

Le réfractomètre, un outil essentiel

Hélène DAILLY

En quelques années, cet appareil est devenu pratiquement indispensable pour les apiculteurs. De nombreux modèles sont disponibles sur le marché.

Comment fonctionnent-ils et quels sont les critères d'un bon choix ?

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 %.

Toutefois, bien des apiculteurs s'accorderont à dire qu'il ne faut pas dépasser une teneur en eau de 18 %.

Un moyen simple de mesurer l'humidité du miel est de déterminer l'indice de réfraction de ce dernier à l'aide d'un réfractomètre. C'est un appareil optique de précision. Par conséquent, on devrait retrouver dans son emballage, lors de l'achat : certificat d'étalonnage, manuel d'utilisation et d'entretien, mise en garde, table de correction de température...

L'objectif de cet article est de vous aider en apportant des éléments concrets pour choisir un réfractomètre mais également pour vous en servir correctement. Car même les meilleurs appareils au monde ne peuvent compenser une mauvaise utilisation. Ainsi, il est important de vérifier périodiquement l'étalonnage et d'appliquer les consignes simples d'opération.

PRINCIPE

Le miel est composé de plusieurs substances en solution : des sucres (glucose, fructose, saccharose...), des acides organiques, des minéraux et bien d'autres composés. Selon sa concentration, chacune de ces substances a sa propre influence sur le parcours lumineux. L'indice de réfraction du miel est en quelque sorte la résultante de chacun de ses constituants. La méthode EHC (European Honey Commission) pour la détermination de la teneur en eau du miel établit la corrélation suivante :

% humidité = $[-0,2681 - \log(n_b^{20} - 1)] / 0,002243$
où n_b^{20} : indice de réfraction du miel à 20°C.

Tabl. 1

TABLE DE CONVERSION
IR-BRIX-HUMIDITE (miel)

n_b^{20}	Degré brix ⁽¹⁾		Teneur en eau ⁽²⁾ (%)
	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

⁽¹⁾ : calculé en
g de sucrose / 100 g

⁽²⁾ : calculée sur base
de la méthode EHC

QUELQUES NOTIONS

Dualité : brix / humidité

Le degré brix du miel indique la quantité de sucre (en g) contenue dans 100 g de miel refroidi à 20°C. Il existe donc une légère différence entre le degré brix et le pourcentage de matière sèche d'un miel. L'inverse du brix (100-brix) ne nous donne donc pas strictement la teneur en eau. Plus le miel est minéralisé, plus il contient de matières autres que des sucres et plus l'écart entre le véritable pourcentage de matière sèche et le pourcentage de sucres (degré brix) risque de devenir appréciable.

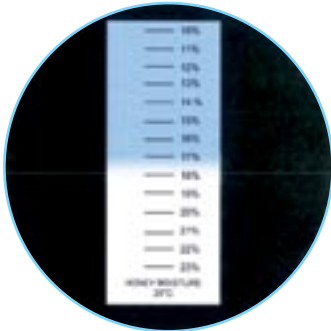
Par conséquent, le choix du réfractomètre doit se faire en fonction du type de substance que nous voulons mesurer. Il existe des réfractomètres spécifiques pour diverses matrices (vin, jus de fruit, solution saline, miel...).

L'unité dans laquelle s'exprime la mesure a donc également toute son importance. Nous avons déjà parlé du brix et de l'indice de réfraction, il existe également d'autres unités de mesure telles que le degré Baumé... Pour nous apiculteurs, la mesure en % d'humidité semble la plus intéressante.

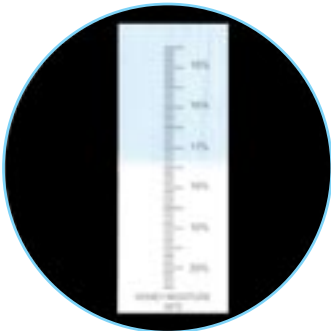
Echelle de mesure et précision

Compte tenu de l'utilisation particulière à laquelle est destiné le réfractomètre, la lecture doit être dans la zone de l'échelle correspondant à notre domaine d'application. On considère que les miels peuvent avoir une humidité comprise entre 13 % et 25 %. Il ne sert donc à rien de posséder un réfractomètre pouvant mesurer des teneurs en eau de 5 % ou encore de 75 %.

Idéalement, l'appareil devrait posséder un ajustement oculaire pour faciliter la lecture de l'échelle et présenter une graduation minimale suffisante et bien espacée.



Gamme de mesure : 10-23 %
Graduation : 1%
Unité : % d'humidité



Gamme de mesure : 14-21 %
Graduation : 0,1%
Unité : % d'humidité

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

La plupart des réfractomètres sont étalonnés à 20°C. En pratique, nous travaillons avec la température extérieure et celle-ci peut varier fortement. Il va falloir en tenir compte lors de notre mesure. Certains appareils possèdent une fonction permettant une correction automatique de la température ; pour d'autres, il faudra effectuer la correction manuellement.

Afin de ramener la valeur de l'indice de réfraction mesuré pour un fluide à une température T en degrés Celsius à la valeur référencée à 20°C, on peut utiliser une formule mathématique (fonction affine) valable pour de faibles écarts de température (relation donnée par EHC, valable uniquement pour le miel) :

$$n_T = n_{20} - 0,00023 \times (T - 20)$$

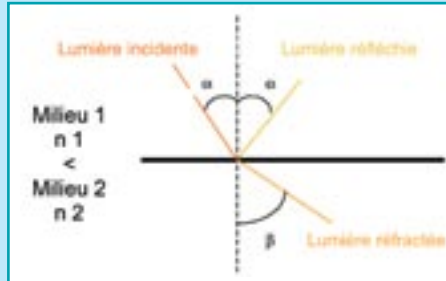
où n = indice de réfraction et
T = température exprimée en degrés Celsius.

Ainsi, on constate qu'une augmentation de 1°C de la température fait décroître l'indice de réfraction de $-2,3 \times 10^{-4}$. Il faut donc enlever 0,091 % d'humidité par degré au-dessus de 20°C et ajouter cette valeur par degré en-dessous de 20°C.

Réfractomètre : données théoriques

NOTION DE RÉFRACTION ET PRINCIPE DU RÉFRACTOMÈTRE

Vous avez déjà pu observer qu'un bâton plongé partiellement dans l'eau apparaît plié au niveau de la surface. Lorsque la lumière traverse un milieu donné, elle est déviée. Le type de milieu ainsi que la concentration de ce milieu vont influencer l'angle de déviation.

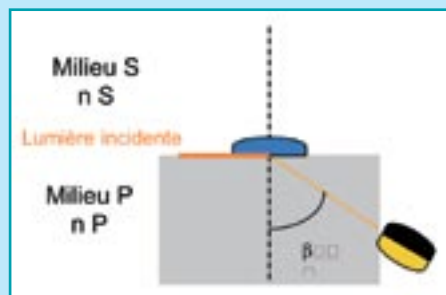


Lois de Snell - Descartes :

Le rayon incident, le rayon réfléchi et le rayon réfracté sont situés dans un même plan.

Le rayon réfléchi est symétrique au rayon incident (α).

L'angle d'incidence et l'angle de réfraction vérifient la relation suivante : $n_1 \cdot \sin(\alpha) = n_2 \cdot \sin(\beta)$.



Le rayon de réfraction éclaire une partie du prisme. Au-delà de l'angle limite α_{lim} , le prisme reste dans l'obscurité (réflexion).

On appelle réfraction le changement de direction que subit un rayon lumineux en passant d'un milieu optique donné à un autre. Ce changement est dû à une modification de la vitesse de propagation lorsqu'un rayon lumineux incident frappe une interface. En réalité, la totalité de la lumière ne pénètre pas dans le second milieu, une fraction subit le phénomène de réflexion.

Ce phénomène de réfraction / réflexion est à la base du fonctionnement du réfractomètre. Le réfractomètre mesure l'angle de réfraction d'un rayon lumineux qui est relié à l'angle d'incidence selon les lois de Snell - Descartes.

Pour déterminer l'indice de réfraction d'une substance S, on place cette substance sur un prisme P possédant un indice de réfraction connu et élevé ($n_P > n_S$). D'après les lois de Snell - Descartes, l'indice de réfraction de la substance est défini ainsi : $n_S = n_P \times \sin(\alpha) / \sin(\beta)$. Cependant, le problème d'obtenir exactement α s'avère considérablement simplifié en prenant un angle d'incidence égal à 90° ($\sin(\alpha) = 1$). Sous une incidence rasante, il y a donc un rayon réfracté α_{lim} qui s'avère particulièrement facile à observer, car plus aucun rayon n'est réfracté dans le prisme P pour des angles plus grands que α_{lim} .

NOTION D'INDICE DE RÉFRACTION

Comme nous venons de le voir, l'indice n d'un milieu caractérise la vitesse de propagation de la lumière dans ce milieu. Plus précisément, l'indice n d'un milieu est défini par le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide, notée c, et celle mesurée dans ce milieu, notée v : $n = c / v$.

L'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde considérée et de la température. Afin de préciser ces deux paramètres, on fait suivre l'indice de réfraction n

- d'un exposant représentant la température
- d'un indice indiquant la nature du rayon lumineux.

Dans la littérature, l'indice de réfraction est souvent donné à 20°C, à la longueur d'onde de référence de la raie D du sodium (589 nm), il s'écrit donc $n_{D,20}$.

VÉRIFICATION
DE L'ÉTALONNAGE

Une vérification périodique (annuelle) du réfractomètre doit être réalisée. Pour ce faire, certains appareils sont vendus avec une trousse d'étalonnage constituée de solutions de référence ou encore de prismes de verre. Il arrive souvent que des réfractomètres soient vendus sans fiche individuelle d'étalonnage et sans trousse d'étalonnage complète (solutions de référence et procédure de

vérification). Il vous faudra alors vous en procurer une.

Dans le cas d'un réfractomètre dont l'échelle débute au-dessus de zéro, ce qui est souvent le cas des réfractomètres spécifiques au miel (gamme de mesure allant de 10 à 20 % d'humidité), le plus simple est de recourir à une solution de référence vendue par le fournisseur de l'équipement ou un autre distributeur. Cette solution de référence est à base d'huile et possède un indice de réfrac-

tion idéalement proche de 18 % d'humidité (seuil limite).





Attention à la correction de température sur les solutions de référence : si votre appareil possède une correction automatique de la température, celle-ci ne pourra pas être utilisée car l'indice de réfraction de ce liquide évolue différemment du miel en fonction de la température (le coefficient de correction de température vous est donné par le fabricant).

Tabl. 2 Correction à apporter à l'humidité de son miel en fonction de la température.

TEMPÉRATURE (°C)	17	18	19	20	21	22	23	24
HUMIDITÉ (%)	+0,273	+0,182	+0,091	0	-0,091	-0,182	-0,273	-0,364

EN PRATIQUE ...

Nous avons testé trois réfractomètres de poche et nous avons comparé leurs résultats avec un réfractomètre digital de laboratoire (ATAGO RX 5000). Pour ce faire, nous avons mesuré quatre échantillons couvrant une large gamme d'humidité (14 à 21 %).

			
Réfractomètre ATAGO Modèle RX 5000	Réfractomètre portable Modèle RHB-90 (provenance : Internet)	Réfractomètre portable digital Modèle DRH-300	Réfractomètre portable ATAGO Modèle PAL2
Données constructeur : Unité : % humidité Graduation : 0,002 % Précision constructeur : 0,01 %	Données constructeur : Unité : % humidité Graduation : 1 % Précision constructeur : 1 %	Données constructeur : Unité : % humidité Graduation : 0,1 % Précision constructeur : 0,2 %	Données constructeur : Unité : % brix Graduation : 0,2 % Précision constructeur : 0,2 %
Données mesurées : Précision mesurée : référence Justesse mesurée : référence	Données mesurées : Précision mesurée : 0,26 % Justesse mesurée : 0,3 %	Données mesurées : Précision mesurée : 0,16 % Justesse mesurée : 0,3 %	Données mesurées : Précision mesurée : 0,05 % Justesse mesurée : 0,2 %
Prix : > 1.000 €	Prix : 50 - 150 €	Prix : 399 €	Prix : 339 €
Commentaire : Appareil de mesure de haute précision, utilisé dans les laboratoires. Facile à manipuler, offre de très nombreuses options (choix de l'unité, enregistrement de facteur correcteur...) Très coûteux.	Commentaire : Fiabilité correspondant à l'annonce du constructeur. L'échelle de mesure est un peu large mais suffisante. Lecture optique. Possibilité de calibrer l'appareil. Correction automatique de la température. Très bon rapport qualité/prix. <i>Rem. : il existe toujours un risque en cas de problème lorsqu'on se procure un tel instrument sur Internet.</i>	Commentaire : Fiabilité correspondant à l'annonce du constructeur. Possibilité de calibrer l'appareil. Correction automatique de la température. Lecture digitale.	Commentaire : Fiabilité correspondant à l'annonce du constructeur. Possibilité de calibrer l'appareil. Pas de correction automatique de température. Lecture digitale. La mesure en brix n'est pas idéale (introduit des risques d'erreurs lors de la transformation des résultats). Il existe cependant un modèle spécifique au miel (Réf. PAL 22S). Un coup de cœur pour la facilité de manipulation (facile à nettoyer sous un jet d'eau) et robuste (pas de pièce en verre risquant de casser).
		● Qualité/prix ● Coup de cœur	