

Caractérisations physico-chimiques des miels de la zone Guinéenne du Togo

C. KOUDEGNAN¹, K. ETSE¹, S. COULIBALY², M-L. QUASHIE¹, P. RADJI¹, K. KOKOU¹

(Reçu le 25/09/2020; Accepté le 27/01/2021)

Résumé

En vue d'étudier la qualité des miels consommés dans la zone guinéenne du Togo pour une bonne gestion de leur production et de leur commercialisation, des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur 44 échantillons de miel dont 21 achetés chez des apiculteurs eux-mêmes et 23 chez des commerçants à des points de vente dans la zone d'étude qui sont les pharmacies, les boutiques, les supermarchés et les marchés. Ces caractérisations physico-chimiques ont pris en compte la densité, le pH, la teneur en eau, la teneur en sucres, la conductivité électrique et la vitesse de propagation de la lumière. Les résultats obtenus montrent que les miels échantillonnés répondent dans l'ensemble aux normes internationales et leur caractérisation permettra d'obtenir des labels de qualité propres au Togo. La majorité des miels (soit 78 % à 93 %) sont de qualité moyenne ou à conservation moyenne. Au total, 68 % environ des miels analysés sont produits par les abeilles à base de mélange de nectar et de miellat. Pour chacun des paramètres étudiés, les valeurs les plus élevées par rapport aux normes définies par *Codex Alimentarius* sont surtout relevées dans la catégorie des miels commercialisés.

Mots clés: Miel, Qualité, Paramètres physico-chimiques, Palynologie, Togo

Physico-chemical characterizations of honey from the Guinean zone of Togo

Abstract

In order to study the quality of the honeys consumed in the Guinean Zone of Togo for a better management of their production and their marketing, physico-chemical analyzes were carried out on 44 samples of honey including 21 bought from beekeepers themselves and 23 from traders at various points of sale in the study area such as pharmacies, shops, supermarkets and markets. These physicochemical characterizations took into account density, pH, water content, sugar content, electrical conductivity and speed of propagation of light. The results obtained for each of these parameters show that the sampled honeys meet on the whole international standards and their characterization will make it possible to obtain quality labels specific to Togo, and thereby those of Africa in general. The majority of honeys (78 to 93%) are of medium quality or medium conservation. In total, about 68% of the honeys analyzed are produced by bees from mixtures of nectar and honeydew. For each of the parameters studied, the highest values compared to the standards defined by the *Codex Alimentarius* were especially noted in the category of marketed honey.

Keywords: Honey, Quality, Physico-chemical parameters, Palynology, Tog

INTRODUCTION

Le miel est défini comme la substance naturelle sucrée produite par les abeilles (*Apis mellifera* L.) à partir du nectar des plantes ou à partir des sécrétions provenant de parties vivantes de plantes ou à partir d'excrétions d'insectes butineurs laissées sur les parties vivantes de plantes, que les abeilles butinent, transforment en les combinant avec des substances spécifiques qu'elles sécrètent elles-mêmes, déposent, déshydratent, emmagasinent et laissent affiner et mûrir dans les rayons de la ruche (Codex, 2001). Pendant plusieurs millénaires, et jusqu'au début du XVIII^e siècle, il fut la principale source de sucres pour l'homme (Darrigol, 1996). C'est un produit naturel par excellence, très riche en sucres assimilables de différentes sortes, et qui contient l'eau plus quelques matières minérales et des enzymes, avec une composition chimique qui varie assez bien selon son origine florale.

Au Togo, tout comme dans d'autres pays africains, le miel reste un aliment qui est largement utilisé pour ses diverses vertus. Il est tant utilisé à des fins thérapeutiques qu'alimentaires.

Face à ces diverses propriétés du miel, qui est alors à la fois un aliment et un médicament très prisé. Ainsi, pour des raisons d'ordres commerciaux et économiques, certains miels sont souvent contrefaits ou frelatés. La consommation de

ces miels pourrait forcément engendrer d'énormes effets néfastes sur la santé des consommateurs. Il se pose alors le problème de la qualité du miel pour la santé du consommateur. En général, les miels contrefaits tout comme ceux naturels, visiblement difficiles à distinguer, après leur production, extraction et mise en de petites boîtes de 250 à 500 voire 600 ml et rarement 1000 ml, sont le plus souvent convoyés vers les points de vente qui se résument en des pharmacies, des supermarchés, des boutiques, des marchés des villages et même en des maisons.

L'objectif général de ce travail est de contribuer à la caractérisation des miels produits et vendus de la zone guinéenne du Togo. Spécifiquement, elle vise à évaluer le niveau de qualité de ces échantillons à partir de quelques éléments physico-chimiques pour la détection de ceux contrefaits.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude

La présente étude a été effectuée dans la zone guinéenne du Togo qui correspond à l'ensemble formé par trois zones écologiques: la zone 3 ou zone des plaines du Centre, la zone 4 ou zone des montagnes du Sud-Ouest et la zone 5 ou zone de la plaine côtière (Ern, 1979 in Brunel *et al.*, 1984). Cette zone d'étude s'étend entre les latitudes 6°05' et 9°10' et les longitudes 0°30' et 1°60' (Figure 1).

¹ Laboratoire de Recherche Forestière, Université de Lomé, Togo

² UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

Le relief de la zone guinéenne se caractérise essentiellement par la présence d'une chaîne de montagne prenant le pays en écharpe (chaîne de l'Atakora) et l'existence de part et d'autre de cette chaîne de vastes plaines dont celle du Mono au sud-est. Cette zone jouit d'un climat qui varie d'une zone écologique à une autre.

La zone écologique 3 est caractérisée par un climat guinéen de plaine. La précipitation annuelle varie entre 1200 et 1300 mm. La température moyenne mensuelle est de 26 °C (Figure 2). La zone écologique 4 est caractérisée par un climat guinéen de plateaux avec une précipitation annuelle oscillant entre 1300 et 1600 mm. La température moyenne mensuelle se situe entre 25 et 29 °C (Figure 3). Quant à la

zone écologique 5, elle est caractérisée par un climat guinéen subéquatorial, une précipitation annuelle variant entre 1000 et 1300 mm, et une température moyenne mensuelle similaire à celle dont jouit la zone 4 (Figure 4).

Plus de la moitié de la population togolaise, estimée à plus de 6.191.155 habitants avec un taux de croissance annuel moyen de 2.8 % entre 1981 et 2010 (4^{ème} RGPH, 2010), se retrouve dans la zone guinéenne et vit majoritairement de l'agriculture dans l'ensemble.

Matériel

Le matériel de laboratoire utilisé lors des diverses analyses palynologiques ou chimiques et des examens microscopiques effectués se constitue entre autres de: un microscope «Nikon Eclipse Ci», une centrifugeuse «Jouan C 3 12», des tubes à centrifugation à fond conique de capacité moyenne de 40 ml, un bain-marie, des balances, un pH-mètre, un conductimètre «Knick», un réfractomètre de miel, une verrerie, des réactifs et produits chimiques.

Un ensemble de matériel de terrain, constitué principalement d'un Global Positioning System GPS « Etrex Garmin », d'un appareil photographique, des papiers journaux, d'un bloc-notes, des bouteilles en plastique, a été utilisé pour les relevés floristiques, la prise des points géographiques, la prise des photos, la conservation des espèces non identifiés sur le terrain et l'achat du miel.

Échantillons de miel analysés

Le présent travail a porté sur quarante-quatre (44) échantillons de miel achetés dans différents points ou lieux de vente disponibles dans la zone d'étude (Figure 5). La collecte de miel a été faite au hasard et en tenant compte de sa disponibilité dans les points de vente. Avant tout échantillonnage, des pré-enquêtes ont été réalisées en vue de répertorier les différents lieux ou points de vente existant dans la zone d'étude.

Chacun des échantillons est anonymé sous un numéro code présenté comme suit: GXY, les deux premières lettres indiquent le pays de provenance du miel (TG = TOGO) et les deux dernières, l'ordre de numérotation de l'échantillon (XY = de 25 à 80). En fonction de leurs lieux d'achat ou de collecte, tous les échantillons analysés se sont regroupés en deux catégories (Tableau 1). La première catégorie, qui regroupe les 21 miels achetés directement chez les apiculteurs à la base ou dans leur domaine, est symbolisée EMA, c'est-à-dire "Échantillons de Miel achetés chez les Apiculteurs". La seconde catégorie inclue les 23 miels achetés dans des pharmacies (12), des boutiques (06), supermarchés (03) et maisons de ventes (02). Cette catégorie est symbolisée «EMC» et se définit comme "Échantillons de Miel achetés chez les Commerçants".

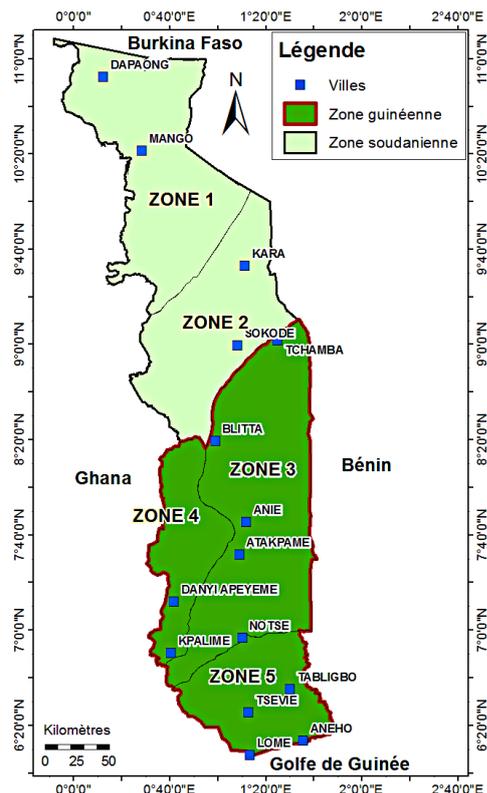


Figure 1: Situation de la zone d'étude

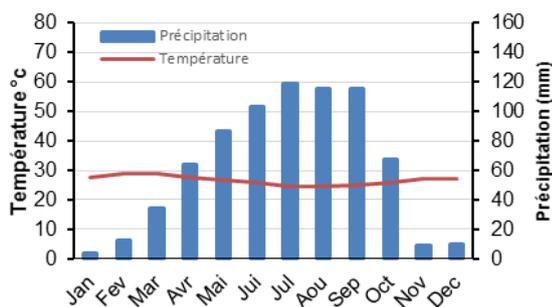


Figure 2: Courbe ombrothermique de la station de Atakpamé (1981 – 2010)

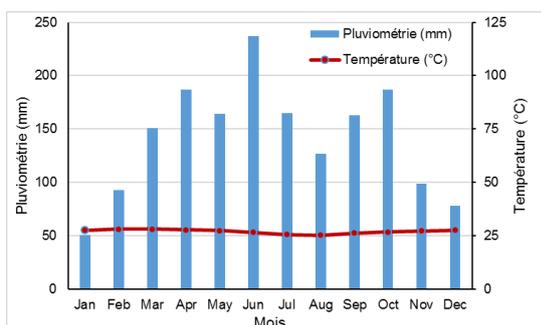


Figure 3: Courbe ombrothermique de la station de Kouma-Konda (1981-2010)

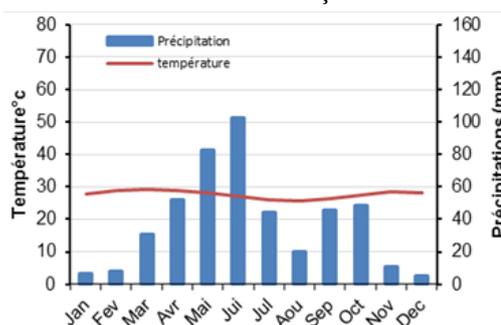


Figure 4: Courbe ombrothermique de la station de Lomé (1981-2010)

Analyses physico-chimiques

Densité

La densité est obtenue en calculant le quotient de la masse volumique d'un miel et de celle de l'eau distillée. Pour y parvenir, on pèse 5 mg (ou 5 ml) d'eau distillée et on note le poids. Ensuite, on effectue la même pesée pour l'échantillon à analyser et on note aussi son poids. La densité est alors exprimée par la relation (Formule 1):

Formule 1: Densité par rapport à l'eau

Potentiel d'hydrogène (pH)

Encore connu sous l'appellation d'indice de Sorénsen, le pH est défini comme le cologarithme de la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans une solution. Pour le miel, il représente un indice de la «réactivité acide» et est mesuré suivant la méthode de Louveaux (1985) à l'aide d'un pHmètre.

Conductivité électrique

$$d = \frac{M \text{ miel}}{M \text{ eau}} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} d & = \text{Densité du miel analysé} \\ M \text{ miel} & = \text{Masse du volume en gramme du miel} \\ M \text{ eau} & = \text{Masse du volume en gramme de l'eau distillée} \end{cases}$$

La conductivité électrique a été déterminée selon la mé-

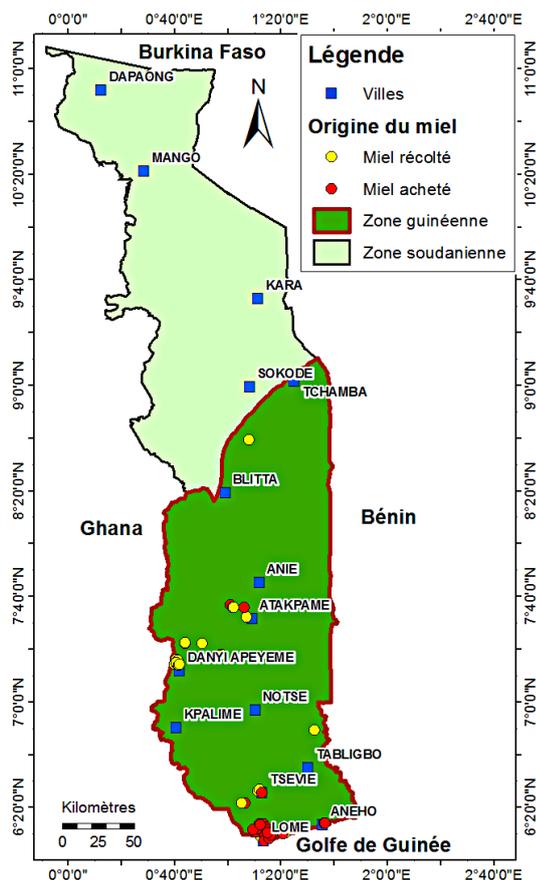


Figure 5: Distribution des sites d'échantillonnage de miel étudié

Tableau 1: Répartition des miels analysés en fonction de leurs sites d'échantillonnage

EMA (Échantillons de miel acheté chez les apiculteurs)	EMC (Échantillons de miel acheté chez les apiculteurs)
TG25, TG27, TG29, TG30, TG31, TG32, TG33, TG34, TG35, TG36, TG38, TG41, TG44, TG45, TG49, TG50, TG60, TG61, TG62, TG63, TG80.	TG26, TG28, TG37, TG39, TG40, TG42, TG43, TG64, TG65, TG66, TG67, TG68, TG69, TG70, TG71, TG72, TG73, TG74, TG75, TG76, TG77, TG78, TG79.

thode de Bogdanov (2002) au moyen d'un conductimètre et est exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm). Cette méthode permet de vérifier la compatibilité de la valeur de la conductivité électrique du miel analysé avec son appellation florale (Louveaux, 1985).

Teneur en eau

La mesure de la teneur en eau est faite au moyen d'un réfractomètre indiqué pour le miel. Le miel à analyser doit être parfaitement liquide. Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener l'indice de réfraction à la normale. Le coefficient de correction est de 0,00023 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire (Chataway, 1935).

Teneur en sucres

Grâce à la méthode de réfractomètre, on a pu évaluer le taux de sucres totaux contenu dans les différents échantillons de miel étudiés. La lecture est faite sur l'échelle qui indique le degré Brix situé en parallèle avec l'échelle de l'indice de réfraction. Selon Dailly (2008), le degré Brix du miel indique la quantité de sucres (en g) contenue dans 100 g de miel à 20°C. Il existe donc une légère différence entre le degré Brix et le pourcentage de matière sèche d'un miel. Si la mesure a été effectuée à une température différente de 20°C, la lecture doit être corrigée pour ramener la valeur Brix à la normale. Le coefficient de correction est de 0,09 par degré Celsius. La correction est additive, si la mesure est faite au dessus de 20°C, soustractive dans le cas contraire (Chataway, 1935).

Vitesse de propagation de la lumière

Selon Dailly (2008), l'indice de réfraction «n» d'un milieu (Tableau 2) caractérise la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu. Il est défini par le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide, notée «c», et celle mesurée dans ce milieu, notée «v» (Formule 2). C'est de cette relation qu'est déduite la formule utilisée pour calculer la vitesse de propagation de la lumière dans chacun des différents échantillons (Formule 3):

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} V: & \text{Vitesse de propagation de la lumière dans le miel} \\ C: & \text{Vitesse de propagation de la lumière dans le vide} \\ n: & \text{Indice de réfraction du miel considéré} \end{cases}$$

Formule 2: Indice de réfraction du miel

$$v = \frac{c}{n}$$

Formule 3: Vitesse de propagation de la lumière dans le miel

Tableau 2: Table de conversion IR-Brix-Humidité (miel) de Dailly (2008)

n _D ²⁰	Degré Brix		Teneur en eau (%)
	Brix (%)	100 - Brix (%)	
1,48295	77,0	23,0	21,4
1,48552	78,0	22,0	20,4
1,48811	79,0	21,0	19,3
1,49071	80,0	20,0	18,3
1,49333	81,0	19,0	17,3
1,49597	82,0	18,0	16,3
1,49862	83,0	17,0	15,2
1,50129	84,0	16,0	14,2

Analyse Statistique

L'analyse statistique, basée sur l'analyse de la variance (ANOVA), a été réalisée grâce au logiciel de XLSTAT 2008.6. pour une comparaison entre les différents échantillons du miel collectionnés et étudiés. Le test établi a été celui de Newman-Keuls, qui est un test de comparaison de moyennes par paires suite à une ANOVA univariée.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Densité (d)

La densité des échantillons de miel analysés est comprise dans l'ensemble entre 1,22 et 1,70 avec une moyenne de $1,41 \pm 0,02$. La plus faible valeur se retrouve dans le miel TG50 de la catégorie des échantillons de miel achetés chez les apiculteurs (EMA) et la plus forte est du miel TG78 de la catégorie des échantillons de miel achetés chez les commerçants (EMC) (Figure 6).

Par ailleurs, à l'intérieur de chaque catégorie d'échantillons, on note également une variation de la densité.

- Pour les miels des EMA, elle oscille entre 1,22 (TG50) et 1,47 (TG36) avec une moyenne de $1,35 \pm 0,02$.
- Pour les miels des EMC, elle varie entre 1,29 (TG39) et 1,70 (TG78) avec une moyenne de $1,45 \pm 0,02$.

Par ailleurs, l'analyse de la variance relative à la densité des différents échantillons de miel montre une différence hautement significative entre les EMA et les EMC ($p = 0,002$). De plus, on constate que la variabilité de la densité au sein des EMA est plus faible par rapport à celle au sein des EMC. Ceci se justifie par leurs coefficients de variation obtenus par le test et qui sont respectivement de 0,046 et 0,069.

Les valeurs de la densité ou du poids spécifique (Louveaux, 1968) obtenues montrent que 90,24 % du total ont une densité comprise entre 1,22 et 1,52. Les 9,76 % d'échantillons restants ont une densité qui est comprise entre 1,54 et 1,70. Il s'agit des échantillons comme: TG68, TG69, TG76 et TG78 qui sont tous de la catégorie des échantillons de miel achetés chez les commerçants (EMC). Selon Gonnet (1982) et Prost (1987), la densité du miel varie approximativement de 1,39 à 1,44 à 20 °C. Alors que d'après les valeurs préconisées par les normes européennes (Conseil de l'Union européenne, 2002), elle peut varier de 1,39 à 1,41 voire 1,52. On peut donc conclure que dans l'ensemble

les échantillons de miel analysés ont une densité plus ou moins normale. Cependant, les fortes valeurs hors-normales obtenues pour les quatre échantillons de miel ci-dessus signalés seraient liées aux conditions de récolte (Prost, 1987) ou encore à leurs conditions de conservation. Les diverses valeurs de la densité obtenues prouvent effectivement que le miel est un produit relativement dense.

Selon Louveaux (1985), les variations de la densité des miels proviennent surtout des variations de la teneur en eau. On peut pratiquement se servir de la densité comme moyen pour connaître la teneur en eau d'un miel. Plus un miel est riche en eau, moins il est dense. Cette affirmation fut approuvée par Prost (1987) qui précise qu'un miel récolté trop tôt ou extrait dans un endroit humide contient trop d'eau. D'après les valeurs obtenues, cette règle se vérifie chez la majorité des échantillons de miel analysés. C'est le cas de l'échantillon TG50 qui représente le miel le moins dense ($d = 1,22$) avec la teneur en eau la plus forte ($Te = 21,4\%$). Quant à l'échantillon TG78, il correspond au miel le plus dense ($d = 1,70$) avec une teneur en eau faible ($Te = 18,3\%$).

La variabilité des miels observée dépendrait des sécrétions nectarifères des plantes ou du miellat produit. Ces matières premières utilisées pour la fabrication du miel sont variables en fonction des facteurs externes, liés aux conditions climatiques de la zone et à la nature des sols sur lesquels se développent les plantes (Accorti *et al.*, 1987).

Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les résultats découlant de cette analyse donnent une indication sur la réaction acide des miels analysés. Les valeurs du pH, dont la moyenne est de $3,93 \pm 0,06$, sont présentées dans la figure 7 ci-dessous. La plus faible valeur (3,29) est pour le miel TG76 et la plus forte (5,11) pour le miel TG28. Ce sont tous deux des miels de la catégorie des EMC.

Au sein de chaque catégorie de miel définie, la valeur du pH varie:

- Entre 3,69 et 4,36 pour les EMA avec une moyenne de $4,07 \pm 0,04$;
- Entre 3,29 et 5,11 pour les EMC avec une moyenne de $3,81 \pm 0,09$.

Par ailleurs, l'analyse de la variance du pH des différents échantillons de miel montre une différence significative entre les échantillons EMA et EMC ($p = 0,018$). Par rapport

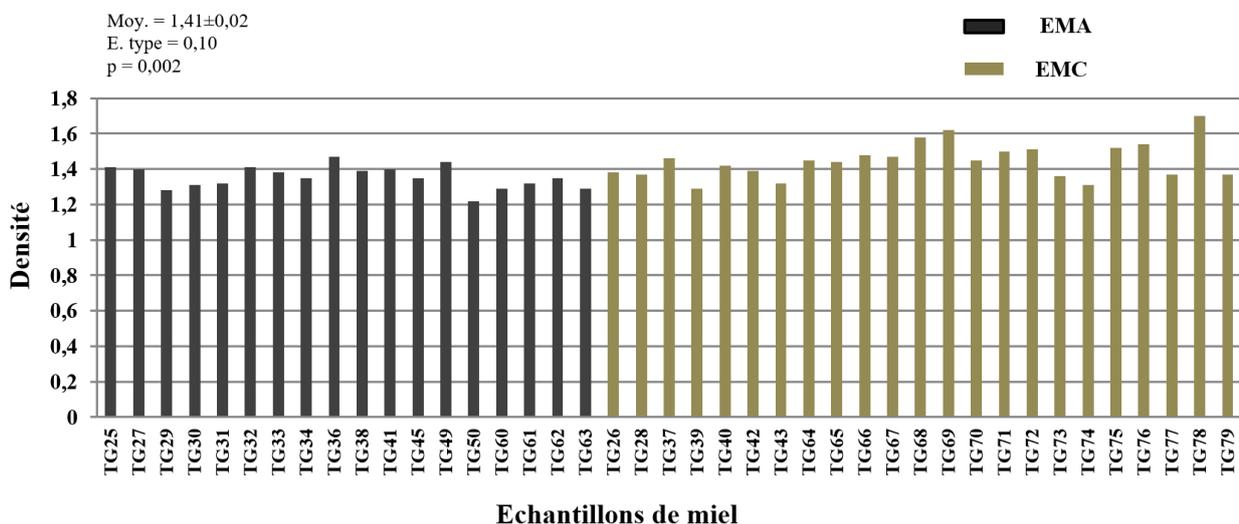


Figure 6: Représentation graphique des valeurs de la densité en fonction des échantillons de miel

aux variations du pH entre les deux catégories de miel, elles sont plus prononcées chez les EMC (coefficient de variation = 0,11) que chez les EMA (coefficient de variation = 0,04). Les valeurs du pH ou de l'indice de «sorensen» obtenues dans cette étude traduisent la «réactivité acide» de chacun des échantillons de miel analysés. Elles varient entre 3,29 et 5,11 avec une moyenne de $3,92 \pm 0,36$. Tous les miels étudiés sont alors acides. Selon Gonnet (1982) et Donadiou (1984), le miel est acide; son pH est en relation avec la quantité d'acides ionisables qu'il renferme (ions H^+) et est en moyenne entre 3,50 et 6,00. En conséquence, on peut dire que les résultats obtenus répondent dans l'ensemble aux normes préconisées par ces auteurs, à l'exception des échantillons TG71, TG73, TG76 et TG79 dont les pH sont respectivement de 3,48; 3,47; 3,29 et 3,37; des valeurs qui ne sont pas sensiblement trop différentes de 3,50.

Apan (2002) rappelle que l'acidité du miel est due à un grand nombre d'acides organiques qu'il contient. L'acide principal est l'acide gluconique qui est en équilibre avec ses lactones ou ses esters et les ions inorganiques tels que les phosphates et les chlorures. On trouve aussi les acides formique, tartrique, maléique, citrique, succinique, butyrique, lactique et oxalique de même que différents acides aromatiques. Le miel contient également les acides chlorhydriques et phosphoriques. D'autres composés tels que les lactones, dont la présence est constante, ont également une fonction acide (Mbogning, 2005). La plupart d'entre eux proviennent des sécrétions digestives des abeilles pendant l'élaboration du miel (Apan, 2002).

Le pH est une mesure qui permet la détermination de l'origine florale du miel. Ainsi les miels issus de nectar ont un pH compris entre 3,50 et 4,50; par contre, ceux provenant des miellats sont compris entre 5,00 et 5,50 (Gonnet, 1986). Selon les normes préconisées par cet auteur, on peut alors déduire des résultats obtenus que tous les échantillons analysés sont des miels de nectar, à l'exception de celui TG28, avec un pH de 5,11, qui serait un miel issu de miellat. Ceci se justifie, car cet échantillon de la catégorie des EMC est le second miel dont la richesse taxonomique est la plus élevée ($R_t = 61$). Ce qui traduit un butinage plus élevé des

plantes pollinifères (plantes dont les pollens sont butinés par les abeilles) que de celles nectarifères (plantes dont le nectar est butiné par les abeilles). Cette forte valeur du pH montre aussi que ce miel est d'une origine florale très diversifiée. Ce qu'approuvent Mbogning et al. (2011) dont les études ont montré que les variations du pH peuvent être attribuées à la diversité des plantes mellifères des régions où les échantillons de miels ont été collectés.

En outre, Gonnet *et al.* (1985) et Gonnet (1986) affirment qu'un pH faible de l'ordre de 3,50 pour un miel, prédetermine un produit «fragile» pour la conservation duquel faudra prendre beaucoup de précautions; par contre, un miel à pH égale à 5,00 ou 5,50 se conservera mieux et plus longtemps. Au vu de cette affirmation, on peut ainsi répartir les miels analysés en trois groupes suivant la qualité de conservation.

Le groupe des miels fragiles qui se composent des échantillons dont le pH est compris entre 3,29 et 3,52. Il s'agit des échantillons comme TG69, TG71, TG73, TG76, TG78 et TG79, soit 14,6 % du total.

Le groupe des miels à conservation moyenne qui concernent les échantillons à pH compris entre 3,55 et 4,4. Il s'agit des échantillons comme TG70, TG64, TG74, TG72, TG66, TG67, TG68, TG49, TG65, TG39, TG50, TG75, TG61, TG62, TG43, TG63, TG38, TG34, TG37, TG45, TG31, TG36, TG27, TG41, TG30, TG32, TG29, TG60, TG40, TG26, TG42, TG33, TG25 et TG77, soit 82,93 % du total.

Le groupe des miels à conservation durable comprenant l'unique miel TG28 ayant un pH de 5,11, soit 2,44 % du total.

La différence observée au niveau du pH des miels pourrait être attribuée à la floraison des plantes mellifères et à l'activité des abeilles ; étant entendu que les acides qu'on trouve dans le miel proviennent des fleurs et des sécrétions digestives des abeilles (Apan, 2002). Ce que martèle Mbogning et al. (2011) qui précisent que les variations du pH peuvent être attribuées à la diversité des plantes mellifères des régions où les échantillons des miels ont été collectés. Le pH peut aussi varier suivant la maturité, l'hygrométrie et la durée de conservation du miel récolté.

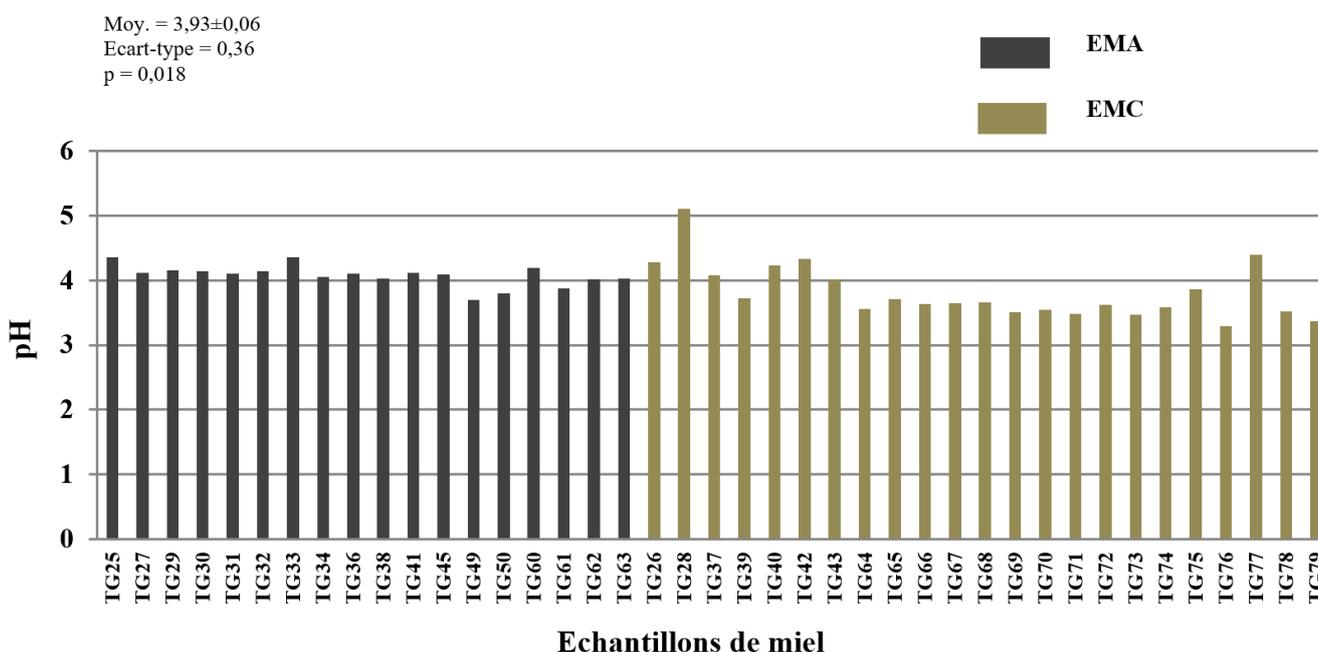


Figure 7: Représentation graphique des valeurs du pH en fonction des échantillons de miel

Conductivité électrique (CE)

Les valeurs de la conductivité ou conductibilité électrique obtenues de cette analyse sont comprises entre 0,26 et 1,39 avec une moyenne de $0,74 \pm 0,04$ ms/cm. La plus faible valeur est du miel TG77 de la catégorie des EMC et la plus forte est du miel TG63 de la catégorie des EMA (Figure 8). Par ailleurs, on remarque que la conductivité électrique varie à l'intérieur de chaque catégorie.

- EMA: entre 0,3 (TG61) et 1,39 (TG63) avec une moyenne de $0,80 \pm 0,08$ ms/cm.
- EMC: entre 0,26 (TG77) et 1,01 (TG66) avec une moyenne de $0,69 \pm 0,04$ ms/cm.

L'analyse statistique de la variance relative à la CE des différents échantillons de miel montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les échantillons de miel achetés chez les apiculteurs et ceux achetés chez les commerçants ($p = 0,201$). Cependant, on constate que la variation de la conductivité est plus prononcée dans la catégorie des miels EMA que dans celle des miels EMC. Leur coefficient de variation étant respectivement de 0,41 et 0,27.

Les valeurs de la conductibilité électrique (CE) obtenues sont comprises entre 0,26 et 1,39 mS/cm, avec une moyenne de $0,74 \pm 0,26$ mS/cm. Selon les normes préconisées par le Codex (2001) où la conductivité électrique du miel ne doit pas dépasser 0,80 mS/cm, seuls 59 % environ des échantillons répondent à ces normes. Les 41 % restant ont une conductivité située entre 0,82 et 1,39. Cependant, en tenant compte des normes recommandées par Gonnet (1986), qui varient entre 0,10 et 1,50 mS/cm, on peut remarquer que tous les échantillons analysés possèdent la capacité nécessaire à transmettre un flux électrique ou une conductance. Il s'en suit alors que tous les échantillons de miel analysés renferment alors les propriétés requises pour conduire le courant électrique.

Par ailleurs, Gonnet (1986) affirme que la CE du miel apporte une indication précieuse dans la définition d'une appellation ; les miels issus de nectar ont une conductibilité allant de 10^{-4} à 5×10^{-4} s/cm, et ceux issus de miellats de 10×10^{-4} à 15×10^{-4} s/cm; par contre, les valeurs médianes

correspondent souvent à des mélanges naturels des deux origines. De leur côté, Guerzou et Nadji (2009) signalent que certains miels cependant transgressent cette règle. Toutefois, de cette affirmation de Gonnet (1986), on peut alors répartir les échantillons de miel analysés en trois groupes:

- Le groupe des miels issus de nectar qui renferme les échantillons comme TG77, TG61, TG49, TG28, TG25, TG76, TG60 et TG26, soit 19,51 % du total;
- Le groupe des miels issus de miellats comprenant TG66, TG38, TG27, TG31 et TG63, soit 12,20 % du total;
- Le groupe des miels issus de mélanges de nectar et de miellat ; il regroupe les échantillons comme TG74, TG72, TG34, TG36, TG37, TG45, TG62, TG43, TG64, TG73, TG70, TG79, TG41, TG69, TG39, TG65, TG75, TG68, TG30, TG33, TG67, TG29, TG32, TG40, TG71, TG50, TG42, TG78, soit 68,3 % de l'ensemble.

Gonnet (1982) avait signalé que les miels foncés sont les plus riches en matières minérales ionisables, donc bon conducteur de courant. Ce que Lobreau-Callen *et al.* (2001) confirment en précisant que la conductivité électrique est d'autant plus élevée que le miel est foncé par la présence de matières minérales (miels de miellats). Ces affirmations de Gonnet (1982) et de Lobreau-Callen *et al.* (2000) sont conformes à la classification des échantillons préalablement établie. En effet, selon l'aspect des échantillons de miel analysés, ceux du deuxième groupe sont des miels foncés à très foncés dans lesquels on note la présence de quelques fines particules; alors que les échantillons du premier groupe ont un aspect clair à très clair. Il faut noter qu'excepté le miel TG66, tous les autres échantillons de miel classés dans le groupe des «miels de miellats» sont de la catégorie des miels achetés chez les apiculteurs ; alors que dans le groupe des « miels de nectar », cette catégorie est en parité avec celle des miels commercialisés. Du côté du groupe des miels considérés dérivant du mélange de nectar et du miellat, 64,3 % de ces échantillons sont des miels achetés chez les commerçants.

Par ailleurs, il faut signaler que selon l'analyse pollinique, les échantillons TG26 et TG76 ont été déjà révélés comme des miels monofloraux. Ce sont respectivement du miel

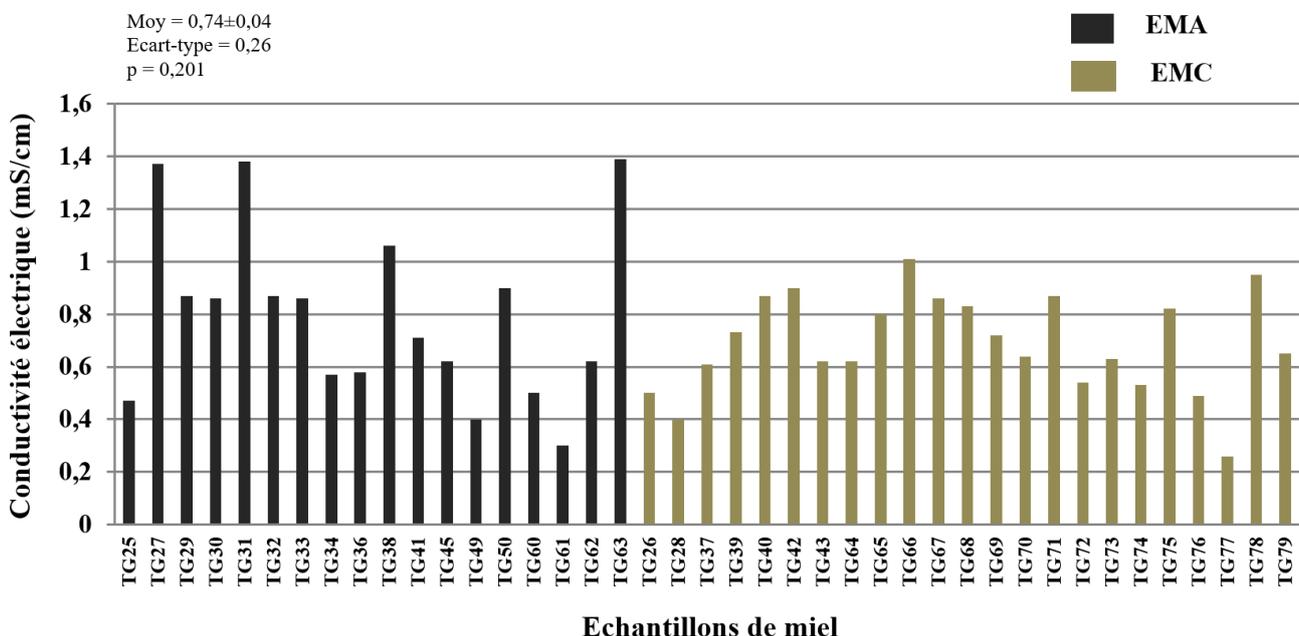


Figure 8: Représentation graphique des valeurs de la conductivité électrique en fonction des échantillons de miel

de *Trichilia emetica* (Meliaceae) et de *Cordia guineensis* (Boraginaceae). La présence de ces échantillons dans le groupe des miels de nectar n'est pas trop inquiétante car ce sont des miels dont les taxons dominants qui les caractérisent appartiennent à la catégorie des plantes dénommées «plantes nectaropollinifères», c'est-à-dire capables de fournir aux abeilles mellifiques à la fois du nectar et du pollen (Yédomonhan *et al.*, 2009).

La conductibilité électrique (CE) représente un bon critère pour la détermination de l'origine botanique du miel et elle est désignée aujourd'hui lors des contrôles de routine à la place de la teneur en cendres. Cette mesure dépend de la teneur en minéraux et de l'acidité du miel. Plus elles sont élevées, plus la CE correspondante est élevée (Guerzou et Nadji, 2009).

Teneur en eau (Te)

La teneur en eau des échantillons du miel varie de 16,6 à 21,4 avec une moyenne de $19,3 \pm 0,21$. La plus faible valeur est du miel TG77 (EMC) et la plus forte valeur dans les deux catégories (Figure 9). A l'intérieur des EMA, on note une oscillation de la valeur de la teneur entre 17,80 et 21,4 avec une moyenne de $19,9 \pm 0,27$. Quant au sein de la catégorie des EMC, la teneur en eau varie entre 16,6 à 21,0 avec une moyenne de $18,8 \pm 0,27$.

La comparaison des valeurs de la teneur en eau des différents échantillons de miel analysés montre une différence hautement significative entre les échantillons des catégories EMA et EMC ($p = 0,006$). Quant à la variation de la teneur en eau entre ces deux modalités (EMA et EMC), le coefficient de variation des EMA reste moyennement inférieur à celui des EMC.

Le pourcentage d'eau restant dans les échantillons analysés varie entre 16,6 et 21,4 %. Dans l'ensemble ces valeurs trouvées se situent dans l'intervalle moyen préconisé par les réglementations internationales. La norme de *Codex Alimentarius* et de Union Européenne prescrit actuellement une teneur en eau maximale de 21 %; le miel qui contient une teneur en eau élevée fermente plus facilement (Codex, 2001). Toutefois, Chauvin (1968) avait signalé que les miels commercialisés ont une teneur en eau très variée, allant de 14,0 à 25,0 dont l'optimum se situe entre 17,0 et 18,0.

Selon Gonnet (1982), la teneur en eau est une donnée très importante à connaître, car elle conditionne la qualité du miel, en effet seuls les miels dont la teneur en eau est inférieure à 18% sont bons à conserver. En dessous de 15 % d'eau, la fermentation n'intervient jamais. Abordant dans le même sens que cet auteur, Terrab *et al.* (2003) affirment que la connaissance de la teneur en eau est une donnée très importante pour la durée de vie du miel pendant l'entreposage. Le miel qui contient une teneur élevée en eau fermente facilement. De son côté, Dailly (2008) précise que la teneur en eau du miel est un des critères primordiaux lorsqu'on veut mettre sur le marché un produit de qualité. Un miel trop sec montre une viscosité élevée et peut poser des problèmes lors de la cristallisation ; un miel trop humide risque de fermenter. La limite légale fixée par la directive européenne CEE 2001/110 est de maximum 20 %.

En se basant sur toutes ces normes précitées, on peut alors répartir les miels analysés en trois groupes de qualité.

- Le groupe des miels de bonne qualité qui concerne ceux dont la teneur en eau est inférieure ou égale à 18 %; il s'agit des miels comme TG77, TG74, TG78, TG26, TG66, TG76, TG36 et TG71, soit 19,51 % du total.
- Le groupe des miels de qualité moyenne qui est formé par ceux dont la teneur est comprise entre 18 et 21 % ; ce sont les miels comme TG41, TG60, TG42, TG70, TG28, TG67, TG45, TG75, TG32, TG62, TG72, TG69, TG73, TG79, TG68, TG25, TG33, TG40, TG43, TG64, TG49, TG61, TG38, TG65, TG27, TG34, TG50, TG37, TG30, TG31, TG63 et TG39, soit 78,05 % de l'ensemble.
- Le groupe des miels de faible qualité ou à fermentation précoce qui renferme les miels dont la teneur en eau dépasse 21 %; il est formé de l'échantillon TG29 dont la teneur est de 21,4 % et qui est de la catégorie des miels achetés chez les apiculteurs. L'appartenance de cet échantillon à ce groupe peut se justifier par le fait que c'est un miel qui, selon son pH (4,15) était déjà classé dans le groupe des miels à conservation moyenne. De plus c'est un miel qui, depuis son achat, a été constaté prématurément récolté; car il est très fluide et facilement très coulant par rapport aux autres échantillons analysés.

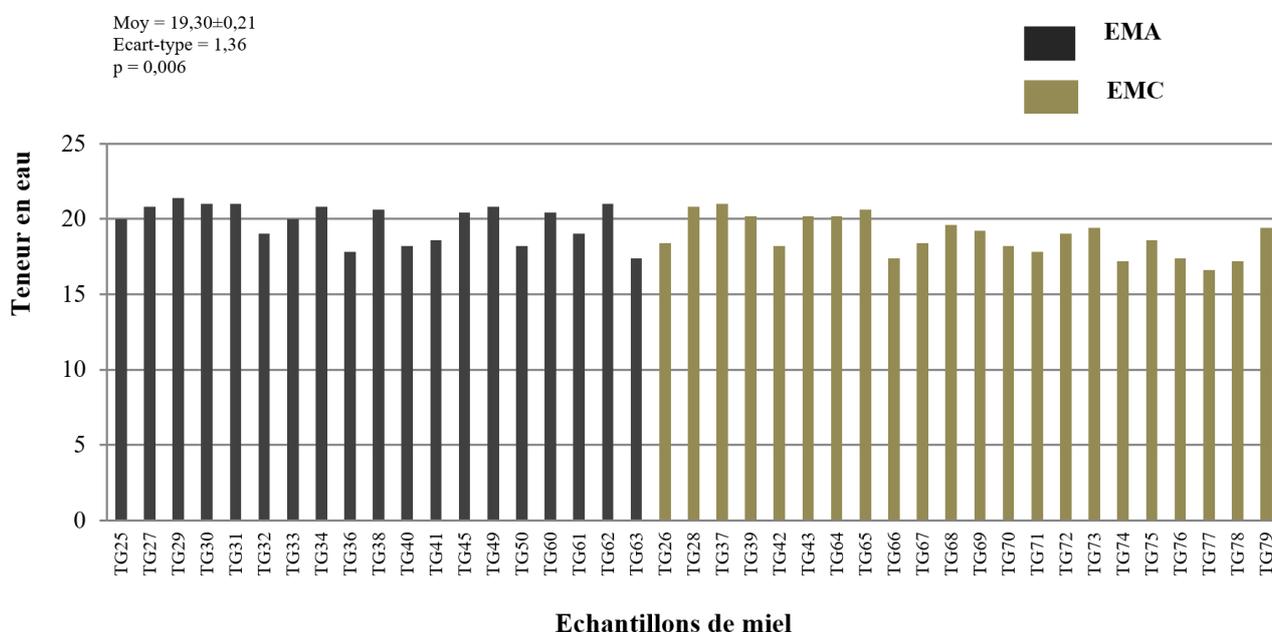


Figure 9: Représentation graphique des valeurs de la teneur en eau en fonction des échantillons de miel

En somme, par rapport à la teneur en eau, on peut conclure que tous les échantillons de miel analysés, ceux achetés chez les commerçants tout comme ceux achetés chez les apiculteurs, sont dans l'ensemble des miels de qualité. Toutefois, notons que les fortes teneurs en eau ($\geq 18\%$) obtenues chez quelques-uns d'entre eux pourraient être liées à certains paramètres non négligeables comme :

- Une récolte précoce des miels avant leur maturation voire l'operculation totale; ce qui a été signalé par Tchoumboue *et al.* (2001) qui précisent que les fortes teneurs en eau proviendraient d'une récolte trop précoce du miel;
- Leur nombre de jours passé dans les maturateurs;
- Une extraction dans un milieu humide. A cet effet, Louveaux (1968) et Prost (1987) signalent que l'extraction du miel dans un milieu assez humide peut entraîner une absorption d'humidité; Tchoumboue *et al.* (2001) ajoutent que les fortes teneurs en eau sont seulement dues à l'hygroscopicité du miel;
- Leur période de récolte; dans ce contexte Gonnet (1998) signale qu'une humidité relativement élevée pendant la récolte va conduire à une déshumidification difficile du nectar par l'abeille, donc production d'un miel riche en eau, instable sur le plan physique et biologique et susceptible de se dégrader rapidement.

En somme, tout cela est lié aux conditions dans lesquelles les miels sont élaborés, récoltés, transformés et entreposés dans la ruche.

Par ailleurs, on constate que les miels achetés sur les marchés, les pharmacies, les boutiques ou chez les commerçants, malgré qu'ils aient une teneur comprise entre 16,6 et 21,0 sont longtemps conservés à température ambiante dans les étalages de commerce. Mais ils n'ont montré aucun signe de fermentation. Ceci pourrait être dû à leur pasteurisation qui a tué les levures responsables de la fermentation. Pour approuver cette hypothèse qui n'est pas à négliger, d'autres analyses plus spécifiques s'avèrent importantes.

La variabilité constatée entre les échantillons serait liée aux conditions de récolte et de conditionnement de ces échantillons. Ces diverses variations seraient liées en général aux facteurs intrinsèques et extrinsèques du miel, tels que les quelques paramètres précédemment énumérés et qui pourraient justifier les fortes teneurs en eau obtenues chez certains miels.

Teneur en sucres (Ts)

Les valeurs de la teneur en sucres obtenues oscillent entre 77,0 et 81,9 avec une moyenne de $79,0 \pm 0,23$. La plus faible valeur se trouve avec le miel TG29 (EMA) et la plus forte valeur est du miel TG77 (EMC) (Figure 10).

Par ailleurs, les variations à l'intérieur des deux catégories se situent :

- Entre 77,0 et 80,6 pour les miels des EMA avec une moyenne de $78,3 \pm 0,30$;
- Entre 77,1 et 81,9 pour les miels des EMC avec une moyenne de $79,5 \pm 0,30$.

L'analyse statistique de la variance relative à la teneur en sucres des différents échantillons de miel montre une différence hautement significative entre les deux catégories d'échantillons de miel ($p = 0,007$).

Les valeurs de la teneur en glucides totaux obtenus pour les différents échantillons analysés sont comprises entre 77,0 et 81,9 % avec une moyenne de $79,0 \pm 0,23$. Elles sont alors conformes à la valeur minimale préconisée par la législation française qui prévoit que la teneur apparente en sucres réducteurs ne doit pas être moins de 65 %. Codex (2001) précise que la valeur minimum de la teneur en sucres doit être supérieure à 60 g/100g. Par rapport à ces normes minimales fixées, le surplus observé sur chacune des valeurs obtenues pour les échantillons analysés, constitue la marge maximale de taux qu'occuperait le reste des glucides, à part les deux sucres réducteurs (glucose et fructose) qui constituent les plus importants sucres du miel. Selon Terrab *et al.* (2001) et Nagai *et al.* (2002), les glucides des miels sont essentiellement des monosaccharides réducteurs tels que le glucose et le fructose qui représentent à eux seuls 90 % de la matière sèche totale du miel. Les autres sucres, loin d'être tous présents dans un même miel, peuvent se trouver à l'état de traces ou en quantités dans des proportions ne dépassant pas toujours quelques pour cent.

Cependant, il reste important de préciser que les forts taux de sucres se rencontrent plus dans la catégorie des échantillons de miels achetés chez les commerçants, EMC, que dans celle des échantillons de miels achetés chez les apiculteurs, EMA, (soit 70 contre 30 % du total des échantillons dont la valeur est supérieure à la moyenne). Aussi, notons qu'au-delà de 81 % de teneur en sucres, on ne peut compter

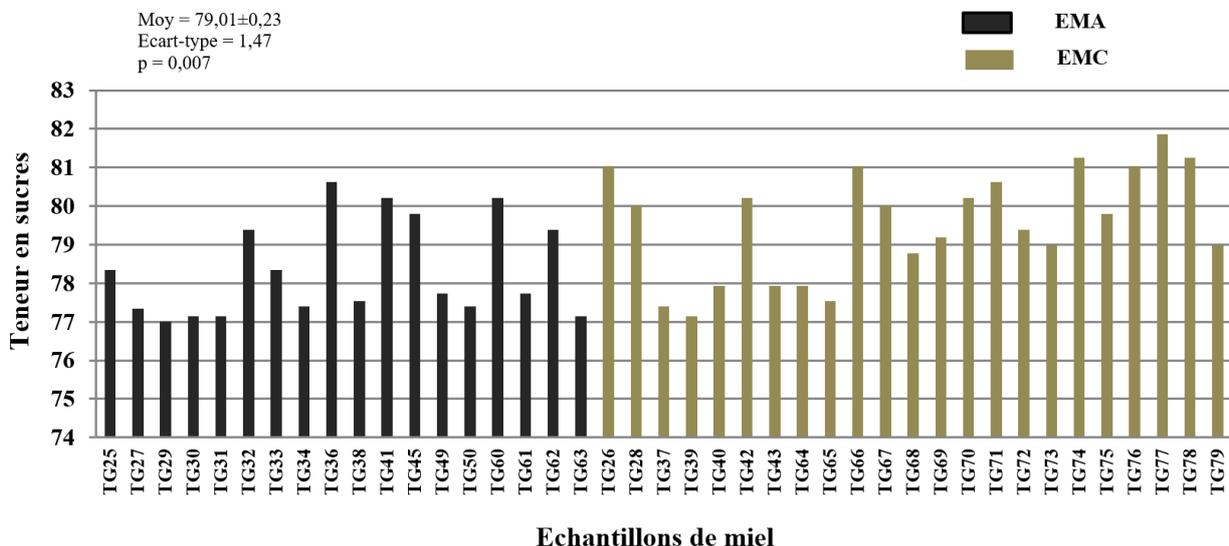


Figure 10: Représentation graphique des valeurs de la teneur en sucre en fonction des échantillons de miel

uniquement que des miels des EMC. Ces taux élevés dans la catégorie des EMC peuvent être, au-delà de la raison principale soulignée plus haut, sources de mélanges de ces miels avec d'autres sucres ou caramel. Une analyse plus minutieuse portant sur le dosage des différents types de sucre composant chaque miel permettra de vérifier et d'évaluer le taux de caramel introduit. Aussi, à partir de cette composition en sucres, peut-on alors identifier l'origine botanique des miels monofloraux (Louveau, 1968). Par ailleurs, notons que les échantillons TG26, TG66, TG74, TG76, TG77 et TG78 sont ceux dont la teneur en sucres est supérieure à 81 % bien qu'ils fassent tous partie du groupe des miels considérés comme de bonne qualité, car ayant une teneur en eau inférieure à 18 %.

La variabilité très remarquable entre les différents échantillons serait liée à celle qui existe au niveau de leurs matières organiques. Et ceci ne fait que justifier la raison selon laquelle certains des miels analysés soient de sources mélangées.

Vitesse de propagation de la lumière

Les résultats découlant de cette analyse donnent une indication sur la vitesse avec laquelle la lumière se propage dans chacun des miels analysés (Figure 11). Les valeurs de ladite vitesse, dont la moyenne est de 201579 ± 72 km/s, varient entre 200668 et 202292. La plus faible valeur est dans le miel TG77 (EMC) alors que la plus forte valeur appartient au miel TG29 (EMA).

Quant aux variations au sein des différentes catégories d'échantillon, on constate que la lumière se propage à travers les miels des :

- EMC à une vitesse variant entre 201072 et 202292 avec une moyenne de 201796 ± 92 ;
- EMA à une vitesse oscillante entre 200668,90 et 202156,33 avec une moyenne de $201410,20 \pm 91,90$.

L'analyse statistique de la variance relative à la vitesse de propagation de la lumière des différents échantillons de miel révèle une différence hautement significative entre les miels des EMA et ceux des EMC ($p = 0,006$).

Les résultats obtenus montrent une vitesse de propagation de la lumière dont les valeurs oscillent entre 200668 et 202292 avec une moyenne de 201579 ± 71 km/s. On constate qu'environ 46 % des échantillons laissent passer la lumière à une vitesse inférieure à la moyenne. La majorité est dominée par les échantillons de miel achetés chez les commerçants (68 % des EMC contre 32 % des EMA). Ceci serait lié à leur composition. Si la vitesse de propagation est faible dans un miel, cela montre que la lumière s'oppose à des résistances lors de sa propagation ; et ces résistances ne pourraient être causées que par les différents éléments composants ce miel. Selon Dailly (2008), l'indice de réfraction du miel (inversement proportionnel à la vitesse de propagation) est en quelque sorte la résultante de chacun des constituants du miel (sucres, acides organiques, minéraux et bien d'autres composés). Selon la concentration du miel, chacune de ces substances a sa propre influence sur le parcours lumineux.

Notons en outre que l'ensemble de ces échantillons ayant une faible vitesse de propagation de la lumière, renferme par contre une teneur en sucres qui est supérieure à la moyenne. Et c'est parmi cet ensemble qu'on rencontre des miels dont la teneur en sucre est largement supérieure

à 81 %. Ceci ne fait que justifier la raison pour laquelle la composition du miel influencerait la vitesse de propagation de la lumière.

CONCLUSION

Ces analyses physico-chimiques effectuées sur les différents échantillons de miel analysés par rapport à la densité, au pH, à conductivité électrique, à la teneur en eau, à la teneur en sucres et à la vitesse de propagation, ont montré que, à part quelques insuffisances liées à la non-conformité des valeurs surtout de certains miels de la catégorie des EMC aux normes internationales, dans l'ensemble, les résultats obtenus restent satisfaisants. L'analyse statistique de la variance (ANOVA, test de Newman-Keuls) appliquée aux paramètres physico-chimiques étudiés montre une différence significative entre les échantillons de miel achetés chez les apiculteurs (EMA) et ceux achetés chez les commerçants (EMC). Les causes de ces variations sont liées, soit aux conditions de récoltes, de conditionnement et de conservation des miels, ou à leurs sources végétales et écologiques de provenance, ou encore à leur mélange, contamination pollinique ou caramélisation.

L'analyse des composantes principales appliquée aux variables biotiques (richesse pollinique et richesse taxonomique) et à celles abiotiques (densité, pH, teneur en eau, teneur en sucres et conductivité électrique) a permis de montrer que la richesse pollinique établit une corrélation positive avec la densité, la teneur en sucres, et négative avec le pH et la teneur en eau. Suivant ces corrélations, bien qu'elles soient dans l'ensemble moyennement faibles, l'échantillon de miel TG78 est révélé modèle de référence des échantillons de miel plus denses et plus riches en pollen avec une teneur faible en eau. Quant à la richesse taxonomique, elle a une corrélation positive avec le pH, la teneur en eau, et négative avec la densité, la teneur en sucre, la conductivité électrique. Par rapport à ces interrelations qui sont en général négligeables, l'échantillon TG28 est sélectionné comme modèle de référence des échantillons de miel moins acides ou à pH élevé, plus riches en taxons mais moins denses et faiblement conducteurs du courant.

La présente étude s'inscrit dans un début de tentatives de mise en place d'un test de contrôle de qualité du miel produit et vendu au Togo. Elle a permis d'évaluer la qualité de quelques échantillons de miel récoltés dans la zone guinéenne du pays sur la base de quelques paramètres physico-chimiques. Il paraît alors évident de poursuivre les analyses physico-chimiques à tous les miels vendus sur le territoire national en vue de caractériser les miels nationaux pour détecter les différentes fraudes ou mélanges éventuels des miels. Ces études permettront d'obtenir des normes de références et des labels de miel propres au Togo.

RÉFÉRENCES

- Accorti M., Piazza M.G., Persano-Oddo L., (1987). La conductivité électrique et le contenu en cendres du miel. *Apiacta*, 22: 19-20.
- Apan A., (2002). Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des miels de quelques marchés des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, Option Productions Animales, Univ. de Dschang, FASA, 40 p.

- Bogdanov S., (2002). Harmonised methods of the international honey commission. *Apidologie*, 62 p.
- Chauvin R., (1968). Actions physiologiques et thérapeutiques des produits de la ruche, in *Traité biologique de l'abeille*, Tome 3. Édition Masson de Cie, Paris., p116-155.
- Chataway H.D., (1935). Honey tables showing the relationship between various hydrometer scales and refractive index to moisture content and weight per gallon of honey. *Can. Bee J.*, 43: 215.
- Codex, (2001). Norme pour le miel (Codex Stan 1981 révisé), FAO, Rome.
- Conseil de l'Union Européenne, (2002). Directive 2001/110/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative au miel (JO L 10 du 12.1.2002, p. 47).
- Dailly H., (2008). Le réfractomètre, un outil essentiel. *Abeilles & C^{ie}*, 122: 30-32.
- Darrigol J-L, (1996). Le miel pour votre santé. Propriétés thérapeutiques du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Édition Dangles, 144 p.
- Directive européenne CEE, (2001). 110/CE. Journal Officiel n° L 010, 12/01/2002, 47-52.
- Donadieu Y, (1984). Le miel: thérapeutique naturelle. Paris, Maloine S.A. 31 p.
- Ern H., (1979). Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia*, 9: 295-312.
- Gonnet M., (1982). Le miel, composition, propriétés et conservation. Echauffour (France), Ed. OPIDA. INRA station expérimentale d'apiculture. p: 1-18.
- Gonnet, M., Vache, G., (1985). Le goût du miel. "L'analyse sensorielle et les applications diverses d'une méthode d'évaluation de la qualité des miels". Edition UNAF, 146 pp., Paris.
- Gonnet M., (1986). L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité. *Bul. Tech. Apic.*, 54:17-36.
- Gonnet M., (1998). L'analyse des miels. Description de quelques méthodes de contrôle de qualité. INRA., Zoologie et Apidologie, F84140, Montfavet. *Bul. Tech. Apic.*, 54:17-34.
- Guerzou M N., Nadji N., (2009). Étude comparative entre les miels locaux et les miels importés. Mémoire online; 97 p + 13 annexes.
- Lobreau-Callen, D. & Clement, M.C., (2000). Les miels. Pour en savoir plus. In Baert, J.-P. Ed., *Techniques de l'ingénieur*, Paris, Doc. F 7000, 1-8.
- Lobreau-Callen. D., Marie-Claude. C, (2001). Les miels, *Techniques de l'Ingénieur. Traité Agroalimentaire*, 20 p.
- Louveaux J., (1968). Composition, propriétés et technologie du miel. In Chauvin R. *Traité de biologie de l'abeille*. Tome 3, les produits de la ruche. Paris: Ed. Masson de Cie, Paris. p 324-361.
- Louveaux J, (1985). Les abeilles et leur élevage. Édition Opida. Pp: 165-181.
- Mbogning E., (2005). Étude des plantes médicinales et caractérisation du pollen des plantes mellifères et du miel du Cameroun. Thèse de Master en Transfert des technologies en Biomédecine, Univ. de Rome «Tor Vergata», 64 p.
- Mbogning E., Tchoumboue J., Damesse F., Sanou Sobze M. et Canini A., (2011). Caractéristiques physico-chimiques des miels de la zone Soudano-guinéenne de l'Ouest et de l'Adamaoua Cameroun. *Tropicultura*, 29: 168-175.
- Prost. J., (1987). L'apiculture. Connaître l'abeille. Conduire le rucher. 6^{ème} édition Lavoisier. 597 p.
- 4^{ème} RGPH, (2010). Des enjeux et des défis. <http://www.togoenvogue.com/>; 5 p.
- Tchoumboue J., Tchouamo I.R., Pinta J.Y., Njia M.N., (2001). Caractéristiques socio-économiques et techniques de l'apiculture dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun. *Tropicultura*, 19: 141-146.
- Terrab A, Vega-Pérez JM, Diez MJ, Heredia FJ., (2001). Characterisation of northwest Moroccan honeys by gas chromatographic-mass spectrometric analysis of their sugar components. *J. Sci. Food Agric.*, 82: 179-85.
- Yédomonhan H., Tossou M. G., Akoègninou A., Demènou B. B., Traoré D., (2009). Diversité des plantes mellifères de la zone soudano-guinéenne: cas de l'arrondissement de Manigri (Centre-ouest du Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3:355-366.