

L'HYDROMEL

J. MAUGENET

Station de Technologie végétale, route de Saint-Cyr, Versailles (Seine-et-Oise)

SOMMAIRE

On envisage la composition du miel du point de vue chimique, éléments figurés et microflore naturelle. La pauvreté du moût de miel en azote assimilable, facteurs de croissance et l'absence de levures sont autant d'obstacles à une fermentation alcoolique spontanée. Pour conduire à bien cette fermentation on doit tenir compte des exigences des levures et apporter les éléments nutritifs nécessaires ; le levurage est lui-même un point important. L'acidification du milieu fermentaire et l'augmentation de son pouvoir tampon sont une nécessité. Les éléments figurés (pollen, cire, propolis) générateurs de mauvais goûts sont éliminés par filtration préalable du moût.

La vitesse de fermentation est fonction des conditions de température dans lesquelles elle s'effectue et de l'aération du milieu. La fermentation lactique est l'accident le plus fréquent. On lutte contre le développement des bactéries lactiques par addition d'anhydride sulfureux et en maintenant une fermentation alcoolique active.

Des traitements en fin de fermentation sont nécessaires pour assurer la stabilité et la conservation de l'hydromel. La pasteurisation ou la stabilisation par additif chimique est nécessaire pour des conservations de longue durée en bouteilles.

INTRODUCTION

L'hydromel a une origine très ancienne et, dans son livre, VOULOIR (1935) en a très bien fait l'historique et transcrit de nombreuses recettes de fabrications d'autrefois. Elles gardent toute la saveur du passé, mais le produit obtenu devait être une chose curieuse.

VOULOIR a d'ailleurs le mérite de décrire des procédés plus scientifiques, basés sur les connaissances acquises depuis PASTEUR dans le domaine des fermentations. Les quelques fabricants qui subsistent encore actuellement lui en sont sans doute beaucoup redevables, ainsi d'ailleurs qu'aux travaux remarquables de JACQUEMIN (1900, 1907) qui a su introduire l'emploi des levures sélectionnées.

Des progrès plus récents dans les fermentations dirigées et les modes de traitement, nous ont permis d'envisager une préparation rationnelle de cette boisson. Dans une conférence (MAUGENET, 1963) nous avons envisagé un procédé de fabrica-

tion de l'hydromel et donné un exemple pour un hydromel liquoreux. Il nous a paru intéressant d'apporter plus de précisions au processus de préparation du moût de miel et de sa fermentation avec les impératifs qu'il comporte pour mener à bien l'opération. Auparavant nous ferons un rappel sur la composition du miel et sur les besoins nutritifs des levures de fermentations.

A. — COMPOSITION DU MIEL

I. — *Composition chimique*

La densité du miel varie de 1,39 à 1,44 et on considère, en général, que les miels sont constitués de 20 p. 100 d'eau, 75 p. 100 de sucres totaux et 5 p. 100 de constituants mineurs (LOUVEAUX, 1959). Ces constituants mineurs (acides organiques, matières minérales, matières azotées, gommés et dextrines) ainsi que les sucres varient, en fait, dans leur composition et leurs proportions suivant la provenance du miel et leur temps de conservation.

En règle générale, l'extrême diversité de composition des miels rend très difficile la possibilité d'établir une nomenclature chimique pour un échantillon moyen.

Les sucres.

Glucose et fructose représentent la majorité des sucres ; ils sont en proportions variables ce qui conditionne la consistance du produit. La répartition glucose-fructose dépend surtout de la nature des nectars de fleurs butinées par les abeilles.

Parmi les sucres mineurs, le saccharose n'est pas le plus important, cette importance étant d'ailleurs fonction du temps de conservation. Il est admis que le saccharose est soumis à l'invertase contenue dans le miel ; WHITE et MAHER (1953) ont montré que par transglucosidation du saccharose se produisaient plusieurs oligosaccharides comprenant le maltose et l'isomaltose. Par suite, le maltose est considéré comme le sucre mineur le plus important. Sous le terme « maltose » on inclut, en réalité, plusieurs disaccharides réducteurs : maltose, isomaltose, maltulose, turanose, nigérose (WHITE et HOBAN, 1959).

On note également la présence de raffinose et de mélézitose. Le mélézitose peut être très important dans le cas de miels de miellats (VALIN, 1956).

Comme nous l'avons indiqué précédemment, il semble donc très difficile de donner un schéma de la composition du miel en sucres totaux car celle-ci est soumise à de nombreuses variations. Cependant pour donner une image de cette teneur en sucres nous indiquerons un schéma établi par WHITE (1957) :

Glucose	28	à	37	p. 100
Fructose	37	à	39	—
Saccharose	0,5	à	1,3	—
Maltose	5	à	11	—

Les gommés et les dextrines peuvent aussi être très importantes et soumises à des très larges variations : 0,1 à 10 p. 100.

Les acides organiques.

Les acides organiques du miel sont quantitativement peu importants. Leur diversité est, par contre, très riche et les procédés actuels de chromatographie ont permis d'en identifier de nombreux : butyrique, acétique, formique, lactique, succinique, pyroglutamique, malique, citrique, gluconique et sans doute oxalique (SRINSON et *al.*, 1960). Ces acides se trouvent soit à l'état libre, soit sous forme de lactone.

Acides libres : 19 à 25 méq/kg

Lactone : 5 à 12 méq/kg.

La base la plus importante de ces lactones est l'acide gluconique qui forme 33 p. 100 des acides totaux ; l'acide citrique vient seulement en deuxième position avec 4,3 p. 100. La teneur en acide formique est très variable : 0 à 10 méq/kg (GUAGNINI et VONESH, 1959).

Le pH varie de 3,5 à 4,5 pour les miels de fleurs.

Les matières azotées.

On possède peu de renseignements à leur sujet. Comme pour les autres constituants, les miels présentent des teneurs très variables : 0,2 à 2,7 p. 100 si on les exprime en azote protéique.

Les acides aminés, qui ont été décelés, sont nombreux et on en a reconnu jusqu'à 18 dont : proline, acide aspartique, acide glutamique, sérine, glycine, alanine, lysine, thréonine, arginine, leucine, valine et méthionine. La proline représente 50 à 60 p. 100 des amino-acides totaux.

Les matières minérales.

Le miel est pauvre en matières minérales, tant en cations (potassium en particulier) qu'en anions minéraux comme les phosphates.

La présence du fer est accidentelle mais le phosphore et le calcium sont présents sous forme de phosphate de calcium.

TABLEAU I

Composition chimique de 3 échantillons de miel d'après WHITE

Échantillon n°	1	2	3
Couleur	Blanc	Ambre clair	Ambre foncé
Humidité, %	17,5	18,2	18,2
Glucose, %	32,45	33,62	33,35
Fructose, %	38,69	38,29	38,57
Saccharose, %	1,99	0,46	0,07
Disaccharides rédu- teurs, %	5,42	5,20	4,81
Polysaccharides, %	0,71	0,54	0,49
pH	3,84	3,85	4,22
Acidité libre, méq/kg	15,17	24,46	28,79
Lactone, méq/kg	8,54	10,82	6,56
Acidité totale, méq/kg	23,71	35,28	35,35
Cendres, %	0,067	0,145	0,145
Azote, %	0,034	0,092	0,170

Les vitamines.

Contrairement aux croyances du public, le miel est également très pauvre en vitamines. On signale cependant la présence de vitamine C et de vitamine B₁₂. La vitamine B₁₂ ou cobalamine a été évaluée à 0,01 γ /100 ml de miel (JUSAKU TAKAHASHI, 1955-1956) ce qui représente une teneur très faible, analogue à celle de la plupart des produits d'origine végétale.

Pour illustrer ce chapitre sur la composition chimique des miels nous indiquons, dans le tableau I, 3 analyses effectuées par WHITE, KUSHNIR et SUBERS (1964).

II. — *Éléments figurés*

Les éléments figurés qui représentent les grains de pollen, les débris de cire ou de propolis, ou même les débris de couvain, peuvent être en quantités importantes dans le miel. Ils dépendent surtout du degré de « raffinage » des miels et de leur mode d'extraction.

Ces éléments ont beaucoup d'influence sur le « bouquet » et sont souvent la cause de goûts indésirables. En fait on peut aller jusqu'à penser que la présence de grains de pollen conditionne tout ce qu'on appelle vitamines ou facteur de croissance des miels.

III. — *Microflore naturelle*

On trouve fréquemment dans le miel des levures de type osmophile appartenant au genre *Saccharomyces* (*S. mellis*, *S. rouxii*). Ces levures peuvent provoquer des détériorations dans le miel lorsque sa teneur en eau est supérieure à 17 p. 100. La granulation du miel peut d'ailleurs accroître la possibilité de fermentation en diminuant la teneur en sucre de la phase liquide.

Ces levures sont cependant, dans le cas de l'hydromel, incapables de démarrer et de conduire à bien la fermentation d'un moût de miel.

Par contre nous trouvons fréquemment des bactéries de type lactique appartenant au genre *Lactobacillus*. Celles-ci sont apportées vraisemblablement par les grains de pollen ou les débris de couvain.

B. — CONDITIONS A RÉALISER POUR UNE BONNE FERMENTATION

I. — *Besoins des levures pour la fermentation*

Pour conduire une fermentation les levures doivent trouver de toute nécessité, dans le milieu où elles se développent, non seulement des sucres fermentescibles mais aussi des substances minérales et des substances azotées assimilables en quantité suffisante.

À côté de ces éléments nutritifs, il y a également nécessité de trouver les facteurs de croissance qui favorisent la multiplication des cellules. Bien que la plupart des souches de levures soient capables de synthétiser ces substances, elles se développent beaucoup plus rapidement si elles les trouvent déjà synthétisées dans le milieu nutritif.

Les conditions du développement et de l'activité des levures sont très bien analysées dans le traité d'Œnologie de RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD (1960) et nous n'en ferons qu'un bref rappel.

Besoins en éléments minéraux.

Les composants principaux des matières minérales de la levure sont l'acide phosphorique (environ 50 p. 100) et le potassium (environ 25 p. 100). En plus de ces éléments les plus importants, la levure doit avoir du soufre, du fer et du magnésium en quantité suffisante et des traces d'autres oligo-éléments ; le calcium peut faire défaut sans grand inconvénient.

Besoins en éléments azotés.

L'azote ammoniacal est le plus rapidement utilisé par la levure, ensuite viennent les acides aminés et les peptides. Les matières protéiques non dialysables ne sont pas utilisées en l'état mais peuvent l'être après dégradation.

Si l'anion phosphorique facilite le départ de la fermentation, le cation ammonium augmente l'activité fermentative des cellules ; il stimule davantage leur pouvoir fermentatif que leur multiplication.

Besoins en facteurs de croissance.

Il semble que ce soit la thiamine (vitamine du groupe B) qui soit le facteur de croissance le plus important. La thiamine agit sur la croissance des levures, elle en augmente la population et prolonge la durée de leur activité. Si le moût de raisin, qui est un milieu naturel très facilement fermentescible, en possède 160 à 450 μ /l, le miel en paraît dépourvu.

Besoins en oxygène.

Dépuis PASTEUR, on sait que l'influence de l'air sur la fermentation a une très grande importance. La multiplication cellulaire s'effectuant surtout pendant les premières heures de la fermentation, c'est à ce moment que le milieu devra être saturé en oxygène.

Influence de la température.

Une élévation de température a un effet très marqué sur l'activité de la levure. A partir de 20-22°C, la prolifération est déjà rapide et à mesure que la température s'élève la quantité de sucres décomposée augmente dans l'unité de temps. La vitesse de fermentation semble s'accroître jusqu'au voisinage de 34-35°C qui est la température optimale. Si cette température est dépassée, l'activité de la levure est réduite et cela peut avoir de graves conséquences : plus la température est élevée, plus la fermentation est limitée et laisse de sucres non fermentés.

La température optimale dépend aussi de la quantité de sucres présente dans le milieu. Lorsque la concentration en sucres est voisine de 300 g/l il est préférable de ne pas dépasser la température de 28°C.

II. — *Suppléments à introduire dans le moût de miel*

D'après ce que nous venons d'examiner, nous pouvons considérer que dans le moût l'apport du miel, outre l'arôme, sera presque essentiellement limité à ses sucres. C'est un milieu entièrement différent qu'il faudra équilibrer, tant pour conduire à bien la fermentation que pour donner un produit stable et de bon goût.

1° *Limites fixées par la législation.*

La législation actuelle concernant la préparation et la conservation de l'hydromel est fixée par le décret du 2 mai 1911, article 2.

Sont autorisés :

- l'emploi de levures ;
- l'addition d'acide tartrique ou citrique à la dose maximale de 250 g/hl ;
- l'addition de phosphate d'ammoniaque et de phosphate bicalcique ;
- l'addition de bitartrate de potassium à la dose maximale de 25 g/hl ;
- le traitement par l'anhydride sulfureux et par les bisulfites alcalins à la double condition que l'hydromel ne retienne pas plus de 100 mg/l de SO₂ libre ou combiné et que l'emploi des bisulfites alcalins soit limité à 10 g/hl ;
- les collages, l'addition de tanin, la coloration au moyen de cochenille ou d'orseille.

2° *Quantités nécessaires pour la fermentation.*

Le moût de miel doit recevoir les éléments nécessaires pour la nutrition de la levure et les produits de complément pour assurer son équilibre biologique.

Éléments azotés. — D'après nos essais une dose de 250 mg/l de phosphate diammoniaque permet d'assurer un développement suffisant des levures et d'obtenir un bon départ en fermentation.

Éléments minéraux. — L'absence de pouvoir tampon du moût de miel pourrait être palliée en complétant le milieu par des carbonates, citrates ou tartrates alcalins. Des essais de laboratoire nous ont permis de constater l'efficacité de ce traitement sur la régularité de la fermentation. Malheureusement ces composés n'entrent pas actuellement dans le cadre de la législation ; seul est autorisé le bitartrate de potassium à la dose de 250 mg/l et son emploi est une bonne pratique.

Acidité. — L'acidité n'a en elle-même aucune influence sur la fermentation, tout au moins les acides organiques présents à des concentrations semblables à celles du moût de raisin.

L'acidité qui n'existe pratiquement pas dans le moût de miel sera cependant nécessaire non pour favoriser le développement des levures, mais pour gêner les bactéries lactiques en cas d'arrêt de fermentation. Les levures acceptent une large zone de pH mais celui-ci a une grande influence sur le développement des micro-organismes vivant en concurrence dans le milieu fermentaire. Cette acidité interviendra également dans l'équilibre de l'hydromel et sur ses qualités gustatives.

Un apport d'une acidité de 25 méq/l est généralement suffisante. Pour cela on emploie l'acide tartrique à la dose de 1,875 g/l ou l'acide citrique à raison de 1,750 g/l. L'acide citrique présente l'avantage de donner à l'hydromel des caractères gustatifs

plus fins tandis qu'on reproche souvent à l'acide tartrique de donner un léger goût « vineux ». Par contre il a l'inconvénient d'être métabolisé facilement par les bactéries lactiques tandis que l'acide tartrique présente un facteur de stabilité vis-à-vis de ces mêmes bactéries.

Anhydride sulfureux. — L'anhydride sulfureux qui n'entrave pas, à des doses normales, l'activité des levures est nécessaire comme antiseptique vis-à-vis des bactéries lactiques. On l'ajoutera lors de la préparation du moût, soit sous forme d'anhydride sulfureux à la dose de 25 à 50 mg/l, soit sous forme de métabisulfite de potassium à la dose de 50 à 100 mg/l.

C. — FERMENTATION DU MOÛT DE MIEL

Nous envisagerons successivement la préparation du moût, la conduite de la fermentation et les pratiques courantes en fin de fermentation pour assurer à l'hydromel une bonne conservation.

I. — Préparation du moût de miel

Le goût actuel du consommateur semble être en faveur d'un hydromel type apéritif. Dans cet exposé nous envisagerons donc uniquement la technique de fabrication de ce type de boisson.

Cet hydromel pour sa stabilité et sa bonne conservation doit avoir un degré alcoolique assez important (13 à 15° G.L.). Cependant, pour plaire au consommateur, il doit garder son goût de miel qui le différencie des autres boissons. Pour cela il faut que la fermentation des sucres ne soit pas totale, la présence de ceux-ci exaltant le parfum du miel. A notre avis l'hydromel doit avoir 17 à 20° d'alcool total, c'est-à-dire 13 à 15° d'alcool acquis et 50 à 100 g de sucre résiduel par litre.

1° Choix du miel.

Le miel employé doit être franc de goût. En effet, si l'on peut agir sur la coloration, il est pratiquement impossible de faire disparaître un mauvais goût. Cependant, dans le cas d'un goût naturel très prononcé, on peut atténuer celui-ci par un collage préalable du moût avant fermentation.

2° Préparation de l'eau miellée.

Lorsqu'on dispose d'un miel ayant une teneur en sucre de 75 p. 100, il faut en introduire 300 à 460 g/l c'est-à-dire la quantité nécessaire pour obtenir une densité du moût à 20°C de 1 120 à 1 140. Sur le graphique I, nous avons porté la densité d'une solution de miel en fonction de sa concentration ; ces densités sont prises à 20°C sur un moût préalablement filtré.

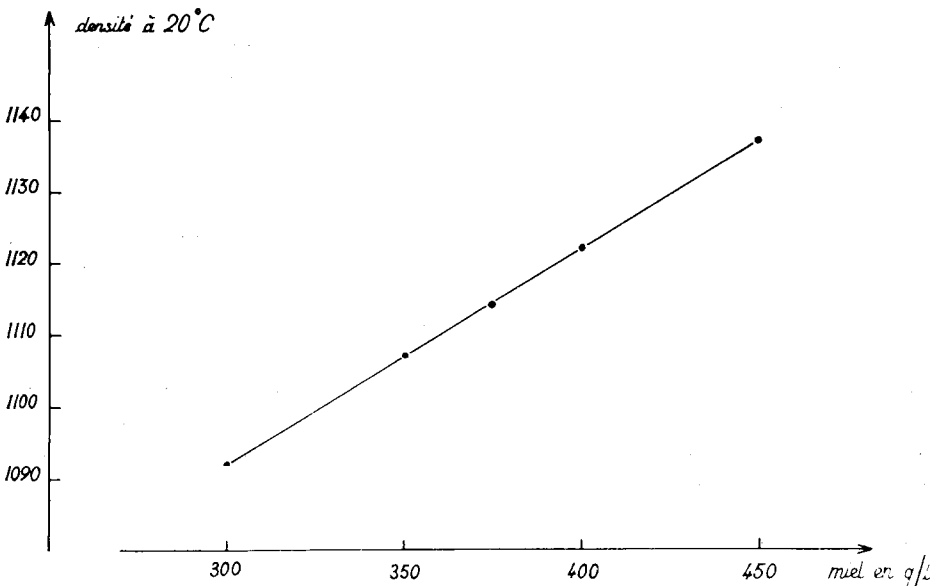
La préparation de ces mélanges soulève habituellement deux difficultés dues à ce que le miel se présente généralement cristallisé dans les emballages commerciaux de 200 à 300 kg et à ce qu'il ne se solubilise que lentement dans l'eau froide aux concentrations employées.

La première opération consistera à rendre le miel liquide pour pouvoir effectuer un pompage. Ceci est couramment réalisé soit par étuvage en chambre chaude, soit par immersion dans un réservoir d'eau à température convenable.

La seconde opération sera effectuée par solubilisation du miel à l'eau tiède (environ 40°C). Si le volume à traiter est important une cuve spéciale, munie d'un malaxeur, sera nécessaire. D'une manière générale on effectue la solution de miel à une concentration supérieure à celle envisagée de manière à ajuster la densité de façon précise après filtration. L'eau employée est évidemment soumise aux règles sanitaires courantes pour tout produit alimentaire.

3° Filtration.

Nous savons que les goûts étrangers sont provoqués par la présence dans le moût de miel de matières telles que cire, propolis, débris de couvain ou de grains de



GRAPHIQUE 1. — Densité à 20°C d'une solution de miel en fonction de sa concentration

pollen qui cumulent souvent les deux fonctions : mauvais goût et apport de ferments lactiques. Ces goûts qui peuvent passer inaperçus dans le moût sont exagérés par l'alcool qui se forme au cours de la fermentation. L'élimination de ces matières indésirables avant la mise en fermentation du moût est donc nécessaire.

Traditionnellement ce traitement se fait par le chauffage des moûts. Tous les éléments figurés sont accumulés dans l'écume qui est éliminée au fur et à mesure de sa formation. Le chauffage provoque, en outre, la destruction d'une bonne partie des microorganismes présents dans le moût.

Cette technique ne permet pas d'éviter une dissolution partielle de cire ou de propolis et présente le risque de production d'HMF (hydroxyméthylfurfural).

La filtration est le moyen le plus satisfaisant d'éliminer ces matières étrangères et les progrès accomplis dans ce domaine permettent de l'envisager comme une pratique courante. La filtration sur plaque est à éliminer par suite du colmatage rapide

de la matière filtrante. La terre de silice (Kieselguhr) est un bon adjuvant de filtration et est à conseiller dans ce cas particulier. Les filtres commerciaux sont basés sur deux types de couche filtrante avec Kieselguhr :

— système de précolmatage : l'adjuvant est déposé en couche mince sur un support poreux (tissu ou tamis) ;

— système de nourrissage ou d'alluvionnement continu : l'adjuvant est mélangé au liquide à filtrer. Cet apport continu sur la couche filtrante permet d'éviter son colmatage.

4^o Produits de complément.

Après filtration le moût doit recevoir les produits de complément que nous avons vus dans un chapitre précédent. La densité sera ensuite ajustée à la valeur choisie et le moût sera ainsi prêt pour la mise en fermentation.

II. — Conduite de la fermentation

Le levurage représente, à notre avis, le point le plus important et le plus délicat dans la fermentation de l'hydromel. Les conditions de température et d'oxygénation ont aussi beaucoup d'influence dans la conduite de cette fermentation ; si elles ne sont pas respectées on assiste souvent à des accidents ou arrêts de fermentation qui ont la plupart du temps de graves conséquences.

1^o Préparation du levain et ensemencement du moût.

Pour mener à bien cette fermentation il est nécessaire d'introduire dans le moût un levain en pleine activité. La population initiale du moût sera au minimum de 10^6 (1 million) levures par centimètre cube.

TABLEAU 2

Exemples de composition pour les milieux pré-levain et levain

	Milieu pour pré-levain (1)	Milieu pour levain
Miel		100 g
Glucose	10 g	
Extrait de levure	3 g	0,250 g
Extrait de malt	3 g	
Peptone pancréatique	5 g	
Phosphate di-ammonique		0,250 g
Acide tartrique ou citrique		10 méq
Eau	1 l	1 l
Métabisulfite de potassium		0,100 g

(1) Milieu connu en microbiologie sous le nom de Malt-WICKERHAM, stérilisé 120°C pendant 20 minutes.

On utilise une levure du genre *Saccharomyces* (*S. cerevisiae* ou *S. oviformis*) choisie auparavant pour son pouvoir alcooligène et éventuellement pour sa facilité de sédimentation en fin de fermentation. Les levures sélectionnées utilisées en œnologie peuvent être employées sans inconvénient pour la fabrication de l'hydromel. Deux stades de culture se présentent : un stade d'activation et de multiplication de la souche que nous appelons *pré-levain* et un stade de multiplication et d'adaptation à l'eau miellée qui est le *levain*.

Le pré-levain s'effectue dans un milieu stérile, très riche en facteurs de croissance et en particulier en vitamines du groupe B. Nous employons généralement un milieu du type « malt glucosé » de composition indiquée dans le tableau 2. Nous ne donnerons pas ici la technique de multiplication du pré-levain qui est assez délicate pour des non-spécialistes. C'est au stade pré-levain que se présentent généralement les cultures vendues dans le commerce.

Le levain se fera dans une eau miellée à 100 g/l environ, enrichie en azote sous forme de phosphate di-ammonique et en facteurs de croissance sous forme d'extrait de levure. Une acidification légère peut être pratiquée ainsi qu'une sulfitation préventive. Cette sulfitation est nécessaire dans le cas, le plus général, où on opère sur un milieu non stérile. Dans tous les cas la filtration de l'eau miellée est impérative. Ce milieu estensemencé avec le pré-levain à raison de 10 p. 100 volume à volume. Nous trouverons également dans le tableau 2 un exemple de composition d'un milieu pour levain.

Les cultures du pré-levain et du levain sont effectuées à 25°C en évitant tout risque de contamination.

L'ensemencement du moût avec le levain se pratiquera lorsque celui-ci sera en pleine activité (10⁸ levures bourgeonnantes par centimètre cube), à raison de 1 à 2 p. 100 volume à volume. La multiplication des levures et la fabrication du moût doivent être conduites parallèlement de façon à pouvoir ensemenecer immédiatement le moût dès la fin de sa préparation. Une bonne pratique consiste à faire suivre l'ensemencement de la cuve par une aération sous forme d'un remontage énergique.

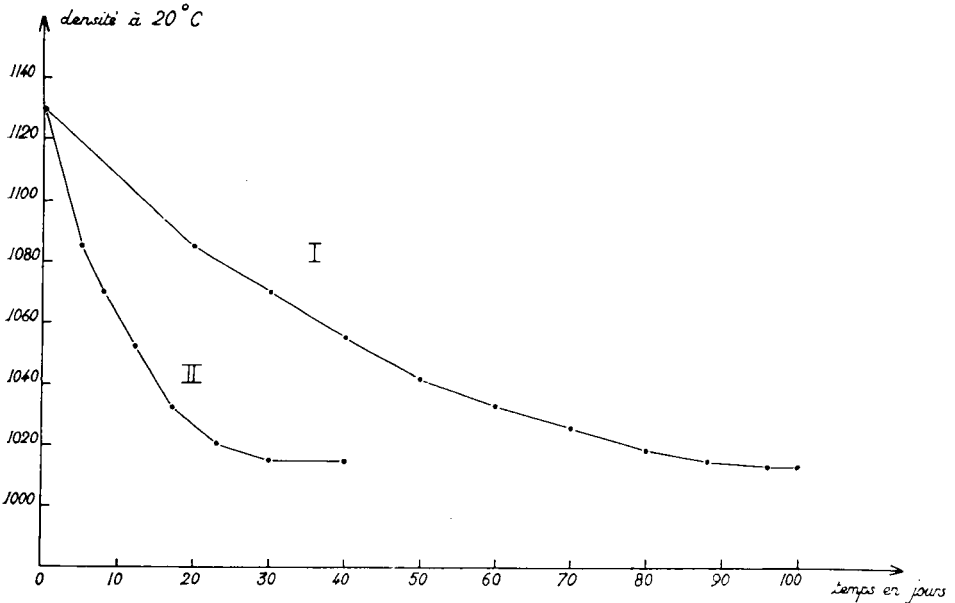
2° Conditions de fermentation.

La fermentation doit être conduite en cuve fermée, sous barboteur ou stérilisateur d'air, afin d'éliminer tout risque de contamination extérieure. Le cours de la fermentation sera suivie au densimètre à intervalles réguliers (4 à 5 jours) de manière à établir une courbe de perte de densité en fonction du temps. L'allure de cette courbe renseignera le praticien sur le déroulement de la fermentation et permettra éventuellement de déceler les accidents.

La température a, comme nous l'avons indiqué dans un chapitre précédent, une grosse influence sur la vitesse de fermentation. D'après nos essais une température du local de 20 à 25°C serait idéale pour conduire la fermentation en 20 à 30 jours (selon la concentration initiale en sucres du moût). En cuve métallique, l'élévation de température due à la fermentation est peu importante (2 à 3°C) du fait des échanges avec le milieu extérieur. Sur le graphique 2 nous avons porté l'exemple d'un même moût de miel mis à fermenter à 12°C et à 25°C. La vitesse de fermentation a, indirectement, une influence sur le bouquet : l'essai à 12°C avait des caractères gustatifs plus fins qu'à 25°C. Cependant du point de vue commercial une fermentation de

longue durée offre peu de rentabilité puisque l'on peut éventuellement affiner le bouquet par la pratique du vieillissement. Des fermentations de longue durée nécessitent en outre une surveillance continue car les risques d'accidents sont toujours à craindre.

L'oxygène présent dans le moût est un point très important et, d'après nos essais, il semble que ce soit le facteur limitant la vitesse de fermentation. En accord avec les travaux de RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD (1960) nous avons constaté que la saturation du milieu en oxygène le 2^e ou 3^e jour de la fermentation est une opération nécessaire dans le cas de l'hydromel. Rappelons que ce moment correspond à la phase



GRAPHIQUE 2. — Influence de la température sur la durée de la fermentation
I. — Température maintenue à 12°C
II. — Température maintenue à 25°C

de multiplication des levures. Sur le graphique 3 nous avons porté un exemple concernant la fermentation d'un même moût dans les mêmes conditions de température : le moût II a subi un remontage énergétique avec arrosage au 2^e jour de fermentation alors que le moût I a été laissé en l'état.

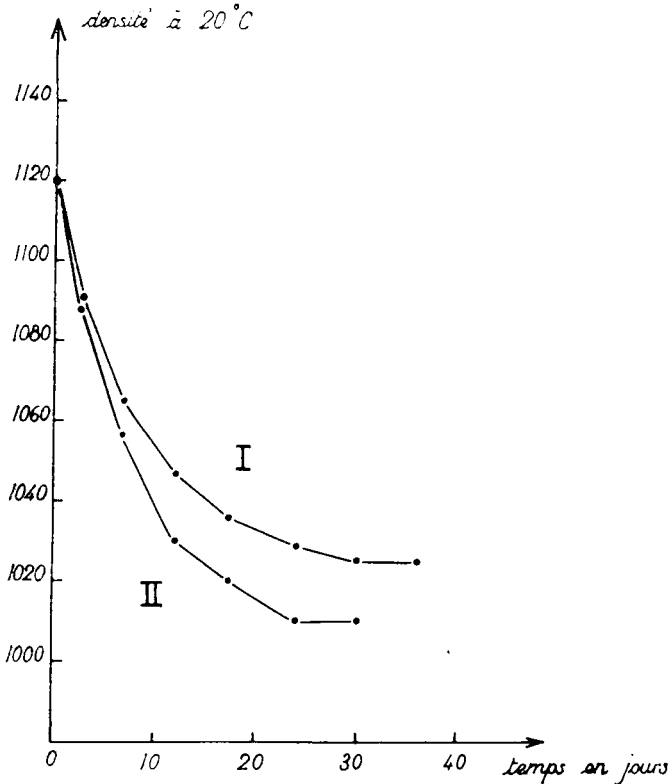
Connaissant les influences dues à la température et à l'oxygénation il ne faut cependant pas que la fermentation soit trop rapide. Les caractères gustatifs sont intimement liés à la durée de la fermentation et une durée de 20 à 30 jours semble acceptable.

3^o Accidents de fermentation.

Parmi les altérations d'origine microbienne la piqûre lactique représente le plus grand danger pour les hydromels. Les ferments lactiques qui existent dans le miel et sont présents dans le moût peuvent proliférer et transformer les sucres en acide

lactique ; parallèlement, si l'acidité de base apportée au moût est l'acide citrique, celui-ci peut être métabolisé en acide lactique par ces mêmes bactéries.

Le moût de miel, non stérile, représente donc un milieu où les levures et les bactéries lactiques sont en concurrence. Nous avons vu que nous pouvions inhiber le développement de ces bactéries par acidification du moût qui agit sur le pH (pH amené en dessous de 4) et par addition d'anhydride sulfureux. La température à laquelle nous travaillons (20 à 25°C) est favorable à ces bactéries mais elles sont gênées par une fermentation alcoolique active.



GRAPHIQUE 3. — Influence de l'aération sur la durée de la fermentation
I. — Aération au moment du levurage
II. — Aération au moment du levurage et au 2^e jour

Le danger est donc représenté par un arrêt subit de l'activité des levures. Cet arrêt peut être provoqué par une diminution du pH lorsque le milieu est mal tamponné ou le plus souvent par une chute accidentelle brusque de la température du local de fermentation. Lorsque le pouvoir tampon du moût était insuffisant nous avons souvent observé un ralentissement puis un arrêt de la fermentation et le pH était dans ce cas souvent voisin de 2,5.

L'arrêt de fermentation, lorsque le moût possède déjà 5 à 6° d'alcool est grave car il est très difficile de remettre en activité une cuve arrivée à ce stade. Pratiquement, la technique qui consiste à mélanger cette cuve avec un moût « frais » et à effectuer un nouveau levurage est la seule qui donne de bons résultats.

La fermentation lactique est à éviter par suite de la perte en sucres, des goûts qu'elle peut engendrer et surtout par la difficulté de stabiliser un tel produit.

III. — *Finissage et conservation de l'hydromel*

En fin de fermentation, l'hydromel aura un pH de 3,2 à 3,5 et une acidité totale de 60 à 80 méq/l. Si cette fermentation a été opérée dans de bonnes conditions, l'acidité volatile sera de 10 à 20 méq/l. Cette acidité volatile élevée n'est pas due à l'activité des bactéries acétiques ou lactiques. Elle est produite normalement par le métabolisme de la levure chaque fois qu'elle fermente des milieux très riches en sucres.

L'hydromel n'est pas encore limpide ; il contient de nombreuses levures en suspension qui ne s'élimineront que lentement par décantation en formant les lies. Certaines pratiques sont recommandées tant pour clarifier rapidement le produit que pour assurer son équilibre et sa bonne conservation.

1° *Soins à donner à l'hydromel.*

Le tanisage, le collage et la filtration représentent des opérations de finissage nécessaires. A la suite de celles-ci l'hydromel pourra, après coupage éventuel, être livré à la consommation ou soumis au vieillissement.

Le tanisage de l'hydromel aura surtout pour but de donner plus de « corps » Une dose de 25 mg/l de tannin à l'alcool nous paraît suffisante.

Le collage doit avoir un double but : clarifier le produit et opérer un traitement préventif des troubles protéiques. Ces protéines jouent un grand rôle dans la limpidité de l'hydromel ; elles se trouvent en solution colloïdale et peuvent troubler l'hydromel par coagulation lorsqu'on met celui-ci au froid. Ce traitement peut être exécuté par adsorption des protéines au moyen de la bentonite. L'utilisation de la bentonite qui est courante en œnologie est à recommander dans le cas de l'hydromel. Une dose de 1 g/l est généralement suffisante mais comme pour tout collage il est utile d'exécuter des essais préalables. Si le collage est bien effectué, la clarification s'accomplit en 2 à 3 jours. Le volume des lies est toujours important, c'est un des inconvénients de ce traitement.

La filtration est nécessaire après traitement à la bentonite. Cette filtration se pratique sur Kieselguhr comme lors de la préparation du moût.

Après les opérations de « finissage » l'hydromel peut alors être dirigé vers deux voies différentes : le vieillissement ou la mise en bouteilles pour la vente. Avant la mise en bouteilles, l'hydromel peut subir une seconde filtration sur plaque d'amiante. Cette filtration avant conditionnement a pour but de donner plus de brillant au produit et d'éliminer les bactéries et levures si on emploie des plaques « stérilisantes ». Une bonne précaution consistera à ajouter une faible dose d'anhydride sulfureux (25 à 50 mg/l) avant filtration.

2° *Altérations au cours de la conservation.*

La piqûre acétique est toujours à craindre mais on peut facilement s'y soustraire en évitant toute aération exagérée au cours des manipulations et en ne laissant pas les cuves ou tonneaux en vidange.

La fermentation lactique, qui est la principale altération des hydromels est

aussi possible lors de la conservation mais les risques sont beaucoup diminués par la sulfitation préventive.

Comme dans tous les produits alcooliques sucrés la refermentation lente par levure est l'altération la plus à craindre et il semble très difficile de pouvoir y remédier par des méthodes normales. Dans le cas de conservation en cuve ou en fût elle n'a que peu d'importance mais dans le cas de conditionnement en bouteilles le problème est grave. Nous avons vu qu'une solution consiste à opérer une filtration sur plaque stérilisante avant l'embouteillage mais pour plus de sécurité on devrait envisager d'autres modes de traitement.

3° *Stabilisation de l'hydromel.*

Cette question se pose dans le cas de transport lointain ou de conservation de longue durée en bouteilles. La stabilisation de l'hydromel mériterait certainement une étude approfondie mais l'on peut d'ores et déjà envisager deux méthodes : pasteurisation ou emploi de l'acide sorbique.

La pasteurisation est un moyen physique actuellement bien connu pour des produits similaires mais il resterait à en établir les normes pour l'hydromel.

L'acide sorbique ou le sorbate de potassium pourrait aussi apporter une solution satisfaisante. D'après nos essais une dose de 150 à 200 mg/l serait suffisante. Actuellement ces produits autorisés dans les vins moelleux ne sont pas prévus par la législation dans le cas des hydromels.

CONCLUSION

L'élaboration de l'hydromel doit donc suivre un processus délicat, mettant en jeu des techniques qui ne peuvent être appliquées que partiellement à une production artisanale. Ces techniques nécessitent en effet un matériel relativement important et d'amortissement difficile pour une petite exploitation.

Certaines améliorations peuvent cependant être apportées à ces fabrications. En effet, si les fabricants actuels savent très bien équilibrer leur moût de miel, ils ne savent pas toujours effectuer un levurage correct et dans de bonnes conditions sanitaires. Leur réticence également à l'emploi de l'anhydride sulfureux avant fermentation fait souvent qu'ils conduisent parallèlement la fermentation alcoolique et la fermentation lactique. Les « goûts de cire » sont de même assez fréquents. Le résultat de tout ceci est que l'on se trouve en présence de fermentations qui durent 6 mois ou même 1 an et qui donnent un produit parfois excellent mais fréquemment très mauvais.

Lorsqu'il est bon, l'hydromel constitue un excellent apéritif ou vin de dessert. Un vieillissement de un à deux ans donne même des produits très agréables. Il est à souhaiter que cette vieille industrie de la fermentation du moût de miel se perpétue et se modernise pour livrer au consommateur un produit correct.

SUMMARY

HYDROMEL

Honey was briefly considered from the standpoints of chemical composition, foreign matter and natural microflora. Yeasts were required to ensure good fermentation of a honey must and these yeasts had to receive all the nutritional elements they needed. Foreign material which could give rise to bad flavours was removed by filtration. The acidity and the buffering power of the must were controlled. Careful control of the fermentation was necessary, in particular to prevent lactic fermentation taking place. After fermentation treatments were required to assure the stability and keeping properties of the hydromel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GUANINI O.A., VONSEH E. E., 1959. Hydroxamic acids. IX. Microdetection and determination of formic acid and inorganic formates : application to food. *Anales assoc. quim. org.*, **47**, 41-51.
- JACQUEMIN G., 1960. *Les fermentations rationnelles (Vins, Cidres, Hydromels, Alcools)*. Imprimerie Thomas, Malzeville, Nancy.
- JACQUEMIN G., ALLIOT H., 1967. *La préparation moderne de l'hydromel et des vins de fruits*, Librairie C. Amat, Paris.
- JUSAKU TAKAHASHI, 1955-1956. Some source of vitamin B₁₂. *Eiyô to Shokuryô*, **8**, 49-51
- LOUVEAUX J., 1959. La technologie du miel. *Ann., Abeille*, **4**, 343-254.
- MAUGENET J., 1963. L'hydromel, procédé moderne de fabrication. Conf. Congr. U. N. A. F., 18 octobre *Rev. franç. apic.*, **205**, 382-384.
- RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., 1960, *Traité d'œnologie*, tome I. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, Paris et Liège.
- STINSON E. E., SUBERS M. H., PETTY J., WHITE J. W., 1960. The composition of honey. V. Separation and identification of the organic acids. *Arch. Biochem. Biophys.*, **89**, 6-14.
- VALIN J., 1956. L'analyse saccharimétrique du miel. *Ann. Fals. Fraudes*, **49**, n° 573-574, 388-401,
- VOULOIR G., 1935. *Nectar*. Éditions agricoles Maurice-Mendel. Les presses universitaires de France. Paris.
- WHITE J. W., 1957. Analysis of honey. *J. assoc. Offic. Agr. Chemist*, **40**, 326-328.
- WHITE J. W., HOBAN N., 1956. Composition of honey. IV. Identification of the disaccharides. *Arch. Biochem. Biophys*, **80**, 386.
- WHITE J. W., KUSHNIR I., SUBERS M. H., 1964. Effect of storage and processing temperatures on honey quality. *Food Technol.*, **4**, 153-156.
- WHITE J. W., MAHER J., 1953. Trans-glucosidation by honey invertase. *Arch. Biochem. Biophys.*, **42**, 360.