	4.3087
4	19.27	Turanose	BMB*	1.108	1.964	0.6368
5	26.25	Raffinose	BMB*	4.375	7.765	1.7508
6	28.02	Maltose	BMB*	2.248	0.604	0.9282
7	35.04	Erlöse	BMB*	0.409	0.697	0.1974
TOTAL:				364.31	895.95	78.71



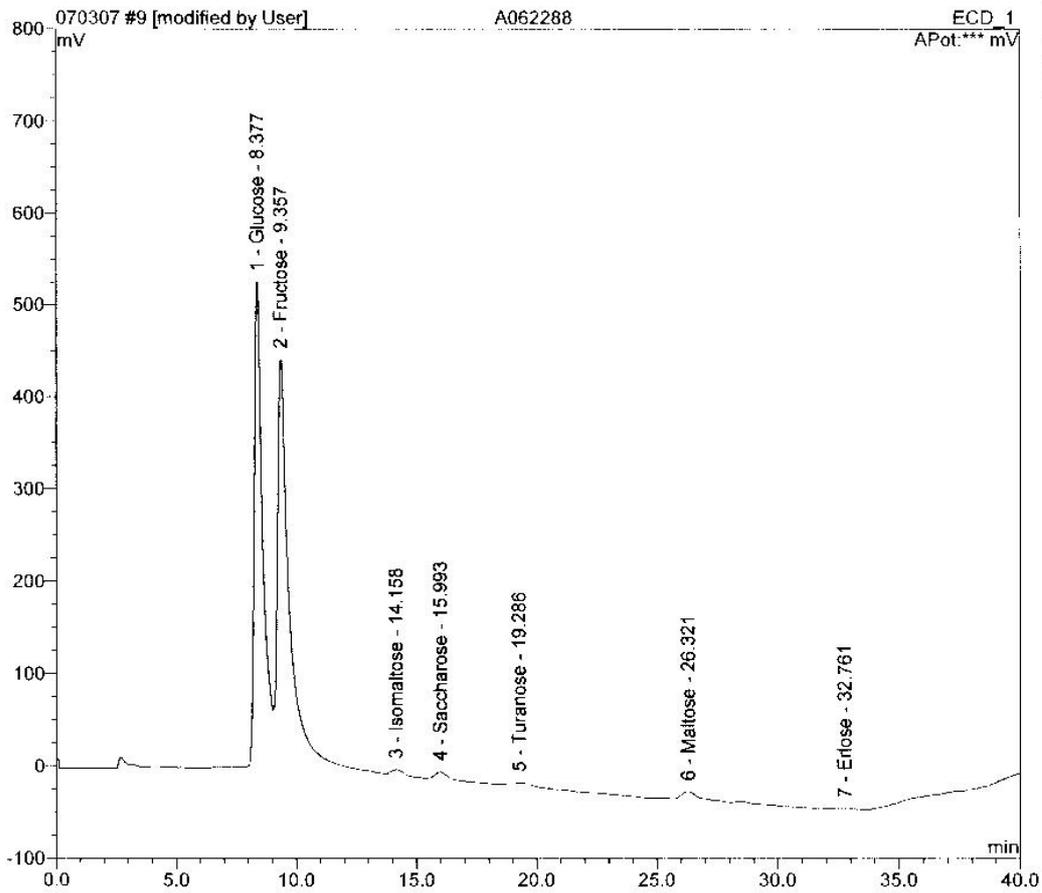
Sample Name:	T5	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 16:32	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.37	Glucose	BMB	199.203	549.114	35.8831
2	9.35	Fructose	bMB	186.582	416.304	44.4980
3	14.19	Isomaltose	BMB*	2.860	5.873	0.8072
4	15.97	Saccharose	BMB	4.508	8.485	1.3351
5	19.34	Turanose	BMB*	1.883	3.456	1.0827
6	25.19	Raffinose	BMB	0.239	0.998	0.0956
7	26.34	Maltose	BMB	4.352	7.128	1.7973
TOTAL:				399.63	991.36	85.50



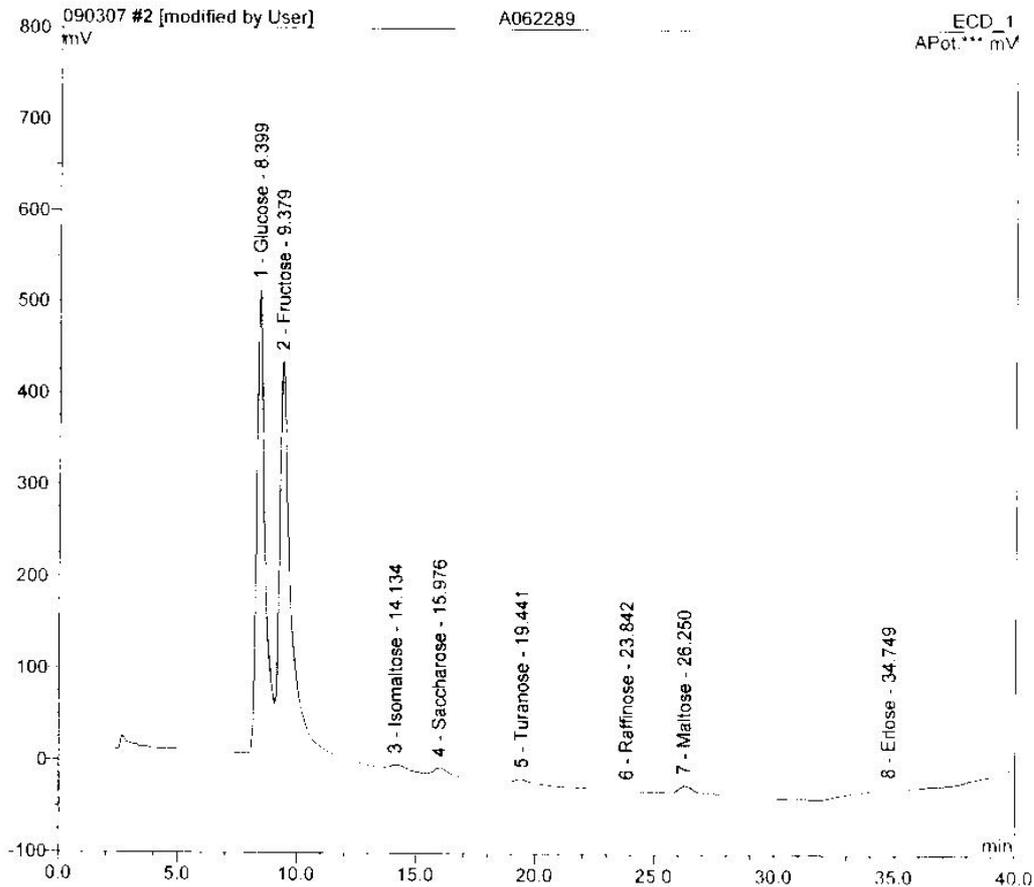
Sample Name:	Bs3	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	07.03.07 15:49	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.38	Glucose	BMB	183.078	504.272	32.9784
2	9.36	Fructose	bMB	174.642	389.271	41.6505
3	14.16	Isomaltose	BMB	1.694	4.360	0.4782
4	15.99	Saccharose	BMB	3.520	7.458	1.0427
5	19.29	Turanose	BMB*	0.945	2.302	0.5436
6	26.32	Maltose	BMB*	5.435	8.447	2.2446
7	32.76	Eriose	BMB*	0.041	0.585	0.0196
TOTAL:				369.36	916.70	78.96



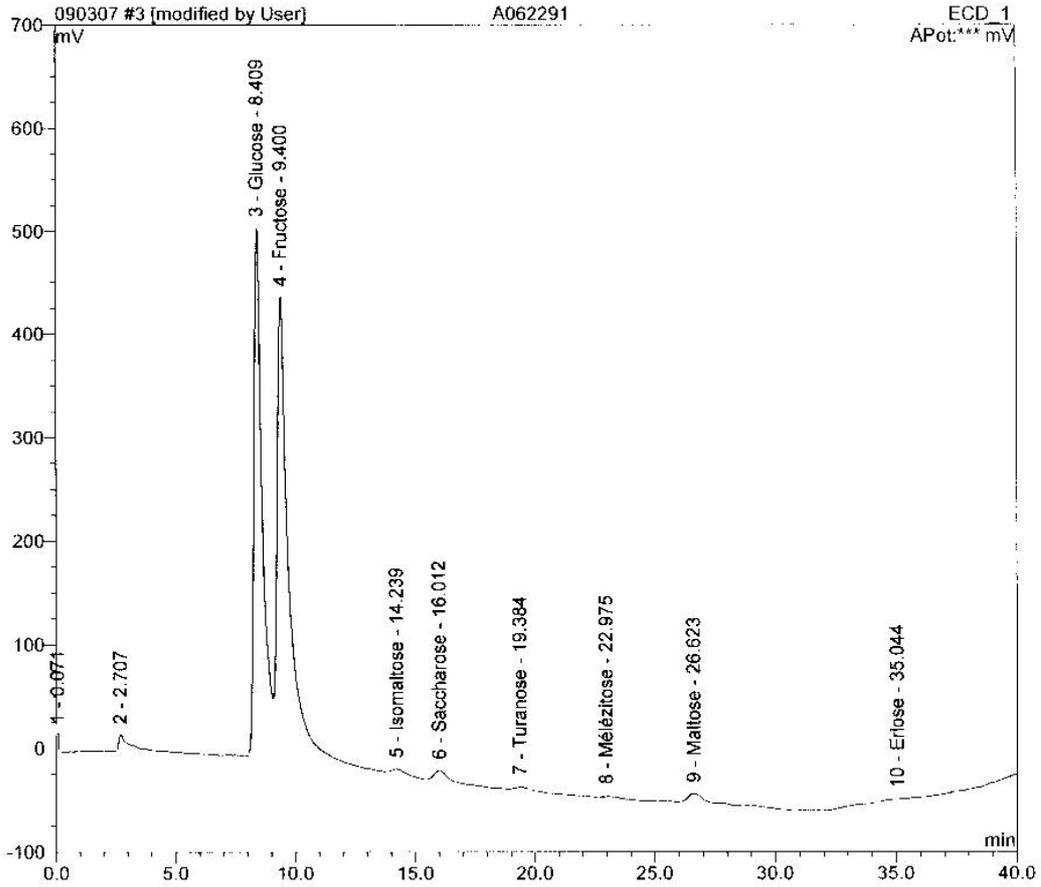
Sample Name:	Ba1	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	09.03.07 10:42	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.40	Glucose	BMB	173.760	484.660	31.7407
2	9.38	Fructose	bMB	170.550	380.912	39.9799
3	14.13	Isomaltose	BMB*	2.533	4.185	0.8385
4	15.98	Saccharose	BMB*	3.566	6.565	1.0401
5	19.44	Turanose	BMB*	1.978	3.631	1.2395
6	23.84	Raffinose	BMB	0.221	0.649	0.0888
7	26.25	Maltose	BMB	5.224	8.592	2.1734
8	34.75	Eriose	BMB*	0.604	1.272	0.3622
TOTAL:				358.44	890.47	77.46



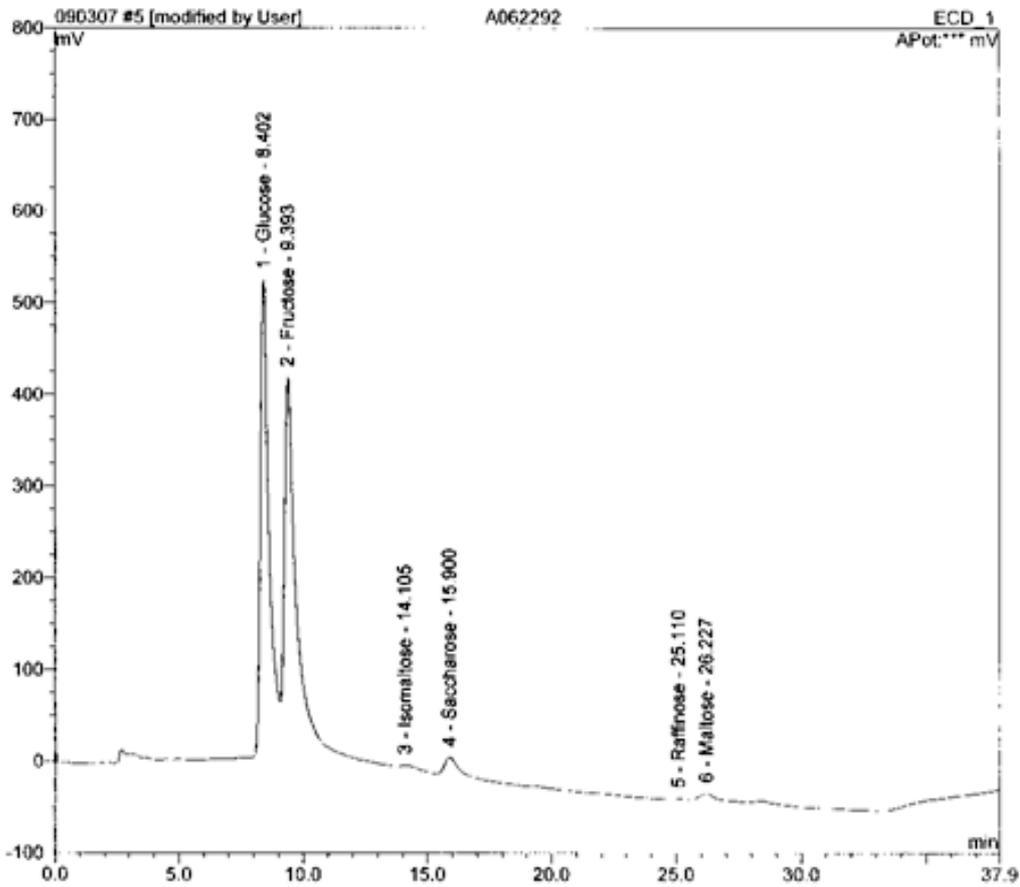
Sample Name:	T6	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	09.03.07 12:28	Run Time:	35.88

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
3	8.41	Glucose	BMB	175.890	490.760	32.1299
4	9.40	Fructose	bMB	177.700	396.349	41.6560
5	14.24	Isomaltose	BMB	2.834	5.079	0.9383
6	16.01	Saccharose	BMB	4.588	9.205	1.3382
7	19.38	Turanose	BMB	1.241	2.950	0.7781
8	22.97	Mélézitose	BMB	0.313	1.735	0.1104
9	26.62	Maltose	BMB	5.564	8.803	2.3146
10	35.04	Erlöse	BMB*	0.741	0.553	0.4442
TOTAL:				368.87	915.43	79.71



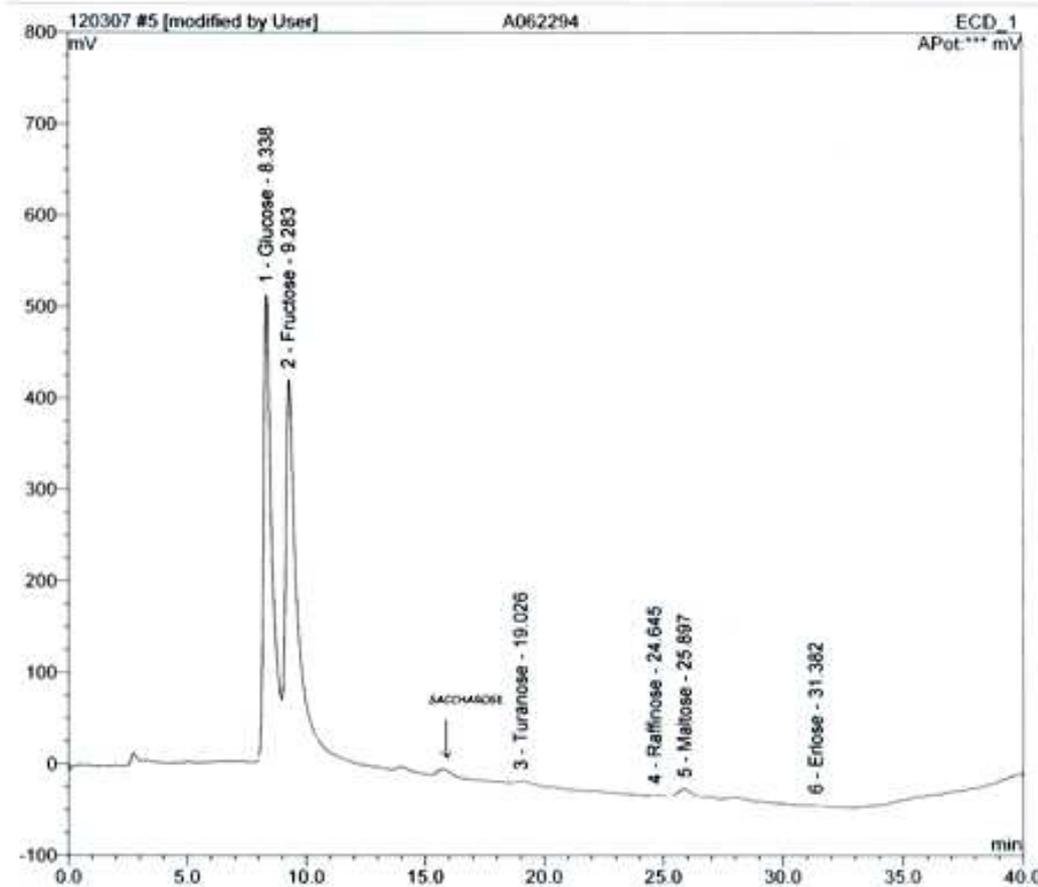
Sample Name:	Bs4	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	09.03.07 15:18	Run Time:	37.93

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.40	Glucose	BMB	179.992	498.581	32.8792
2	9.39	Fructose	bMB	164.475	362.721	38.5558
3	14.10	Isomaltose	BMB*	2.537	3.407	0.8398
4	15.90	Saccharose	BMB	11.412	19.662	3.3288
5	25.11	Raffinose	BMB	0.300	0.957	0.1206
6	26.23	Maltose	BMB*	4.954	7.604	2.0808
TOTAL:				363.67	892.93	77.78



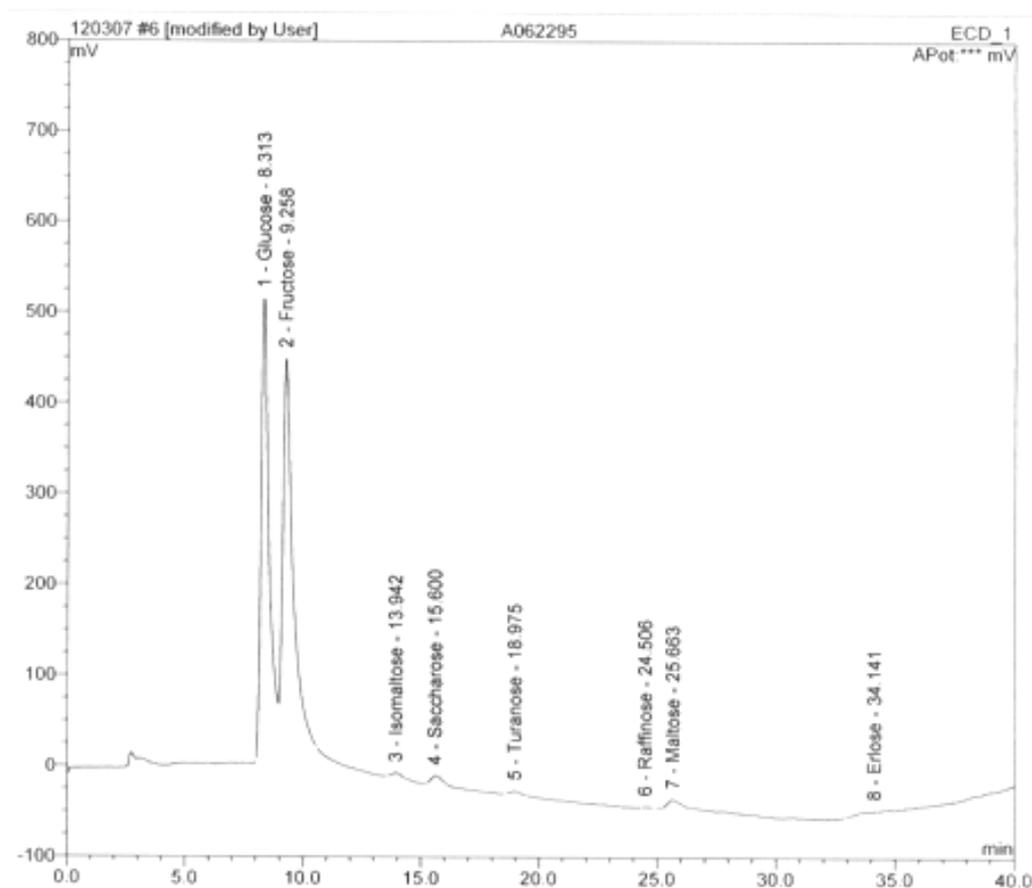
Sample Name:	Ba2	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	12.03.07 12:56	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.34	Glucose	BMB	173.937	485.918	32.7558
2	9.28	Fructose	bMB	158.773	359.676	41.1249
3	19.03	Turanose	BMB	1.222	2.542	0.6946
4	24.64	Raffinose	BMB*	0.501	1.186	0.1884
5	25.90	Maltose	bMB*	4.891	8.493	2.6106
6	31.38	Eriose	BMB*	0.134	1.212	0.0769
TOTAL:				339.46	859.03	77.45



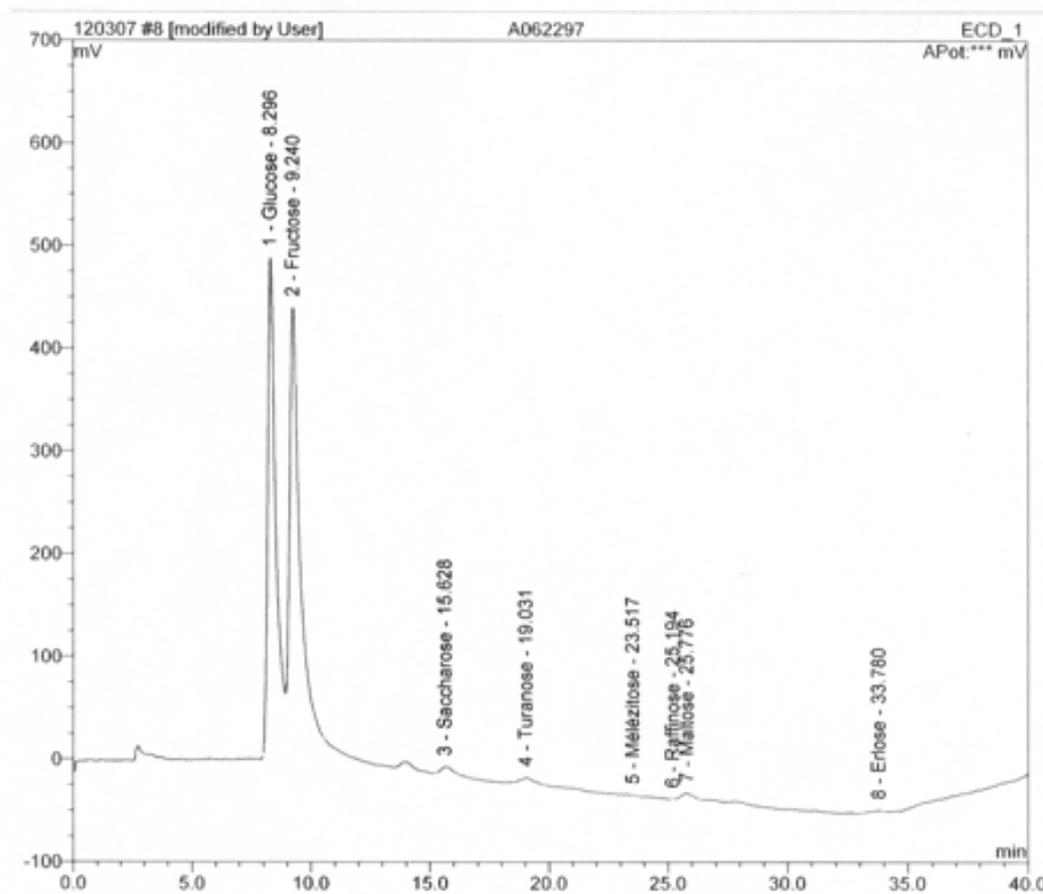
Sample Name:	Ba3	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	12.03.07 13:42	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.31	Glucose	BMB	173.813	488.371	32.7324
2	9.26	Fructose	bMB	177.247	390.357	45.9099
3	13.94	Isomaltose	BMB	2.166	5.110	0.5946
4	15.60	Saccharose	BMB	4.077	8.602	1.3110
5	18.98	Turanose	BMB	1.998	3.951	1.1356
6	24.51	Raffinose	BMB	0.465	1.252	0.1748
7	25.66	Maltose	BMB*	4.033	7.943	2.1527
8	34.14	Eriose	BMB*	1.802	1.519	1.0346
TOTAL:				365.60	907.10	85.05



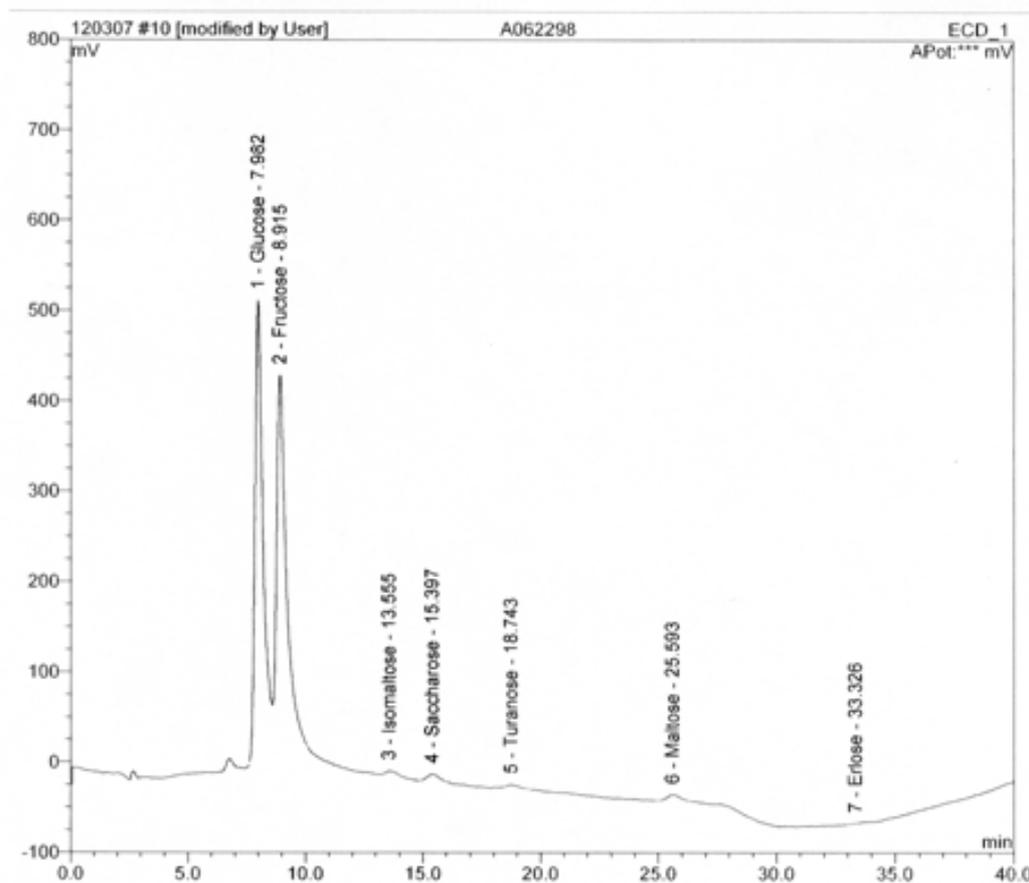
Sample Name:	A3	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	12.03.07 15:27	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.30	Glucose	BMB	163.892	465.105	30.8641
2	9.24	Fructose	bMB	171.364	385.464	44.3861
3	15.63	Saccharose	BMB*	3.354	6.549	1.0784
4	19.03	Turanose	BMB	3.713	6.051	2.1100
5	23.52	Mélézitose	BMB	0.129	0.576	0.0526
6	25.19	Raffinose	BMB	0.033	0.605	0.0125
7	25.78	Maltose	BMB*	2.155	4.629	1.1504
8	33.78	Eriose	BMB	0.931	1.705	0.5342
TOTAL:				345.57	870.68	80.19



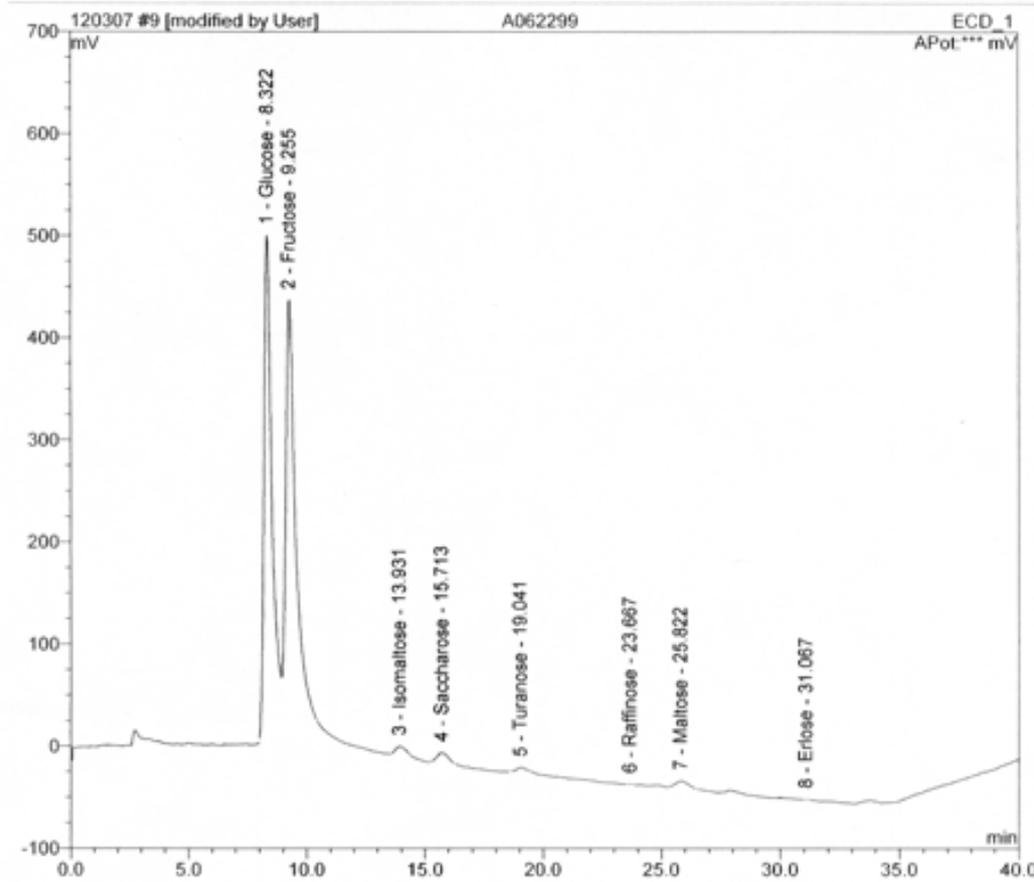
Sample Name:	A4	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	12.03.07 19:08	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.98	Glucose	BMB	176.627	488.934	33.2623
2	8.91	Fructose	bMB	164.549	375.872	42.6209
3	13.55	Isomaltose	BMB	1.731	4.255	0.4753
4	15.40	Saccharose	BMB*	4.375	7.957	1.4065
5	18.74	Turanose	BMB*	1.684	3.075	0.9573
6	25.59	Maltose	BMB	4.418	6.888	2.3585
7	33.33	Erlöse	BMB*	0.157	0.538	0.0900
TOTAL:				353.54	887.52	81.17



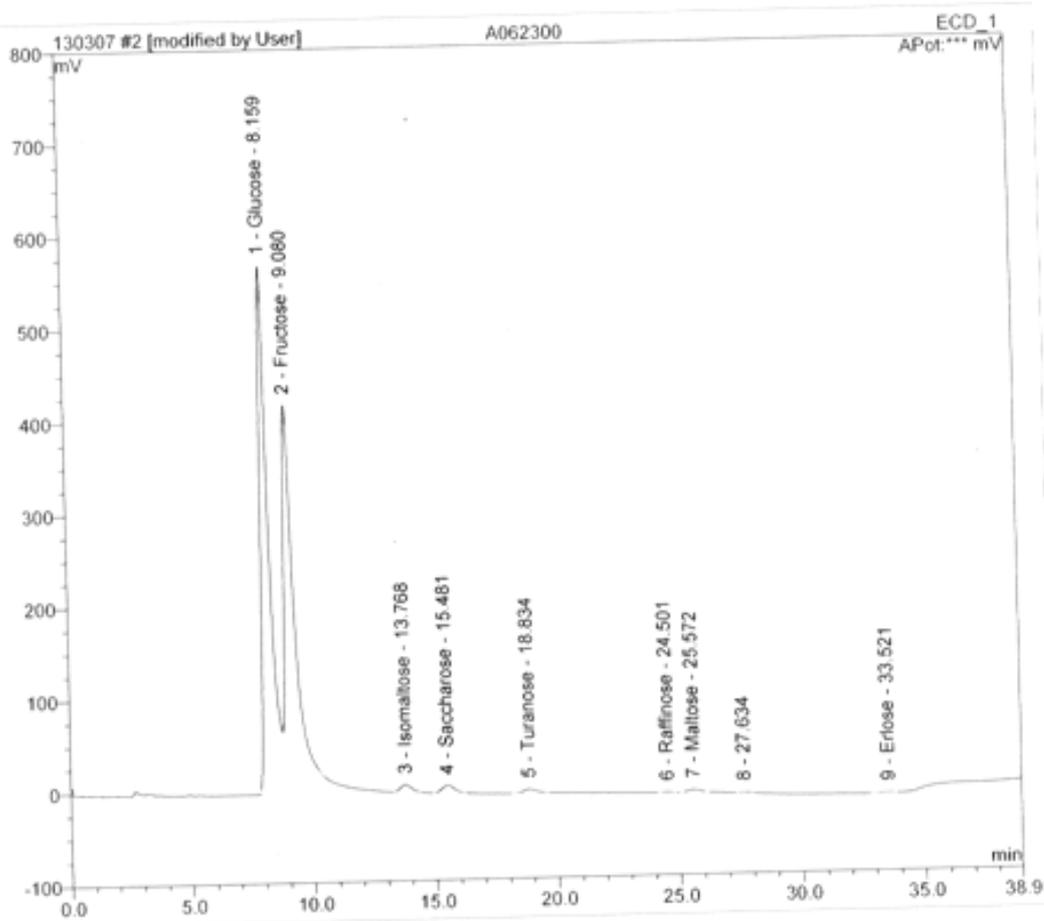
Sample Name:	Bs5	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	12.03.07 17:42	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.32	Glucose	BMB	167.896	473.611	31.6181
2	9.25	Fructose	bMB	166.692	378.827	43.1760
3	13.93	Isomaltose	BMB*	3.733	8.215	1.0247
4	15.71	Saccharose	BMB*	5.115	9.779	1.6444
5	19.04	Turanose	BMB	1.812	3.976	1.0297
6	23.67	Raffinose	BMB	0.093	0.727	0.0348
7	25.82	Maltose	BMB*	4.459	7.099	2.3801
8	31.07	Eriose	BMB	0.077	0.652	0.0442
TOTAL:				349.88	882.88	80.95



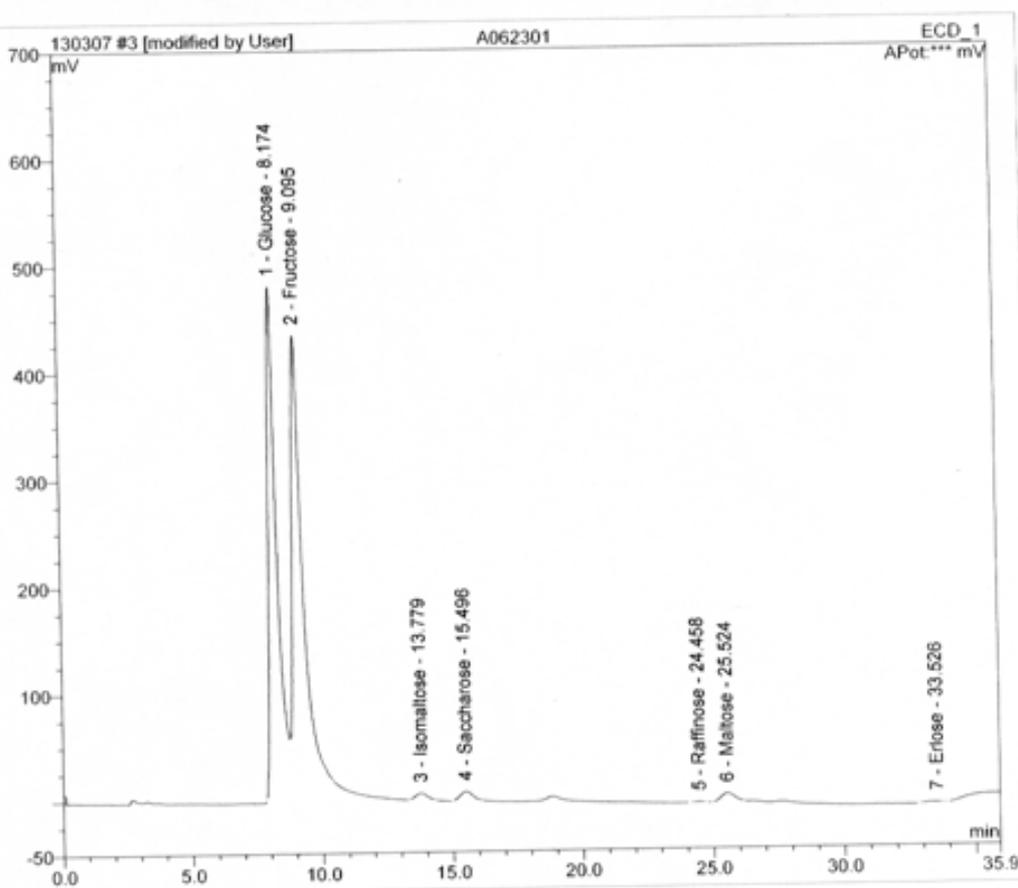
Sample Name:	A5	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 10:45	Run Time:	37.92

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.16	Glucose	BMB	186.417	545.288	37.3573
2	9.08	Fructose	bMB	147.835	363.073	36.7238
3	13.77	Isomaltose	BMB	4.052	7.776	1.1588
4	15.48	Saccharose	BMB	4.804	8.241	1.4206
5	18.83	Turanose	BMB	2.575	4.178	1.4151
6	24.50	Raffinose	BMB	0.321	0.791	0.1227
7	25.57	Maltose	BMB	1.846	3.267	0.6922
9	33.52	Eriose	BMB	0.435	0.654	0.2132
TOTAL:				348.29	933.27	79.10



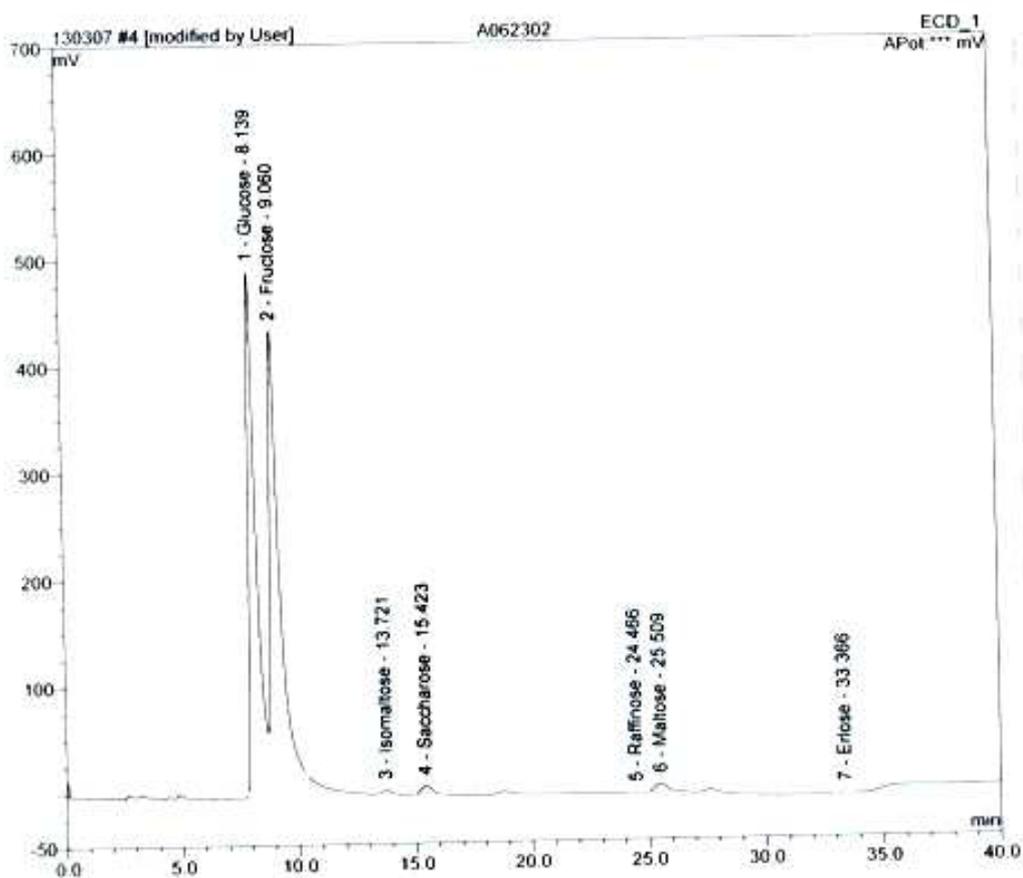
Sample Name:	Bs6	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 11:27	Run Time:	35.92

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.17	Glucose	BMB	156.463	459.608	31.3545
2	9.09	Fructose	bMB	160.174	385.545	39.7891
3	13.78	Isomaltose	BMB	3.199	6.242	0.9148
4	15.50	Saccharose	BMB	4.785	8.680	1.4149
5	24.46	Raffinose	BMB	0.350	0.858	0.1335
6	25.52	Maltose	BMB	4.809	8.166	1.8028
7	33.53	Erlöse	BMB*	0.638	0.809	0.3128
TOTAL:				330.42	869.91	75.72



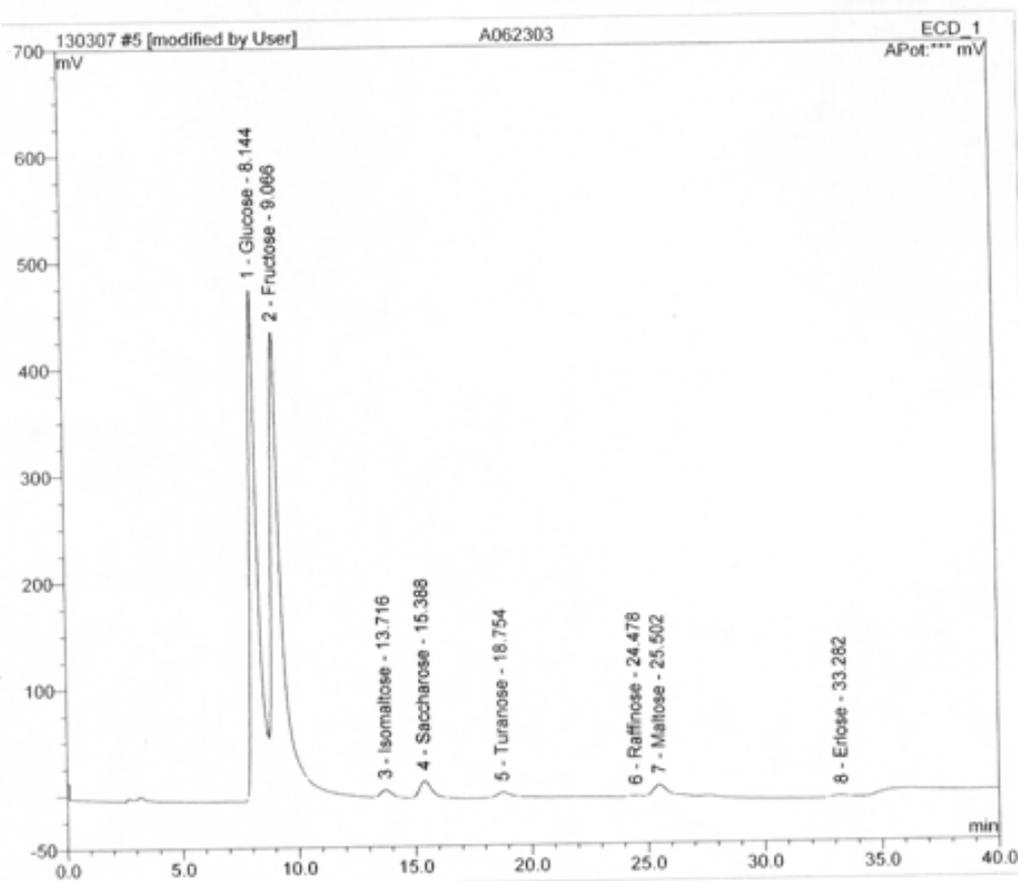
Sample Name	Ba4	Inj. Vol.	25.0
Sample Type	unknown	Dilution Factor	1.0000
Program	SUCRE	Operator	n.a.
Inj. Date/Time	13.03.07 12:10	Run Time	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.14	Glucose	BMB	159.546	469.145	31.9725
2	9.06	Fructose	bMB	159.148	384.879	39.5340
3	13.72	Isomaltose	BMB	1.655	3.692	0.4733
4	15.42	Saccharose	BMB	5.068	8.752	1.4987
5	24.47	Raffinose	BMB	0.240	0.613	0.0917
6	25.51	Maltose	BMB	4.730	7.985	1.7730
7	33.37	Eriose	BMB	0.320	0.613	0.1572
TOTAL:				330.71	875.68	75.50



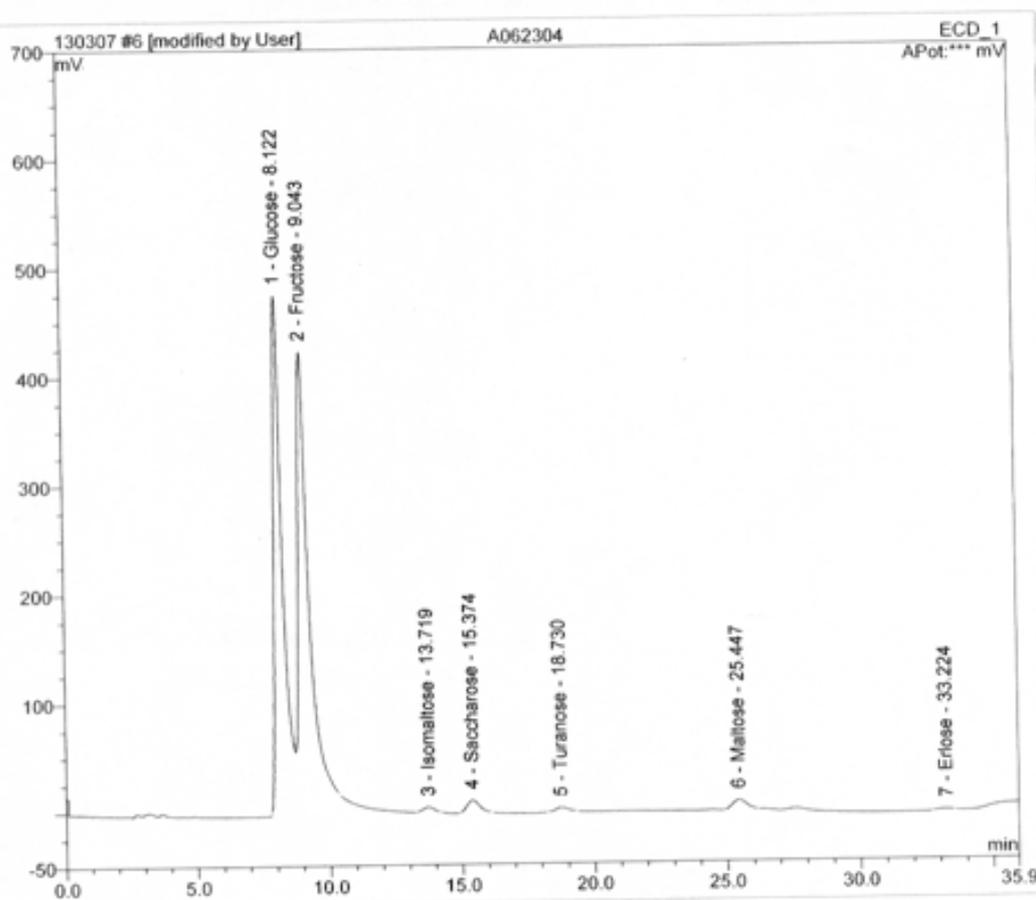
Sample Name:	Ba5	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 12:51	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.14	Glucose	BMB	155.031	456.631	31.0675
2	9.07	Fructose	bMB	161.183	388.769	40.0396
3	13.72	Isomaltose	BMB	3.576	6.944	1.0224
4	15.39	Saccharose	BMB	9.602	16.031	2.8395
5	18.75	Turanose	BMB*	2.797	4.772	1.5373
6	24.48	Raffinose	BMB	0.242	0.674	0.0925
7	25.50	Maltose	BMB	5.745	9.763	2.1537
8	33.28	Erlöse	BMB	0.959	1.579	0.4702
TOTAL:				339.13	885.16	79.22



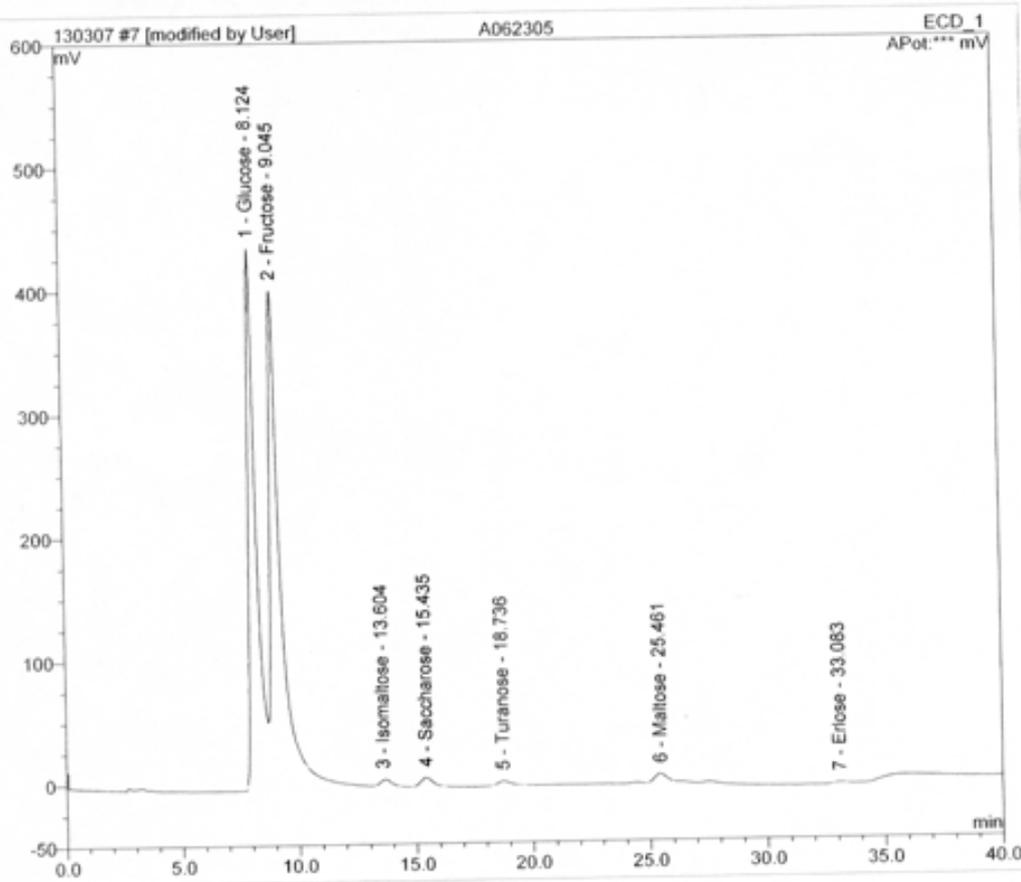
Sample Name:	Ba6	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 13:32	Run Time:	34.92

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.12	Glucose	BMB	154.797	456.298	31.0206
2	9.04	Fructose	bMB	155.507	375.751	38.6296
3	13.72	Isomaltose	BMB	2.329	4.856	0.6658
4	15.37	Saccharose	BMB	6.494	11.724	1.9204
5	18.73	Turanose	BMB*	2.198	3.894	1.2083
6	25.45	Maltose	BMB	5.489	9.043	2.0577
7	33.22	Eriose	BMB*	0.698	1.220	0.3424
TOTAL:				327.51	862.78	75.84



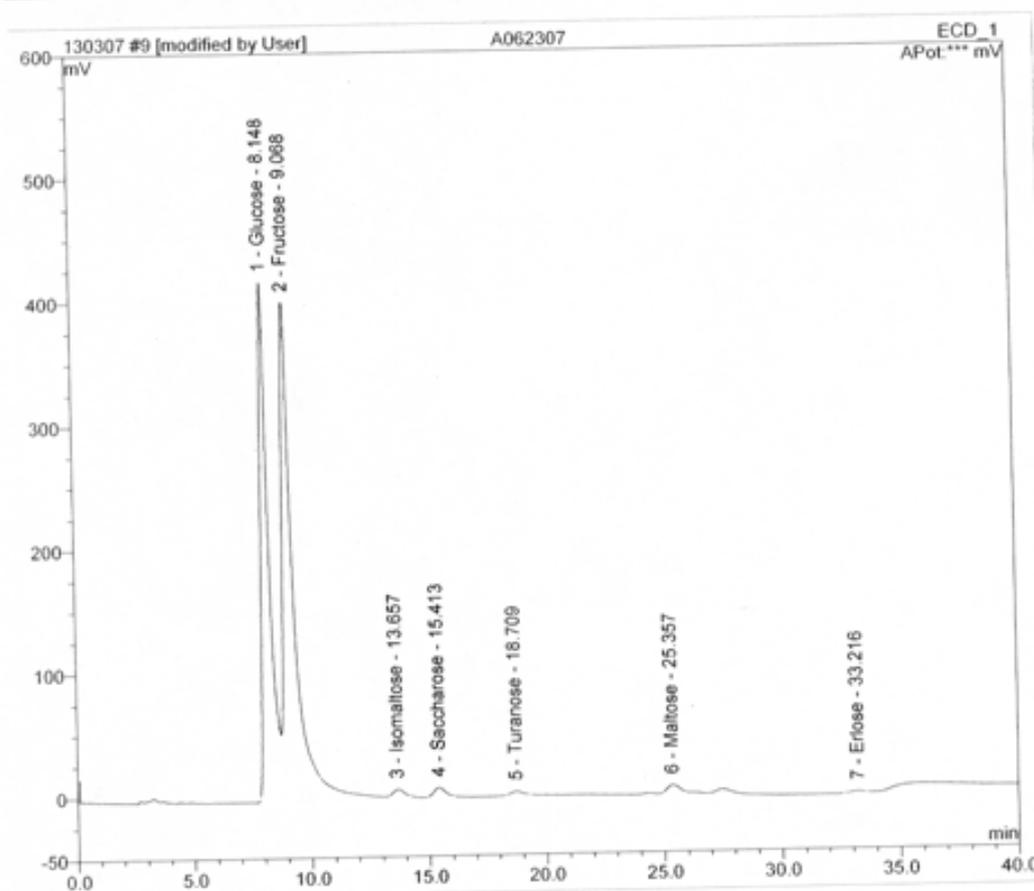
Sample Name:	T7	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 14:13	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.12	Glucose	BMB	141.577	417.887	28.3715
2	9.05	Fructose	bMB	147.972	357.659	36.7579
3	13.60	Isomaltose	BMB*	2.728	5.104	0.7800
4	15.43	Saccharose	BMB	4.518	7.429	1.3362
5	18.74	Turanose	BMB*	2.131	3.592	1.1712
6	25.46	Maltose	BMB	3.886	6.872	1.4568
7	33.08	Eriose	BMB	0.254	0.704	0.1245
TOTAL:				303.07	799.25	70.00



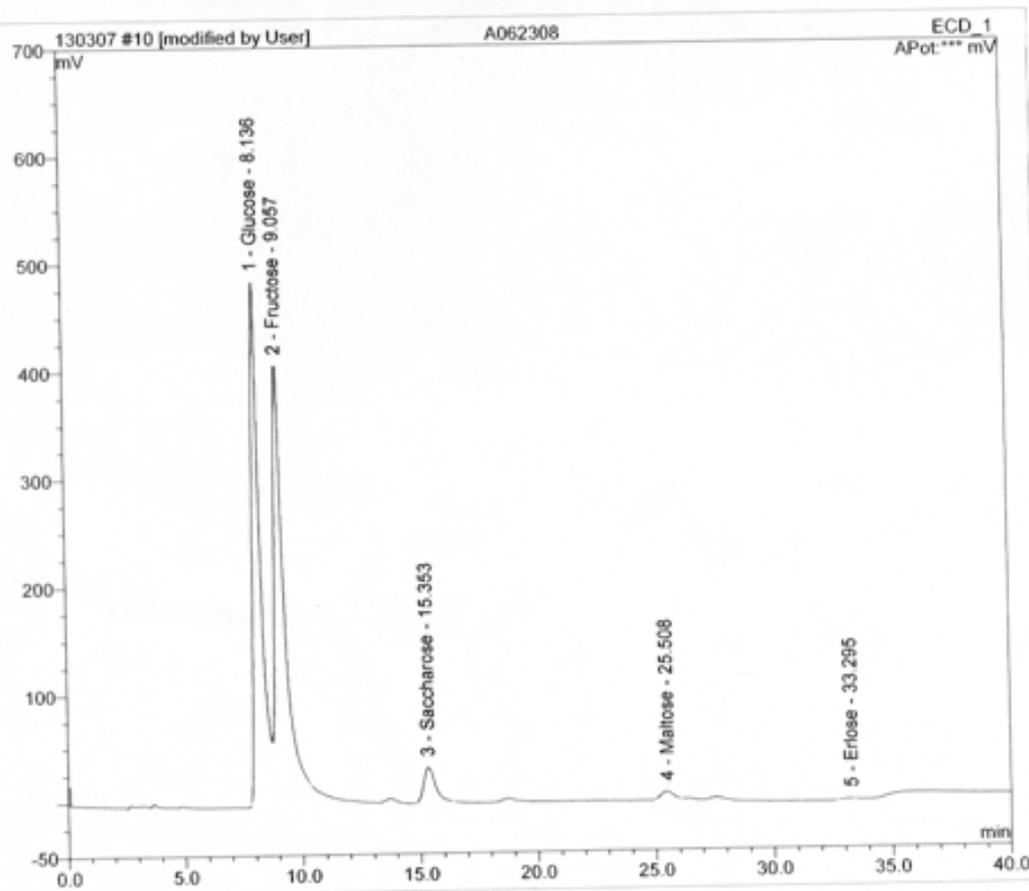
Sample Name:	Bs7	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 15:42	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.15	Glucose	BMB	135.979	398.781	27.2497
2	9.07	Fructose	bMB	148.917	356.653	36.9925
3	13.66	Isomaltose	BMB	2.545	5.273	0.7277
4	15.41	Saccharose	BMB	4.066	7.338	1.2023
5	18.71	Turanose	BMB*	1.739	3.182	0.9560
6	25.36	Maltose	BMB	3.438	6.219	1.2888
7	33.22	Eriose	BMB	0.782	1.430	0.3838
TOTAL:				297.47	778.88	68.80



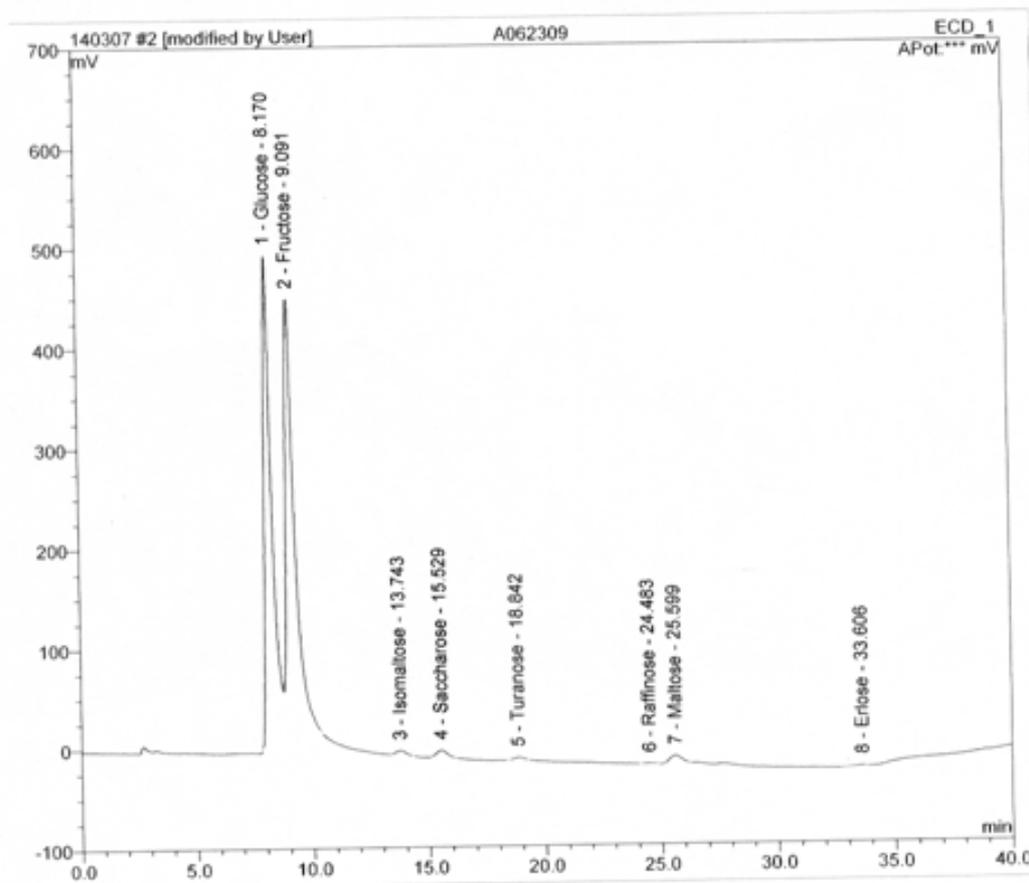
Sample Name:	A6	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 16:24	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.14	Glucose	BMB	158.650	465.148	31.7928
2	9.06	Fructose	bMB	147.681	358.258	36.6855
3	15.35	Saccharose	BMB	18.875	32.783	5.5817
4	25.51	Maltose	BMB*	4.176	7.144	1.5654
5	33.29	Erlöse	BMB	0.402	0.634	0.1970
TOTAL:				329.78	863.97	75.82



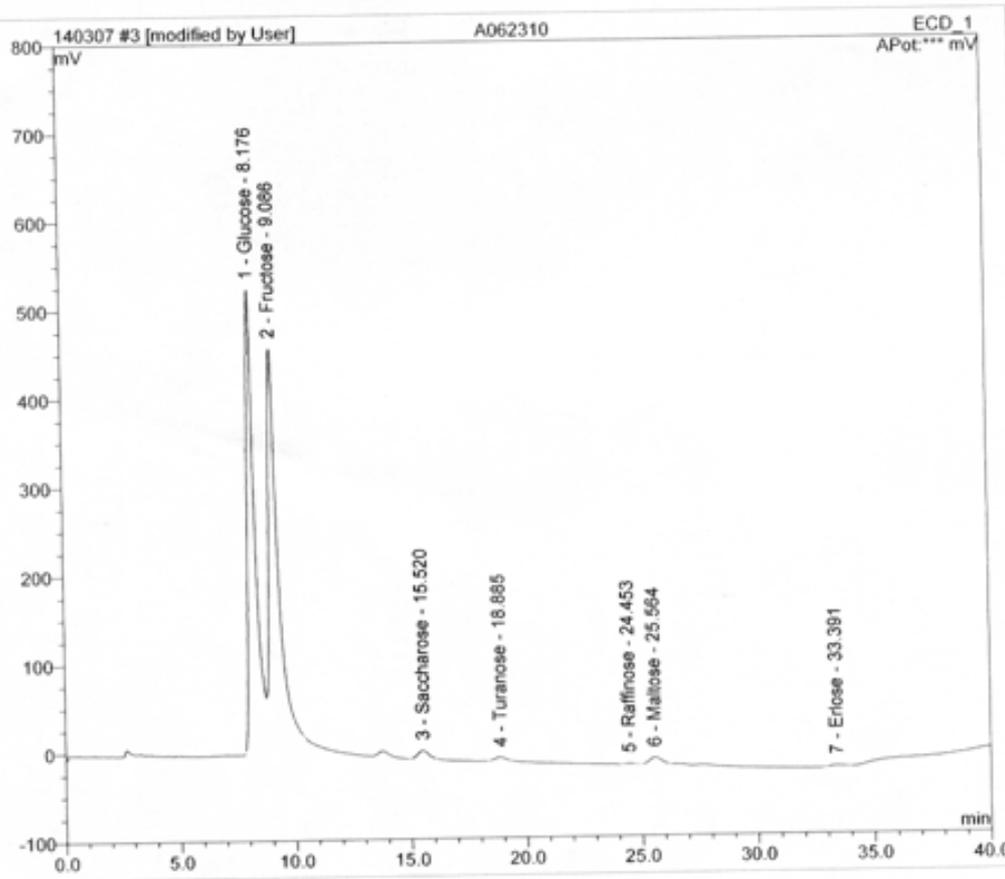
Sample Name:	A7	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	14.03.07 10:26	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.17	Glucose	BMB	160.849	472.750	31.2924
2	9.09	Fructose	bMB	165.525	400.684	40.9936
3	13.74	Isomaltose	BMB*	2.191	4.579	0.6354
4	15.53	Saccharose	BMB*	3.652	7.144	1.0758
5	18.84	Turanose	BMB	1.402	2.938	0.7639
6	24.48	Raffinose	BMB	0.396	0.976	0.1516
7	25.60	Maltose	BMB*	4.363	7.603	1.7212
8	33.61	Eriose	BMB	0.502	1.164	0.2334
TOTAL:				338.88	897.84	76.87



Sample Name:	Ba7	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	14.03.07 11:08	Run Time:	40.00

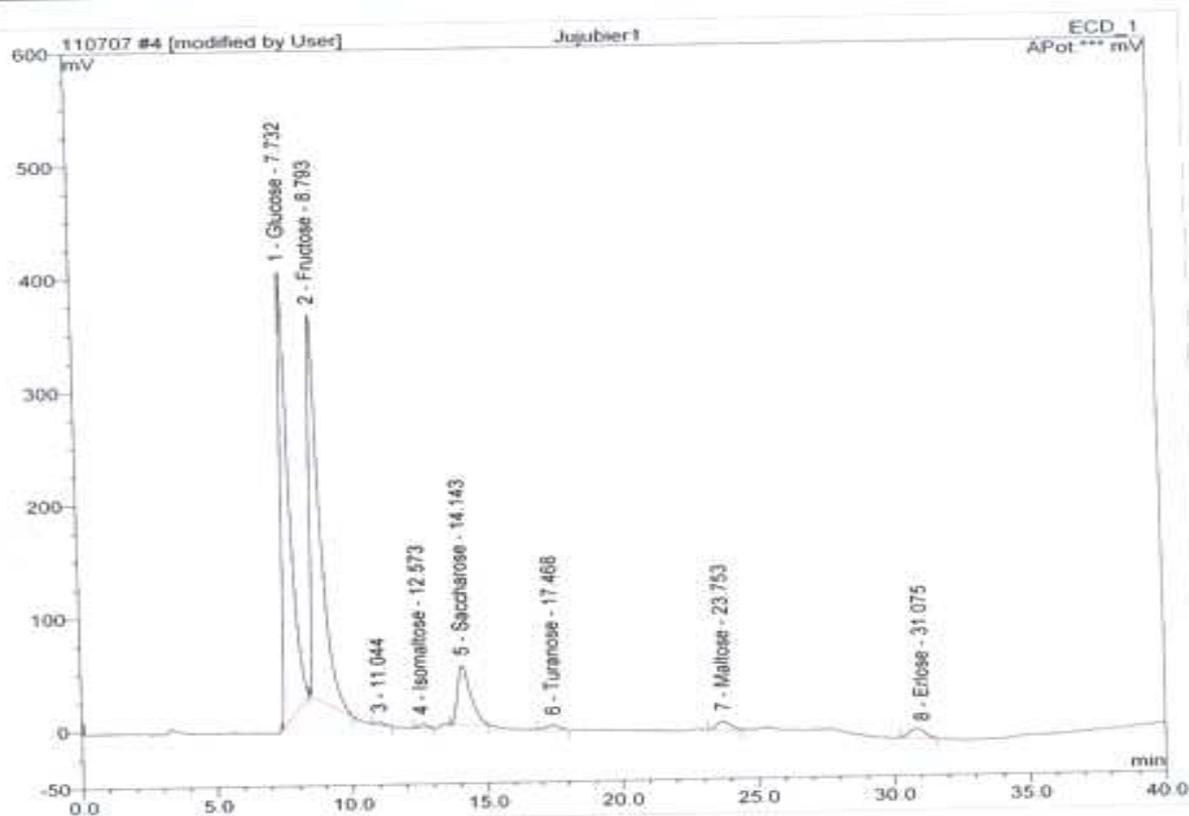
No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.18	Glucose	BMB	170.582	500.856	33.1858
2	9.09	Fructose	bMB	165.302	403.649	40.9384
3	15.52	Saccharose	BMB	5.303	9.806	1.5622
4	18.89	Turanose	BMB	2.231	4.170	1.2154
5	24.45	Raffinose	BMB	0.510	1.116	0.1954
6	25.56	Maltose	BMB	4.695	7.930	1.8521
7	33.39	Eriose	BMB	1.248	1.882	0.5800
TOTAL:				349.87	929.41	79.53



Annexe 16
Pics chromatographiques
des échantillons de miels de la wilaya de
Djelfa

Sample Name:	Jujubier1	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	11.07.07 14:27	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.73	Glucose	BMB	140.712	396.726	25.8530
2	8.79	Fructose	bMB	143.931	340.910	34.0358
4	12.57	Isomaltose	BMB*	1.173	3.291	0.3788
5	14.14	Saccharose	BMB	29.038	52.397	9.7315
6	17.47	Turanose	BMB*	2.089	3.988	1.3119
7	23.75	Maltose	BMB*	4.185	7.409	1.7851
8	31.07	Eriose	BMB*	5.232	5.971	4.5008
TOTAL:				326.36	810.69	77.60

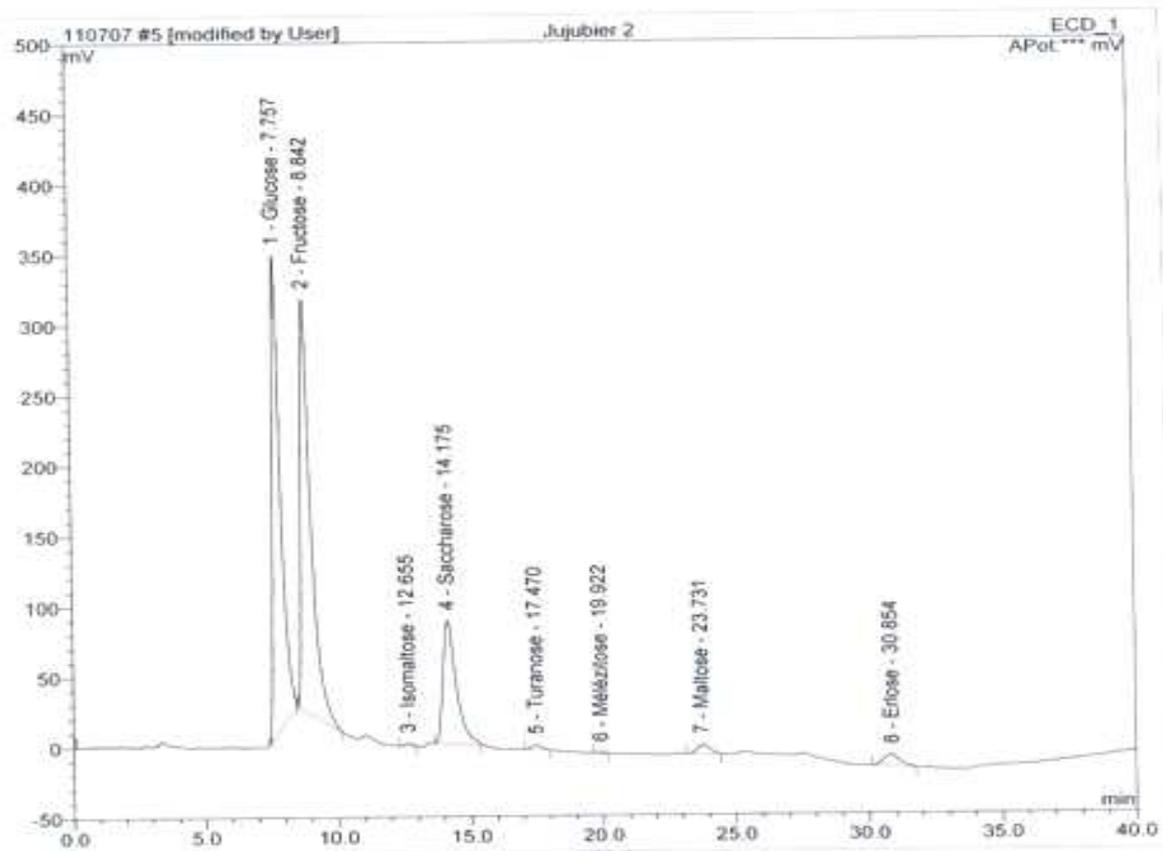


ANION_report/Integration

PeakNet 6 (r) Dionex 2001
Version 6.50 SP3 Build 980

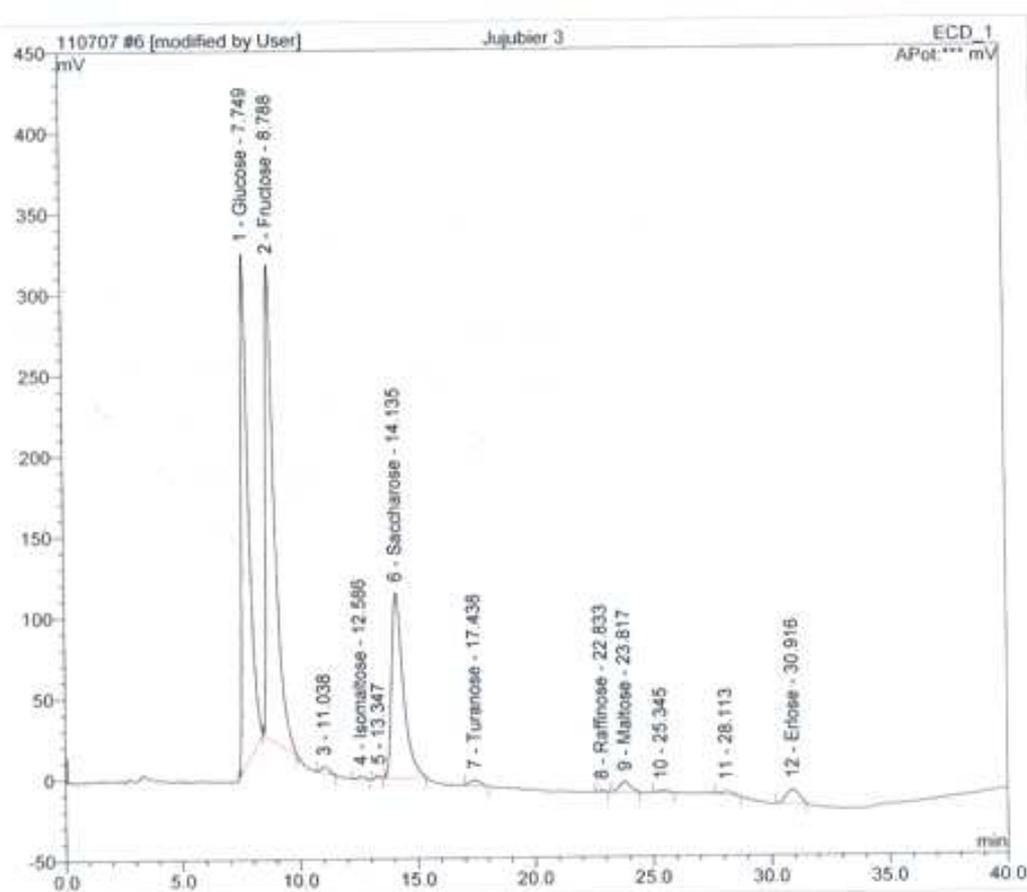
Sample Name:	Jujubier 2	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	11.07.07 15:10	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.76	Glucose	BMB	123.375	340.023	22.6677
2	8.84	Fructose	bMB	127.636	293.118	30.1825
3	12.66	Isomaltose	BMB*	0.711	2.152	0.2295
4	14.18	Saccharose	BMB	50.335	87.701	16.8688
5	17.47	Turanose	BMB*	1.368	3.188	0.8594
6	19.92	Mélezitose	BMB*	0.257	0.817	0.1006
7	23.73	Maltose	BMB*	3.688	6.718	1.5730
8	30.85	Eriose	BMB*	5.879	8.331	5.0577
TOTAL:				313.25	742.05	77.54



Sample Name:	Jububier 3	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	11.07.07 15:52	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.75	Glucose	BMB	113.131	316.718	20.7855
2	8.79	Fructose	bMB	125.314	293.881	29.6334
4	12.59	Isomaltose	BMB*	0.795	2.184	0.2568
6	14.13	Saccharose	BMB	65.905	114.619	22.0865
7	17.44	Turanose	BMB*	1.729	3.555	1.0858
8	22.83	Raffinose	BMB	0.223	0.770	0.0960
9	23.82	Maltose	BMB	3.493	6.407	1.4900
12	30.92	Erlöse	BMB	5.703	8.943	4.9060
TOTAL:				316.29	747.08	80.34

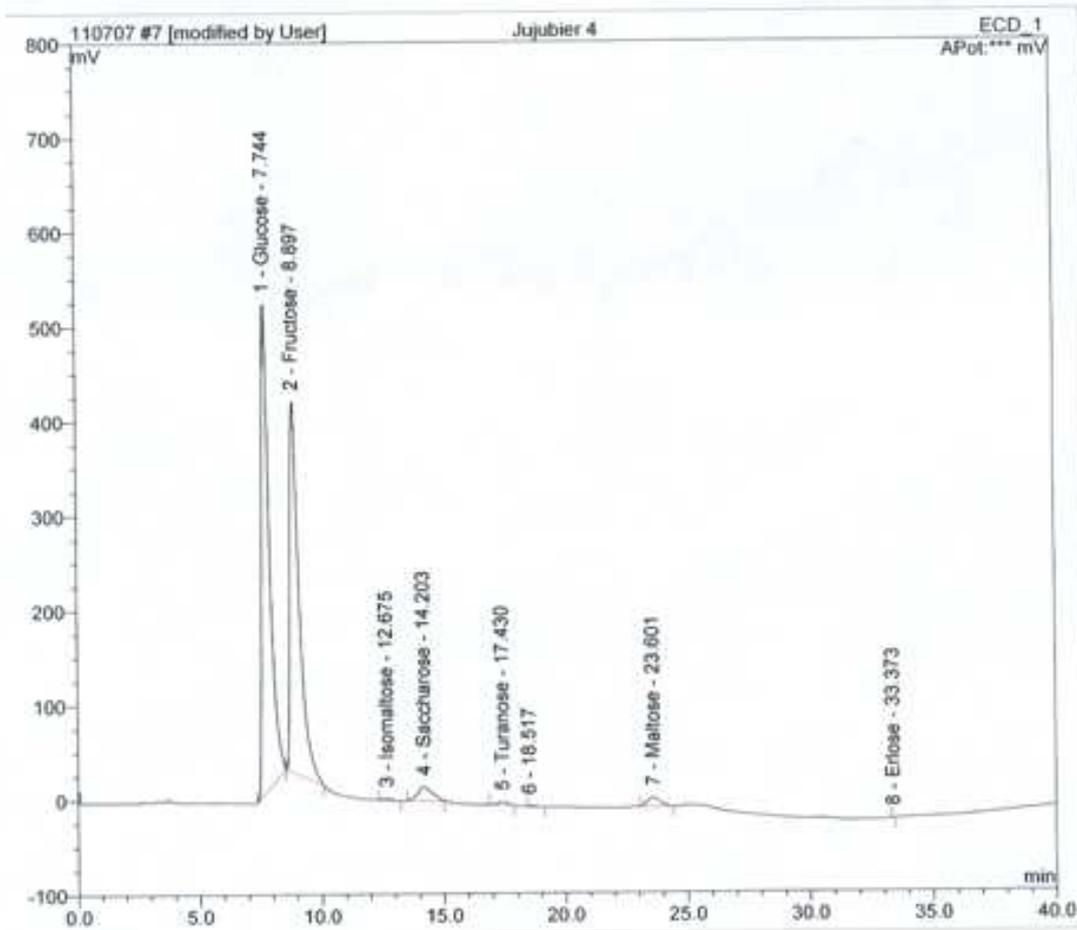


ANION report/Integration

PeakNet 6 (r) Dionex 2001
Version 6.50 SP3 Build 980

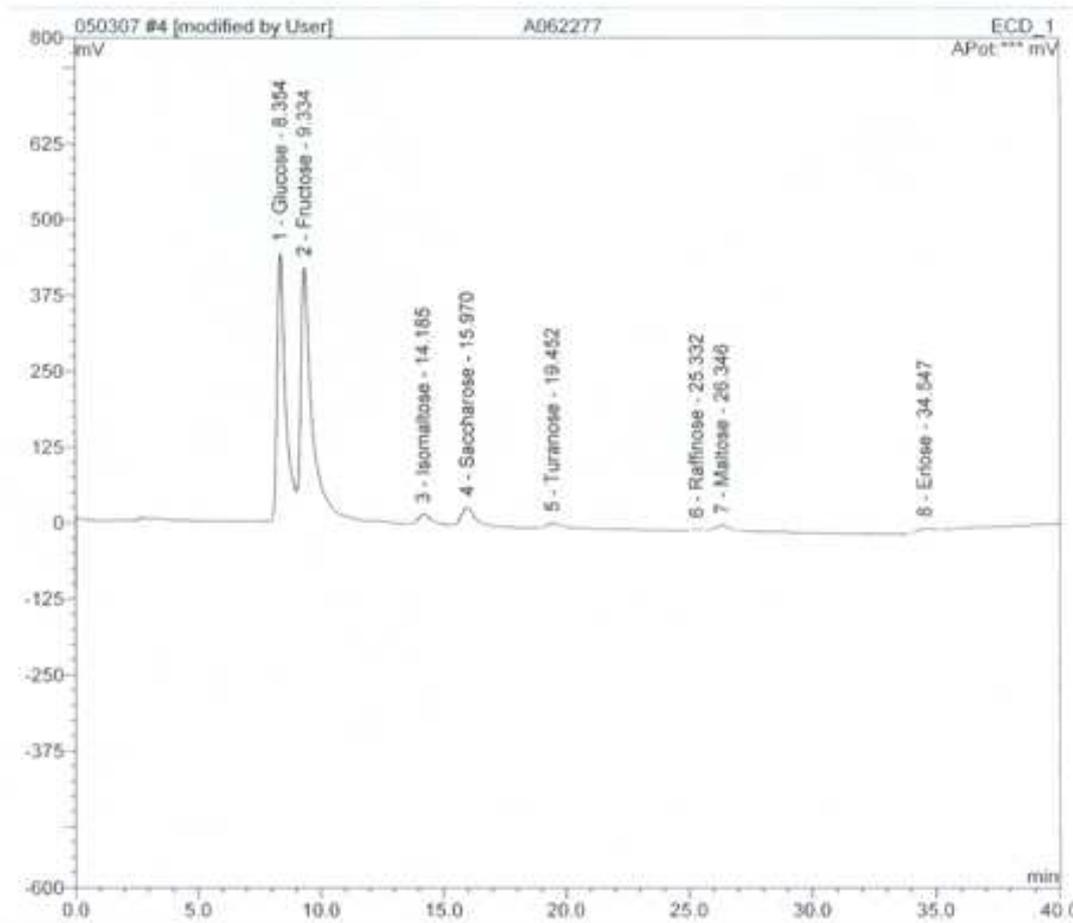
Sample Name:	Jjubler 4	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	11.07.07 16:32	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.74	Glucose	BMB	192.416	516.456	35.3525
2	8.90	Fructose	bMB	169.730	392.487	40.1366
3	12.67	Isomaltose	BMB*	0.906	2.482	0.2932
4	14.20	Saccharose	BMB	10.315	14.816	3.4570
5	17.43	Turanose	BMB*	1.581	3.355	0.9932
7	23.60	Maltose	BMB	5.881	9.683	2.5087
8	33.37	Eriose	BMB	0.010	0.160	0.0088
TOTAL:				360.84	939.44	82.75



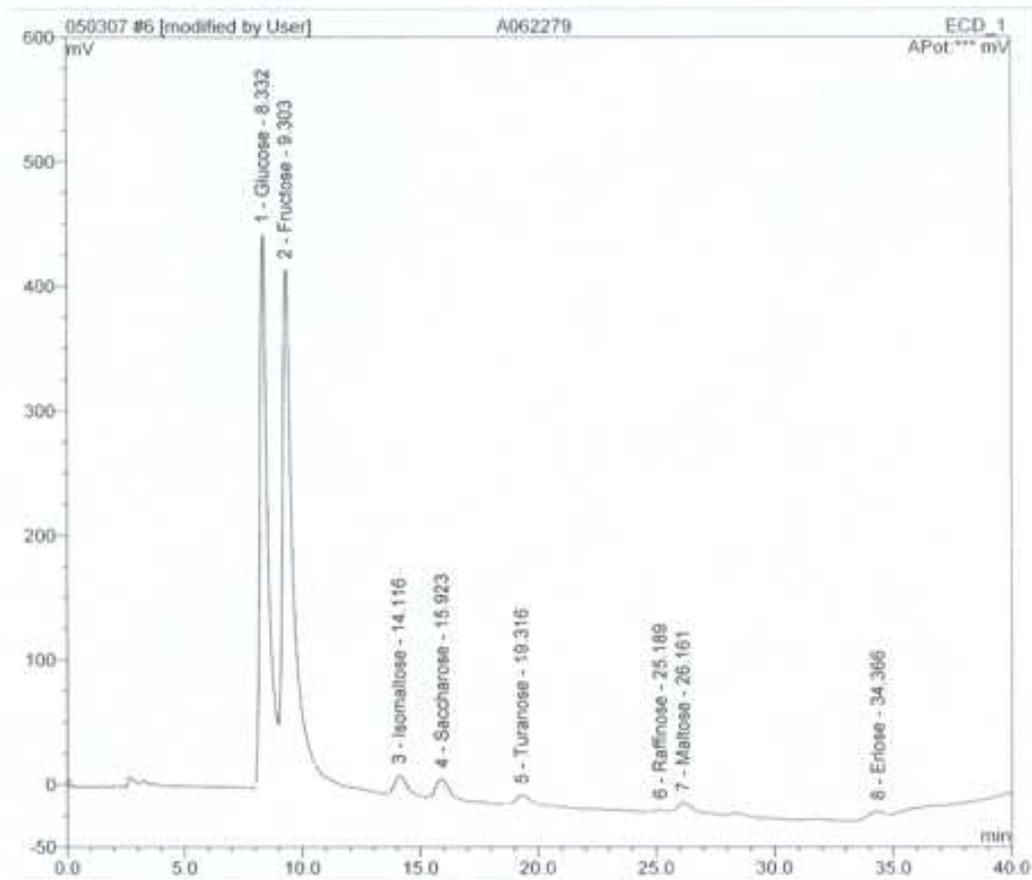
Sample Name:	Jujubier 5	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 12:20	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.35	Glucose	BMB*	147.439	421.538	27.7995
2	9.33	Fructose	BMB	164.980	375.191	40.0042
3	14.19	Isomaltose	BMB	6.097	13.619	1.7112
4	15.97	Saccharose	BMB	15.221	27.972	4.4103
5	19.45	Turanose	BMB*	3.099	6.433	1.8912
6	25.33	Raffinose	BMB*	0.532	1.553	0.2268
7	26.35	Maltose	BMB*	4.840	8.101	2.2406
8	34.55	Erflose	BMB*	3.649	5.369	1.6527
TOTAL:				345.86	659.76	79.94



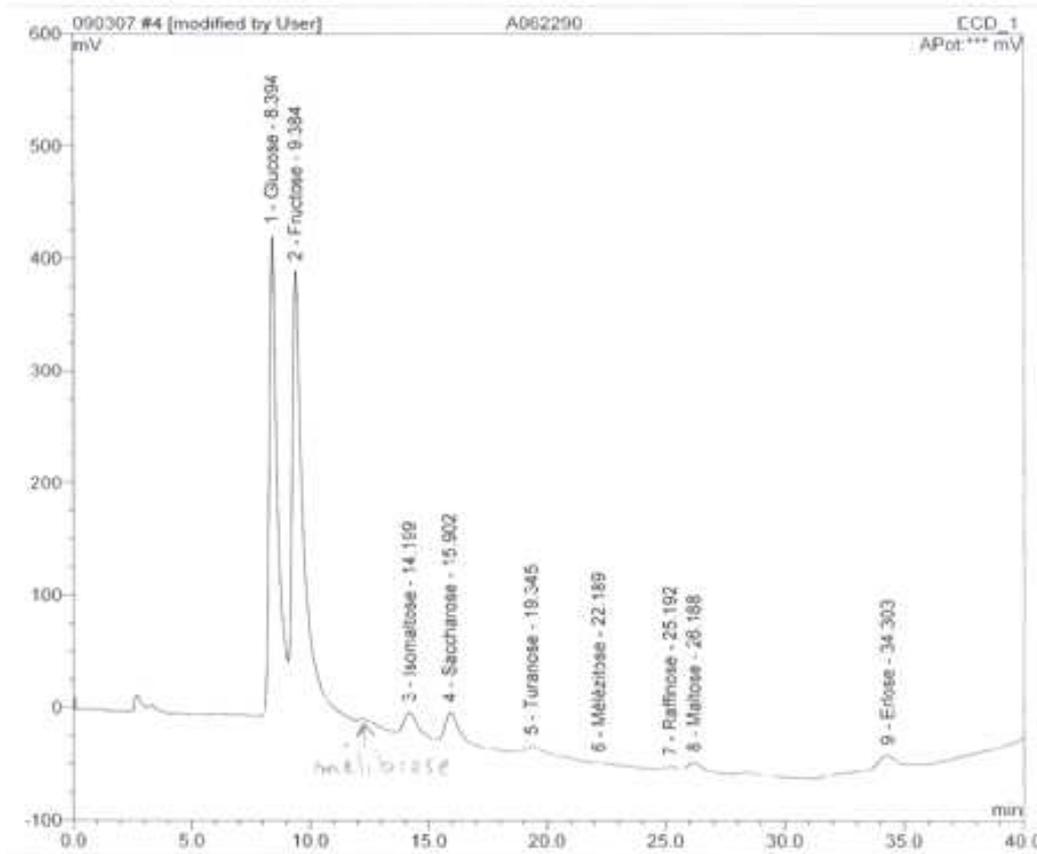
Sample Name	Jujubier 6	Inj. Vol:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 14:10	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.33	Glucose	BMB	149.348	425.649	28.1595
2	9.30	Fructose	bMB	162.842	372.144	39.4858
3	14.12	Isomaltose	BMB	6.144	13.417	1.7244
4	15.92	Saccharose	BMB	8.661	15.086	2.5096
5	19.32	Turanose	BMB	4.464	7.410	2.7240
6	25.19	Raffinose	BMB*	0.446	1.090	0.1902
7	26.16	Maltose	BMB*	4.261	7.335	1.9725
8	34.37	Eriose	BMB*	2.513	4.353	1.1379
TOTAL:				338.68	846.48	77.90



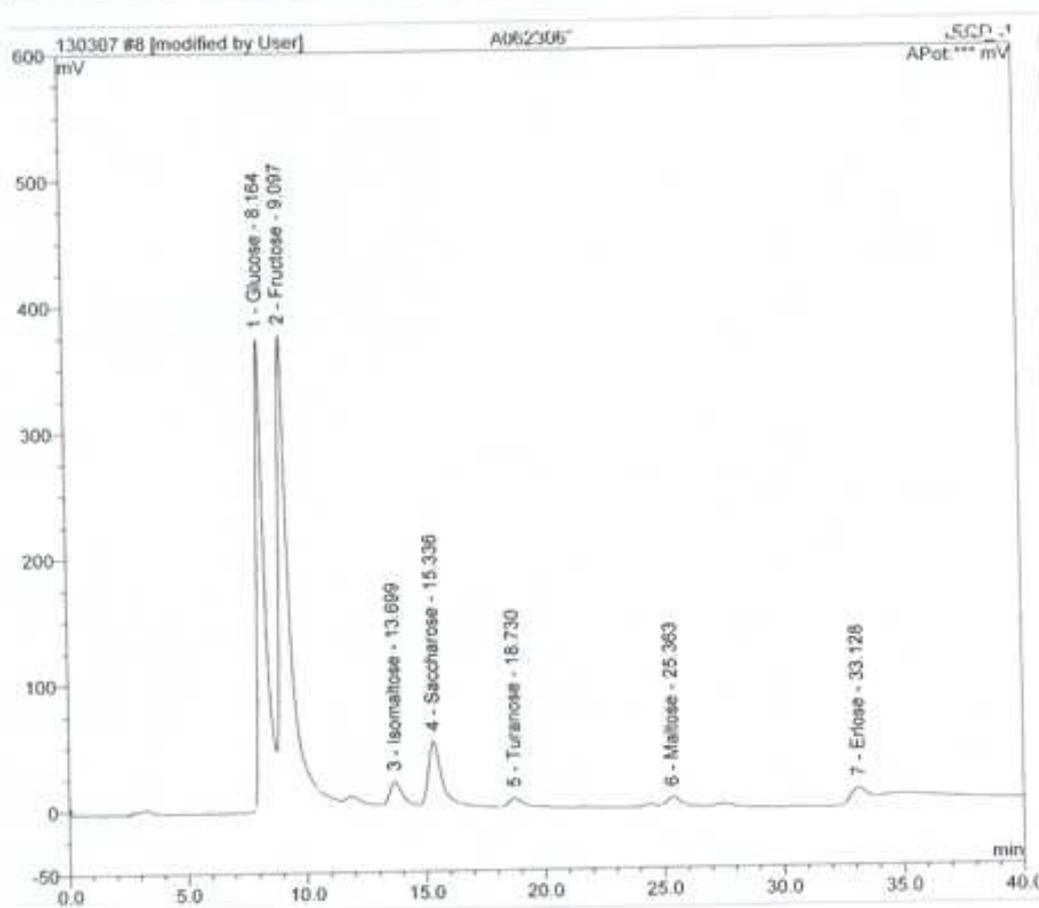
Sample Name:	Jujubier 7	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time	09.03.07 14:15	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.39	Glucose	BMB	147.332	410.359	26.9132
2	9.38	Fructose	bMB	161.646	354.504	37.9397
3	14.20	Isomaltose	BMB	12.383	19.830	4.0991
4	15.90	Saccharose	BMB	15.189	25.481	4.4303
5	19.35	Turanose	BMB	4.806	6.649	3.0122
6	22.19	Mélezitose	BMB	0.100	0.501	0.0352
7	25.19	Raffinose	BMB	0.746	1.687	0.3001
8	26.19	Maltose	bMB	3.567	6.248	1.4841
9	34.30	Eriose	BMB*	6.829	9.815	4.0548
TOTAL:				352.80	835.07	82.31



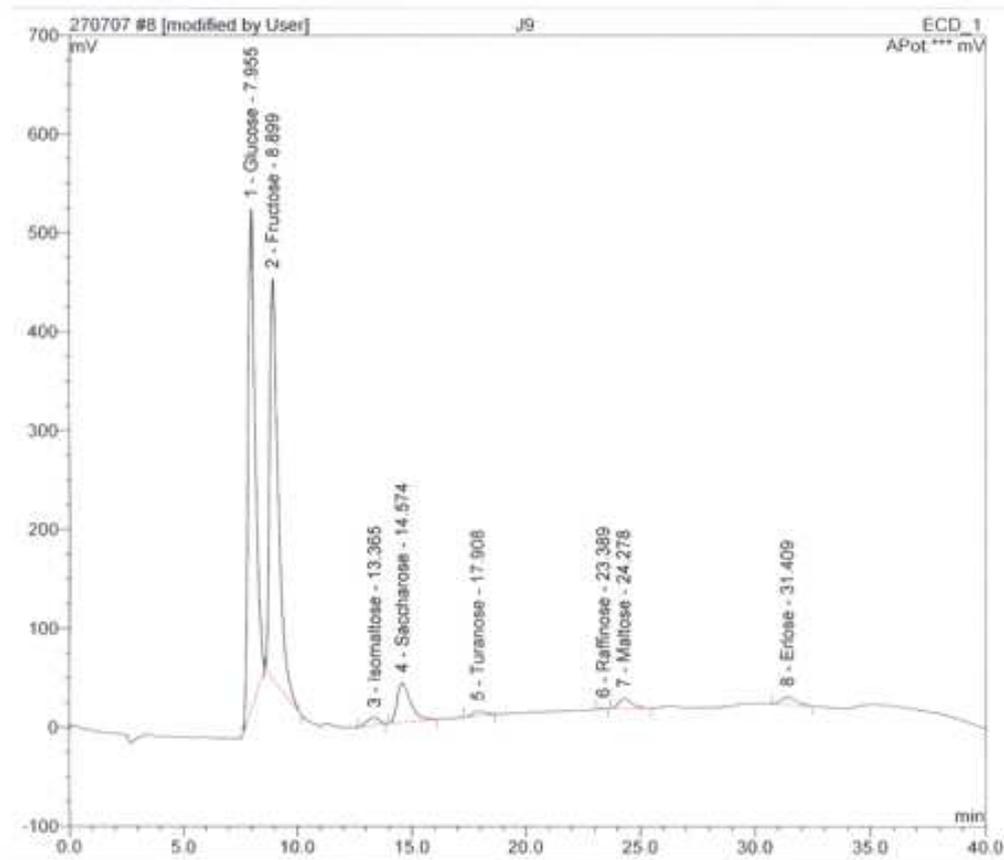
Sample Name:	Jujubier 8	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:		Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	13.03.07 14:54	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.16	Glucose	BMB	121.038	355.998	24.2555
2	9.10	Fructose	bMB	141.786	335.746	35.2211
3	13.70	Isomaltose	BMB	9.493	17.631	2.7144
4	15.34	Saccharose	BMB	29.567	49.859	8.7435
5	18.73	Turanose	BMB	3.400	6.153	1.8687
6	25.36	Maltose	BMB	3.226	6.060	1.2092
7	33.13	Erlöse	BMB	7.421	10.625	3.6402
TOTAL:				315.93	782.07	77.65



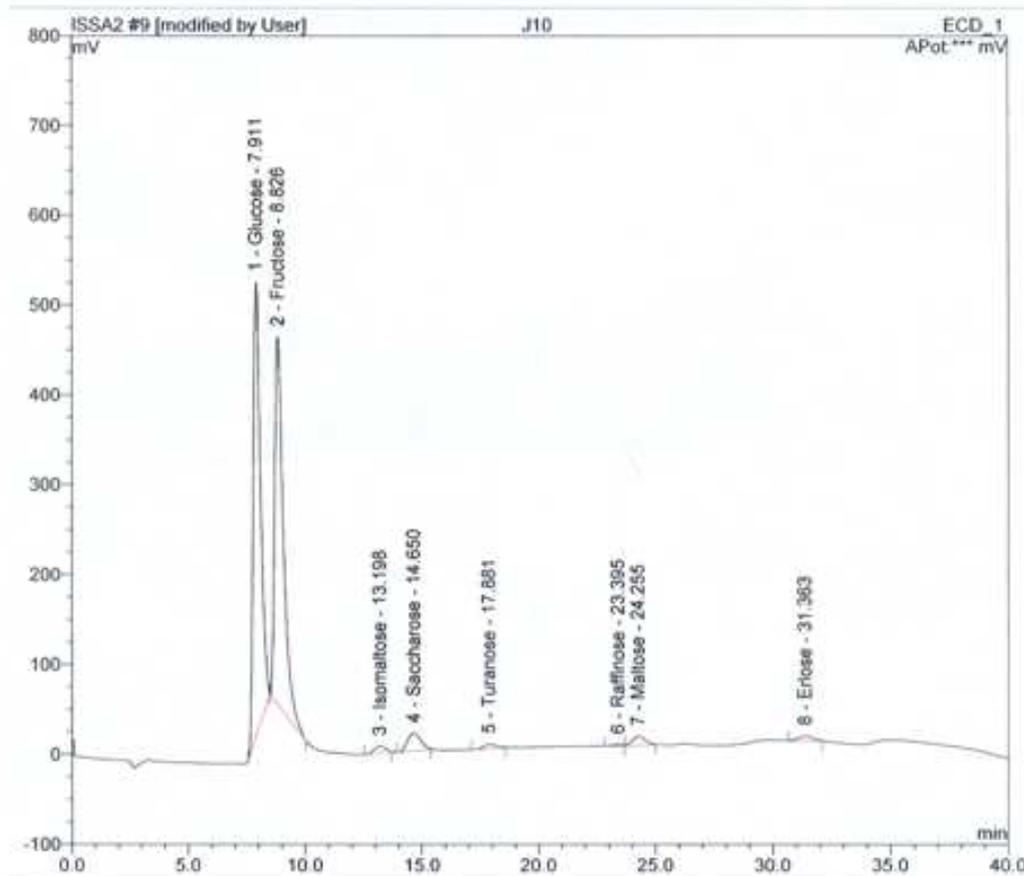
Sample Name:	J9	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 15:18	Run Time:	33.89

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.96	Glucose	BMB	185 919	508 634	30.4171
2	8.90	Fructose	bMB	174 278	403 605	37 4358
3	13.37	Isomaltose	BMB	4 616	7 324	1 3048
4	14.57	Saccharose	BMB	27 308	39 826	8 3467
5	17.91	Turanose	BMB	2 770	4 556	1 4000
6	23.39	Raffinose	BMB	0 274	0 786	0 1028
7	24.28	Maltose	BMB	6 434	10 021	2 5314
8	31.41	Eriose	BMB	5 960	7 775	3 5239
TOTAL:				407 56	982 53	85 06



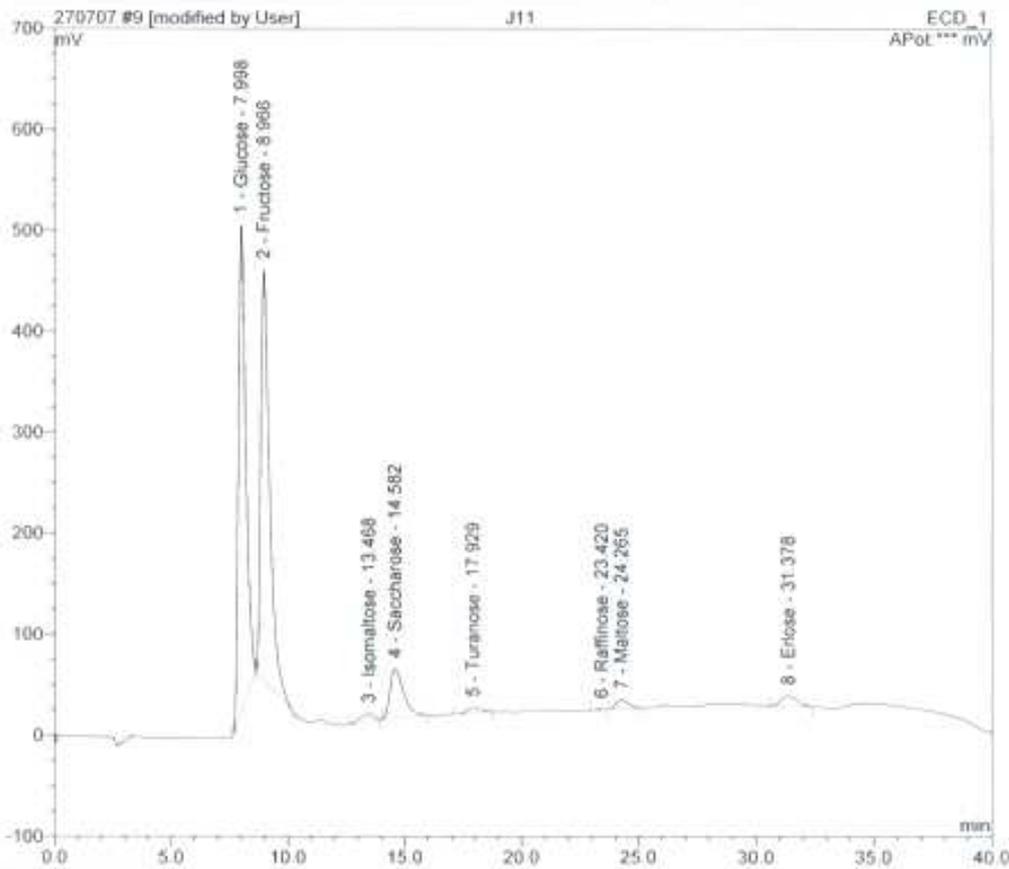
Sample Name:	J10	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	26.07.07 16:11	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.91	Glucose	BMB	183.949	505.163	31.1969
2	8.83	Fructose	bMB	176.340	408.920	39.4889
3	13.20	Isomaltose	BMB	4.233	7.450	1.1468
4	14.65	Saccharose	BMB	12.729	19.352	3.3026
5	17.88	Turanose	BMB	3.183	4.935	1.5647
6	23.40	Raffinose	BMB*	0.742	1.580	0.2476
7	24.26	Maltose	BMB	6.296	9.925	2.1962
8	31.36	Eriose	BMB	3.490	4.884	1.6454
TOTAL:				390.96	962.21	80.79



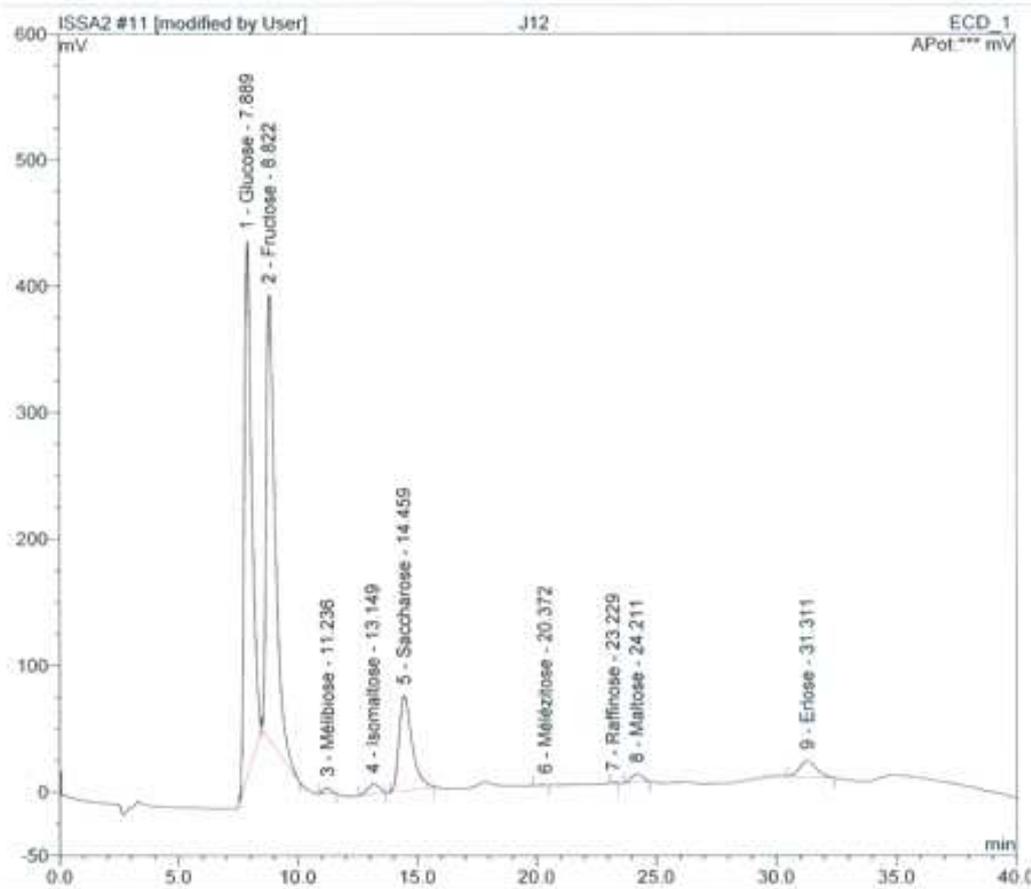
Sample Name:	J11	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 15:58	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	8.00	Glucose	BMB	178.146	483.753	29.1453
2	8.97	Fructose	bMB	178.110	405.768	38.2589
3	13.47	Isomaltose	BMB	4.868	7.513	1.3759
4	14.58	Saccharose	BMB	32.496	48.881	9.9324
5	17.93	Turanose	BMB	3.731	5.362	1.8857
6	23.42	Raffinose	BMB	0.371	0.894	0.1391
7	24.27	Maltose	BMB*	5.347	8.853	2.1038
8	31.38	Eriose	BMB	7.885	10.161	4.6619
TOTAL:				410.95	971.18	87.50



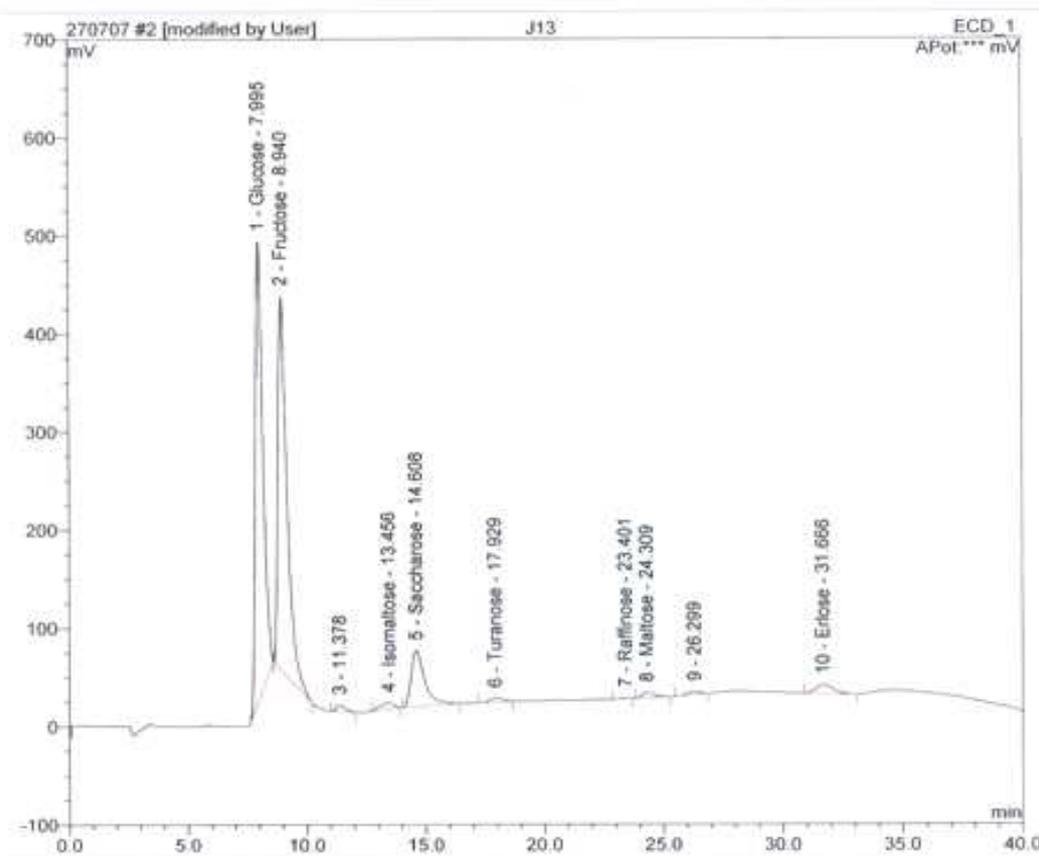
Sample Name:	J12	Inj. Vol:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	26.07.07 17:33	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.89	Glucose	BMB	154.807	423.575	26.2545
2	8.82	Fructose	bMB	152.658	351.640	34.1856
3	11.24	Mélibiose	BMB	1.685	4.623	0.3943
4	13.15	Isomaltose	BMB*	4.346	7.667	1.1773
5	14.46	Saccharose	BMB	47.082	75.022	12.2161
6	20.37	Mélézitose	BMB	0.156	0.357	0.0508
7	23.23	Raffinose	BMB	0.097	0.451	0.0323
8	24.21	Maltose	BMB	3.655	6.548	1.2751
9	31.31	Eriose	BMB*	10.338	12.740	4.8746
TOTAL:				374.82	882.62	80.46



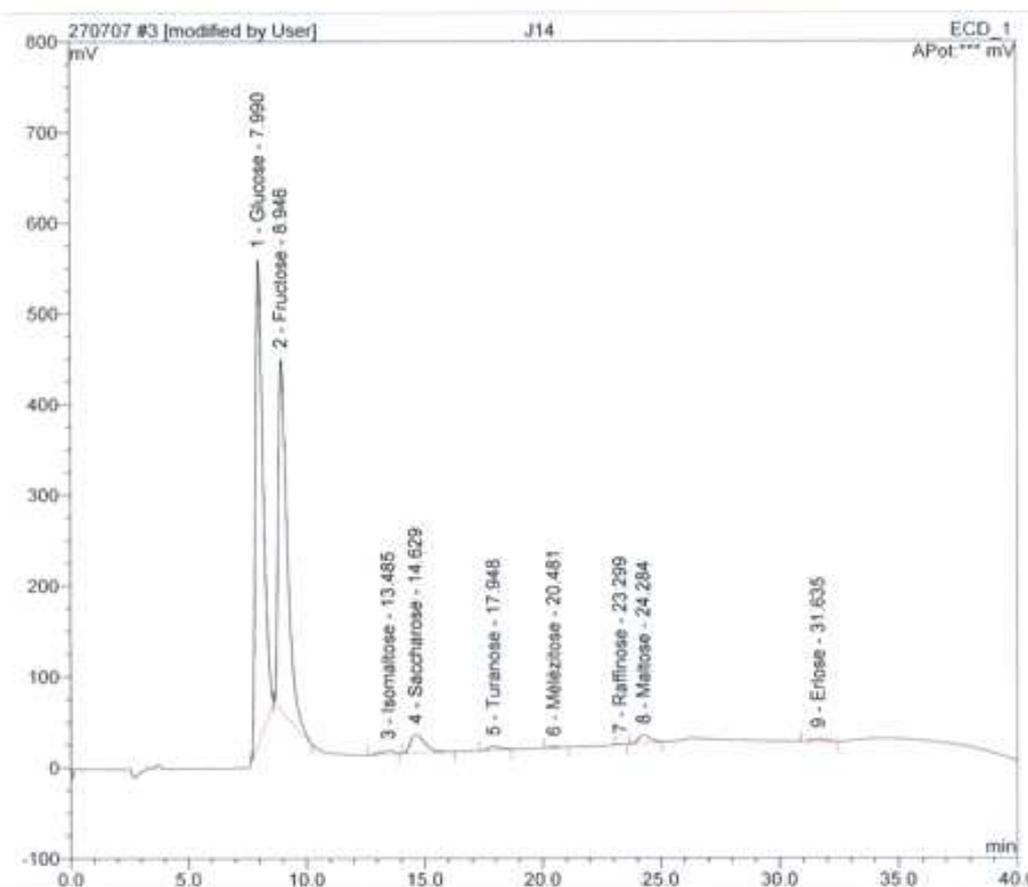
Sample Name:	J13	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 10:35	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.99	Glucose	BMB	174.182	467.959	28.4968
2	8.94	Fructose	bMB	168.092	381.190	36.1069
4	13.46	Isomaltose	BMB	4.217	6.555	1.1919
5	14.61	Saccharose	BMB	37.436	56.807	11.4425
6	17.93	Turanose	BMB	2.569	4.118	1.2986
7	23.40	Raffinose	BMB	0.383	0.841	0.1435
8	24.31	Maltose	BMB	3.089	5.144	1.2155
10	31.67	Eriose	BMB	7.530	9.138	4.4525
TOTAL:				397.50	931.76	84.35



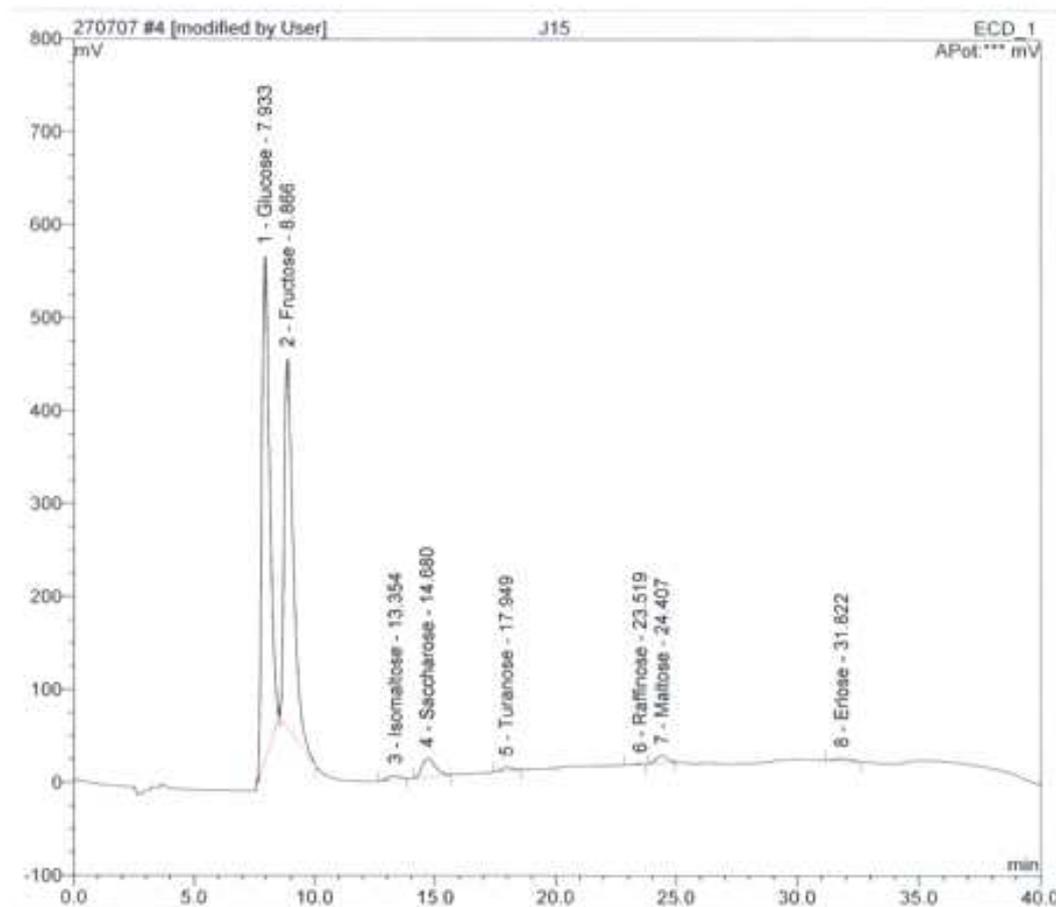
Sample Name:	J14	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 11:22	Run Time:	32.88

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.99	Glucose	BMB	201.203	532.393	32.9175
2	8.95	Fructose	bMB	171.564	387.529	36.8527
3	13.49	Isomaltose	BMB	2.628	3.863	0.7428
4	14.63	Saccharose	BMB	14.150	20.259	4.3249
5	17.95	Turanose	BMB	2.329	3.732	1.1772
6	20.48	Mélezitose	BMB	0.495	0.980	0.1751
7	23.30	Raffinose	BMB	0.194	0.690	0.0728
8	24.28	Maltose	BMB	5.218	8.729	2.0532
9	31.64	Eriose	BMB	1.998	2.791	1.1811
TOTAL:				399.78	960.99	79.50



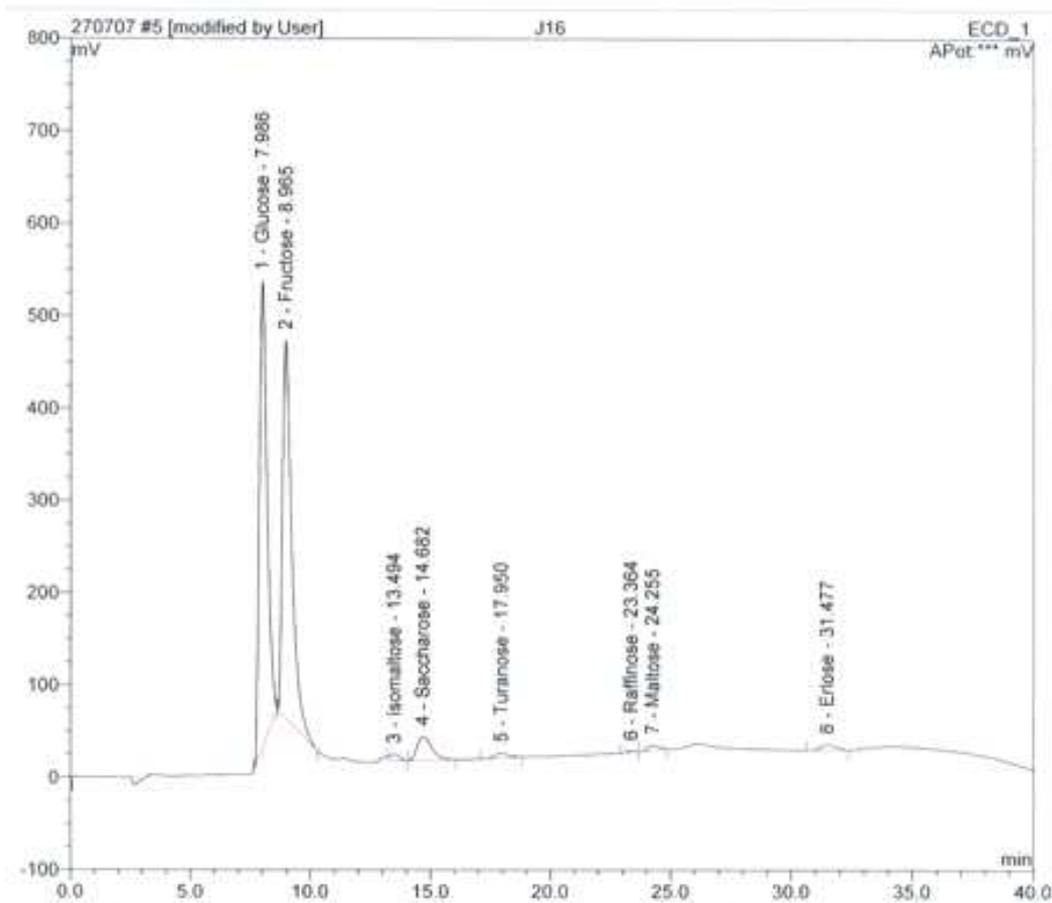
Sample Name:	J15	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 12:13	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.93	Glucose	BMB	203.340	545.218	33.2671
2	8.87	Fructose	bMB	173.006	397.747	37.1625
3	13.35	Isomaltose	BMB	2.761	4.618	0.7805
4	14.68	Saccharose	BMB	12.596	20.000	3.8498
5	17.95	Turanose	BMB	1.971	3.636	0.9961
6	23.52	Raffinose	BMB*	0.341	0.624	0.1278
7	24.41	Maltose	BMB	4.208	7.838	1.6557
8	31.82	Eriose	BMB	2.027	2.669	1.1985
TOTAL:				400.25	982.35	79.04



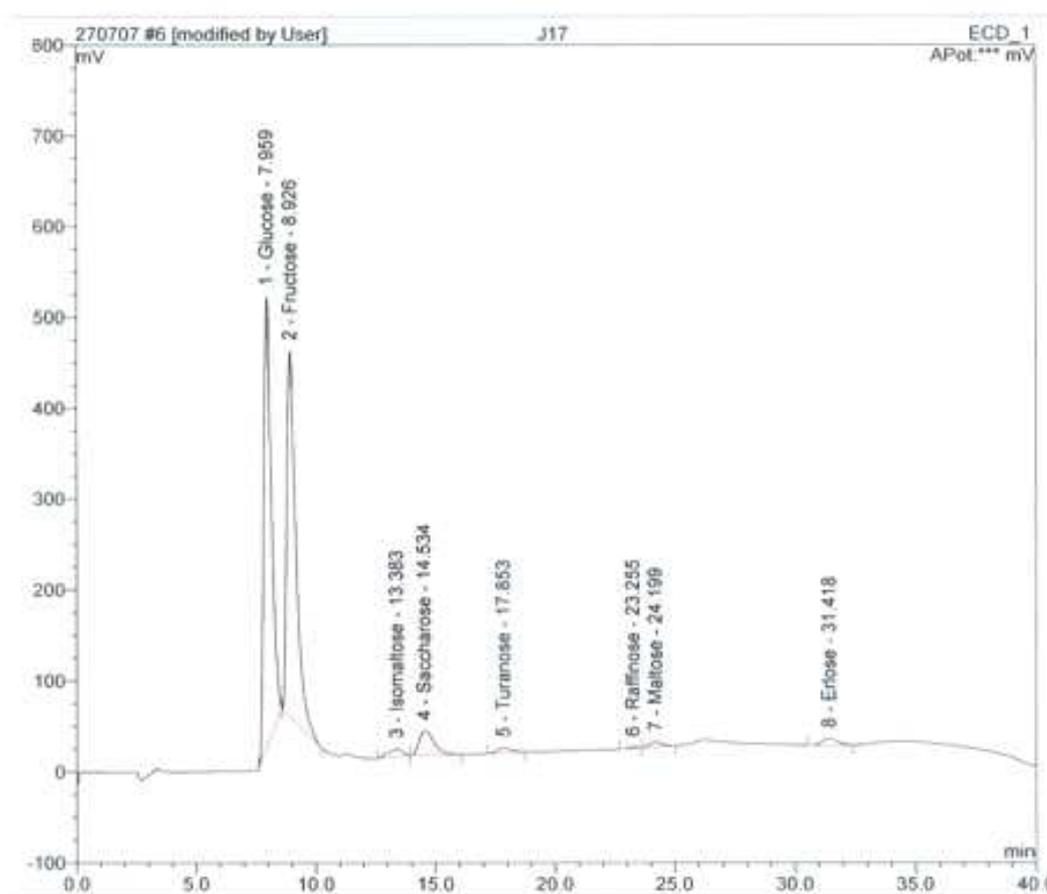
Sample Name:	J16	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 12:53	Run Time:	40.00

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.99	Glucose	BMB	191.641	507.522	31.3531
2	8.96	Fructose	bMB	183.135	406.409	39.3382
3	13.49	Isomaltose	MB*	2.977	6.425	0.8416
4	14.68	Saccharose	BMB	17.840	25.579	5.4528
5	17.95	Turanose	BMB	3.402	5.184	1.7197
6	23.36	Raffinose	BMB	0.463	1.171	0.1736
7	24.25	Maltose	bMB	2.940	5.246	1.1569
8	31.48	Eriose	BMB	4.337	5.881	2.5643
TOTAL:				406.74	965.42	82.60



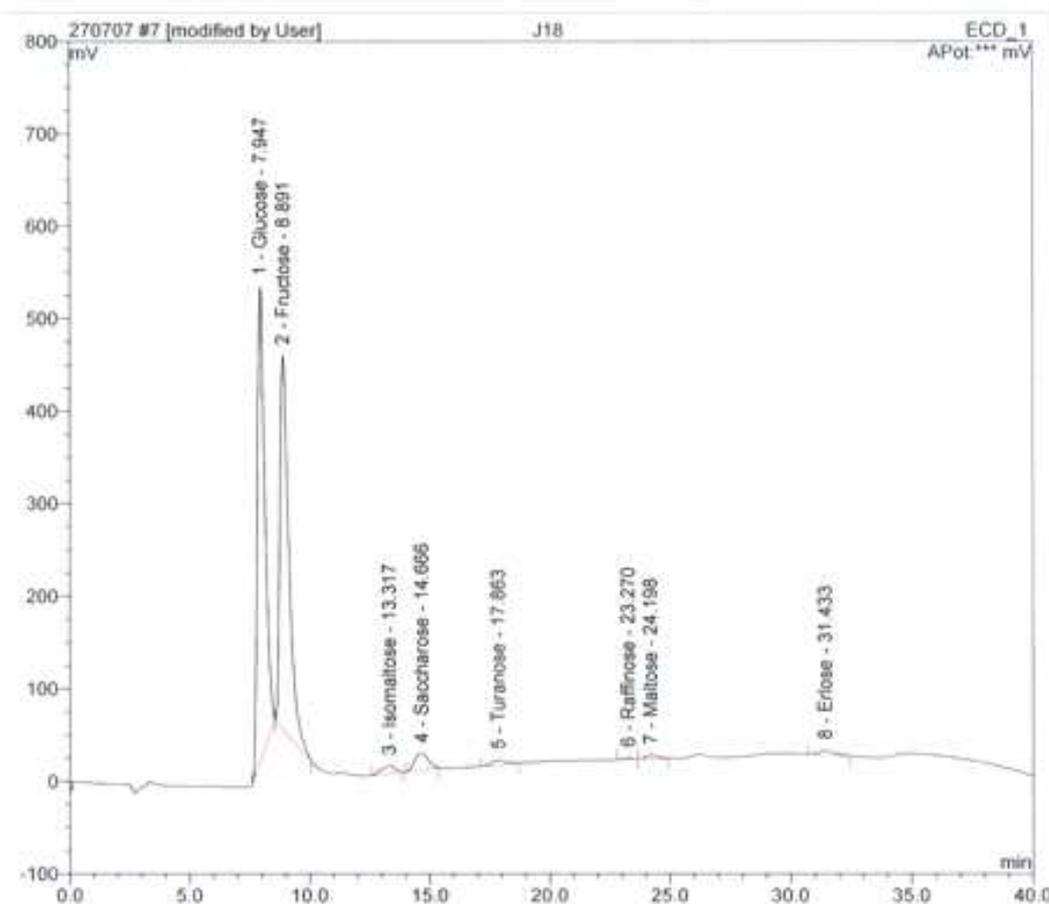
Sample Name:	J17	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 13:45	Run Time:	37.90

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.96	Glucose	BMB	185.125	496.049	30.2871
2	8.93	Fructose	bMB	178.466	401.911	38.3353
3	13.38	Isomaltose	BMB	5.898	8.509	1.6670
4	14.53	Saccharose	bMB	19.329	26.684	5.9078
5	17.85	Turanose	BMB	3.778	5.575	1.9096
6	23.26	Raffinose	BMB	0.600	1.404	0.2248
7	24.20	Maltose	BMB	3.248	5.530	1.2778
8	31.42	Eriose	BMB	5.616	7.365	3.3203
TOTAL:				402.06	953.05	82.93



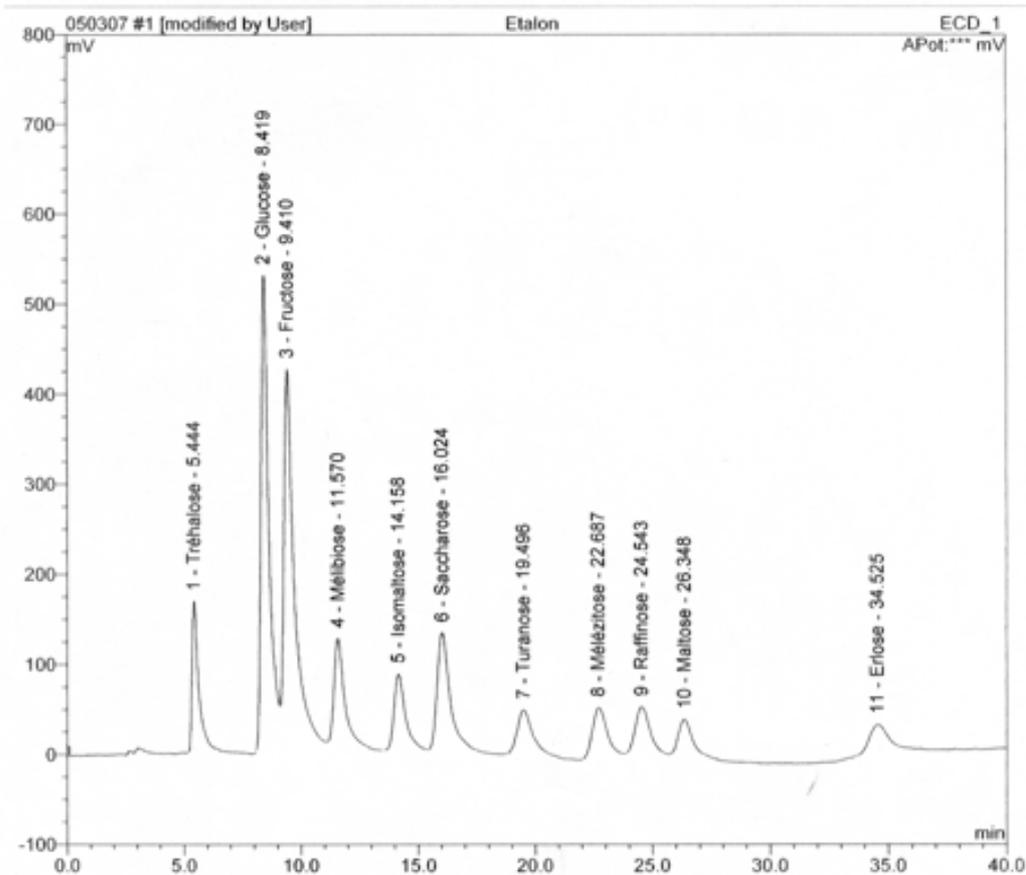
Sample Name:	J18	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	unknown	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	27.07.07 14:36	Run Time:	38.93

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	7.95	Glucose	BMB	187.986	513.138	30.7552
2	8.89	Fructose	bMB	174.357	403.636	37.4527
3	13.32	Isomaltose	BMB	5.392	8.221	1.5241
4	14.67	Saccharose	BMB	11.672	17.336	3.5674
5	17.86	Turanose	BMB	3.125	4.600	1.5797
6	23.27	Raffinose	BMB	0.623	1.439	0.2335
7	24.20	Maltose	bMB	2.253	3.848	0.8865
8	31.43	Ertose	BMB	3.821	4.913	2.2591
TOTAL:				389.23	957.13	78.26



Sample Name:	Etalon	Inj. Vol.:	25.0
Sample Type:	standard	Dilution Factor:	1.0000
Program:	SUCRE	Operator:	n.a.
Inj. Date/Time:	05.03.07 10:02	Run Time:	36.93

No.	Time min	Peak Name	Type	Area mV*min	Height mV	Amount
1	5.44	Tréhalose	BMB	53.864	167.328	13.0000
2	8.42	Glucose	BMB	182.976	511.868	34.5000
3	9.41	Fructose	bMB	170.324	381.244	41.3000
4	11.57	Mélibiose	BMB	57.698	116.442	15.0000
5	14.16	Isomaltose	BMB	47.032	84.615	13.2000
6	16.02	Saccharose	BMB	82.138	130.255	23.8000
7	19.50	Turanose	BMB	34.739	48.584	21.2000
8	22.69	Mélezitose	BMB	38.397	55.067	13.9000
9	24.54	Raffinose	BMB*	35.158	51.172	15.0000
10	26.35	Maltose	BMB*	24.193	38.871	11.2000
11	34.53	Eriose	BMB*	24.290	29.773	11.0000
TOTAL:				750.81	1615.22	213.10



Liste des abréviations

PNDA :Programme national de développement agricole

HMF :Hydroxyméthylfurfural ou 5-Hydroxyméthyl-furane-2-carbaldéhyde

CAC : Commission de Codex Alimentarius

HPLC : Chromatographie liquide sous haute pression(HPLC).

meq. /Kg : Milliéquivalents par kilogramme.

ρ -toluidine : paratoluidine

G: glucose

F: fructose

S: saccharose

IR : Indice de réfraction

A : Alger

T : Tipaza

Ba : Blida

Bs : Boumerdès

Liste des tableaux

Pages

Tableau 1 : Evolution de la production de miel de 1986 à 2002	4
Tableau 2 : Nombre de ruches sur le territoire National (Ministère de l'agriculture, 2006)	4
Tableau 3 : Evolution de la production de miel (Ministère de l'agriculture, juillet 2006)	5
Tableau 4: Composition des sucres du nectar chez quelques espèces de plante en pourcentage	7
Tableau 5 : Les différents facteurs de la production mellifère	8
Tableau 6 : Composition moyenne en sucres de 490 échantillons de miels Américains	13
Tableau 7 : Eléments de l'acidité de 490 échantillons de miels américains	14
Tableau 8 : Sels minéraux et oligo-éléments dans le miel de différentes provenances	16
Tableau 9 : Composition moyenne de quelques types du miel en pourcentage	19
Tableau 10: Relation entre la quantité d'eau du miel et l'indice de réfraction (Table de Chataway, 1935)	20
Tableau 11 : Rapport entre la teneur en eau, la température et la viscosité des miels	21
Tableau 12 : Propriétés et indications thérapeutiques spécifiques attribuées aux principaux miels unifloraux	25
Tableau 13 : Les grands types de pollen	38
Tableau 13 bis: Les grands types de pollen	39
Tableau 14 : Indice absolu de sucre des différentes plantes (en milligramme de sucre produit par fleur et par 24 heures)	46
Tableau 14 bis : Indice absolu de sucre des différentes plantes(en milligramme de sucre roduit par fleur et par 24 heures)	47
Tableau 15 : Potentiel mellifère de quelques espèces florales	48
Tableau 16: Poids des différents sucres utilisés pour les solutions standards	63
Tableau 17 : Conductibilité électrique des échantillons de miel des régions du Nord	69
Tableau 18 : Teneur en eau des échantillons de miel des régions du Nord	71
Tableau 19 : pH et acidité des échantillons de miel des régions du Nord	73
Tableau 20 : Coefficient d'HMF, densité optique et HMF des échantillons de miel des régions du Nord	75
Tableau 21: Activité diastasique des échantillons de miel des régions du Nord	77
Tableau 22 :Teneur en fructose, glucose, fructose/glucose, glucose /eau et Somme de glucose et fructose des miels des régions du Nord	79

Tableau 23 : Teneur en saccharose des miels des régions du Nord	81
Tableau 24 : Teneur en isomaltose, turanose, raffinose, maltose et erlose des miels des régions du Nord	83
Tableau 25 : Conductibilité électrique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	85
Tableau 26 : Teneur en eau des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	87
Tableau 27 : pH et acidité des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	90
Tableau 28 : Coefficient d'HMF, densité optique et HMF des échantillons de miel de la région de Djelfa	92
Tableau 29 : Activité diastasique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	94
Tableau 30 : Teneur en fructose, glucose, rapport fructose/glucose, rapport glucose/eau et somme de glucose et fructose des miels de la région de Djelfa	96
Tableau 31 : Teneur en saccharose des miels de la région de Djelfa	98
Tableau 32 : Teneur en sucres spécifiques des miels de la région de Djelfa	99
Tableau 33: Les différents types de pollens présents dans les échantillons de miel des régions du Nord (en pourcentage)	103
Tableau 33 bis : Les différents types de pollens présents dans les échantillons de miel des régions du Nord (en pourcentage)	104
Tableau 34: Les différents types de pollen isolés présents dans les miels des régions du Nord (en pourcentage)	105
Tableau 34 bis : Les différents types de pollen isolés présents dans les miels des régions du Nord (en pourcentage)	106
Tableau 35: Les différents types de pollen présents dans les miels de la wilaya de Djelfa(en pourcentage)	110
Tableau 35 bis : Les différents types de pollen présents dans les miels de la wilaya de Djelfa(en pourcentage)	111
Tableau 36 : Durée nécessaire pour la formation de 40mg d'HMF/ kg de miel	114
Tableau 37 : Présentation des normes établies pour les miels des régions du Nord	116
Tableau 38 : Présentation des normes établies pour les miels de la wilaya de Djelfa	116

Liste des figures

	Pages
Figure 1 : Composition chimique du miel (Guerrith, 1996)	11
Figure 2 : Les différentes formes de grains de pollen	35
Figure 3 : Coupe schématique d'un grain de pollen avec indications des principales structures de l'exine d'après la forme de ses protubérances	37
Figure 4 : Principaux aspects de l'exine à sculptures peu profondes ($> 1\mu\text{m}$)	37
Figure 5 : Représentation schématique des grands types de pollen	40
Figure 6 : Carte de présentation des régions du Nord	56
Figure 7 : Présentation de la wilaya de Djelfa	57
Figure 8 : Teneur en eau des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	86
Figure 9 : pH initial des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	89
Figure 10 : Comparaison des teneurs en saccharose et erlose des échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa	101
Figure 11 : Comparaison des principaux taxons composant les pollens des miels de la wilaya Djelfa	109

Table des matières

Page	
	Introduction Générale..... 1
	PARTIE I : Le miel, composition et propriétés..... 3
	1. Place de l’apiculture dans les productions animales en Algérie 4
	2. Définition du miel 5
	3. Origine du miel..... 5
	3.1. Le nectar
	3.2. Le miellat
	4. Les différents types de miels 9
	4.1. Miel unifloral
	4.2. Miel multifloral
	5. Formation du miel 9
	6. Composition et propriétés du miel 10
	6.1. Composition et propriétés chimiques essentielles
	6.1.1. L’eau
	6.1.2. Les glucides
	6.1.3. Les acides
	6.1.4. Les Protéines
	6.1.5. Les acides aminés.....
	6.1.6. Les sels minéraux
	6.1.7. Les enzymes
	6.1.8. L’hydroxyméthylfurfural (HMF) ou 5-Hydroxyméthyl-furane-2-carbaldéhyde
	6.1.9. Les constituants divers
	6.2. Propriétés Physiques
	6.2.1. L’indice de Réfraction (IR)
	6.2.2. La densité
	6.2.3. La viscosité
	6.2.4. La conductibilité électrique
	6.2.5. Le pH
	6.3. Propriétés Organoleptiques
	6.3.1. La couleur
	6.3.2. L’odeur
	6.3.3. La saveur
	6.3.4. La Cristallisation du miel
	6.4. Propriétés biologiques
	6.4.1. Valeur alimentaire et diététique
	6.4.2. Valeur thérapeutique
	PARTIE II : Substances étrangères et Contaminants du miel 26
	Introduction 27
	1. Impuretés sous forme de particules..... 27
	2. Sels minéraux et oligo-éléments 27
	3. Médicaments et traitements vétérinaires 27
	4. Pesticides et hydrocarbures halogénés 28
	5. Falsification du miel..... 28

PARTIE III : Caractérisation pollinique du miel (Méliko-palynologie)	31
1. Généralités	32
2. Nomenclature utilisée pour la description des grains de pollen	33
2.1. Symétrie et forme	33
2.2. Taille des grains de pollen.....	34
2. 3. Structure du grain de pollen	35
2. 4. Sculpture	36
2. 5. Apertures	36
2. 6. Coloration du pollen.....	36
3. Les grands types de pollen	37
4. Les Méthodes utilisées en Méliko-palynologie	41
4.1. Méthode classique	41
4.2 Méthode d'acétoyse	42
5. Les problèmes posés en méliko-palynologie	42
5.1. Origine du pollen présent dans les miels.....	43
5.2. Variation de la richesse en pollen des miels	43
5.2.1. Structure et biologie florale des différentes espèces	44
5.2.2 Conditions de sécrétion nectarifère	45
5.2.3. Travail de l'abeille	49
5.2.4. Influence du mode d'extraction	49
5. 3. Validité de l'analyse pollinique : sur et sous représentation du pollen.....	50
Conclusion	52
PARTIE IV : Matériels et méthodes	53
Introduction	54
1. Les échantillons de miel	55
2. Présentation des zones d'étude	55
2.1. Les régions du nord	55
2.2. La wilaya de Djelfa	56
3. Analyses physico-chimiques	57
3.1. Analyses physiques	57
3.1.1. La conductibilité électrique	57
3.1.2. Le pH	58
3.2. Analyses chimiques	58
3.2.1. La teneur en eau	58
3.2.2. L'acidité libre, l'acidité liée (des lactones) et l'acidité totale	59
3.2.3. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)	60
3.2.4. Mesure de l'activité diastasiqne ou amylasiqne.....	61
3.2.5. Le dosage des sucres	62
1- Principe	62
2- Calibrage externe du chromatographe	63
4. Analyse pollinique des échantillons de miel	64
PARTIE V : Résultats et Discussion	67
1. Analyses physico-chimiques	68
1.1. Les échantillons de miels des régions du Nord	68
1.1. 1. La conductibilité électrique	68
1.2. 2. La teneur en eau des échantillons de miels des régions du Nord.....	70

1.1. 3. pH et acidité des miels des régions du Nord	72
1.1. 4. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)	74
1.1. 5. L'activité diastasique ou amylasique	76
1.1. 6. La teneur en sucres	78
1. La teneur en glucose et fructose (monosaccharides)	78
2. Le rapport Fructose / Glucose et Glucose / Eau)	80
3. La teneur en saccharose.....	80
4. La teneur en sucres spécifiques	82
1.2. Les échantillons de miels de la région de Djelfa.....	84
1.2. 1. La conductibilité électrique	84
1.2. 2. La teneur en eau	86
1.2. 3. pH et acidité des échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa	88
1.2. 4. Le dosage de l'hydroxyméthyl furfural (HMF)	91
1.2. 5. Activité diastasique des échantillons de miel de la wilaya de Djelfa	93
1.2. 6. La teneur en sucres	95
1. La teneur en glucose et fructose (monosaccharides)	95
2. Le rapport Fructose / Glucose (F/G) et rapport Glucose / Eau (G/Eau)	97
3. La teneur en saccharose.....	97
4. La teneur en sucres spécifiques	99
2. Analyses polliniques	102
2.1. Les échantillons de miel des régions du Nord.....	102
2.2. Les échantillons de miel de la Wilaya de Djelfa.....	108
Discussions	112
1. Les miels des régions du Nord	116
2. Les miels de la Wilaya de Djelfa	116
Conclusion et perspectives	117
Références bibliographiques	119
Annexes.....	133
Liste des abréviations	197
Liste des tableaux	198
Liste des figures	201

ملخص

في اطار وضع مقاييس خاصة لتشخيص أهم الأعسال الموجودة في بلادنا، نقترح دراسة أعسال المناطق الشمالية وكذلك منطقة الجلفة.

تتمثل هذه الدراسة في تحاليل فيزيوكيميائية تمكننا من المعرفة الدقيقة لمكونات العسل وهي: نسبة الماء، كمية الهيدروكسيميتيل فورفورال، كمية الانزيمات، الناقلية الكهربائية، الحموضة الكلية وكذلك نسبة مختلف السكريات. أما بالنسبة للتحاليل الباليولوجية فالغرض منها معرفة الأصل الزهري للعسل الذي يكون نظرا لتنوع النباتات الرحيقية و الطلعية في شمال البلاد أكثر تعقيدا مما هو في منطقة الجلفة. كل هذه النتائج ستسمح لنا من معرفة أوجه التشابه و الاختلاف بين مقاييس الأعسال الموجودة في بلادنا و المقاييس العالمية. الكلمات المختصرة: عسل، تحليل العسل، فيزيوكيميائية، علم الباليولوجيا.

Résumé

Dans le but de mettre en place des normes d'identifications des principaux miels de notre pays, nous nous proposons d'étudier les miels des régions du Nord ainsi que ceux de la Wilaya de Djelfa. Les critères de caractérisation retenus sont : la teneur en eau, la teneur en hydroxyméthyl furfural (HMF), la conductibilité électrique, le pH, l'acidité totale, les sucres ainsi que l'activité diastasique (l'amylase). Cette étude permettra aussi de vérifier la qualité et l'appellation de ces miels par l'analyse palynologique. Il s'agira d'établir si les miels en question répondent aux normes internationales ou est-ce qu'il existe des spécificités propres à nos régions. Les miels des régions du Nord sont constitués essentiellement de miels d'agrumes, d'eucalyptus et de miels de toutes fleurs, leur spectre pollinique est constituée d'une grande diversité de plantes mellifères et pollinifères que nous devons identifier tandis que celui de la région de Djelfa parait plus simple constitué essentiellement de *Zizyphus jujuba* et de *Péganum harmala*.

Mots clés : analyse des miels, physico-chimie, palynologie.

Abstract

With the aim of setting up standards of identifications of main honeys of our country, we suggest studying honeys of the regions of the North as well as those of the country of Djelfa. The reserved criteria of characterization are: the moisture content, the content hydroxyméthyl furfural (HMF), the electric conductivity, the pH, the total acidity, the sugars as well as the activity diastasique (the amylase). This study will also allow verifying the quality and the naming of these honeys by the analysis palynologic. It will be a question of establishing if honeys in question answer the international standards. Honeys of the of the North Algeria are essentially constituted by honeys of citrus fruits, by eucalyptus and by honeys of any flowers, their pollinique specter is established (constituted) by a big variety of plants mellifères and pollinifères that we have to identify whereas that of the country of Djelfa adorned simpler constituted essentially by *Zizyphus jujuba* and by *Péganum harmala*.

Keywords: analysis of honeys, physico-chemistry, palynology.

