

ÉTUDES  
SUR LE  
**VIN MOUSSEUX**

*Nouveau mode de tirage rationnel et infaillible,*

L'Élasticité du verre et la Résistance des bouteilles,

LE LIÈGE

ET SON APPLICATION AU BOUCHAGE DU VIN DE CHAMPAGNE

PAR

**J. SALLERON**

CONSTRUCTEUR D'INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

*Laureat (Diplôme d'honneur) de l'Exposition viticole d'Épernay*

La nature ne forme jamais de liqueurs spiritueuses; elle pourrit le raisin sur le cep, tandis que l'art en convertit le suc en une liqueur agréable, tonique et nourrissante qu'on appelle vin.  
CHAPTAL.

PARIS

CHEZ L'AUTEUR, 24, RUE PAVÉE

Épernay

PIOCHE BERGÉ, Libraire  
13 rue de Châlons.

Reims

MATOT-BRAINE, Libraire  
8, rue du Cadran-St-Pierre.

1886



ÉTUDES

SUR

LE VIN MOUSSEUX



# ÉTUDES

SUR LE

# VIN MOUSSEUX

*Nouveau mode de tirage rationnel et infailible,*

L'Élasticité du verre et la Résistance des bouteilles,

LE LIÈGE

ET SON APPLICATION AU BOUCHAGE DU VIN DE CHAMPAGNE

PAR

**J. SALLERON**

CONSTRUCTEUR D'INSTRUMENTS DE PRÉCISION

*Laurent (Diplôme d'honneur) de l'Exposition viticole d'Épernay*

La nature ne forme jamais de liqueurs spiritueuses; elle pourrit le raisin sur le cep, tandis que l'art en convertit le suc en une liqueur agréable, tonique et nourrissante qu'on appelle  
*vin.* CHAPTAL.

---

PARIS

CHEZ L'AUTEUR, 24, RUE PAVÉE

**Épernay**

PIOCHE-BURGE, Libraire

13, rue de Châlons.

**Reims**

MATOT-BRAINE, Libraire

6, rue du Cadran-St-Pierre.

1886



## AVANT-PROPOS

Si les expériences ne sont pas dirigées par la théorie, elles sont aveugles; si la théorie n'est pas soutenue par l'expérience, elle devient incertaine et trompeuse.

BACON.

« L'art de faire le vin », depuis Chaptal, a inspiré de nombreux écrivains qui, traitant de cette grande industrie française, tantôt dans le langage scientifique, tantôt dans la forme poétique, ont dit, je crois, tout ce que comporte le sujet, si ce n'est davantage. Cependant celui qui devrait s'intéresser le plus à la lecture de ces publications, le vigneron, ne les lit guère; il continue à faire son vin selon les anciennes traditions; il suit l'exemple de ses pères, et, quand le soleil le veut bien, le vin n'en est pas plus mauvais. Mais si l'art de faire le vin *rouge* semble avoir acquis, entre les mains de nos vignerons, sa plus grande perfection, il est difficile d'en dire autant du vin mousseux; aussi les négociants de la Champagne sont-ils essentiellement progressistes et lisent-ils volontiers toutes les publications qui touchent à leur industrie. En cela ils ont bien raison, car la production du *Champagne* est, aujourd'hui encore, délicate, incertaine et difficile: cette opération, simple en apparence, qui consiste à renfermer dans une bouteille de vin l'acide carbonique dégagé par la fermentation pour, à un moment donné, en projeter le bouchon avec éclat, n'est pas toujours réussie et cela, malgré l'habileté et l'expérience de nos négociants et en dépit des sacrifices de tous genres devant lesquels ils n'ont jamais reculé.

Comment en serait-il autrement? Tout, dans la production du vin de Champagne, naguère encore, était inconnu et inexpliqué: c'est à peine si la théorie de la fermentation, si brillamment exposée par M. Pasteur, est acceptée par tous les savants. Le dosage du sucre est une analyse dont l'exactitude date d'hier. La mesure du pouvoir

absorbant du vin pour l'acide carbonique n'a pu encore être déterminée, faute d'un instrument exact et pratique. La résistance réelle des bouteilles, les lois de l'élasticité du verre et sa variation avec la température, ne sont pas seulement soupçonnées. La constitution physique du liège, sa composition chimique, sa résistance à la compression et à l'action dissolvante du vin, n'ont jamais été publiées, etc. Si tous les éléments du difficile problème de la fabrication du vin mousseux font défaut, comment donc le négociant, quelles que soient son intelligence, son habileté et son expérience, pourrait-il travailler avec certitude ?

Il m'a semblé qu'il était temps d'introduire en Champagne les méthodes scientifiques sans lesquelles on ne peut plus travailler aujourd'hui ; je crois le moment venu d'associer à la pratique des vigneron et à l'expérience des négociants, les théories des savants. Mes relations scientifiques et industrielles m'ayant mis depuis longtemps en rapport avec les uns et avec les autres, je me suis trouvé dans des conditions essentiellement favorables pour mener à bonne fin une série d'études touchant l'industrie champenoise. Si je m'enhardis à publier aujourd'hui les résultats de ces recherches patiemment et laborieusement poursuivies, c'est parce que j'ai la conviction profonde qu'il est facile, dorénavant, de transformer le jus du raisin en vin mousseux par une série d'opérations simples, faciles, certaines, dont tous les détails soient connus, dont tous les éléments puissent être pesés et calculés. Je crois enfin que le titre de ce travail : *le Tirage rationnel et infaillible*, est une réalité.

Qu'il me soit permis, avant de clore ces réflexions, de rendre à l'illustre savant qui honore si justement notre pays l'hommage de reconnaissance que je lui dois pour les précieux enseignements que j'ai puisés dans ses immortels travaux ; on a déjà deviné que je parle de M. Pasteur et de ses découvertes admirables sur la fermentation. En citant le nom de M. Pasteur à la première page de cette étude, je place mon travail sous des auspices qui ne peuvent que lui porter bonheur.

J. SALLERON.

## ÉTUDES

SUR

# LE VIN MOUSSEUX

---

La vinification, en tant qu'elle s'applique à la production du vin rouge, comprend un petit nombre d'opérations simples, rationnelles, faciles et presque infaillibles. Mais il en est tout autrement dans l'industrie du vin de Champagne; ici, tout est complexe, incertain et difficile. Toutes les manipulations que doit subir le jus du raisin, pour devenir du vin mousseux, ne peuvent réussir que si elles sont appuyées par des analyses délicates et de savants calculs.

Il faut bien reconnaître que cette mise en œuvre est, dans sa pratique, anormale et, le plus souvent, en contradiction avec les lois de l'œnologie. A la vendange, nous cueillons des raisins que la nature, dans sa sagesse, a composés avec un art merveilleux. Tous leurs éléments constitutifs sont parfaitement équilibrés et calculés pour fournir une boisson agréable, réparatrice et d'une conservation presque indéfinie : qu'en faisons-nous?

Pour obtenir du vin blanc de raisins noirs, nous séparons du moût les rafles, les pulpes, les pépins, en un mot tous les principes astringents qui rendent le vin tonique et réconfortant et qui, de plus, assurent sa propre conservation.

Quand le moût est extrait du raisin, au lieu de laisser agir le ferment à l'époque de la maturité des fruits, quand ses fonctions vitales sont le plus exaltées; au lieu d'enlever, par un soutirage immédiat, les cellules du ferment et les germes qui l'accompagnent toujours, nous enfermons le moût et tous ces agents de décomposition dans des tonneaux exposés au froid, afin de prolonger, pendant tout

l'hiver, les chances de maladie auxquelles le vin en fermentation est toujours sujet. Et, au printemps, au lieu de soustraire le vin à toute nouvelle transformation qui puisse modifier ses qualités; au lieu de l'enfermer dans des caves profondes où les rayons calorifiques et chimiques du soleil ne puissent l'atteindre, nous le soutirons en plein air, en pleine lumière, en pleine chaleur; nous réveillons le ferment, nous lui procurons une activité nouvelle, artificielle et fébrile; nous remplaçons le sucre que la nature avait si judicieusement fait disparaître; nous soumettons, enfin, le vin à une nouvelle fermentation; nous l'exposons à de nouvelles maladies.

Dans toutes les fermentations vinaires l'acide carbonique est expulsé au fur et à mesure de son dégagement. Sans dire que c'est tout exprès pour cela que cet acide est gazeux et faiblement soluble, il est bien certain que le vin fait n'en retient jamais. Or, que fait-on en Champagne? non seulement on emprisonne dans le vin tout le gaz qu'il peut normalement dissoudre, mais on le comprime dans les bouteilles jusqu'aux dernières limites de leur résistance, et il semble qu'il se soit élevé une lutte entre les verriers et les négociants : tous les progrès réalisés dans la fabrication du verre sont suivis d'une exagération nouvelle dans la pression du vin; comme si la *casse* était une condition essentielle de la fabrication du vin de Champagne!

Et pour fermer ces bouteilles, pour conserver ce gaz et ce vin si anormalement réunis, il nous faut aller chercher, au fond des forêts de l'Espagne, du liège assez épais, assez inaltérable; il nous faut inventer, chaque année, de nouvelles machines assez puissantes pour enfoncer, dans le col des bouteilles, quatre fois plus de liège qu'il n'en devrait contenir.

Et quand, après avoir perdu, par les soutirages, le dégorgement, la casse, les recouleuses, etc., une notable partie de ce vin si laborieusement, si chèrement obtenu, nous l'expédions dans les pays lointains, nous avons la douleur de le voir couler, se répandre dans les paniers d'emballage, dans les caves des consommateurs.

Que faire pour réagir contre ces errements?

Rien. Si nous y changions quelque chose, notre vin ne serait plus du champagne!

S'il n'est pas possible de transformer, de modifier seulement, la préparation du vin mousseux, il ne reste qu'à la perfectionner. S'il n'est pas possible de toucher à la nature elle-même du vin mousseux, il faut réduire le plus grand nombre des difficultés que cette industrie éprouve encore. En un mot, il faut produire le vin de Champagne avec plus de certitude et d'économie.

Pour décrire avec ordre, méthode et clarté le résultat des études auxquelles je me suis livré et qui devront, j'en ai la conviction, conduire à ces utiles perfectionnements, il me faudra passer en revue toutes les manipulations que le vin doit subir, depuis la vendange jusqu'au bouchage du vin d'expédition. Ce travail sera donc subdivisé en chapitres dont le premier traitera de cette opération, naguère encore si obscure, qui, sous le nom de *fermentation*, transforme le moût en vin et, dans les derniers, je tâcherai de porter quelque lumière dans la question si complexe de la résistance du verre et du liège.

Enfin, dans un APPENDICE, je donnerai la description des analyses chimiques sans le secours desquelles, à mon avis, le travail du vin mousseux n'est plus possible aujourd'hui.

---

# DE LA FERMENTATION

Pour que les principes de l'art de faire le vin pussent être établis, il fallait que les lois de la fermentation fussent connues.

CHAPTAL.

Tous les traités de chimie et d'œnologie débutent, au chapitre de la *fermentation*, par l'exposé de la théorie chimique au moyen de laquelle Lavoisier, puis Gay-Lussac et enfin M. Pasteur ont expliqué la transformation subie par le sucre sous l'influence du ferment. Je me garderai bien de suivre cet exemple, car la question que je dois traiter ici est plus physiologique que chimique; de plus, cette action physiologique présente un intérêt capital; j'estime enfin qu'il est de la première importance que les explications dans lesquelles je vais entrer à son sujet soient lues et comprises: aussi je supprimerai à dessein tout ce qui pourrait compliquer mon exposé et nuire à sa clarté.

De toutes les formules chimiques et de tous les nombres qui sont tombés si souvent sous les yeux des négociants champenois, je ne retiendrai que ceux-ci: un gramme de sucre de cannes, disons de sucre cristallisable, se décompose par la fermentation en 0<sup>cc</sup>,643 d'alcool et en 0<sup>lit</sup>,247 de gaz acide carbonique (1). Ces deux seuls chiffres nous seront utiles; ce seront les seuls auxquels j'aurai recours. Mais si je fais bon marché de la *théorie chimique* de la fermentation, je crois nécessaire d'étudier attentivement, je le répète, l'action purement *physiologique* que le ferment exerce dans la vinification; les fonctions vitales du ferment jouent un rôle si considérable dans la fabrication du vin mousseux que je ne saurais trop appeler l'attention de mes lecteurs sur les développements qui vont suivre.

Le sucre contenu dans le moût de la vendange, disons dans le jus du raisin, se transforme en alcool et en acide carbonique par le fait d'une action toute naturelle qu'on appelle la *fermentation*, et cette fermentation est provoquée par un élément qui existe dans le jus de tous les fruits sucrés, par le *ferment*. Naguère encore la fermenta-

(1) On trouvera dans l'excellent ouvrage de M. E. Viard tous les éléments nécessaires pour le calcul de ces chiffres. (Voir le *Traité général des vins*, par Émile Viard, pages 16 et 17.)

tion était un phénomène mystérieux dont l'explication et la cause naturelle avaient échappé aux plus grands esprits, aux recherches les plus ingénieuses et les plus précises. Aussi après avoir mis à bout la patience des alchimistes et la science des chimistes, des naturalistes et des œnologues modernes, on se contentait de dire que le vin était le produit de la fermentation du sucre, comme d'habitude on met un mot à la place de l'explication absente. Mais un de nos contemporains, un savant qui, par les immenses services qu'il a rendus à l'humanité, est devenu une gloire française, M. Pasteur a donné enfin une explication claire, précise, irréfutable du phénomène qui produit la décomposition du sucre. Il est impossible de nier aujourd'hui que le ferment ne soit un être organisé et vivant qui trouve son existence au sein des dissolutions sucrées, et que l'alcool, l'acide carbonique, la glycérine, l'acide succinique, et certainement encore beaucoup d'autres produits organiques, ne soient le résultat de l'action vitale de cet être microscopique.

Le ferment alcoolique, la *levure*, comme on l'appelle communément, est donc un organisme inférieur, intermédiaire probable entre la plante et l'animal, qui accomplit ses fonctions quand il est immergé dans un liquide sucré et auquel la nature a confié le soin de décomposer le sucre qui entoure les pépins et les noyaux de tous les fruits.

Pendant longtemps le ferment a été connu sous le nom de levure, mais M. Pasteur a démontré qu'il existe de nombreuses variétés de levures constituées par un nombre considérable d'organismes, différant non seulement par leurs formes extérieures, mais aussi par leurs fonctions vitales et par les réactions chimiques qu'ils accomplissent. Dans ses études sur le vin, sur la bière et sur le vinaigre, M. Pasteur a fait connaître un grand nombre de ces êtres microscopiques; il les a nommés, il a dessiné leurs formes, il a décrit leur mode de reproduction, il a constaté leur mode d'action et c'est ainsi que nous connaissons parfaitement, aujourd'hui, le rôle du ferment alcoolique proprement dit.

Nous savons maintenant distinguer cet agent si utile à la vinification de ses congénères tels que le *mycoderma vini* qui, aggloméré en masses nageant à la surface du vin, constitue la *fleur*, premier symptôme de la décomposition du vin; du *mycoderma aceti*, qui, transformant l'alcool en acide acétique produit le vinaigre; enfin d'une foule d'autres germes qui se développent dans le vin, dans la bière, dans le cidre et sont autant de causes de leur détérioration.

Il n'entre pas dans le cadre de ce travail, de décrire toute cette genèse; j'étudie ici le vin de Champagne: aussi je dois me restreindre à la monographie du ferment qui, lui seul, joue un rôle dans sa

fabrication. Quand je dis que le ferment alcoolique joue un rôle dans la fabrication du vin mousseux, c'est un rôle considérable, indispensable, que je devrais dire, car de son existence et de l'accomplissement plus ou moins complet de ses fonctions dépend le sort des *cuvées*; aussi je ne saurais trop insister sur l'importance des détails dans lesquels je vais entrer.

Je supposerai que mon lecteur possède un microscope grossissant 400 fois environ et que, l'œil appliqué à son oculaire, il veuille bien suivre mes explications. Quand le raisin commence à contenir du sucre, quand il a tourné, les grains se recouvrent d'une couche veloutée qui donne à la grappe le caractère le plus certain de sa prochaine maturité. Si, au moyen d'une lame de canif, nous grattons légèrement cette couche pulvérulente et si nous en déposons quelques fines parcelles au sein d'une goutte d'eau posée sur une lame de verre, le microscope nous fait voir, nageant au milieu du liquide, un nombre considérable, innombrable même, de petits globules transparents ressemblant assez bien à de petites lentilles un peu elliptiques et aplaties (voir fig. 1, pl. I). Ces globules ou cellules, comme on les appelle aussi, constituent le *ferment alcoolique*; ce sont, ainsi que nous l'avons dit plus haut, des animaux ou des végétaux, ou tout au moins des êtres intermédiaires entre la plante et l'animal, mais à coup sûr vivants, se nourrissant et se reproduisant quand ils se trouvent placés dans des conditions appropriées à leur constitution et nécessaires à leur existence.

De même que tous les êtres vivants, les germes du ferment existent normalement dans la nature; ils ne sont pas le produit d'une génération spontanée; ils flottent dans l'atmosphère et, charriés par les vents, ils s'abattent sur les fruits au moment de leur maturité. Le ferment alcoolique se nourrit de sucre: il s'est déposé sur les grappes de raisin, sur la rafle et sur les grains et attend avec impatience le moment où la maturité du fruit amènera la rupture de son épiderme. Alors ces milliers de petits affamés se répandent dans le jus et en dévorent la matière sucrée, laissant en échange du sucre des résidus tels que l'acide carbonique et l'alcool.

Reportons-nous au moment de la vendange et analysons toutes les phases de ce travail; les grappes sont cueillies et portées sous le pressoir; la pression des plateaux, aidée par le fer de la bêche, déchire la peau du raisin, et le moût, entraînant avec lui des légions de globules, est recueilli dans des tonneaux.

Voici donc notre mangeur de sucre dans son élément, il dévore à discrétion et, remplissant une autre fonction non moins importante, il se reproduit. Suivons au moyen de notre microscope les mystères

# PRINCIPAUX GERMES MICROSCOPIQUES DU VIN

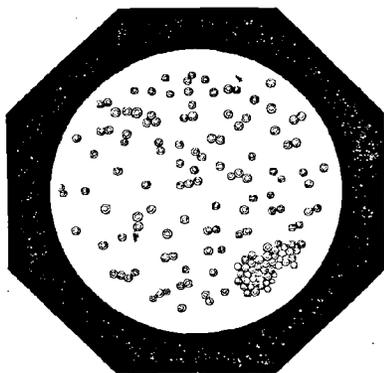


Fig. 1.  
Cellules du ferment alcoolique.  
Le vin est en pleine fermentation.

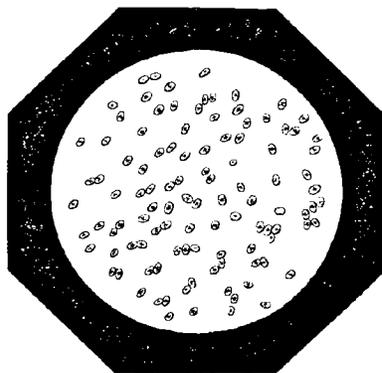


Fig. 2.  
Cellules du ferment alcoolique dans le vin brut  
quand la fermentation est arrêtée.

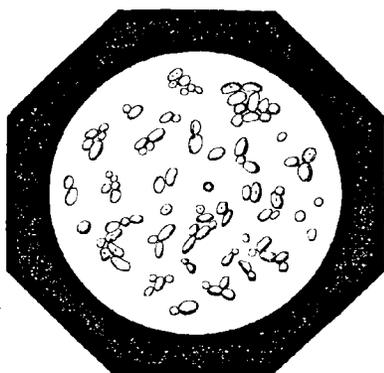


Fig. 3.  
*Micoderma vini*. Fleurs du vin.



Fig. 4.  
*Micoderma aceti*. Fleurs du vinaigre.



de cette reproduction. Si nous posons une goutte de moût sur le porte-objet, nous voyons dans le champ, nageant dans le liquide, au milieu de nombreux détritits composés de fragments de grumes de raisin, un nombre considérable de lentilles transparentes, bien renflées, bien arrondies, qui, par cette transparence et cette rotondité, dénotent leur bonne santé et le régulier accomplissement de leurs fonctions. Bon nombre de ces lentilles ne sont pas régulièrement arrondies; elles présentent, sur l'un des points de leur contour, un commencement de déformation; il semble qu'il se développe à ce même point une sorte de nodosité *a* (fig. 5) qui, s'accroissant en s'arrondissant, constitue bientôt une demi-circonférence *b* tangente au cercle principal. Cette demi-circonférence se complétant forme ensuite un cercle entier qui, se détachant de la cellule mère, devient globule à son tour *c*. Mais si la fermentation est active, et c'est ce qui se produit

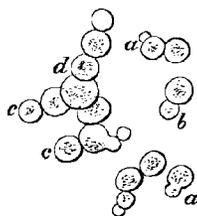


Fig. 5.

généralement aux premiers jours de la vendange, la reproduction du ferment est accélérée par un bourgeonnement plus multiplié; le globule tangent à la cellule mère devient mère à son tour avant d'être entièrement détaché: aussi voyons-nous ces bourgeons s'allonger les uns au bout des autres et constituer de longues arborescences *d* qui, se séparant par tronçons, se ramifient à leur tour et par cette multiplication indéfinie arrivent à reproduire en quelques heures un nombre immense de globules. Grâce à ce développement excessif d'êtres affamés, le sucre est bien vite dévoré, et c'est pendant son absorption que se produit cette réaction chimique qui joue le rôle le plus important de la vinification: de l'acide carbonique se dégage du tonneau, et de l'alcool, remplaçant le sucre, prend naissance et transforme le moût en vin.

S'il m'était permis de recourir à une comparaison hasardée sans doute, mais certainement vraisemblable et frappante, je dirais qu'à l'instar des êtres d'une organisation supérieure, le ferment, qui vit et mange, dégage ou laisse échapper les résidus de ses propres fonctions. Suivant cette comparaison, les globules expireraient un résidu gazeux, l'acide carbonique, et expulseraient un autre résidu liquide,

**l'alcool.** En assimilant l'acide carbonique et l'alcool aux résidus des fonctions respiratoires et digestives, il devient tout naturel d'admettre que des êtres organisés ne peuvent vivre indéfiniment au milieu de leurs sécrétions; le ferment ne peut donc continuer longtemps cette absorption du sucre, s'il doit rester immergé au sein de l'alcool qu'il a expulsé; il doit être bientôt empoisonné par ses propres déjections. A l'appui de cette comparaison je dirai, et ceci est rigoureusement vrai, que les fonctions du ferment diminuent d'énergie et d'efficacité au fur et à mesure de la disparition du sucre et de l'accumulation de l'alcool (1). En effet, quand la richesse alcoolique du vin atteint une certaine limite, la reproduction des cellules s'arrête, leur forme extérieure s'altère, leur convexité s'affaisse, le globule s'aplatit, le microscope montre ses deux parois extérieures rapprochées et se touchant (fig. 2, pl. I); sa nutrition est évidemment incomplète, la disparition du sucre cesse, et les globules qui avaient envahi la masse entière du moût tombent au fond du tonneau. Le vin, débarrassé de ces corpuscules en suspension qui troublaient sa transparence, s'éclaircit, tandis que ces mêmes globules, privés maintenant de toute force vitale, constituent la plus grande partie de la lie. Mais le ferment ainsi précipité, inerte et inactif, est-il détruit, est-il mort ou seulement engourdi? Nous verrons tout à l'heure que l'alcool, qui a paralysé ses fonctions, ne l'a pas irrévocablement anéanti.

Il serait d'un intérêt considérable pour la vinification de connaître la richesse alcoolique du mélange dans lequel le ferment ne peut plus vivre, car, ainsi que nous aurons l'occasion de le dire et de le répéter, il est extrêmement important que le vin fait ne contienne qu'une richesse alcoolique déterminée, ce qui ne peut être obtenu que si l'anéantissement du ferment coïncide avec la transformation des dernières molécules de sucre renfermées dans le moût. Malheureusement il n'est pas possible d'établir à ce sujet des chiffres absolus, car tous les phénomènes physiologiques s'accomplissent avec une certaine élasticité qui varie avec la résistance propre à chaque individu; or, ne l'oublions pas, nous sommes ici en présence d'une action essentiellement vitale.

Il est à remarquer, en outre, que la résistance des globules du ferment à l'action destructive de l'alcool augmente avec l'élévation de la température; de même que la chaleur active la fermentation, de même une température élevée permet aux cellules de vivre dans

(1) Dans sa publication relative au virus de la rage (septembre 1885), M. Pasteur admet que les microbes et autres générations microscopiques émettent des sécrétions qui deviennent, pour eux-mêmes, de véritables poisons.

un milieu plus alcoolique, de sorte que le moût, s'il est très sucré, fermentera plus complètement si la saison est chaude et la quantité d'alcool formé sera plus forte, en même temps que le poids du sucre restant dans le vin sera plus faible. C'est ainsi que dans les pays méridionaux le vin atteint souvent une richesse alcoolique de 16 ou 17 degrés, tandis qu'en Champagne nous voyons les vins alcoolisés et sucrés à la vendange conserver encore plusieurs grammes de sucre par litre, bien qu'ils ne contiennent que 10 à 11 degrés d'alcool; c'est parce que ces vins ont fermenté dans des celliers à basse température et que les globules ont été promptement engourdis par l'alcool qu'ils ont engendré.

Des nombreuses analyses que j'ai faites en Champagne, je dois conclure que le vin, après sa fermentation totale, c'est-à-dire après la disparition complète de son sucre, ne doit pas contenir plus de 11 à 12 degrés d'alcool. A mon avis, le chiffre moyen 11°,5 est le plus convenable; nous verrons plus tard l'utilité de ne pas dépasser la richesse maxima de 12 degrés et les moyens qu'il faut employer pour atteindre le but à coup sûr.

Le ferment présente encore une singulière anomalie : non seulement il perd son activité vitale sous l'action de l'alcool, mais il reste encore inerte et stérile au sein de dissolutions sucrées si la proportion du sucre dépasse une certaine limite. Cette assertion n'a pas besoin d'être autrement démontrée, puisque chacun sait que *les liqueurs* avec lesquelles on sucre les vins de tirage et d'expédition ne fermentent pas, bien qu'elles soient préparées, le plus souvent, avec du vin nouveau dans lequel le microscope décèle de nombreuses cellules de ferment, et uniquement parce que le poids du sucre qu'elles contiennent est très élevé.

Nous avons dit plus haut que la température agit avec intensité sur la vitalité du ferment, ceci est bien connu; on conserve par le froid les matières les plus fermentescibles et, réciproquement, c'est au moyen de la chaleur qu'on met en activité les fermentations les plus rebelles. En Champagne, après la vendange, le moût renfermé dans des tonneaux conservés à l'abri de la chaleur fermente très faiblement, et il faut l'hiver tout entier pour que le ferment vienne à bout de détruire les 170 grammes de sucre que contient, en moyenne, chaque litre de moût, tandis que dans tous les autres vignobles la fermentation, effectuée à une époque de l'année où il fait encore chaud, est complètement achevée en quelques jours. Il semble que la température de 22 à 24 degrés centigrades soit celle qui convient le mieux à l'évolution normale du ferment alcoolique; aussi, quand je traiterai de l'opération du tirage, j'insisterai sur la

nécessité que la fermentation puisse s'accomplir, à la rigueur, à cette température sans qu'il en résulte aucun dommage pour les bouteilles, c'est-à-dire sans qu'on ait à redouter la casse.

Le ferment est, nous le savons, un être essentiellement prolifique; du jour au lendemain il peut engendrer des légions innombrables de cellules capables de peupler le moût renfermé dans les plus grands vaisseaux; à l'appui de cette assertion, je citerai les *cultures* faites par M. Pasteur, cultures qui trouveront certainement, en Champagne, bien des applications. Citons-en un exemple : prenons une bouteille de vin vieux, bien déposé, tiré bien clair et ne contenant plus aucun globule de ferment, ajoutons-y quelques grammes de sucre; plongeons l'extrémité d'une tige de verre dans du moût de raisin en fermentation ou même dans de la lie de vin nouveau et immergeons cette tringle de verre, à peine mouillée, dans notre bouteille. Si la température est un peu élevée, il suffira de quelques jours, souvent de quelques heures, pour que les quelques cellules transportées dans la bouteille de vin se reproduisent et amènent la fermentation rapide et complète du sucre ajouté. Inutile de dire que si la bouteille a été solidement bouchée, le vin vieux deviendra mousseux.

Nous pourrions ensemencer de la même manière de simple eau sucrée, mais la réciprocité n'existe pas; les globules qui ont vécu dans de l'eau sucrée, subissent de notables modifications : transportés dans du vin sucré, ils semblent gênés par les sels qui s'y trouvent dissous; le ferment qui a vécu, qui s'est reproduit dans l'eau sucrée, vit bien encore dans le vin sucré, mais il ne s'y reproduit pas régulièrement.

Le ferment alcoolique vit complètement immergé dans le vin; il y trouve le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui constituent sa nourriture, et, contrairement à la plupart des êtres organisés, il ne semble pas avoir besoin de respirer l'oxygène de l'air; mais quand le vin, au sein duquel il vit immergé, en est privé il en prend au sucre. Cette proposition doit cependant être restreinte dans sa généralité; il est vrai que les cellules vivent et se reproduisent au milieu du vin sans jamais venir respirer à sa surface et sans que le vin lui-même soit remué ou mélangé avec de l'air; de plus, elles conservent la faculté de se reproduire après être restées longtemps inertes au fond des tonneaux. Mais ces mêmes cellules, transportées dans un autre liquide, dans de l'eau ou dans du vin sucrés, ou seulement si le vin dans lequel elles ont déjà vécu doit recevoir une nouvelle addition de sucre qui doit fermenter, ce nouveau liquide doit contenir lui-même une certaine quantité d'oxygène, qui rajeunira les cellules et leur donnera une nouvelle vitalité; il doit être aéré, remué, agité au sein de l'atmosphère. Nous insisterons, dans l'étude du tirage, sur la

nécessité d'aérer le vin qui va être mis en bouteilles, opération qui d'ailleurs, et fort heureusement, s'exécute, à l'insu du négociant, par le seul soutirage du vin, par son mélange dans les foudres et par son écoulement dans les tireuses.

Maintenant, que nous connaissons le rôle que joue le ferment alcoolique et les particularités les plus saillantes de son existence, résumons brièvement la monographie de cet agent si essentiel de la vinification.

La grappe du raisin apporte dans le moût de la vendange un être microscopique, le ferment, composé de globules ou cellules qui se reproduisent rapidement par voie de bourgeonnement et qui, par leur propre existence, accomplissent une réaction chimique importante. Ces globules transforment le sucre en alcool, en acide carbonique et autres produits secondaires, tels que la glycérine et l'acide succinique, qui entrent dans la composition du vin.

Pour que le ferment accomplisse régulièrement ses fonctions, il doit vivre à une température élevée; c'est de 22 à 24 degrés environ que sa vitalité est la plus exaltée.

Quand le vin renferme une certaine proportion d'alcool, la fermentation s'arrête; les globules sont engourdis, leur vie semble suspendue, ils tombent inertes au fond du tonneau, et le vin peut contenir encore du sucre non transformé. Dans les celliers de la Champagne la fermentation s'arrête le plus souvent quand le vin contient 12 à 13 % d'alcool; mais il est très imprudent de sucrer la vendange à une dose telle que le vin fait contienne plus de 11 à 12 degrés alcooliques. Si le liquide sucré dans lequel le ferment est immergé contient une trop forte proportion de sucre, il ne peut y vivre: la fermentation ne s'y établit pas.

Le ferment alcoolique transporté dans de l'eau sucrée y vit et s'y reproduit; mais, après avoir accompli leurs évolutions dans de l'eau sucrée les globules, ne peuvent plus ensemercer du vin; ils ne s'y reproduisent plus régulièrement.

Les fonctions vitales du ferment sont excitées par le contact de l'oxygène de l'air; pour assurer la nouvelle fermentation du vin dans lequel on ajoute du sucre, il faut que le vin contienne de l'oxygène, et pour cela il faut l'agiter, au contact de l'atmosphère.

## MYCODERMA VINI

Bien que le ferment alcoolique ne soit pas le seul être microscopique qui accompagne le vin dans ses transformations successives, c'est le seul avec lequel l'industrie champenoise se trouve le plus

souvent en rapport. L'expérience et le sens pratique de ses vigneronns les ont conduits à la mise en œuvre de procédés de vinification, empiriques c'est possible, mais en réalité très efficaces, qui éliminent du vin tous les agents parasites et perturbateurs. Je pourrais donc me dispenser de décrire les fameux *mycodermes* découverts par M. Pasteur, puisqu'ils sont peu connus en Champagne, mais il n'est pas hors de propos d'en dire ici quelques mots.

Si on laisse une barrique de vin en vidange ou si on abandonne à l'air libre une bouteille débouchée ou mieux un verre à moitié rempli de vin, on voit, quelques jours après, la surface du liquide se couvrir d'une pellicule blanchâtre, très mince d'abord, mais s'épaississant par degrés, et formant bientôt cette agglomération de fines poussières blanches qu'on nomme *la fleur du vin* et que M. Pasteur appelle le *mycoderma vini*. Si l'on observe au microscope une parcelle de ces fleurs immergée dans une goutte d'eau, on la voit composée d'un nombre considérable de globules qui présentent quelque ressemblance avec les cellules du ferment alcoolique : c'est aussi un globule, mais plus elliptique, plus allongé, plus aplati, qui se reproduit aussi par bourgeonnement en donnant naissance à des arborescences enchevêtrées et compliquées (fig. 3, pl. I). Le *mycoderma vini*, qui flotte également dans l'air, est très répandu dans l'atmosphère des caves et des celliers ; il se dépose à la surface des liquides alcooliques, s'y reproduit et y vit en respirant l'oxygène de l'air ; c'est là un des caractères qui le différencient le plus du ferment alcoolique, lequel, nous le savons, peut rester constamment immergé au milieu du vin quand il ne s'agglomère pas au fond des tonneaux ou des bouteilles.

Quel est le rôle attribué par la nature au *mycoderma vini*? Jusqu'à présent il a été impossible de constater qu'il soit avantageux à la vinification, tandis qu'il peut lui être très préjudiciable. Le mycoderme s'empare de l'oxygène de l'air et le porte sur l'alcool qu'il transforme en eau et en acide carbonique ; de plus, il semble le précurseur de l'apparition du *mycoderma aceti* : quand la fleur du vin commence à se faner le *mycoderma aceti* apparaît et le vin tourne à l'aigre et au vinaigre.

J'ai dit que le *mycoderma vini* ne pouvait vivre qu'à la surface du vin, en respirant l'oxygène de l'air ; le plus sûr moyen d'empêcher son apparition et sa reproduction, c'est donc de maintenir les tonneaux toujours complètement remplis et hermétiquement fermés. C'est d'ailleurs une pratique rigoureusement suivie en Champagne, où le vin est renfermé dans des barriques exactement closes. Quelques tuyaux de paille qui traversent la bonde, laissent seuls le passage

nécessaire à l'acide carbonique dégagé par la fermentation ; aussi le *mycoderma vini* ne se rencontre pas normalement dans le vin de Champagne. Je dois dire cependant que j'ai observé une cuvée dont la mousse ne s'était pas déclarée et où l'examen microscopique a montré la présence du *mycoderma vini*. Toute vérification faite, cette cuvée contenait du vin étranger qui avait apporté le germe du parasite ; ce dernier a, sans doute, absorbé l'oxygène dissous dans le vin et entravé le développement normal du ferment alcoolique. Combien de tirages manquent tous les ans par une raison analogue ?

### MYCODERMA ACETI

Le vin, s'il n'est pas conservé à l'abri du contact de l'air, ou s'il est seulement exposé à une température élevée, est encore sujet aux atteintes d'un autre agent de décomposition, il peut êtreensemencé par un autre mycoderme plus actif et plus dangereux encore que le *mycoderma vini*. Je veux parler du *mycoderma aceti*. L'atmosphère, réceptacle de tous les germes, charrie un petit, très petit globule qui, tombant dans le vin, se nourrit, non plus de sucre ni d'oxygène, mais d'alcool. Ces expressions de manger et de dévorer sont prises au figuré, c'est bien entendu car, en réalité, le *mycoderma aceti* ne mange pas, mais il effectue une véritable réaction chimique : de ses fonctions vitales il résulte une combinaison de l'alcool avec l'oxygène de l'air ; deux atomes d'hydrogène de l'alcool sont remplacés par deux atomes d'oxygène de l'air atmosphérique, et c'est ainsi que 1 gramme d'alcool se transforme en 1<sup>sr</sup>,304 d'acide acétique ou de vinaigre.

Observé au microscope, le vinensemencé de *mycoderma aceti* se montre, quand le parasite est encore jeune, rempli de chapelets, dont les grains sont d'un diamètre extrêmement petit paraissant dix fois moindre que celui du ferment alcoolique. Chaque article ou grain de chapelet est un peu étranglé par le milieu, ce qui le fait ressembler à la réunion de deux petites cellules ; de même que si ces petits articles sont réunis en amas un peu serrés, on peut croire qu'ils composent un groupe de petits globules. Ces globules se reproduisent en s'étranglant de plus en plus et, après s'être sectionnés, chacun d'eux donne naissance à deux nouveaux articles qui s'étranglent en grandissant pour se sectionner à leur tour. Quand le mycoderme a acquis un certain développement les chapelets se brisent et le vin se remplit de petits points noirs qui s'élèvent à la surface du liquide pour y respirer l'oxygène de l'air.

La reproduction du *mycoderma aceti* est extrêmement active, mais quand l'alcool, qui entretient son existence, est entièrement transformé en acide acétique, il tombe au fond des vaisseaux à vinaigre en attendant de nouvelle nourriture.

Le vin de Champagne, qui est presque toujours saturé d'acide carbonique, est également peu exposé à l'action du *mycoderma aceti*, puisque ce parasite ne peut vivre sans respirer de l'oxygène; aussi je l'ai souvent rencontré dans bon nombre de cuvées dans lesquelles il restait stationnaire sans se développer davantage; il est probable que ses germes se trouvaient, au moment de la vendange, dans des tonneaux mal rincés. Ce ferment est surtout connu, dans les caves champenoises, par son action sur les vins de dégorgement, sur les lies, et autres résidus alcooliques qu'il transforme en vinaigre.

## FERMENT DE LA MALADIE DE LA GRAISSE ET DES VINS FILANTS

M. Pasteur attribue la maladie de la graisse à un ferment composé de petits globules sphériques dont le diamètre varie sensiblement suivant les espèces de vins atteints de la maladie; ces globules sphériques seraient réunis en chapelets qui se disjoindraient, pour tomber en couples de grains sphériques au fond des tonneaux.

Je traiterai longuement de la maladie de la graisse et des vins filants, dans le chapitre relatif au *tannissage du vin* (voir page 23).

# DE LA VENDANGE

Si la vigne, au cours de son maniement, requiert beaucoup de science et d'intelligence, c'est en ce point de la vendange où ces choses sont nécessaires pour, en perfection de bonté et d'abondance, tirer les fruits que Dieu par là nous distribue.

Olivier de SERRES.

Si nous avons bien compris le rôle que joue le ferment alcoolique, toutes les phases par lesquelles le jus du raisin va passer, depuis la vendange jusqu'au moment où la bouteille de vin mousseux recevra son capuchon doré, se trouveront élucidées et nous pourrons expliquer, si ce n'est prévoir, toutes les difficultés qui rendent l'industrie champenoise si incertaine et si onéreuse.

Nous voici en pleine vendange; dans les vignes les raisins sont cueillis avec précaution, placés dans de grands paniers en osier dits mannequins et amenés jusqu'au pressoir à dos de cheval, âne ou mulet, pour éviter l'écrasement des grains ou seulement leur simple froissement. Le pressurage a lieu le lendemain et très souvent la nuit même de la cueillette, si les vendangeurs ont coupé une quantité de raisins suffisante pour former un marc. Un marc est la réunion de grappes de raisin pesant généralement 4,000 kilogrammes et devant fournir 20 hectolitres de vin de cuvée (1). Environ 40 paniers sont versés à la fois dans la cage d'un pressoir dont le plancher est très large, car il s'agit d'extraire rapidement le moût blanc de raisins noirs, ce qui ne pourrait être obtenu si le jus du raisin restait trop longtemps en contact avec la pulpe, ou si ce même jus devait traverser une couche de raisin trop épaisse.

400 kilogrammes de grappes sont nécessaires pour remplir une barrique de 200 litres du jus qui coule le premier, que l'on nomme la *cuvée* ou vin de choix et qui est mis à part. On extrait ensuite les *tailles*, jus qui s'écoule du marc quand ses bords ont été relevés et

(1) On trouvera des renseignements et des calculs très intéressants sur les rapports qui existent entre les proportions de marc et de moût dans les *Barèmes pour les vendanges*, par E. Vannelet (Reims, 1883).

rejetés sur le pressoir; ces tailles, premières et secondes, sont conservées séparément; vient ensuite la *rebêche*, dernier jus du marc, coupé et recoupé à la bêche, pressé et séché sur le pressoir.

Le moût coule dans une cuve en bois, nommée *barlon* ou *bélon*, placée sous le plancher du pressoir. De ce barlon, il est transvasé, à l'aide d'une pompe ou de seaux en bois, soit dans une cuve, soit dans des tonneaux, pour y former le mélange d'une cuvée. Ainsi transvasé, le moût repose pendant douze heures, au plus, pour que la boue et la terre qui se trouvaient après les grappes de raisin, lesquelles dans les vignes de la Champagne touchent souvent le sol, soient précipitées au fond; on juge le vin bon à dépoter aussitôt que le moût, devenu clair, se couvre, sur toute sa surface, d'une espèce de crème ou mousse grisâtre, appelée *cotte*. C'est le commencement de la fermentation et le premier dégagement de l'acide carbonique dont le liquide est déjà saturé.

On soutire alors cette cuve ou ces tonneaux (opération nommée *dépotage* ou *débouillage*) dans d'autres tonneaux de 200 litres, préalablement *soufrés*, par la combustion d'un cinquième de morceau de mèche pour le vin dit de cuvée, et d'un quart de morceau de mèche pour les tailles. Cette mèche soufrée dégage en brûlant un gaz délétère, l'acide sulfureux, qui fait disparaître avec une grande énergie toutes les matières colorantes; ce dégagement gazeux a précisément pour but de diminuer la coloration du vin, et surtout de purifier les parois internes des tonneaux de tous les germes ou agents de décomposition, tels que les *mycoderma vini* et *aceti*, que ces tonneaux, depuis longtemps en vidange, pourraient contenir. Mais cette opération du soufrage, surtout au moment où elle est pratiquée en Champagne, n'est pas sans danger: si les tonneaux sont remplis de vin quand ils contiennent encore du gaz acide sulfureux, les cellules du ferment peuvent être empoisonnées et la fermentation arrêtée. Il faut donc souffrer avec mesure et n'introduire le moût dans les barriques qu'après la disparition de la plus grande partie de l'acide sulfureux dégagé.

Les tonneaux sont alors disposés dans des celliers sur des chantiers, où ils reçoivent une addition de *liqueur* généralement composée de vin dans lequel on a dissous 500 grammes de sucre par litre.

Dans quelle proportion cette liqueur doit-elle être ajoutée?

Évidemment, cela dépend de la maturité du raisin et de la richesse saccharine du moût. Mais la maturité est-elle complète, le moût est-il assez sucré? De tout temps cette question a préoccupé le vigneron, car il sait très bien que c'est le sucre qui donne au vin sa vinosité. En Champagne, dans les années moyennes, quand la saison a été

favorable, le moût des vignes pèse à peu près 10 degrés du glucomètre (densité 1075) et le vin, après sa fermentation, contient environ 10 % d'alcool. Pendant longtemps le vigneron s'est contenté de cette vinosité ; mais, après une longue expérience, il s'est décidé à sucrer sa vendange quand la maturité est incomplète, pour assurer au vin la richesse alcoolique de 10 degrés. Aujourd'hui cette richesse est devenue insuffisante ; le négociant, obéissant aux exigences de sa clientèle, réclame des vins plus capiteux. Sans prétendre expliquer la cause de cette modification survenue dans le goût des consommateurs, je crois que les peuples septentrionaux, qui sont les plus forts clients de la Champagne, habitués à boire des liqueurs fortes, réclament aussi des vins mousseux alcooliques qui excitent plus vivement leur palais. Quoi qu'il en soit de la valeur de cette explication, si le consommateur agit sur le négociant, ce dernier agit à son tour sur le vigneron, et l'habitude se répand de plus en plus d'alcooliser et de sucrer la vendange.

Nous savons quels inconvénients peuvent survenir si le vin en cours de fermentation contient une proportion d'alcool trop élevée : le ferment alcoolique perd son activité avant la transformation complète du sucre contenu dans le moût et ce dernier, lors du tirage, est encore sucré. Nous verrons plus tard toutes les difficultés que cet excès d'alcool fera surgir, nous verrons qu'il peut faire *manquer la mousse*, c'est-à-dire empêcher la fermentation de se déclarer, et comment il rend impossible toute prévision sur la pression que l'acide carbonique développera dans la bouteille.

On se rappelle encore aujourd'hui les cruels mécomptes subis en Champagne lors du tirage du vin de 1865. Le moût de cette année mémorable était exceptionnellement sucré ; la vendange s'était effectuée par un temps très chaud ; au moment du tirage la richesse alcoolique de certaines cuvées dépassait toutes les limites connues jusque-là. Des négociants, d'ailleurs très expérimentés, suivaient encore une méthode fort rationnelle, il est vrai, mais aussi très incertaine ; avant de procéder à leur tirage ils pratiquaient une fermentation d'essai : ils sucrèrent un certain nombre de bouteilles à des doses différentes et, après la transformation du sucre, ils mesurèrent la pression produite dans les bouteilles et en déduisirent le sucrage définitif de la cuvée tout entière. Or, en cette année 1865, ces tirages d'expérience manquèrent complètement : le vin ne prit pas la mousse et on en conclut qu'il était inutile de procéder au tirage définitif, le vin ne devant pas mousser. En effet, ces négociants ne tirèrent pas et manquèrent, par conséquent, le bénéfice de la plus grande année dont la Champagne ait conservé le souvenir.

Nous savons maintenant pourquoi les tirages d'expérience de 1865 ne prirent pas la mousse; le vin était très spiritueux, les globules du ferment, engourdis par l'alcool, étaient inertes au fond des tonneaux; il eut fallu, pour les faire sortir de leur torpeur et pour que la fermentation s'établisse, l'agitation que subit le vin au contact de l'oxygène de l'air pendant les transvasements qui accompagnent la mise en bouteilles.

Il est donc reconnu que, dans les celliers de la Champagne, les fonctions vitales du ferment sont suspendues quand le vin contient 13 à 14 % d'alcool; aussi, je le répète, est-il imprudent de tirer du vin dont la richesse alcoolique dépasse 11°,5 ou 12 degrés au maximum.

Je prévois l'objection qui me sera faite par bon nombre de négociants, on me dira : mon vin d'expédition, pour satisfaire ma clientèle, doit être alcoolique et je ne puis ajouter cet alcool avec la liqueur d'expédition, car le bouquet de mon vin serait couvert par celui de l'esprit; il me faut absolument atteindre le degré d'alcool nécessaire dès la vendange, car la fermentation seule peut marier le vin avec le principe de sa vinosité. A cela, je répondrai par un simple *non possumus*; si la fermentation régulière d'un vin trop alcoolique est impossible, il faut absolument moins sucrer le moût, car, de deux maux, il faut préférer le moindre; à moins que le consommateur, devenant plus connaisseur, ne prenne le sage parti de préférer aux vins alcooliques, lourds et stupéfiants, les vins légers frais et parfumés.

Nous décidons, par conséquent, qu'au printemps le vin de tirage ne devra contenir que 11 1/2 à 12 % d'alcool; mais, pour que ce chiffre soit obtenu, il est extrêmement important de déterminer avec une grande rigueur la richesse saccharine du moût, puisque de cette dernière dépend la richesse alcoolique du vin. Le simple essai au moyen du gleuco-cénomètre ne peut nous suffire, il ne présente pas une précision suffisante. Si le moût ne contenait que du sucre et de l'eau, la détermination de sa densité pourrait nous conduire à la quantité de sucre qu'il contient en dissolution; mais le moût renferme encore beaucoup d'autres principes organiques et minéraux dont la proportion varie avec l'état de maturité du raisin et qui modifient notablement sa densité. De plus, si le moût n'est pas pesé aussitôt après l'écrasement du raisin, un commencement de fermentation a pu se déclarer, et l'alcool formé, quelque faible que soit sa proportion, fausse complètement les indications des aréomètres. Le sucre contenu dans le moût doit être déterminé par la méthode chimique que je décrirai, avec tous les détails qu'elle comporte, dans le chapitre spécial : DOSAGE CHIMIQUE DU SUCRE.

Supposons que cette analyse nous ait appris que le moût contient 170 grammes de sucre par litre; si nous voulons que notre vin contienne 11°,5 d'alcool, il faudra y ajouter du sucre, car il doit en contenir 196 grammes par litre, pour qu'après la fermentation, l'alcool atteigne le chiffre de 11°,5 et  $196 - 170 = 26$  grammes pour l'addition du sucre qui est nécessaire.

Si l'on me demandait comment ce chiffre de 196 grammes a été établi et par quelles raisons un litre de moût contenant 196 grammes de sucre en dissolution contiendra 11°,5 d'alcool après sa fermentation; je répondrais que 1 gramme de sucre se décompose *théoriquement* en 0<sup>cc</sup>,643 d'alcool (voir page 4), mais qu'il est impossible d'obtenir ce rendement dans la pratique de la vinification. En effet, la fermentation transforme une petite partie du sucre en glycérine et en acide succinique, en diminuant la proportion d'alcool; en outre, il faut tenir compte des pertes d'alcool qui se produisent par évaporation dans les tonneaux, de sorte que le rendement pratique doit être abaissé à 0<sup>cc</sup>,59. Si 1 gramme de sucre produit 0<sup>cc</sup>,59 d'alcool, il faudra  $\frac{1}{59} \times 1,000 = 17$  grammes de sucre pour donner au vin 1 degré d'alcool et, par suite, 11°,5 exigeront  $17^{\text{gr}} \times 11°,5 = 196$  grammes de sucre.

L'usage est assez répandu en Champagne d'alcooliser la vendange non seulement en y ajoutant du sucre, mais encore en y versant directement de l'alcool sous forme d'eau-de-vie de première qualité. Cette méthode ne me semble pas heureuse, au point de vue économique surtout, car l'eau-de-vie coûte très cher; elle acquitte des droits élevés dont le vin se trouve grevé. Il serait plus rationnel de demander à la fermentation du sucre la totalité de l'alcool que le vin doit contenir, non seulement parce qu'aujourd'hui le sucre versé dans les vendanges n'acquitte qu'un droit insignifiant, mais encore, et surtout, parce que l'alcool produit par la fermentation ne saurait modifier en aucune façon le bouquet propre au vin lui-même.

Reprenons la manipulation de notre *mise en cercles*. Au moyen d'un siphon, on retire de chaque tonneau de 6 à 10 litres de moût pour que ce vide permette au *bouillage* de se produire sans que le moût se répande au dehors; l'ouverture des tonneaux, c'est-à-dire le trou de la bonde, est fermé par deux ou trois feuilles de vigne placées sur cet orifice et simplement maintenues par un morceau de tuile; de cette façon, le dégagement de l'acide carbonique s'opère librement sans que les mycodermes, dont l'atmosphère est chargée, puissent tomber au sein des tonneaux.

La température des celliers, variant de 12 à 22 degrés, est très favorable au bourgeonnement des cellules du ferment alcoolique. La fermentation dite *tumultueuse*, à cause du bruit qu'elle produit, ne tarde pas à se manifester, et, au bout de un, à quatre jours, elle est complète; il est vrai qu'elle peut aussi durer environ huit jours et même plus, suivant la richesse du moût et la température ambiante. Le moût se calme bientôt, et, la fermentation devenant progressivement plus lente, les tonneaux sont remplis petit à petit, et enfin complètement quand, mettant l'oreille à la bonde, on n'entend plus qu'un très léger crépitement. On lave avec soin le dessus du tonneau recouvert d'une couche de mousse qui s'est échappée par la bonde; on a d'ailleurs évité, autant que possible, de laisser rentrer de cette écume dans la barrique, car elle pourrait contenir des *mycodermes* qui, introduits dans le vin, deviendraient des agents certains de sa décomposition.

Le vin a pris l'aspect d'un liquide opaque, les globules de ferment, dont sa masse est remplie, lui donnent une couleur blanche laiteuse; il peut rester ainsi quinze jours ou un mois, les tonneaux toujours fermés par de simples feuilles de vigne recouvertes de tuiles; on les remplit alors une dernière fois, car, par le refroidissement du vin, un certain vide s'est produit; on les bondonne sans intercaler ni linge ni papier autour de la bonde; on perce la douve des tonneaux à l'aide d'une vrille, et on introduit dans le trou percé sur la partie supérieure du fût, en avant de la bonde, trois épis de paille ayant conservé leurs tiges; ces pailles, qui peuvent être levées ou enfoncées à volonté, permettent au gaz acide carbonique qui va continuer à se produire, de s'échapper sans laisser rentrer aucun mycoderme dans les barriques.

En décembre ou janvier le froid se fait sentir, on ouvre les celliers pour que leur température s'abaisse, et, sous l'action de la gelée, la plus grande partie des sels et des matières organiques dont le vin est sursaturé se précipitent; ce dernier s'éclaircit et devient bon à soutirer.

Grâce au froid, les soutirages s'exécutent dans d'excellentes conditions; la grosse lie est séparée du vin et les tonneaux sont rincés à l'aide de chaînes en fer attachées après un anneau fixé sous un bondon spécial. Plusieurs lavages sont nécessaires pour enlever la lie, composée de masses innombrables de globules de ferment agglomérés par les matières organiques végétales et qui adhèrent fortement après les parois des tonneaux. Chaque fût, proprement rincé et égoutté, reçoit le vin limpide provenant du soutirage. Une petite quantité d'alcool est versée dans chaque tonneau avant qu'il soit

bondonné, pour remplacer la perte qui s'est produite par évaporation pendant le soutirage.

Voici le jus sucré devenu parfaitement clair et limpide; la récolte de la vendange est devenue du vin. Chaque chef de maison, assisté de son chef de caves, va pouvoir apprécier la qualité réelle de ses récoltes ou de ses acquisitions. Les tonneaux sont rangés par crus dans les celliers, leur nombre est connu ainsi que celui des vins des années précédentes, des vins nouveaux de tel ou tel vignoble, de tel ou tel cru, de tel ou tel propriétaire; le tout marqué, numéroté, classé et proprement aligné. Le travail de la composition des cuvées, de leur classement, commence; les archives de la maison, les registres des anciens tirages, des verres spéciaux pour la dégustation, des éprouvettes jaugées, des mesures divisées en centilitres, voire même en centimètres cubes, sont disposés avec soin sur la table du cabinet de dégustation, lieu sacré, véritable sanctuaire de l'œnologie. Le matin, nos dégustateurs mangent une pomme d'api et le silence est observé. Les crus sont goûtés et classés : tels entreront dans les premières cuvées, tels dans les secondes ou les troisièmes, tels seront réservés. Le goût des différents pays dans lesquels les vins seront expédiés est considéré en première ligne; les mélanges des années précédentes servent de points de ralliement, selon qu'ils ont donné tel résultat accusé par les consommateurs eux-mêmes; on discute, on essaie tant de centilitres de celui-ci et de celui-là; les vins vieux, les vins nouveaux, les bouquets trop accentués des premiers vignobles, la finesse et la fraîcheur des vins de raisins blancs, les prix de revient, etc., etc., tout cela est examiné, pesé, calculé, et les chiffres sont arrêtés : la cuvée sera composée de tant de pièces d'Ay, Bouzy, Verzenay, Cramant, Avize, etc., et le reste de la vendange sera mis en réserve pour composer les liqueurs de tirage et d'expédition et pour les cuvées des années suivantes.

Si je me suis étendu si longuement sur la composition des cuvées, c'est tout autant pour démontrer le rôle important, considérable même, que joue, sur la qualité du vin de Champagne, le choix des crus qui entrent dans sa composition, que pour constater le soin, la conscience et l'art incomparable avec lesquels nos négociants, secondés, d'ailleurs, par un personnel intelligent et dévoué, président à cette importante opération.

---

## ASSEMBLAGE

---

Je viens d'expliquer que le grand vin mousseux est le résultat du mélange des premiers crus de la Champagne, et j'ai insisté sur le rôle important que joue, sur la qualité du vin, le choix des crus, et la proportion dans laquelle chacun d'eux intervient dans le coupage. Rien ne paraît plus simple, tout d'abord, que l'opération matérielle qui consiste à mélanger ces différents vins dans d'exactes proportions : ce serait, en effet, un travail très facile s'il ne s'agissait que de couper entre eux quelques tonneaux ; mais quand il s'agit d'effectuer des tirages aussi importants que ceux de la Champagne, quand il faut mettre en bouteilles 12,000 pièces de vin fractionnées en cuvées de 1,200 pièces chacune qui, toutes, doivent être parfaitement identiques et homogènes, cette manutention devient délicate et laborieuse. Pour simplifier ce travail et pour éviter toutes chances d'erreurs, car il est absolument nécessaire que toutes les bouteilles d'un même tirage soient rigoureusement identiques, les tonneaux, qui jusqu'à présent avaient été maintenus dans le cellier des récoltes, subissent un premier rangement qui s'appelle *l'assemblage*.

Les pièces de vin, de 200 litres chacune, devant composer une cuvée sont amenées dans un cellier spécial, dit des assemblages, et symétriquement rangées par lignes parallèles composées d'un certain nombre de pièces contenant toutes un vin différent, ou, du moins, un nombre de pièces, de chaque cru, en rapport avec la proportion dont chaque vin doit entrer dans le mélange ; de sorte que chaque ligne de tonneaux ou *virée*, quand elle sera versée dans le foudre, constituera un vin représentant exactement la composition du tirage. La longueur des files de tonneaux et le nombre de chacune d'elles varient nécessairement avec l'importance du tirage ; mais on conçoit que ce mode de classement se prête à toutes les opérations quelle qu'en soit l'importance.

Ces tonneaux, ainsi assemblés, sont prêts à constituer le *coupage*, mais il faut, au préalable, faire subir au vin une opération importante, il faut y ajouter du tannin.

## TANNISAGE DU VIN

---

Nous nous rappelons qu'à l'époque de la vendange, le raisin a été pressuré aussitôt cueilli, et que le moût renfermé dans des tonneaux a fermenté hors du contact des rafles, de la pulpe et des pépins. Ces conditions de la vinification champenoise apportent avec elles des complications inconnues dans d'autres vignobles; elles sont la cause, pour le vin mousseux, d'accidents particuliers et elles nécessitent la pratique de procédés inusités partout ailleurs.

François, cet intelligent pharmacien de Châlons, auquel la Champagne doit le procédé de dosage du sucre connu sous le nom de *réduction*, procédé qui a rendu jusqu'ici de si grands services, François a découvert le premier que le vin contient certains principes organiques gélatineux ou albumineux qui causent la maladie de la *graisse* ou du *vin filant*. Il me semble intéressant de rappeler ici comment cette découverte fut amenée; ces détails, d'ailleurs peu connus, confirmeront la haute valeur scientifique de François et surexciteront, je l'espère, le sentiment de reconnaissance qui, en Champagne, commence à surgir en sa faveur.

Vers 1836, plus encore qu'aujourd'hui, la réussite des tirages était livrée au hasard; l'expérience des négociants étant beaucoup moindre, les désastres étaient la règle et le succès l'exception. L'un des plus grands écueils, après la casse, était la maladie de la graisse alors tout à fait inexplicable: souvent le vin se troublait et subissait une complète transformation; il devenait épais, gras, visqueux, et le liquide contenu dans les bouteilles coulait du goulot en filet huileux. Pour sauver ce vin dépourvu de toute limpidité, on avait imaginé, quand la maladie n'était pas encore très intense, de le colorer en rose au moyen de la *teinte de Fismes*, et de le vendre sous le nom de *vin rosé*, *vin œil de perdrix*; cette simple coloration dissimulait le défaut de limpidité du vin; mais M. Jacquesson père, le fondateur des anciennes caves de Châlons, ayant remarqué que les vins, ainsi colorés par la teinte de Fismes, non seulement devenaient clairs, mais n'étaient plus sujets à contracter la maladie de la

graisse, appela, sur ce fait, l'attention de son pharmacien. François reconnut bientôt que les baies de sureau sont très riches en tannin et que ce principe astringent, ajouté au vin, précipite une matière gélatineuse et visqueuse d'origine organique, très sujette à entrer en décomposition, substance qu'il nomma *gliadine*. Poursuivant plus loin cette étude, notre pharmacien remplaça la teinte de Fismes par un extrait alcoolique de noix de galle, c'est-à-dire par une dissolution de tannin, et constata que la gliadine, insolubilisée et transformée en tannate, était précipitée au fond des tonneaux où elle formait, avec la lie, des membranes glaireuses; c'en était fini de la maladie de la graisse : en effet, depuis cette époque, l'emploi du tannin s'est généralisé, et aujourd'hui que tous les vins sont tannisés au moment du collage, les vins filants ont disparu.

Malgré la disparition à peu près complète, en Champagne, de la maladie de la graisse, nous devons étudier de plus près cette matière visqueuse que François appelait la *gliadine* et qui porte aujourd'hui les noms de *gluline*, *zyméose*, *zyméprotéine*, etc. On la rencontre principalement dans les vins blancs et surtout dans certains vins blancs d'Espagne qui laissent, après les parois du verre, une couche huileuse; ces vins ne supportent pas la colle; ils ne s'éclaircissent pas par le collage précisément parce qu'ils ne contiennent pas de tannin; la gélatine et l'albumine qui constituent la base de toutes les colles, n'étant pas insolubilisées par le tannin, restent en dissolution dans le vin sans se précipiter et sans entraîner les corpuscules en suspension qui troublent sa transparence. Les vins rouges, au contraire, sont beaucoup moins sujets à la maladie de la graisse; ils contiennent toujours plus ou moins de tannin, en outre la matière colorante des raisins rouges est sans doute un principe astringent riche en tannates qui précipite la gliadine dès le moment de la fermentation.

Les vins rouges de Bordeaux, dont l'âpreté dénote la richesse en tannin, résistent à tous les changements de température, à tous les voyages, parce qu'ils ne contiennent plus de traces de matières albumineuses, tandis que les vins de Bourgogne gagneraient beaucoup en résistance aux maladies de la graisse et de l'amertume qui les frappent si souvent si, par une faible addition de tannin, on les débarrassait, dès leur origine, de la substance organique découverte par François. Enfin, pour revenir au vin mousseux, il est évident que le procédé de vinification usité en Champagne est essentiellement favorable à la production de la maladie de la graisse, puisqu'en retirant du moût les rafles, les peaux et les pépins des raisins qui, eux seuls, contiennent du tannin, on rend impossible la précipitation de la gliadine.

M. Pasteur, dans ses *Études sur le vin*, attribue la maladie de la graisse à un mycoderme spécial; d'après lui, cet organisme, composé de chapelets de petits globules sphériques, contribuerait, par son développement prodigieux et par l'enchevêtrement de ses éléments, à cet épaissement du vin. Mais M. Robinet a judicieusement signalé (1) l'impossibilité d'une reproduction organique qui modifierait à ce point la constitution physique du vin; il lui semble beaucoup plus probable que le mycoderme de la maladie de la graisse se développe grâce à la présence, dans le vin, des principes albumineux ou gélatineux, et que son évolution vitale a pour résultat de les transformer en *zyméose* (graisse du vin), de même que le ferment alcoolique change le sucre en alcool et en acide carbonique.

Quoi qu'il en soit de la valeur de cette explication, nous savons comment nous devons lutter contre les principes albumineux ou gélatineux du vin pour le sauvegarder de la maladie de la graisse : il suffit d'y ajouter du tannin. Mais cette dose de tannin n'est pas indifférente; elle doit être telle que toute la gliadine étant combinée avec le tannin, et par suite insolubilisée, le vin en contienne encore un excès suffisant pour insolubiliser encore la colle de poisson qui sera ensuite versée dans le vin pour l'éclaircir. Car la colle de poisson ou ichthyocolle, avec laquelle le vin est collé, possède la même composition chimique que la gliadine, elle jouit des mêmes propriétés, elle se combine avec le tannin en devenant insoluble et se précipite entraînant avec elle toutes les impuretés qui constituent la lie; mais cette précipitation ne peut s'effectuer qu'à une condition, je le répète, c'est que le vin contiendra une quantité de tannin suffisante. Il résulte d'expériences très précises, faites d'abord par M. F. Jean et que j'ai souvent répétées, que la colle de poisson exige, pour être insolubilisée et précipitée, une proportion de tannin égale aux 0,8 de son poids brut, c'est-à-dire, y compris les membranes insolubles que l'ichthyocolle laisse sur le tamis. Si donc, chaque litre de vin reçoit, lors du collage, une addition de 0<sup>gr</sup>,025 de colle (voir page 30), il devra, de ce chef, recevoir  $0^{\text{gr}},025 \times 0,8 = 0^{\text{gr}},020$  de tannin, sans préjudice de la proportion destinée à précipiter les matières organiques.

Si la dose de tannin doit être suffisante, elle ne saurait, sans inconvénient, être surabondante, car ce principe astringent possède une saveur âpre et amère qui se communique au vin en lui donnant une dureté particulière qui nuit à sa finesse et à son moelleux; cependant il est nécessaire que le vin, après le collage, conserve toujours

(1) E. Robinet, *Manuel général des vins*, 1881, page 171.

un léger excès de tannin ; grâce à cet excès, le dépôt qui se produit dans la bouteille se rassemble mieux à l'état pulvérulent. En Champagne, la dose de tannin habituellement employée varie entre 5 et 10 grammes de tannin pur et sec par barrique de 2 hectolitres, soit 0<sup>sr</sup>,025 à 0<sup>sr</sup>,050 par litre de vin ; mais, malheureusement, cette proportion n'est fixée par aucune détermination exacte, et dès lors il est impossible d'affirmer si elle est trop faible, convenable ou excessive. On trouvera, dans l'APPENDICE, la description du procédé de dosage du tannin, dû à M. Carpéné, le seul qui, jusqu'ici, donne des résultats assez précis.

La maladie de la graisse ou des vins filants n'est pas le seul accident qui survienne pendant la fermentation du vin de Champagne et qui doit être attribué à la présence des matières albumineuses ou gélatineuses. Les cuvées sont, souvent encore, fortement compromises par une véritable calamité ; je veux parler des bouteilles *masquées*, de ces dépôts qui, après le tirage, s'attachent aux parois des bouteilles et ne s'en détachent qu'avec une extrême difficulté.

Il existe probablement plusieurs espèces de *masques* ; il est sans doute des causes multiples pour que le dépôt qui se produit dans les bouteilles, pendant la fermentation, adhère au verre. Mais l'une des plus fréquentes est dûe certainement à la présence, dans le vin, de composés visqueux et collants produits par la combinaison de la colle et du tannin.

M. F. Jean a démontré (1) que les acides du vin dissolvent une certaine quantité de *tannate de gélatine* qui n'est pas précipitée et qui reste dissoute dans le vin, lequel s'en trouve souvent sursaturé ; d'après lui, plus le vin est acide et plus la proportion de ce composé de tannin et de gélatine est considérable, mais aussi moins il sera sujet à se précipiter. Si l'acidité du vin restait constante, il est probable que cette petite quantité de matière collante resterait dissoute et ne produirait aucun précipité ; mais, par suite des réactions qui se produisent entre les acides du vin, l'alcool et les autres éléments qui constituent la matière extractive, l'acidité totale du vin diminue progressivement, de sorte que le tannate de gélatine, devenant insoluble, se dépose sur les parois de la bouteille sous forme d'une mince couche gluante. Sur cette couche visqueuse et poisseuse les cellules du ferment, quand elles ont accompli leurs fonctions, viennent se déposer, elles y adhèrent et donnent naissance à une couche grisâtre et ponctuée qui couvre toute la surface inférieure de la bouteille. Cette couche de colle à demi insolubilisée possède assez de cohésion pour

(1) *Note sur la clarification des moûts destinés à la fabrication des vins de Champagne*, par F. Jean (Paris, 1882).

s'attacher fortement au verre et pour retenir le ferment et la lie : aussi, quelle que soit l'énergie du *remuage*, il faut les chocs violents et prolongés des machines dites à *électriser* pour détacher et pulvériser ce dépôt adhérent. A l'appui de cette explication, je dirai avoir souvent vidé des bouteilles masquées, en avoir cassé le verre et soumis les morceaux à l'examen microscopique. Le masque observé avec un grossissement de 400 fois a toujours montré nettement les globules du ferment enchâssés dans une couche de colle encore visqueuse; en laissant sécher les morceaux de verre masqués, la couche de colle durcit, se recoquille et se détache par écailles cornées en laissant les parois du verre parfaitement nettes et transparentes.

Il est reconnu par les vieux praticiens de la Champagne que les vins *verts* ou acides des mauvaises années sont moins sujets à masquer les bouteilles que les bons vins des années bien réussies, dont le raisin a complètement mûri et qui, par suite, ne possèdent qu'une faible acidité. Si cette remarque était fondée, il faudrait admettre, ainsi que je viens de l'expliquer, que le tannate de gélatine qui reste dissous est moins sujet à se précipiter grâce à l'acidité du vin. Si, pour réfuter cette opinion, on objectait que les vins d'expédition ne masquent jamais et que, cependant, ils ne sont pas tous acides, je répondrais que le vin d'expédition, avant d'être dégorgé, est resté longtemps en cave; pendant les évolutions qu'il y a subies, la combinaison des acides a eu le temps de se produire et, par suite le tannate de gélatine a dû se précipiter; il n'est donc guère probable qu'il se forme plus tard de nouveaux précipités. Je pourrais, en outre, arguer qu'il n'est pas bien sûr qu'il ne se produise jamais de précipité gélatineux dans le vin d'expédition. En effet, la couche de tannate de gélatine qui se dépose est complètement incolore; elle peut être comparée à un vernis transparent qui couvrirait le verre et qui serait tout à fait invisible. Si dans le vin brut le masque devient apparent, c'est grâce aux globules du ferment qui se déposent et se collent sur le verre; quand le dégorgement a extrait de la bouteille toute trace de lie et de ferment, le masque, s'il se produit, devient invisible et passe inaperçu.

On doit nécessairement attribuer à ce même tannate de gélatine, et aussi à la faible proportion de matière colorante que le vin contient encore, la production des *vins bleus* lors de l'opération par la liqueur d'expédition. S'il est vrai que, pour un certain degré d'acidité, le vin dissout une certaine proportion de tannate de gélatine et une certaine quantité de matière colorante, car cette dernière n'est soluble que grâce aux acides du vin, il arrivera infailliblement que l'addition d'une certaine dose de liqueur *moins acide* que le vin,

diminuant l'acidité totale de ce dernier, amènera un précipité qui donnera au vin cette opalescence, ce louche qui lui a fait attribuer le nom de *vin bleu*. J'ai ouï dire que l'expérience avait déjà sanctionné cette explication des masques, barres, culs de poule, vins bleus, etc., et qu'on était parvenu à les combattre en acidulant le vin au moyen d'une légère addition d'acide tartrique ou citrique dissous dans le vin au moment du tirage. Si l'utilité de cette pratique était bien démontrée et si elle se généralisait, il deviendrait indispensable de doser l'acidité totale du vin de tirage afin de n'y ajouter que la quantité d'acide strictement nécessaire. Cette acidité totale me paraît devoir être fixée à environ 5 grammes par litre, en prenant pour terme de comparaison l'acide sulfurique monohydraté  $\text{SO}^3\text{HO}$  agissant sur les alcalis exactement comme les acides du vin essayé.

Quant au vin d'expédition et à la liqueur qu'il doit recevoir, il est absolument indispensable qu'ils possèdent tous les deux la même richesse acide, afin que leur mélange ne modifie pas l'acidité primitive du vin brut. Pour faciliter l'exécution de cette analyse acidimétrique, je donne, dans l'APPENDICE, la description d'un procédé très rapide et assez précis.

---

## COUPAGE ET COLLAGE DU VIN

---

L'opération que j'ai citée précédemment sous le nom d'*assemblage* est, on s'en souvient, la disposition, par ordre et par séries chiffrées, des tonneaux de vin des différents crus et récoltes qui, par leur mélange, constitueront le coupage.

Après l'addition du tannin, les barriques sont bondonnées et amenées à proximité d'un grand foudre, énorme tonneau pouvant contenir jusqu'à 120 pièces de vin. Ce grand vaisseau est surmonté d'un plancher fortement charpenté sur lequel plusieurs ouvriers peuvent manœuvrer, tout à l'aise, cinq ou six tonneaux. Un puissant agitateur tourne librement au centre du foudre; il est mis en rotation au moyen d'une transmission manœuvrée à force de bras. Les barriques sont élevées, soit par une grue, soit au moyen d'un plan incliné, jusque sur le plancher, et là elles sont débondonnées et déversées cinq ou six à la fois au-dessus d'un grand entonnoir qui débouche dans le foudre. Souvent une pompe, reliée avec le foudre au moyen de tuyaux, opère automatiquement ce dépotage.

Après une violente agitation le *coupage* est effectué; c'est alors que la richesse alcoolique de la cuvée est exactement déterminée, le vin est distillé à l'alambic d'essai ou mieux est analysé à l'*Ébulliomètre* (1), nouvel instrument qui opère rapidement et avec une exactitude plus que suffisante. Enfin le vin reçoit une dernière addition d'alcool qui l'amène à son titre définitif. Nous avons dit que ce degré ne doit pas dépasser 11,5 à 12 ‰.

Le vin coupé, tannisé et alcoolisé, est rapidement remis en pièces au moyen d'une tuyauterie en cuivre argenté intérieurement, qui le ramène du foudre dans les tonneaux d'où il a été extrait et dans lesquels il va être *collé*.

L'opération du collage est si fréquemment pratiquée pour toutes espèces de vins, qu'il paraîtra superflu d'entrer à ce sujet dans de

(1) Voir, dans l'APPENDICE, la description du nouvel *Ébulliomètre Salleron*.

bien grands détails. Il me semble nécessaire, cependant, de dire quelques mots du mode opératoire usité en Champagne pour préparer la colle spéciale, car il ne s'agit plus ici de blancs d'œufs, de gélatine, d'albumine, de sang, etc., puisque les vins de Champagne sont clarifiés à la colle de poisson, laquelle est peu soluble et doit subir un traitement particulier. Or, dans chaque établissement on procède à cette préparation de la colle d'une manière différente; chaque praticien a recours à certains tours de main auxquels il attribue une vertu particulière. C'est ainsi que dans quelques formules on voit intervenir le bitartrate de potasse (crème de tartre) qui, agissant comme sel acide, doit augmenter la solubilité de la colle; le chlorure de sodium (sel de cuisine), qui insolubilise la colle et doit favoriser la précipitation du tannate de gélatine, etc. Devant l'impossibilité dans laquelle on se trouve de déterminer, avec quelque certitude, le mode d'action de ces différents sels, il me paraît plus sage de les éliminer tous et de dissoudre tout simplement l'ichthyocolle dans le vin. Voici d'ailleurs le *modus faciendi* le plus généralement employé.

Dans un baquet de bois ou dans un petit tonneau défoncé nommé *barillet*, on met 250 grammes de colle de poisson arrachée par petits morceaux à l'aide d'un crochet et réduite en minces parcelles. On ajoute progressivement 20 litres de vin en agitant fortement le mélange avec un balai de jonc. Au bout de trois ou quatre jours l'ichthyocolle se gonfle, se désagrège, et la colle s'épaissit; on la verse dans un autre barillet surmonté d'une large passoire étamée. On bat vigoureusement le mélange et l'on y verse, petit à petit, 80 litres de vin vieux. Cette mixtion sirupeuse s'emploie dans la proportion de 2 litres pour 200 litres de vin à coller, et ces 2 litres sont versés successivement dans chaque tonneau qui vient d'être rempli, lequel reçoit, par conséquent, 5 grammes de colle solide, soit 0<sup>gr</sup>,025 par litre de vin. Les barriques sont ensuite fortement agitées à l'aide d'un bâton, elles sont frappées à coups de maillet sur les cercles, afin de faire pénétrer dans la masse du vin la mousse produite par la colle et pour que la disparition de cette mousse permette un remplissage complet des tonneaux.

Tous les traités d'œnologie expliquent l'éclaircissement qu'éprouve le vin sous l'action de la colle, en disant que cette dernière, insolubilisée par le tannin, se solidifie dans la masse du vin et se transforme en un vaste réseau à mailles très serrées qui se précipite au fond du tonneau, entraînant avec lui tous les corpuscules solides que le vin tient en suspension; mais si la plus grande partie de cette ingénieuse explication est vraie, il me semble difficile de l'admettre tout entière; aussi, pour ma part, j'ai peine à croire à l'existence

du légendaire réseau, car je ne l'ai jamais pu voir. A plusieurs reprises, j'ai tannisé et collé du vin blanc remplissant un grand vase à parois transparentes; j'ai toujours vu la colle se solidifier et rester quelque temps en suspension au sein de la masse liquide, mais jamais sous forme de réseau; cette matière, encore à demi liquide, ~~se~~ toujours pris la forme de flocons irréguliers dans leur structure et dans leurs dimensions, mais tous parfaitement indépendants et séparés les uns des autres. Ces flocons n'étaient plus transparents comme la colle, mais opaques et colorés suivant la quantité d'impuretés qu'ils entraînaient avec eux. Après quelques jours de repos, j'ai toujours vu ces flocons tomber lentement au fond du flacon, suivant leur ordre de densité, les derniers restant en suspension dans le vin étant toujours les plus petits et les plus légers. La couche épaisse et visqueuse formée par ces flocons précipités au fond du vase diminue d'épaisseur au fur et à mesure que sa densité augmente, jusqu'à ce qu'enfin elle constitue le dépôt qui porte le nom de lie. J'ai modifié cette expérience en collant de la même manière un liquide beaucoup plus dense que le vin, du sirop de sucre, par exemple, et j'ai vu les mêmes phénomènes se reproduire à cela près que les flocons, au lieu de descendre au fond du liquide, montaient à sa surface, de sorte que la couche de lie nageait sur le sirop au lieu de couvrir la paroi inférieure du vase; je n'ai pu constater davantage de réseau; les mêmes flocons, séparés les uns des autres, montaient à la surface du liquide au lieu de descendre au fond, uniquement parce qu'ils étaient plus légers.

Notons, en passant, que les flocons se précipitent d'autant plus facilement et plus vite au fond des tonneaux, qu'ils sont plus pesants par rapport au vin. Par la même raison, la lie formée par les flocons est plus stable au fond des tonneaux et moins sujette à remonter à la surface du vin par les changements de température qui modifient sa densité, si cette lie est plus pesante que le vin lui-même. Il y aurait donc tout intérêt à augmenter la densité de la colle, et ce serait peut-être une explication de l'emploi de la crème de tartre et du sel marin que j'ai critiqué tout à l'heure, si leur dose (0<sup>gr</sup>,1 par litre de vin) n'était pas insuffisante pour agir comme corps pesants, tandis que ce même décigramme de sels acides et amers pourrait agir très défavorablement sur la saveur du vin s'ils restaient en dissolution. Le meilleur moyen d'augmenter la densité de la colle serait d'y ajouter du kaolin (silicate d'alumine) ou du talc (silicate de magnésie), ainsi qu'on le pratique pour la clarification des liqueurs sucrées. On sait d'ailleurs qu'en Espagne les vins sont éclaircis au moyen d'une terre particulière, dite *terre d'Espagne*, qui agit mé-

caniquement et entraîne avec elle tous les corps en suspension dans le vin.

Enfin, si la colle se précipite en flocons entraînant avec eux les corps solides du vin, si ces impuretés sont agglomérées par la viscosité propre aux flocons, il faut qu'elles s'agglutinent aux particules gluantes de la colle avec lesquelles elles sont en contact. En conséquence, le collage, pour être efficace, doit mettre en contact toutes les particules de la colle avec toutes celles du vin, ce qui exige une agitation très énergique. Je ne saurais donc trop insister sur le soin avec lequel le vin collé doit être agité et mélangé; il est probable, d'ailleurs, qu'il faut attribuer à un mélange imparfait de la colle et du vin les anomalies que l'on observe dans quelques tirages, dont bon nombre de bouteilles sont masquées, tandis que d'autres présentent un dépôt gras et visqueux, et que d'autres encore laissent tomber au fond un dépôt sec et pulvérulent. Cela s'explique facilement en admettant que certaines couches de vin n'ont pas été touchées par les molécules encore agglutinantes de la colle, ou ne l'ont été qu'incomplètement.

Le coupage est effectué au sortir du gros foudre; nos pièces toutes semblables, bien collées, exactement remplies, soigneusement bondonnées, sont descendues en cave au moyen de treuils mécaniques très puissants. Cette première cuvée est rangée dans un caveau où elle est désignée sous la lettre A. D'autres tonneaux amenés dans le cellier des assemblages, disposés à leur tour dans le même ordre, subissent le même traitement, sont coupés à leur tour pour venir former en cave une deuxième cuvée qui sera distinguée de la première par la lettre B, etc.

---

## DU TIRAGE

---

Nous voici au printemps, la nature entière renaît à la vie. Tous les êtres subissent l'action mystérieuse qui doit assurer la perpétuité des espèces par la génération. Tout veut vivre. Tout veut se reproduire. Le vin lui-même est vivement influencé par cette excitation générale; les êtres organisés auxquels il sert de véhicule et dont il constitue la nourriture, les globules du ferment, sortent de leur torpeur et attendent le sucre nécessaire à leur nouvelle évolution. C'est le moment opportun pour procéder au tirage.

En possession de nos cuvées distinguées par les lettres A, B, etc., il nous est facile de détacher un même nombre de barriques de chacune d'elles, de les préparer à être vidées dans le grand foudre de tirage, ce qui nous donnera des cuvées de bouteilles toutes absolument semblables.

Notre vin coupé, alcoolisé, tannisé et collé s'est très bien éclairci en caves; la colle qui reste au fond du tonneau, parce qu'elle est plus lourde que le vin, n'a subi aucun mouvement puisque, la température des caves étant constante, le vin n'en a éprouvé aucune modification dans sa densité. Nous pouvons donc procéder à un dernier soutirage pour séparer le vin de sa lie et l'isoler de cette matière gluante qui renferme tous les agents de décomposition du vin; cette lie contient aussi les globules du ferment maintenant inertes en attendant de nouvelle nourriture; or, ces globules du ferment nous sont encore bien nécessaires; ce sont eux qui produiront la mousse de notre tirage en mangeant le sucre que nous allons ajouter à notre cuvée: aussi devons-nous veiller avec un soin jaloux à leur conservation. Il nous faut prendre garde que le vin ne soit soutiré trop clair, car toutes les cellules sont dans les lies, et si la séparation de ces dernières est complète, le vin n'en contiendra plus. Combien de tirages ont été compromis parce qu'ils ont été soutirés trop clairs, *fin clair*, selon l'expression consacrée, et parce que le vin mis en bouteilles ne contenait plus de ferment!

Notre cuvée sera donc tirée un peu trouble. Il est bien vrai que

moins le vin contiendra de lie, plus faible sera le volume du dépôt qui se formera ultérieurement dans les bouteilles; que de plus, l'élimination complète de tous les corps solides en suspension dans le vin atténuera les chances de décomposition que pourraient amener les principes entraînés par la lie, mais si la totalité des cellules de ferment disparaît, adieu la fermentation! il ne reste plus, en faveur de la cuvée, que le hasard heureux qui ferait tomber dans les tireuses quelques germes flottant dans l'atmosphère.

Il est donc intéressant, très intéressant, de vérifier par un examen microscopique si le vin contient du ferment. Grâce à la monographie que nous avons donnée du ferment alcoolique, cet examen est facile: les cellules ou globules que nous avons décrits et dessinés sont facilement reconnaissables, et si le vin en contient une quantité suffisante, une seule gouttelette de vin prise à l'extrémité d'une baguette de verre plongée dans un tonneau devra montrer plusieurs globules nageant dans le champ du microscope. De nombreuses observations faites sur des vins d'un grand nombre de cuvées m'ont démontré que beaucoup de tirages ne contenaient plus la moindre trace de ferment. Ces vins avaient été tirés *fin clair*, et si quelques uns d'entre eux ont moussé, c'est bien certainement grâce à l'intervention du hasard que j'invoquais tout à l'heure.

Concluons en répétant que le vin ne doit pas être soutiré trop clair et en recommandant, pour le cas où une seule barrique serait tirée et mise directement en bouteilles, sans passer par l'intermédiaire des tireuses, de l'agiter fortement, pour que le dépôt formé par le ferment soit également réparti et pour qu'on ne soit pas exposé à voir fermenter convenablement les premières bouteilles tirées, tandis que les dernières resteraient inertes.

A l'appui des assertions qui précèdent et comme démonstration de l'exactitude des théories de M. Pasteur, je citerai l'expérience suivante que j'ai faite moi-même chez un négociant d'Épernay.

Une cuvée de 40,000 bouteilles avait été soutirée très claire, l'examen microscopique le plus attentif ne décelait aucune trace de ferment; évidemment ce vin, mis en bouteilles, n'aurait pas moussé. Suivant les indications données par M. Pasteur, j'ai procédé à une *culture* de ferment. J'aiensemencé plusieurs pièces de ce vin clair et convenablement sucré avec des cellules prises dans un tonneau de vin nouveau; quand la fermentation a été en pleine activité, j'ai tiré la cuvée de 40,000 bouteilles en versant, dans chaque foudre de 6 hectolitres contenant le vin de tirage et sa liqueur, un broc du vin en fermentation, j'ai agité, et le vin a été mis en bouteilles. Ces dernières ont été entreillées dans un cellier dont la température oscillait

entre 17 et 22 degrés. La fermentation s'est déclarée immédiatement avec une rapidité extraordinaire, et le sixième jour, la pression finale que j'avais calculée théoriquement était obtenue, de sorte qu'à partir du sixième jour, un foudre était tiré en même temps qu'un autre, tiré six jours plus tôt, était descendu en cave.

L'expérience que je viens de décrire n'avait pas seulement pour but de remplacer les germes du ferment qui avaient été éliminés par un soutirage exagéré; je voulais, en outre, contrôler l'opinion émise par des chefs de cave expérimentés qui prétendent que le vin de tirage ne doit être mis en bouteilles qu'après avoir subi un commencement de fermentation; quand il est en *sève*, selon leur expression. L'exemple que je viens de citer, appuyé sur plusieurs expériences de laboratoire, donne la preuve que le ferment acquiert plus vite son complet développement, et que le sucre est beaucoup plus rapidement transformé quand le vin renferme déjà un certain nombre de cellules en pleine activité vitale. Il suit de là que le vin doit, avant le tirage, recevoir une légère addition de sucre et n'être mis en bouteilles qu'après un commencement évident de fermentation. Nous verrons plus loin la difficulté apportée par cette manœuvre lors du calcul du sucre dont le vin doit être additionné et la manière de la résoudre.

Si je cite le résultat tout à fait satisfaisant fourni par l'ensemencement artificiel d'un vin privé de ferment, ce n'est pas pour le recommander comme une opération normale à la portée de tous les négociants; je n'oserais prendre une telle responsabilité. Les manipulations habituelles que subit le vin nouveau ont été, à la suite d'une très longue expérience, si sagement ordonnées qu'il semble difficile que, depuis le pressurage jusqu'au tirage, un autre ferment que celui alcoolique puisse exister dans le vin de Champagne, qu'il puisse y vivre et s'y reproduire. Le moût, au sortir du pressoir, est renfermé dans des tonneaux entièrement remplis et presque complètement fermés, de sorte que le *mycoderma vini*, qui nage à la surface du vin pour y respirer l'oxygène de l'air, ne pourrait y vivre. Le *mycoderma aceti* est inconnu dans les celliers de la Champagne; sa reproduction exige un large contact du vin avec l'atmosphère pour assurer l'absorption de l'oxygène de l'air, puisque la transformation de l'alcool en acide acétique consiste dans l'absorption d'une certaine quantité d'oxygène prise à l'atmosphère. Le *ferment de la maladie de la graisse et des vins filants* ne trouve plus d'éléments d'existence dans le vin, débarrassé par le tannin de toute trace de matière organique nuisible. Cependant l'ensemencement d'une cuvée devrait être faite au moyen du ferment alcoolique absolument pur et complète-

ment exempt de toute autre espèce de germes. Un examen microscopique très attentif et très scrupuleux peut seul montrer si le vin de culture remplit ces conditions, et l'on devine quelle serait la responsabilité encourue par le micrographe chargé de cette expertise...

Admettons que notre vin de tirage contienne une quantité de ferment suffisante et qu'il ne renferme que les seuls globules du ferment alcoolique, à l'exclusion de tous les autres; il ne reste plus, pour assurer l'existence de ces cellules et leur reproduction, qu'à faire absorber au vin de l'oxygène. Cette dernière opération s'effectue sans aucune peine pour nous, puisque le vin sera encore agité dans les foudres, puisqu'il va couler de ces derniers dans les *tireuses*, et puisqu'enfin, dans son passage des *tireuses* aux bouteilles, il se trouvera largement en contact avec l'atmosphère. En outre, à cette époque de l'année l'air de notre cellier, chargé de ferments, laissera probablement tomber dans nos *tireuses*, toutes grandes ouvertes, encore bien des globules. Malheureusement les chefs de cave les plus compétents s'ingénient à priver, dans ces *tireuses*, nos petits travailleurs du secours de l'oxygène dans le but, très plausible d'ailleurs, d'empêcher l'évaporation du bouquet du vin; mais l'éther cénantique et les huiles essentielles qui constituent le parfum du vin ont une température d'ébullition élevée qui laisse à supposer que leur volatilité n'est pas très grande.

Nos tonneaux, remplis de vin soutiré, sont remontés au cellier et reversés une dernière fois dans de grands foudres où le vin recevra la dose de sucre qui devra le faire mousser.

Mais quelle est la proportion de sucre que ce vin doit recevoir?

Nous voici en présence du problème le plus important et le plus difficile que le négociant champenois ait à résoudre, car de ce poids de sucre dépend le sort de son tirage. Si ce poids est trop faible, la mousse sera insuffisante, elle ne sera pas *marchande*; et notre vin, ne trouvant pas son débouché normal, devra être écoulé sous le nom de *vin crémant* ou remis en cercles, ce qui occasionnera une perte de 50 centimes par bouteille. Si le poids du sucre est trop fort, la pression produite par le gaz dépassera la limite de résistance des bouteilles et la casse se déclarera. Je pourrais décrire à ce propos les inquiétudes qui assaillent le négociant, les angoisses qui hantent son esprit, les cauchemars qui troublent son sommeil pendant toute la durée des tirages; je pourrais rappeler les casses formidables, passées à l'état historique, qui, naguère encore, ébranlaient les situations les mieux assises; je pourrais citer seulement les deux à cinq pour cent de bouteilles cassées qui, aujourd'hui même, sont admis comme

une casse normale, inévitable, presque obligatoire suivant certains praticiens; mais je préfère démontrer qu'un tirage doit être effectué *sans aucune casse*, ou du moins sans autre déchet que les deux ou trois bouteilles, sur mille, étoilées ou fendues pendant la manutention. Je veux prouver que, dorénavant, les bouteilles ne se briseront que si elles sont mal fabriquées et que la casse ne devra plus être imputable qu'aux verreries; enfin, je citerai, à l'appui de cette assertion, les résultats obtenus par les tirages d'expérience de plusieurs centaines de mille bouteilles auxquels j'ai coopéré cette année. Il me tarde d'entrer en matière.

---

# POUVOIR DISSOLVANT DU VIN

## POUR L'ACIDE CARBONIQUE

Si le vin ne dissolvait pas l'acide carbonique, si l'on pouvait mettre ce gaz en contact avec le vin comme avec le mercure, sans qu'il pénètre dans ses molécules, sans qu'il se produise aucune modification dans leurs volumes respectifs, il faudrait fort peu de gaz pour faire sauter le bouchon d'une bouteille de vin de Champagne; il suffirait de quelques centimètres cubes d'acide carbonique comprimé entre le vin et le bouchon. Mais si ce vin, n'absorbant pas de gaz, avait été tiré après l'addition de 20 grammes seulement de sucre par litre, le volume d'acide carbonique dégagé par la fermentation venant se loger dans ce même espace, entre le vin et le bouchon, produirait une pression dépassant 300 atmosphères. Inutile de dire ce que deviendrait la bouteille.

Si, au contraire, le vin pouvait dissoudre l'acide carbonique en proportion indéfinie, si l'on pouvait lui en faire absorber un volume indéterminé, ou, sans aller jusqu'à l'infini, si le gaz acide carbonique ressemblait à l'ammoniaque dont l'eau, à la température ordinaire, peut dissoudre plus de 600 fois son volume, alors les bouteilles ne casseraient jamais : quelle que fut la dose de sucre à laquelle le vin aurait été tiré, la pression serait nulle; tout le gaz dégagé par la fermentation resterait dissous dans le vin.

Mais ni l'une ni l'autre de ces deux hypothèses ne sont vraies; le pouvoir dissolvant du vin pour l'acide carbonique n'est ni nul, ni illimité; il est relativement considérable et très variable, ainsi que je le dirai tout à l'heure.

Pour bien faire comprendre toute l'importance de ce phénomène physique auquel j'attribue la principale cause des incertitudes que présentent encore les tirages, je supposerai que le *pouvoir absorbant*, il serait plus exact de dire le *coefficient d'absorption* d'un vin, soit 1,000; c'est-à-dire qu'un litre de vin, pour être saturé d'acide carbonique, dissolve 1 litre de gaz et, conséquemment, je supposerai que pour obtenir, dans une bouteille de vin mousseux, la pression de 1 atmosphère, il faille que le vin dissolve un volume de gaz égal au

sien, soit un litre d'acide carbonique pour un litre de vin. Si donc le coefficient est 1,000, il faut que le vin dissolve autant de fois son volume de gaz que la bouteille doit supporter d'atmosphères. Pour obtenir la pression de 5 atmosphères, un litre de vin doit dissoudre 5 litres de gaz.

Cette hypothèse nous conduit à cette règle arithmétique fort simple :

1° La pression intérieure supportée par une bouteille de vin mousseux est égale au volume de gaz dissous dans le vin divisé par le coefficient d'absorption du vin.

2° Réciproquement, le volume de gaz dissous dans un litre de vin est égal à la pression supportée par la bouteille, multipliée par le pouvoir absorbant.

Exemples :

1° Le coefficient d'absorption d'un vin est 0,900.

Le volume de gaz dégagé par le sucre est 5 litres pour chaque litre de vin.

La pression supportée par la bouteille est  $\frac{5}{0,9} = 5^{\text{atm}},55$ .

2° Le coefficient d'absorption d'un autre vin est 0,950.

La pression dans la bouteille = 5 atmosphères.

Le volume de gaz dissous par 1 litre de vin est  $5 \times 0,95 = 4^{\text{lit}},75$ .

Eh bien, cherchons quelle sera la différence de pression produite dans la bouteille, pour une même dose de sucre, suivant que le coefficient d'absorption du vin sera plus ou moins élevé :

Supposons qu'un vin dont le coefficient est 1,050 (j'en ai mesuré de plus élevés) reçoive au tirage 20 grammes de sucre par litre; ces 20 grammes de sucre produiront par la fermentation, à fort peu près, 5 litres de gaz acide carbonique (1) lesquels, dissous dans le vin, développeront une pression de  $\frac{5}{1,050} = 4^{\text{atm}},75$ .

Dégageons ces mêmes 5 litres de gaz dans un vin dont le coefficient d'absorption soit seulement 0,750 (il en est de plus faibles). Nos bouteilles supporteront une pression de  $\frac{5}{0,750} = 6^{\text{atm}},6$ , ce qui est fort différent.

Mais avant d'expliquer combien est grande l'influence exercée par les variations de solubilité du vin pour l'acide carbonique, je dois remplir un devoir de simple probité scientifique, en citant les travaux des savants qui, avant moi, ont traité cette même question.

(1) Voir page 55, le rendement du sucre en acide carbonique.

En 1858, dans son *Traité sur le travail des vins* (1), M. Maumené signale toute l'importance du pouvoir absorbant du vin dans la fabrication du vin mousseux : « Un premier point facile à comprendre, c'est l'influence de la puissance dissolvante du vin pour l'acide carbonique sur le résultat final, sur la force de la mousse, dans deux vins dont la puissance dissolvante n'est pas la même ; plus le liquide dissout le gaz, moins l'explosion de ce dernier est grande, moins la mousse est forte (l'explosion est faible, le pétillément peut durer longtemps; mais il a peu de vivacité).

« Or, la puissance dissolvante du vin pour l'acide carbonique dépend de tous les éléments qui s'y rencontrent, et, comme ces éléments sont très variables et très nombreux, la puissance dissolvante doit être elle-même extrêmement variable; elle l'est, en effet.

« *Le principal élément du vin est l'alcool* : nous avons vu combien cet élément varie dans ses proportions. Si nous considérons à la fois cette variabilité si grande et son pouvoir dissolvant, nous verrons d'abord que son influence est notable dans la proportion de la mousse...

« Je dois me hâter d'ajouter que le calcul précédent est loin de représenter toute la vérité; il ne tient compte que de l'alcool comme origine des variations du pouvoir dissolvant; mais les autres éléments du vin ont aussi de l'influence et ils en ont quelquefois plus que l'alcool lui-même. *Si je n'en parle pas, c'est en raison de la difficulté très grande de leur évaluation exacte...*

« Tout le mal provient uniquement des variations du pouvoir dissolvant et des rapports inégaux qui existent entre ce pouvoir et les volumes d'acide carbonique qui doivent se produire, suivant le dosage du sucre au moment des tirages.

« Après avoir signalé les véritables causes des variations de la mousse et des casses désastreuses occasionnées par ces variations, il nous reste à indiquer les moyens de les prévenir. Il se déduit bien simplement des observations qui précèdent.

« Il faut tenir compte de la puissance dissolvante du vin et la proportionner aux quantités de sucre dont on croira devoir faire usage. La puissance dissolvante étant généralement augmentée par l'alcool, *on devra se préoccuper soigneusement de la richesse alcoolique, ce qui pourrait presque suffire*, mais le mieux sera d'étudier le pouvoir dissolvant par un procédé tout direct. »

Les citations qui précèdent démontrent clairement que dès 1858

(1) *Indications théoriques et pratiques sur le travail des vins*, par E. J. Maumené. Paris, 1858 (pages 452 et suivantes).

M. Maumené avait entrevu l'influence capitale du pouvoir dissolvant du vin, et qu'il en avait recommandé la détermination et l'intervention dans le calcul du poids de sucre que le vin doit recevoir au moment du tirage.

Mais le savant auteur, ne se faisant pas d'illusions sur la difficulté que présente la mesure directe de ce pouvoir absorbant, concluait, ainsi que le prouvent les passages que j'ai soulignés, que, l'alcool le modifiant pour la plus grande part, il fallait se contenter de la déduire théoriquement de la seule richesse alcoolique. Et, en effet, le procédé expérimental et direct imaginé par M. Maumené, pour mesurer le pouvoir dissolvant des vins, a été insuffisamment étudié et ne donne aucune indication utile.

En 1883, un négociant d'Épernay, qui est aussi un habile chimiste et un savant écrivain, M. E. Robinet, pénétré à son tour de l'influence considérable qu'exerce le pouvoir dissolvant du vin sur la pression développée dans les bouteilles, émit l'opinion que le calcul du poids du sucre ajouté au tirage devait tenir compte de cet élément important. Mais, eu égard encore à la difficulté de cette détermination expérimentale, M. Robinet admit, lui aussi, que la richesse alcoolique jouait un rôle prépondérant et qu'on pouvait négliger l'action de tous les autres éléments constitutifs du vin. M. Robinet publia, à la même époque, des tables indiquant le poids du sucre nécessaire pour obtenir, dans les bouteilles, une pression déterminée suivant chaque degré d'alcool et suivant le pouvoir dissolvant correspondant (1).

Pour rendre justice à tout le monde, je dirai encore que des savants allemands, MM. Bunsen et Carrius, publièrent, en 1858, des tables faisant connaître le coefficient d'absorption, pour l'acide carbonique, de l'alcool et de ses mélanges avec l'eau et à toutes les températures comprises entre 0 et 24 degrés. Les coefficients d'absorption publiés par les savants allemands représentent le volume d'acide carbonique dissous par un litre d'alcool à tous les degrés et à toutes les températures; et c'est précisément à ce travail considérable que M. Robinet a cru, avec raison, pouvoir emprunter les chiffres qui entrent dans ses formules.

Il semble que l'expérience n'ait pas confirmé les résultats annoncés par MM. Maumené et Robinet; les tirages effectués selon leurs formules n'ont pas donné les pressions calculées, et il en est résulté la certitude que, s'il est vrai que pour un même volume de gaz dissous dans un litre de vin la pression varie avec le coefficient d'absorption

(1) E. Robinet, *Tables donnant les pressions en atmosphères dans les bouteilles de vin de tirage.*

du vin, ce coefficient varie lui-même par une foule de raisons autres que la proportion de l'alcool que le vin renferme.

Mais est-il possible de déterminer quelles sont les causes de ces variations? J'ai beaucoup étudié cette question et je suis arrivé à cette conclusion : que la plupart des éléments qui entrent dans la composition du vin concourent, chacun pour son compte, à lui donner un coefficient différent.

Prenons pour point de départ l'eau distillée ; les tables dressées par Carrius et Bunsen nous apprennent qu'un litre d'eau à la température de 15 degrés dissout 1<sup>lit</sup>,002 d'acide carbonique. Les mêmes tables indiquent qu'un litre d'alcool pur dissout, à la même température, 3<sup>lit</sup>,199 du même gaz acide carbonique. Si l'alcool dissout 3 fois plus d'acide carbonique que l'eau, il est certain que le pouvoir absorbant des liquides alcooliques augmente avec leur richesse alcoolique; mais cette augmentation est-elle proportionnelle à la quantité d'alcool qu'ils contiennent, ainsi que MM. Maumené et Robinet l'ont supposé? L'expérience montre le contraire.

Si au lieu d'alcool nous ajoutons du sucre à l'eau distillée, le coefficient d'absorption diminue; de telle sorte que si l'alcool augmente le pouvoir dissolvant de l'eau, le sucre agit en sens inverse. La matière extractive du vin, c'est-à-dire l'ensemble de tous les sels et corps solubles dissous dans le vin, opère comme le sucre, elle diminue le coefficient d'absorption de l'eau. Et il est sous entendu qu'en ne citant que l'action de la matière extractive, prise en masse, je n'entends pas dire que chacun des corps si nombreux qui la composent exerce une action dissolvante égale; je suis fondé à croire, au contraire, que chacun de ces éléments agit pour son compte dans une proportion différente, ce qui expliquerait pourquoi, à richesses alcoolique et saccharine égales, les vins acides dissolvent plus de gaz que les vins plats, que les vins de raisins noirs possèdent un pouvoir dissolvant différent de celui des vins de raisins blancs, etc.

Une des causes qui agissent le plus sur le pouvoir absorbant du vin, c'est la proportion de gaz acide carbonique que le vin contient déjà en dissolution lorsqu'il est mis en bouteilles. Il est élémentaire que le vin, après la première fermentation qu'il subit au moment de la vendange, contient en dissolution une quantité d'acide carbonique considérable; pendant toute la durée de la fermentation, on peut considérer qu'il en est saturé; mais le volume de gaz, ainsi dissous, s'échappe du vin et diminue au fur et à mesure que la fermentation se ralentit; les soutirages le réduisent plus encore; il en résulte que le volume de gaz dissous par le vin est essentiellement variable, et cette variation est encore influencée par la fermentation lente, mais

prolongée, occasionnée par les quelques grammes de sucre que le vin conserve, souvent encore, au moment du tirage.

Il est facile de constater expérimentalement la présence du gaz dissous dans le vin et de démontrer combien sa proportion est variable en chauffant, au moyen d'une lampe à alcool, quelques centimètres cubes de vin renfermés dans un tube de verre dit à essais : bien avant que le vin soit mis en ébullition, on remarque de nombreuses bulles de gaz qui, chassées par la chaleur, s'échappent de la masse du vin et viennent former à sa surface une couche écumeuse. Il est rare que deux vins différents ne montrent pas un dégagement de gaz très inégal.

Si le vin contient en dissolution une quantité de gaz variable, il est clair que le volume d'acide carbonique nécessaire pour le saturer variera dans la même proportion : s'il faut, par exemple, un litre de gaz pour saturer un litre de vin ne contenant pas d'acide carbonique en dissolution, il n'en faudra qu'un demi-litre s'il en est déjà à moitié saturé. Dès lors le coefficient d'absorption est changé et la quantité de sucre que le vin doit recevoir, pour produire une pression déterminée, dépend aussi du volume de gaz que le vin renferme déjà.

Pour montrer combien le pouvoir absorbant du vin est variable, je citerai les coefficients que j'ai obtenus sur quelques échantillons de vins de la récolte de 1884.

**Coefficients d'absorption déterminés à la température de + 10 degrés sur des vins de Champagne.**

*Expériences faites en janvier 1885.*

Vin d'Ay, de raisins noirs et blancs.....	» .746
Vin de la montagne de Reims, tel que la nature l'a produit; raisins blancs.....	» .756
Vin d'Épernay, raisins noirs.....	» .791
Vin d'Ay pur, raisins noirs et blancs, tailles.....	» .820
Vin de la Marne, raisins noirs, ayant reçu l'addition de 10 litres de liqueur par pièce.....	» .825
Cuvée de spéculation, composée de différents crus, 2/3 raisins blancs, 1/3 raisins noirs, addition de sucre à la vendange, collé et tannisé.....	» .835
Vin de la Petite-Marne (Dormans, Verneuil) naturel, tel que la nature l'a produit.....	» .849
Vin d'Avize; raisins blancs.....	» .860
Vin d'Épernay sucré à la vendange; 0,9 raisins noirs, 0,1 raisins blancs.....	» .887
Le même vin, après en avoir extrait, par le vide, le gaz qu'il tenait en dissolution.....	1.000

*Expériences faites en mai et juin 1885.*

Tirage de M. L. de Bouzy.....	» 777
Cuvée composée de vins de cinq ou six crus différents, tirée par M. P. A., d'Épernay.....	» 854
Tirage de M. R., d'Épernay.....	» 859
Cuvée tirée par M. A. C., d'Épernay.....	» 871
Cuvée tirée par M. A. C., d'Épernay.....	» 888
Le même vin après l'addition de liqueur, contenant 25 grammes de sucre par litre.....	» 905
Cuvée composée de tailles et de petits vins.....	» 919
Tirage de vin d'Épernay (clos Saint-Pierre).....	» 921
Cuvée tirée par MM. P. R., d'Épernay.....	» 934
Cuvée tirée par M. C. H., de Reims.....	» 934
Cuvée de MM. V. P. et F., de Reims.....	» 943
Vin de Pierry, tiré par M. P. A., d'Épernay.....	» 949
Vin de vigneron, raisins blancs, tiré par M. P. A., d'Épernay.....	» 986
Vin tiré par M. D., d'Épernay.....	» 998
Cuvée de M. T. R., de Reims.....	1.000
Cuvée de M. L. d'Avize.....	1.000
Cuvée composée de vins de différents crus après addition de liqueur sucrée (25 grammes par litre).....	1.007
Tirage de MM. R. et F., d'Épernay.....	1.039
Cuvée composée de différents crus, sucrée à 22 grammes par litre.....	1.049.
La même, après avoir extrait par le vide le gaz dissous.....	1.075
La même, après avoir extrait le gaz par l'ébullition.....	1.081

La discussion des chiffres contenus dans les tableaux qui précèdent, démontre qu'il est impossible de rien fixer, *à priori*, sur le coefficient d'absorption du vin d'après son origine ou d'après sa composition; mais il est encore d'autres causes, et celles-là purement physiques, qui modifient cet élément important et compliquent davantage encore le calcul du poids de sucre que le vin doit recevoir au moment du tirage. Il est scientifiquement démontré aujourd'hui que la quantité de gaz nécessaire pour saturer un liquide n'est pas exactement proportionnelle à la pression qu'il doit supporter, de sorte que la règle arithmétique que j'ai citée plus haut (page 39) n'est pas rigoureusement vraie : s'il faut un litre de gaz pour saturer un litre de vin sous la pression de l'atmosphère, il n'en faut pas tout à fait deux litres pour saturer le même vin sous la pression de deux atmos-

phères, et un peu moins de trois litres pour obtenir trois atmosphères de pression (1).

Enfin, la température du vin modifie considérablement son pouvoir absorbant : plus le vin est froid, plus son coefficient d'absorption est élevé, et ceci est connu, puisque les vins en bouteilles sont maintenus dans des caves très froides afin de diminuer la pression qu'elles supportent; les vins mousseux sont bus froids et même *frappés*, pour que le gaz reste dissous dans le vin en plus grande proportion, etc. Réciproquement, plus la température du vin est élevée, plus son coefficient d'absorption est faible; aussi les bouteilles exposées dans des celliers supportent-elles une pression qui souvent les fait éclater; le vin débouché quand il est chaud chasse violemment son bouchon et s'échappe même en gerbe au dehors de la bouteille, etc.

Voici la variation que j'ai mesurée dans le coefficient d'absorption d'un vin d'Ay de raisins noirs et blancs, récolte de 1884; ce coefficient ayant été déterminé à toutes les températures comprises entre 0 et 30 degrés.

Températures.	Coefficients d'absorption.	Températures.	Coefficients d'absorption.
0.....	1.275	16.....	0.615
1.....	1.215	17.....	0.585
2.....	1.155	18.....	0.555
3.....	1.105	19.....	0.530
4.....	1.060	20.....	0.505
5.....	1.015	21.....	0.480
6.....	0.975	22.....	0.460
7.....	0.935	23.....	0.440
8.....	0.895	24.....	0.420
9.....	0.855	25.....	0.400
10.....	0.820	26.....	0.380
11.....	0.785	27.....	0.365
12.....	0.750	28.....	0.350
13.....	0.715	29.....	0.335
14.....	0.680	30.....	0.320
15.....	0.645		

Cette longue et cependant bien incomplète énumération des causes qui modifient le pouvoir absorbant du vin suffira amplement, j'en suis sûr, pour porter dans l'esprit des négociants la conviction que la cause des incertitudes qu'ils constatent chaque année dans leurs tirages est maintenant bien connue. Ils s'expliqueront facile-

(1) Voir le mémoire de MM. de Khanikof et Louguinine, *Annales de Chimie et de Physique*, 4<sup>e</sup> série, tome XI, page 412.

ment pourquoi la même dose de sucre, ajoutée aux tirages de plusieurs années consécutives, donne des pressions si différentes; pourquoi cette même dose fournit une année une mousse qui n'est pas marchande, tandis que, l'année suivante, le même poids de sucre amène une casse souvent désastreuse.

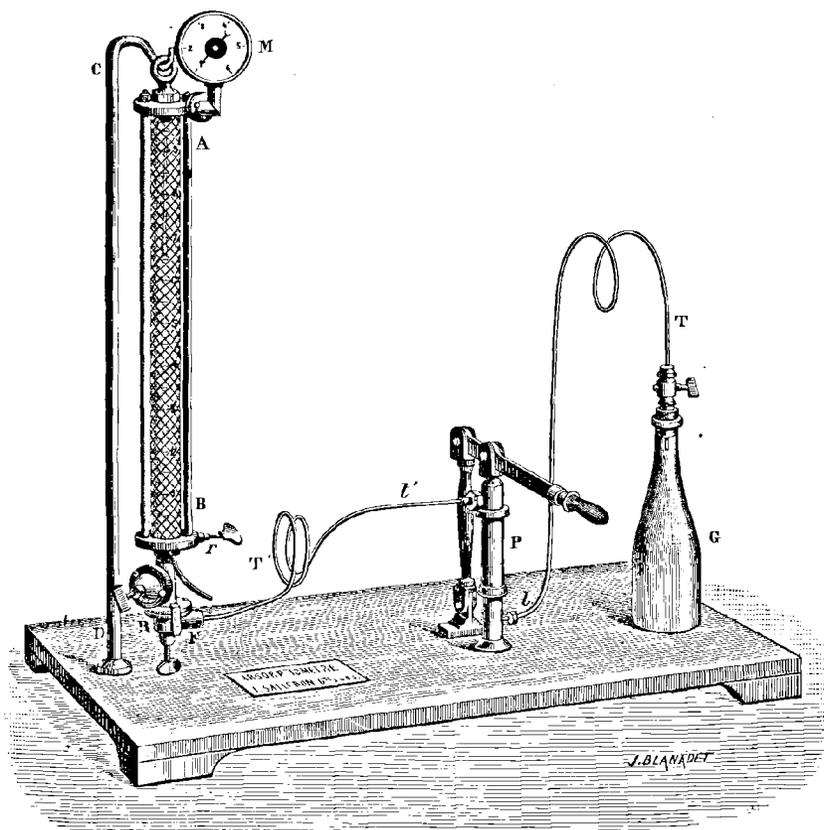


Fig. 6.

Il faut donc à tout prix déterminer, avant le tirage, le coefficient d'absorption du vin; mais cette détermination est-elle possible? A en croire MM. Maumené et Robinet, ce serait une expérience scientifique difficile, disons impraticable. Pour démontrer le contraire il me suffira de décrire le nouvel *absorptiomètre* que j'ai combiné, et, si ma description est suffisamment claire et intelligible, on sera convaincu que la mesure du pouvoir dissolvant du vin est une expérience qui n'est pas plus compliquée, ni plus laborieuse, que beaucoup d'autres qui sont devenues familières dans de grandes industries et

parmi lesquelles je citerai : le dosage de l'humidité des matières textiles (conditionnement des soies et des laines); l'essai des métaux précieux (méthode volumétrique de Gay-Lussac); l'essai photométrique du gaz d'éclairage; la mesure du travail développé par les moteurs (frein de Prony, indicateur de Watt); le dosage des sucres (saccharimétrie optique), etc. Si l'*absorptiométrie* est une expérience délicate, elle n'est pas inabordable au commerce de la Champagne.

**Description de l'absorptiomètre.** — L'absorptiomètre se compose essentiellement d'un réservoir cylindrique AB (fig. 6) en cristal très épais et très résistant, fortement serré entre deux armatures de bronze. Ce cylindre est exactement jaugé et divisé en 1,000 parties. La partie inférieure de ce récipient est mise en communication avec une pompe aspirante et foulante P, dont la tubulure aspirante *t* peut aspirer à volonté, par l'intermédiaire du tube flexible T, du vin ou du gaz, tandis que la seconde tubulure foulante *t'* conduit ce vin ou ce gaz, par l'intermédiaire du tube T', dans le réservoir AB. La partie supérieure du réservoir est terminée par un anneau qui suspend l'appareil sous la potence CD. Un manomètre M très précis, permettant d'apprécier des centièmes d'atmosphère, et un thermomètre mesurant des dixièmes de degré, communiquent tous les deux avec l'intérieur du réservoir. Un robinet R établit, ou supprime à volonté, la communication entre la pompe et le réservoir, et un raccord F relie ensemble ou sépare ces deux organes. Enfin, un second robinet *r* met à volonté le réservoir en communication avec l'atmosphère.

Expliquons maintenant comment s'effectue l'expérience.

Il faut d'abord remplir le réservoir AB avec du gaz acide carbonique comprimé, sous la pression qu'on désire obtenir dans les bouteilles de vin de tirage. Nous étudierons tout à l'heure quelle doit être cette pression et dans quelle limite il est possible de la faire varier (voir page 51). Supposons que nous voulions tirer notre vin à la pression de 5 atmosphères : il nous faudra remplir notre réservoir avec du gaz acide carbonique comprimé à 5 atmosphères, et quand je parle de gaz *acide carbonique*, il n'est pas inutile de dire qu'il est scientifiquement établi aujourd'hui que le gaz du vin de Champagne, ce gaz qui, dégagé par la fermentation du sucre, produit la mousse, est de l'acide carbonique pur. Les expériences chimiques les plus rigoureuses ont démontré la complète identité qui existe entre le gaz produit par la fermentation du vin et celui qui, dans les laboratoires, est dégagé de tous les carbonates. Mais pour qu'il ne puisse s'élever à cet égard le moindre doute, pour que l'expérience que nous allons effectuer ne laisse place à aucune objection, je ne citerai

plus le nom d'acide carbonique, je ne parlerai que du *gaz du vin*, car c'est, en effet, avec du gaz extrait du vin de Champagne que nous opérerons.

Pour que le gaz que nous allons comprimer soit absolument pur et ne soit pas mélangé avec l'air que contient déjà le réservoir, nous remplissons d'abord ce dernier ainsi que la pompe et leurs tubes de communication avec de l'eau; puis nous mettons une bouteille de vin brut G, dont le bouchon est traversé par une tige creuse, en communication avec la tubulure aspirante *t* de la pompe; nous ouvrons les deux robinets R et *r* et nous actionnons cette dernière.

Le gaz de la bouteille, aspiré par la pompe, est chassé dans le tube T', il pénètre par le robinet R dans le réservoir AB, tandis que l'eau contenue dans ce dernier s'échappe par le robinet *r*. Après quelques coups de pompe, l'eau est expulsée et le réservoir est rempli de gaz pur. Nous fermons le robinet *r* et nous continuons la manœuvre de la pompe jusqu'à ce que le manomètre M accuse exactement la pression de 5 atmosphères; la température indiquée par le thermomètre étant 10 degrés.

Connaissant la pression du gaz comprimé dans le réservoir, nous pouvons en déduire le volume de ce gaz, puisque les pressions sont en raison inverse des volumes, et si nous admettons que la capacité du réservoir soit un litre, nous dirons qu'il contient 5 litres de gaz mesurés à la température de 10 degrés.

Nous détachons la bouteille G du tube T et nous la remplaçons par une autre bouteille contenant le vin de tirage sur lequel nous devons expérimenter. Après les précautions nécessaires pour expulser de la pompe et des tubes T' et T le gaz qu'ils renferment et le remplacer par du vin, nous ouvrons le robinet R et nous comprimons du vin dans le réservoir AB. Que va-t-il se produire? Le manomètre marquait 5 atmosphères avant l'introduction du vin; après avoir introduit dans la même capacité un certain volume de vin, la pression va-t-elle augmenter ou diminuer? Évidemment la pression variera, en plus ou en moins, suivant que le vin dissoudra plus ou moins de gaz que son propre volume, c'est-à-dire suivant son pouvoir absorbant. Si ce dernier était 1,0 ainsi que nous l'avons supposé plus haut, nous pourrions introduire dans le récipient une quantité quelconque de vin sans que la pression soit modifiée, puisque le vin dissoudrait un volume de gaz exactement égal au sien; nous pourrions remplir le réservoir avec du vin, le gaz disparaîtrait et le manomètre marquerait toujours 5 atmosphères; seulement le vase, au lieu de contenir 5 litres de gaz, renfermerait 1 litre de vin gazeux sous la pression de 5 atmosphères. Généralement le coefficient d'absorption

n'est pas 1,0, le hasard seul pourrait amener ce chiffre; ainsi que notre tableau (page 43) le démontre, ce coefficient est tantôt plus fort, et tantôt plus faible; supposons qu'il soit plus fort que l'unité: plus nous comprimerons de vin, plus la pression baissera, et c'est tout simple, puisque le vin, pour être saturé de gaz, doit en dissoudre plus que son volume; et si, au contraire, le coefficient d'absorption est plus faible que l'unité, plus nous chasserons de vin au sein du gaz, plus la pression s'élèvera; cette augmentation de pression accusera le volume du gaz qui aurait dû être dissous si le pouvoir absorbant avait été 1,0.

On voit que du changement de pression accusé par le manomètre, pour une introduction d'un volume de vin déterminé, il est possible de déduire le pouvoir absorbant, ainsi que nous le calculerons tout à l'heure.

Reprenons notre expérience: après la compression, dans le réservoir, d'un certain volume de vin, on dévisse le raccord F qui sépare le récipient du tube T'; on décroche le réservoir de sa potence et on l'agite vigoureusement à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le vin soit bien saturé de gaz, c'est-à-dire jusqu'à ce que la pression reste constante. On observe le thermomètre, et si la température a changé, on la ramène à 10 degrés en immergeant l'appareil dans de l'eau chaude ou froide; quand cette condition est remplie, on suspend de nouveau le réservoir à sa potence et on note avec précision l'indication du manomètre.

Soit 5 atmosphères, la pression à laquelle le gaz a été comprimé dans le réservoir; le volume de ce gaz est 5 litres, puisque la capacité du réservoir est supposée 1 litre.

0<sup>lit</sup>,3 le volume du vin chassé dans le réservoir et en contact avec le gaz.

Le volume occupé par le gaz après l'introduction du vin sera 1 litre — 0<sup>lit</sup>,3 = 0<sup>lit</sup>,7.

Soit encore 5<sup>atm</sup>,12 la pression accusée par le manomètre après l'absorption du gaz par le vin.

0<sup>lit</sup>,7, volume occupé par le gaz, × par 5<sup>atm</sup>,12 = 3<sup>lit</sup>,58 pour le volume du gaz restant dans le réservoir après l'absorption.

5 litres, volume du gaz comprimé dans l'instrument, — 3<sup>lit</sup>,58 = 1<sup>lit</sup>,42 pour le volume de gaz absorbé par 0<sup>lit</sup>,3 de vin et 1<sup>lit</sup>,42 divisé par 0<sup>lit</sup>,3 = 4<sup>lit</sup>,73 pour le volume de gaz absorbé par 1 litre de vin sous la pression de 5<sup>atm</sup>,12; enfin, 4<sup>lit</sup>,73 divisé par 5<sup>atm</sup>,12 = 0<sup>lit</sup>,923 volume du gaz absorbé par 1 litre de vin sous la pression de 1 atmosphère, c'est-à-dire que le coefficient d'absorption est 0,923.

Si nous écrivons en formule cette opération arithmétique, nous aurons :

Soit  $P$  la pression à laquelle le gaz a été comprimé dans le réservoir;

$p$ , la pression marquée par le manomètre après l'absorption du gaz par le vin;

$V$ , le volume de vin comprimé avec le gaz;

$v$ , le volume occupé par le gaz après la compression du vin;

$Q$ , le volume du gaz dissous par 1 litre de vin sous la pression  $p$ ;

$A$ , le coefficient d'absorption du vin.

$$Q = \frac{1}{V} \times (P - v \times p)$$

$$\text{et } A = \frac{Q}{p}.$$

Exemple :

On a comprimé dans le réservoir du gaz de vin de Champagne, à la pression  $P$  de 5 atmosphères; on a introduit dans le même récipient, au sein du gaz, un volume  $V$  de vin de 0<sup>lit</sup>,3. Après l'absorption du gaz par le vin, la pression  $p$  accusée par le manomètre est 5<sup>atm</sup>,25 et le gaz occupe un volume  $v$  de 0<sup>lit</sup>,7.

La quantité  $Q$  de gaz dissoute par un litre de vin est :

$$\frac{1}{0,3} \times (5 - 0,7 \times 5,25) = 4^{\text{lit}},41,$$

et le coefficient  $A$  du vin est :  $\frac{4^{\text{lit}},41}{5^{\text{atm}},25} = 0,840$ , ce qui veut dire que pour obtenir dans les bouteilles la pression de 5 atmosphères, chaque litre de vin doit dissoudre 0<sup>lit</sup>,840 de gaz  $\times 5 = 4^{\text{lit}},20$  d'acide carbonique (1).

(1) Pour ne pas compliquer ma démonstration, je n'ai pas mentionné, dans cette formule, la correction que doit subir le volume du gaz par rapport à la pression et à la température atmosphériques, mais il est évident que cette correction doit intervenir dans le calcul, bien qu'elle soit de peu d'importance.

# DE LA PRESSION DU VIN DE TIRAGE

Maintenant que nous connaissons le moyen de calculer exactement la pression que le gaz, dégagé par la fermentation du sucre, produit dans les bouteilles, il nous est facile de déterminer le poids du sucre que le vin de tirage doit contenir en dissolution. Pour cela, il suffit de connaître le poids du sucre naturel que le vin contient encore et le volume d'acide carbonique que produit 1 gramme de sucre. Avant d'étudier ces deux dernières questions, il me semble indispensable de décider quelle doit être la pression à laquelle le vin de Champagne doit être tiré.

On pourrait croire que cette pression, élément si essentiel de la fabrication du vin mousseux, est depuis longtemps connue; ou du moins je le supposais. Pour être exactement renseigné à cet égard, je me suis procuré, par l'intermédiaire de courtiers de Reims et d'Épernay, des échantillons des cuvées en vente sur les principales places de la Champagne et j'ai déterminé, au moyen d'un aphromètre exactement construit (1), la pression supportée par chacune de ces bouteilles.

Voici les résultats que j'ai obtenus. Mais on comprendra pourquoi je remplace les noms inscrits sur les étiquettes de ces bouteilles par des numéros d'ordre.

## PRESSION MESURÉE A LA TEMPÉRATURE DE $+ 10^{\circ}$ :

N <sup>os</sup> 1,	2 <sup>atm</sup> ,35	N <sup>os</sup> 7,	4 <sup>atm</sup> ,50	N <sup>os</sup> 13,	5 <sup>atm</sup> ,12
2,	3, 25	8,	4, 65	14,	5, 25
3,	3, 65	9,	4, 70	15,	5, 70
4,	3, 70	10,	4, 80	16,	6, »
5,	3, 75	11,	5, »	17,	6, 75
6,	4, 25	12,	5, 10	18,	7, »

Pour ne pas allonger outre mesure cette nomenclature, j'en ai supprimé tous les chiffres qui se sont répétés plusieurs fois; mais je

(1) Voir page 66 la description de cet instrument.

dois dire que si j'ai rencontré plusieurs bouteilles donnant la même pression, comme, par exemple, deux ou trois supportant  $4^{\text{atm}},50$ , il s'en est présenté cinq ou six supportant 5 atmosphères. Avant d'en tirer aucune conséquence, et à titre de simple observation, je prendrai la liberté de trouver bien extraordinaire qu'une industrie aussi importante que celle de la Champagne puisse livrer à sa clientèle des produits aussi dissemblables; car enfin, la qualité du vin étant mise hors de cause, le consommateur qui achète du vin *mousseux* désire, sans doute, recevoir de *la mousse* pour une partie de son argent; or, entre les pressions  $2^{\text{atm}},35$  et 7 atmosphères, je constate que la proportion de la mousse varie comme 1 est à 3. J'attribue naturellement cette anomalie, non seulement à l'incertitude du mode de tirage suivi jusqu'ici, mais encore, dans une certaine mesure, à la manière dont l'intensité de la mousse a été évaluée jusqu'à présent.

Aujourd'hui encore, très peu de négociants se préoccupent de la *pression* développée par le vin de leur propre tirage, ou par celui de spéculation dont ils se rendent acquéreurs; généralement, en Champagne, la *pression* est confondue avec la *force de la mousse*, et cette dernière est mesurée par le volume de vin qui s'échappe de la bouteille après l'explosion produite par la projection du bouchon. On dit que la mousse est faible, marchande, forte ou folle quand, après l'explosion, le vin s'élève en *gerbe* à une hauteur plus ou moins considérable. Je n'aurai pas de peine à démontrer combien cette expérience manque d'exactitude; nous connaissons maintenant la cause principale de l'expulsion du gaz, nous savons que l'acide carbonique s'échappe du vin avec d'autant plus de facilité que le pouvoir absorbant de ce dernier est plus faible; aussi nous admettons facilement que le volume du vin chassé hors de la bouteille caractérise bien davantage la valeur du pouvoir dissolvant du vin, que la proportion réelle d'acide carbonique dissous par ce dernier. On sait, en outre, que la présence du dépôt formé par le vin excite l'échappement du gaz; ainsi, la bouteille d'un même vin *gerbe* plus ou moins, suivant que le dépôt pulvérulent est réuni au fond de la bouteille ou en suspension dans la masse du vin.

Pour ne rien omettre à ce sujet, je dois ajouter que la force expansive de l'acide carbonique ne peut être mesurée que pendant un certain délai, après l'achèvement de la fermentation, car l'acide carbonique ne reste pas indéfiniment gazeux au sein du vin; sa pression décroît progressivement dans les bouteilles, même quand elles sont conservées couchées en cave et hermétiquement fermées. Il est probable que l'oxygène de l'acide carbonique se combine avec les divers éléments du vin pour les oxyder ou former des essences ou huiles

essentielles qui modifient la saveur du vin, en même temps qu'elles prennent la place de la mousse.

La *pression* normale que le vin de tirage doit produire dans les bouteilles, est donc bien l'élément qu'il nous importe de connaître ; mais, ne pouvant le déduire de la fabrication champenoise actuelle, nous allons être forcés de le déterminer nous-mêmes ; nous possédons maintenant d'ailleurs tous les documents nécessaires : Nous savons que la pression produite par le gaz est déterminée par le volume de l'acide carbonique dissous par le vin, divisé par le coefficient d'absorption de ce dernier. Nous savons encore que la température du vin modifie considérablement ce coefficient ; j'ai donné, page 45, ses différentes valeurs pour toutes les températures comprises entre 0 et 30 degrés. Nous pouvons dès lors calculer quelle sera la pression supportée par les bouteilles à toutes les températures auxquelles elles pourront être exposées.

Admettons qu'un vin de tirage, dont le coefficient d'absorption est 0,820, à la température de 10 degrés, ait dégagé par la fermentation de son sucre 4 litres de gaz par litre de vin. Une bouteille de ce vin, étant soumise aux températures comprises entre 0 et 30, supportera les pressions intérieures suivantes (1) :

Températures.	Coefficients d'absorption.	Pressions.
0	1,275	3 <sup>atm</sup> 13
5	1,015	3 94
10	0,820	4 88
15	0,645	6 20
20	0,505	7 92
25	0,400	10 00
30	0,320	12 50

Un tirage qui contiendrait 4 litres de gaz dissous par litre de vin supporterait donc une pression pouvant varier entre 3 et 10 atmosphères, suivant que les bouteilles, renfermées dans un cellier, seraient exposées l'hiver à la gelée et l'été à une température de 25 degrés. Qu'en résulterait-il pour ces bouteilles ? pourraient-elles supporter impunément la pression de 10 atmosphères ? Pour répondre à cette question, il faut connaître la véritable résistance des bouteilles ; mais, ce sujet important devant être étudié avec tous les développements

(1) Pour diminuer l'étendue de ce tableau, je ne l'ai calculé que de 5 en 5 degrés, mais on se rappelle que la pression est, ainsi que je l'ai dit plus haut, le quotient du volume du gaz divisé par le coefficient d'absorption du vin.

$$\text{Exemple : } \frac{4 \text{ litres}}{0,820} = 4^{\text{atm}},88.$$

nécessaires, je renverrai ma réponse au chapitre dans lequel j'ai traité spécialement l'étude des bouteilles à vin de Champagne (voir page 81). Je me contenterai de dire, pour le moment, que les expériences concluantes que j'ai exécutées démontrent que les bonnes bouteilles, soigneusement fabriquées, avec du verre de composition bien homogène, dont les parois sont également épaisses, qui ont été bien recuites après leur moulage, etc., etc., supportent parfaitement bien cette épreuve. De telles bouteilles peuvent renfermer pendant un long délai, et sans inconvénient, du vin mousseux qui, à la température de 25 degrés, donne une pression de 10 atmosphères. Dès lors, *un vin de tirage peut fournir une pression de 5 atmosphères à la température des caves, laquelle ne dépasse jamais 10 degrés*. Mais pourraient-elles supporter davantage? Supposons que cette pression soit élevée à 6 atmosphères, le vin contiendra  $6 \times 0,820 = 4^{\text{lit}},92$  de gaz par litre et  $4^{\text{lit}},92$  divisés par 0,400, coefficient d'absorption du même vin à la température de 25 degrés, donneront une pression de 12,3 atmosphères. Eh bien, nous verrons plus tard que si les bonnes bouteilles supportent impunément 10 atmosphères, il me semblerait imprudent de leur demander davantage et je ne saurais répondre de la résistance des mêmes bouteilles si elles devaient être comprimées à 12 atmosphères.

Si le vin de tirage peut être exposé dans les celliers à la température de 25 degrés, et c'est encore là un sujet que j'aurai à traiter, la pression normale de 5 atmosphères à la température 10° est un maximum qui ne doit pas être dépassé. D'ailleurs je ne crois pas utile d'aller au delà : si nous débouchons une bouteille aussi fortement chargée, nous observons tous les caractères d'une très forte mousse; après l'explosion, la bouteille se vide aux  $\frac{2}{3}$ ; et, ne nous y trompons pas, la difficulté du dégorgement croît avec la pression; plus cette dernière est forte, plus la perte du gaz expulsé avec le dépôt est considérable; de sorte qu'une bouteille de vin brut à 6 atmosphères ne donne guère plus de mousse, après l'addition de la liqueur, qu'un vin brut à 5 atmosphères opéré de la même manière.

Enfin, si nous nous rappelons que le plus grand nombre des vins de spéculation, dont nous avons eu l'occasion de mesurer la pression, nous ont donné cette même tension, nous serons fondés à adopter, comme *pression normale des vins de tirage dits grands mousseux, 5 atmosphères mesurées à la température de 10 degrés*.

# DU POIDS DE SUCRE NÉCESSAIRE

## POUR DÉGAGER UN LITRE D'ACIDE CARBONIQUE

S'il est convenu que le vin de tirage doit fournir dans les bouteilles une pression de 5 atmosphères, si nous savons calculer le volume de gaz acide carbonique nécessaire pour produire la pression de 1 atmosphère, il ne nous reste plus qu'un seul coefficient à déterminer : c'est le volume d'acide carbonique produit par 1 gramme de sucre.

J'ai dit, à la première page de ce travail, que 1 gramme de sucre produit, par la fermentation, 0<sup>lit</sup>,247 de gaz acide carbonique et 0<sup>cc</sup>,643 d'alcool. Réciproquement, 1 litre d'acide carbonique est

formé par  $\frac{1}{0,247} = 4^{\text{gr}},048$  de sucre cristallisable et un centilitre

ou un degré d'alcool provient de  $\frac{1}{0,0643} = 15^{\text{gr}},55$  du même sucre ;

mais ces chiffres sont, je le répète, le résultat d'une formule chimique ; il était utile de les soumettre au contrôle de l'expérience pour constater quel écart peut se produire entre le rendement théorique qu'ils représentent et le rendement industriel qu'il est possible d'obtenir dans la pratique de la vinification. Nous savons d'ailleurs que dans le cuvage des vins rouges, ces chiffres sont bien loin d'être obtenus ; il est en effet impossible d'admettre que dans une cuve ouverte, entourée d'une atmosphère échauffée et agitée, il n'existe aucune perte de vapeur alcoolique par évaporation, et qu'il ne se produise aucune combinaison entre l'alcool et l'oxygène de l'air. Dans ce mode de fermentation, les 0<sup>lit</sup>,247 d'acide carbonique et 0<sup>cc</sup>,643 d'alcool que doit fournir un gramme de sucre sont certainement difficiles à constater ; il se produit nécessairement une perte plus ou moins considérable.

Dans ses remarquables études sur la fermentation (1), M. Pasteur a signalé la perte notable que subit la proportion d'alcool que de-

(1) *Études sur le vin*, par M. Pasteur, 2<sup>e</sup> édition, page 285.

vrait rendre la vendange; ce savant expérimentateur cite l'exemple de plusieurs vendanges ayant fermenté dans des cuves ouvertes, et dans lesquelles il s'est produit, sur le rendement théorique que je viens de citer, un déficit considérable : la perte a varié, suivant les conditions de l'expérience, entre 11,3 % et 15,2 % de la quantité d'alcool que le vin devait contenir. Nous savons d'ailleurs que les vigneronns qui font cuver leur vin dans des vaisseaux ouverts calculent qu'il ne faut pas moins de 17 grammes de sucre pour obtenir un degré d'alcool; ils admettent donc une perte de 17 — 15,55 = 1<sup>gr</sup>,45 de sucre par degré d'alcool.

La proportion d'acide carbonique dégagée par le sucre dans les mêmes conditions pratiques laisse place à la même incertitude. Il est vrai, il faut le reconnaître, que la fermentation telle qu'elle se produit dans les bouteilles de vin de Champagne ne ressemble guère à celle qui s'effectue dans les cuves. Dans des bouteilles hermétiquement closes, aucune évaporation d'alcool n'est possible; la proportion d'oxygène qui peut entrer en combinaison n'est limitée que par le volume de gaz dissous dans le vin, et par les quelques centimètres cubes d'air qui ont été renfermés sous le bouchon; enfin, la fermentation marche très lentement, elle dure de longs jours, des mois le plus souvent, de sorte que, dans ces conditions toutes spéciales, il est difficile, *à priori*, d'avancer quels écarts présentent les chiffres théoriques; aussi me suis-je décidé à déterminer expérimentalement cet écart; voici comment je m'y suis pris :

Le 17 avril 1885, j'ai fait une cuvée de 6 bouteilles de vin de Champagne de la récolte de 1884.

Ce vin contenait 8,85 % d'alcool pur, il tenait en dissolution encore un peu de sucre qui avait échappé à la fermentation; ce sucre, dosé avec beaucoup de soin par la liqueur de Fehling, s'élevait à 3<sup>gr</sup>,19 par litre de vin.

J'ai fait dissoudre dans ce vin du sucre candi blanc, très pur et très sec, à raison de 20<sup>gr</sup>,31 par litre, de sorte que le vin contenait après cette addition  $20,31 + 3,19 = 23<sup>gr</sup>,50$  de sucre par litre.

J'ai mesuré le coefficient d'absorption de ce vin pour l'acide carbonique, au moyen de l'absorptiomètre décrit page 47, ce coefficient d'absorption déterminé à la température de 10 degrés était 1,049.

Enfin, par un examen microscopique attentif, j'ai constaté que le vin contenait de nombreuses cellules du ferment alcoolique sans autre mycoderme étranger.

Six bouteilles furent remplies de ce vin sucré en laissant un espace vide de 20 centimètres cubes au-dessous du bouchon, lequel fut fortement enfoncé. Par une expérience préliminaire, j'avais constaté que

l'enfoncement du bouchon, comprimant l'air renfermé dans ces 20 centimètres cubes, produisait une pression de 0<sup>atm</sup>,65.

Les 6 bouteilles furent renfermées dans une étuve dont la température fut maintenue à 24 degrés.

Le 8 mai, les bouteilles furent retirées de l'étuve, refroidies à la température de 10 degrés et fortement agitées pour que le vin fut complètement saturé de gaz sans en être sursaturé. Leur pression intérieure fut rigoureusement mesurée au moyen d'un *aphromètre* exactement gradué. La moyenne des pressions relevées sur les 6 bouteilles était..... 5<sup>atm</sup>,80

dont il faut déduire pour la pression fournie par le bouchage .....	0 <sup>atm</sup> ,65
Reste.....	5 <sup>atm</sup> ,15

Pour calculer avec toute rigueur, il a fallu encore retrancher de 5<sup>atm</sup>,15 la diminution de pression produite par la disparition de l'oxygène que contenaient les 20 centimètres cubes d'air renfermés dans la bouteille, soit  $\frac{0,65 \times 21}{100} = 0^{\text{atm}},13$ , de sorte que 5,15 — 0,13 = 5,02.

La pression intérieure des bouteilles étant 5<sup>atm</sup>,02 et le coefficient d'absorption du vin 1,049, le volume du gaz acide carbonique dégagé par le sucre est 1,049 × 5,02 = 5<sup>lit</sup>,26.

Le vin mousseux a été soumis de nouveau à l'essai de la liqueur de Fehling; il contenait encore 2<sup>gr</sup>,15 de sucre par litre, de sorte que:

	23 <sup>gr</sup> ,50 richesse saccharine du vin avant la fermentation,	
moins	2 <sup>gr</sup> ,15	— — —
Reste	21 <sup>gr</sup> ,35	de sucre qui a fermenté et qui a produit 5 <sup>lit</sup> ,26 de gaz.

$$\frac{5^{\text{lit}},26}{21^{\text{gr}},35} = 0^{\text{lit}},246.$$

Cette expérience a donc fourni 0<sup>lit</sup>,246 de gaz acide carbonique pour chaque gramme de sucre qui a fermenté.

Nous avons dit que le vin soumis à l'expérience contenait 8,85 % d'alcool. Après la fermentation le vin contenait 10,23 % d'alcool.

10,23 — 8,85 = 1<sup>o</sup>,38 ou 13<sup>cc</sup>,8 d'alcool fournis par les 21<sup>gr</sup>,35 de sucre qui ont fermenté, d'où  $\frac{13^{\text{cc}},8}{21^{\text{gr}},35} = 0^{\text{cc}},646$ , ce qui veut dire que 1 gramme de sucre a produit 0<sup>cc</sup>,646 d'alcool.

Si nous comparons ce rendement pratique aux chiffres théoriques de la formule chimique, nous trouvons :

	Rendement pratique.	par gramme de sucre	Rendement théorique.
Acide carbonique	0 <sup>lit</sup> ,246		0 <sup>lit</sup> ,247
Alcool.....	0 <sup>cc</sup> ,646	—	0 <sup>cc</sup> ,643

Les différences que ces nombres présentent entre eux sont si faibles qu'elles doivent être attribuées aux erreurs d'observation; nous pouvons en conclure que, dans la fermentation du sucre telle qu'elle se pratique en Champagne, la totalité du sucre est transformée en alcool et en acide carbonique, et si cette proposition semblait d'un énoncé trop absolu, je me contenterais de dire que : dans la fabrication du vin de Champagne on peut, sans commettre d'erreur appréciable, admettre avec la théorie que 1 gramme de sucre cristallisable donne naissance à 0<sup>lit</sup>,247 de gaz acide carbonique et à 0<sup>cc</sup>,643 d'alcool ou 0,0643 de degré.

# DOSAGE DU SUCRE NATUREL

## CONTENU DANS LE VIN DE TIRAGE

J'appelle *sucre naturel* contenu dans le vin de tirage, les quelques grammes du sucre que le raisin contenait lors de la vendange et qui ont échappé à la fermentation. Nous avons vu qu'il est très fréquent en Champagne de rencontrer des vins qui, au moment du tirage, ont conservé une proportion notable de sucre ; j'ai expliqué que cette fermentation incomplète doit être attribuée, le plus souvent, à un excès de richesse alcoolique du vin ; mais, quelle qu'en soit la cause, il faut en tenir compte ; car ce sucre, devant nécessairement fermenter après la mise en bouteilles, modifierait la proportion de liqueur ajoutée au moment du tirage et troublerait tous nos calculs. Ce fait est assez connu pour que je n'aie pas besoin d'insister davantage, et d'ailleurs la *réduction* selon le procédé François, qui est encore à peu près universellement pratiquée en Champagne, n'a pas d'autre objet que de doser la proportion de sucre naturel que le vin a pu conserver.

Si le vin de tirage n'était plus sucré, nous obtiendrions le poids du sucre, dont il faudrait l'additionner, en divisant le volume du gaz nécessaire pour produire la pression de 5 atmosphères par le coefficient  $0^{\text{lit}},247$ , qui représente le volume de gaz dégagé par 1 gramme de sucre.

Exemple :

Le coefficient d'absorption du vin était 0,800 ; on désire obtenir dans les bouteilles une pression de 5 atmosphères ; le vin doit dissoudre  $0,800 \times 5 = 4$  litres de gaz ; et 4 divisé par  $0,247 = 16^{\text{gr}},19$  de sucre par litre de vin.

Mais supposons que notre vin contienne encore  $2^{\text{gr}},5$  de sucre naturel par litre, il ne doit recevoir que  $16^{\text{gr}},19 - 2^{\text{gr}},5 = 13^{\text{gr}},69$  de sucre par litre.

Ce seul exemple suffira pour démontrer toute l'utilité du dosage exact du sucre naturel contenu dans le vin de tirage, et pour expliquer pourquoi j'ai consacré un chapitre tout entier de l'APPENDICE à cette analyse.

# RÉSUMÉ

## DES EXPÉRIENCES ET CALCULS QUE NÉCESSITE LE TIRAGE

Je crois répondre au désir de mes lecteurs en résumant, dans ce court chapitre, toutes les expériences et tous les calculs qui jouent leur rôle dans cette opération complexe et difficile qu'on appelle *le tirage*.

1° Nous admettrons que la vendange a été judicieusement conduite, que le moût n'a pas reçu une trop forte proportion de sucre, qu'il a été peu ou point alcoolisé, de telle sorte que le vin que nous allons tirer ne contienne presque plus de sucre et pas plus de 12 degrés d'alcool.

2° Nous doserons l'acidité totale du vin, laquelle doit s'élever à environ 5 grammes par litre, afin d'éviter la précipitation des tanates dissous et la production des masques.

3° Si la richesse alcoolique du vin n'atteint pas 11°,5, une addition d'alcool sera pratiquée, mais elle ne devra pas dépasser 11°,5 à 12 degrés au maximum.

4° Le vin sera examiné au microscope, afin de constater la présence des cellules du ferment et, pour assurer cette présence, le vin n'aura pas dû être soutiré trop clair. Si le champ du microscope ne montre pas, nageant dans le vin, au moins plusieurs cellules, chaque barrique de vin recevra un broc de vin nouveau tiré un peu trouble.

5° Le vin recevra une première addition de liqueur, calculée à raison de 2 grammes environ de sucre par litre de vin, afin de produire dans les barriques et dans les foudres un commencement de fermentation qui assure la reproduction du ferment et active le développement de la mousse.

6° Quand la fermentation sera bien constatée dans les tonneaux, on déterminera le coefficient d'absorption du vin pour l'acide carbonique au moyen de l'*absorptiomètre* (décrit p. 47), supposons qu'il soit 0,820 à la température de + 10 degrés.

7° Aussitôt après qu'on aura mesuré le coefficient d'absorption on dosera, au moyen de l'analyse chimique, le poids du sucre que le

vin contient en dissolution; ce sucre se composant de celui qui a été ajouté quelques jours auparavant et du sucre naturel ayant échappé à la fermentation, lequel est resté dans le vin de tirage, soit : 2<sup>gr</sup>,50 par litre de vin.

8° On calcule :

a. Le nombre de litres de gaz que chaque litre de vin doit dissoudre pour produire la pression de 5 atmosphères.

Soit 0,820 le coefficient d'absorption ;

5 atmosphères la pression qu'on veut obtenir ;

$5 \times 0,820 = 4^{\text{lit}},10$  pour le volume d'acide carbonique par litre de vin qui doit être dégagé par la fermentation du sucre.

b. Le poids du sucre nécessaire pour produire 4<sup>lit</sup>,10 d'acide carbonique.

Soit 0<sup>lit</sup>,247 le volume d'acide carbonique dégagé, par 1 gramme de sucre ;

4<sup>lit</sup>,10 divisé par 0<sup>lit</sup>,247 = 16<sup>gr</sup>,58 pour le poids de sucre que doit contenir chaque litre de vin.

c. Le poids de sucre dont le vin doit être additionné en tenant compte de celui qu'il contient déjà.

Soit 2<sup>gr</sup>,50 le poids du sucre que le vin contient déjà ; 16<sup>gr</sup>,60 — 2<sup>gr</sup>,50 = 14<sup>gr</sup>,1 le poids de sucre qu'il faut ajouter à chaque litre de vin.

9° Le vin, ayant reçu une addition de liqueur représentant 14<sup>gr</sup>,1 de sucre par litre de vin, est fortement agité et déversé dans les appareils connus sous le nom de *tireuses*, d'où il s'écoule dans les bouteilles. L'agitation du vin, après l'addition de la liqueur, a non seulement pour but d'assurer l'uniformité du mélange, mais aussi de lui faire absorber l'oxygène nécessaire au développement du ferment ; absorption d'oxygène que facilite encore le large contact de l'air qui se produit dans les tireuses.

Jusqu'ici, j'ai établi tous mes raisonnements et basé tous mes calculs sur la richesse centésimale du vin en alcool, sucre, acide, etc., sans m'astreindre à transformer ces centimètres cubes, ou grammes par litre, en poids ou en volume de chacune des liqueurs ou dissolutions qui sont habituellement versées dans les barriques de 200 litres. Les négociants champenois et leurs intelligents auxiliaires, les chefs de cave, savent tous, aujourd'hui, effectuer ces calculs et résoudre ces problèmes d'arithmétique élémentaire.

# MISE EN BOUTEILLES

## DU VIN DE TIRAGE

Nous possédons enfin du vin prêt à être mis en bouteilles; la dose de sucre dont nous l'avons additionné a été calculée sans que nous ayons besoin d'y revenir; *il n'y a plus rien à en retrancher, ni rien à y ajouter.*

J'insiste sur ce point, car il est d'usage en Champagne de vérifier, pendant le cours du tirage, le poids du vin et de le modifier à plusieurs reprises. Quand un foudre de vin a été, au commencement de la journée, convenablement sucré, on le pèse avec un *pèse-vin*, afin de contrôler si la quantité de liqueur sucrée qui a été ajoutée s'y trouve en juste proportion, ce qui est prudent et souvent utile. Supposons que le vin doive marquer 0 et qu'il le marque exactement. La mise en bouteilles s'effectue régulièrement, et le contenu du foudre diminue progressivement; mais nous sommes en été, la fermentation du vin qui coule du foudre dans les tireuses est déjà déclarée; elle est en pleine activité et le sucre se transforme sans interruption en alcool et en acide carbonique. Notre chef de cave ne voit pas disparaître ce sucre sans inquiétude, il plonge son *pèse-vin* dans le jus sucré, et constate qu'il s'enfonce d'un degré: *du sucre a été rongé*, il faut le remplacer... et aussitôt il ajoute au vin une addition de liqueur afin de ramener l'indication du pèse-vin à 0.

Étudions quel est le résultat de cette addition.

Il est vrai que la fermentation qui s'est établie dans le foudre et dans les tireuses a fait disparaître du sucre qui s'est transformé en alcool et en acide carbonique, mais l'alcool n'est pas perdu, il est dissous dans le vin; sous ce rapport aucun doute n'est possible.

Quant à l'acide carbonique, qu'est-il devenu? Une partie s'est éga-

ment dissoute dans le vin jusqu'à ce que ce dernier en soit saturé, en diminuant proportionnellement le coefficient d'absorption du vin. après la saturation du vin par le gaz, l'acide carbonique, dégagé de nouveau, est monté à la surface du liquide et s'est échappé dans l'atmosphère. Mais combien s'en est-il dissous, combien s'en est-il échappé et quel est maintenant le nouveau coefficient d'absorption?

Ce n'est pas le pèse-*vin* qui peut nous le faire savoir, Aussi, en ajoutant du sucre sous forme de liqueur, jusqu'à ce que l'instrument marque de nouveau 0, on ne tient pas compte du volume du gaz qui est resté dans le vin, volume qui augmentera d'autant la pression que nous avons calculée et que nous ne devons pas dépasser.

L'emploi du pèse-*vin*, pour remplacer le sucre *rongé*, peut donc occasionner des erreurs plus regrettables que celles qu'il prétend corriger; aussi je ne saurais en conseiller l'usage. Si l'on veut tenir compte de la disparition du sucre il faut, non seulement le doser au moyen de l'analyse chimique, mais encore déterminer de nouveau, et au même moment, le coefficient d'absorption du vin par l'acide carbonique car ce coefficient a changé en même temps que la proportion du gaz dissous. Il me semble plus simple et plus prudent de négliger cette cause d'erreur insignifiante, car elle ne peut que diminuer légèrement la pression finale, ce qui a peu d'importance; tandis qu'une addition intempestive de sucre peut l'augmenter ce qui est toujours dangereux.

Notre vin, une fois sucré, sera donc tiré sans recevoir aucune addition de liqueur supplémentaire, et nous pourrons attendre, sans appréhension, la prise de la mousse et le développement de la pression; nous n'avons aucune chance de casse à redouter. Mais, pour calmer notre impatience et suivre pas à pas les progrès de la fermentation, nous aurons le soin d'introduire, dans quelques-unes de nos bouteilles, des petits manomètres à air comprimé qui seront les témoins du développement de la mousse. Ces petits manomètres de verre, dont la figure 7 donne une idée suffisante, sont introduits dans la bouteille, avec le vin, après qu'on a brisé la pointe effilée qui ferme la courte branche remplie de mercure. Quand la bouteille est bouchée, aussitôt que sa pression intérieure augmente, la colonne de mercure s'élève dans le tube gradué, et mesure en atmosphères la pression produite par le dégagement de l'acide carbonique.

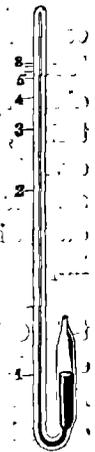


Fig. 7.

Une bouteille munie d'un tel manomètre, intercalée au milieu de chaque tas, peut être consultée tous les jours et donner des indi-

cations précieuses sur l'état d'avancement de la fermentation. Mais ces tas de bouteilles seront-ils dressés dans la cave à une basse température ou bien, au contraire, seront-ils alignés dans des celliers dont la température, pendant les mois d'été, pourra s'élever sensiblement? En un mot, tirerons-nous en cave ou en cellier? Grave question, qui divise les praticiens les plus compétents! Je l'ai souvent entendu discuter; tour à tour j'ai entendu vanter les avantages et les inconvénients de chaque méthode, et, en résumé, quand un négociant ne tire pas la totalité de son vin au cellier, il en tire bien la moitié. Il faut bien reconnaître que l'une et l'autre pratique présentent des avantages et des inconvénients; je tâcherai de les exposer tous, mais, au préalable, je dois envisager la question au point de vue qui touche le plus directement mon sujet; je veux parler des chances de casse afférentes à chacun de ces modes de tirage.

Je dirai tout de suite qu'au point de vue de la casse, le vin n'est pas plus exposé dans un cas que dans l'autre : qu'il soit tiré en cave ou en cellier, les bouteilles ne doivent pas, ne peuvent pas, se briser sous l'action de la pression. Il me sera facile de démontrer l'exactitude de cette affirmation. C'est d'ailleurs une simple question de calcul.

Reprenons l'exemple de la page 61.

Notre vin de tirage, après la fermentation de ses 16<sup>gr</sup>,60 de sucre, contiendra 4<sup>lit</sup>,10 de gaz acide carbonique, et comme, à la température de 10 degrés que les caves ne dépassent jamais, son coefficient d'absorption est 0,820, quand la fermentation sera achevée, les bouteilles, si elles sont en cave, supporteront une pression de 4<sup>atm</sup>,10 divisé par 0,820 = 5 atmosphères. Évidemment nos bouteilles, si elles sont de bonne qualité, supporteront aisément cette pression, de sorte que si la fermentation s'achève en cave, la casse est matériellement impossible.

Mais si notre vin est tiré au cellier, quelle pression développera-t-il? Cela dépend uniquement de la température du cellier lui-même, et il faut reconnaître que cette température est extrêmement variable. Il est en Champagne des *bas celliers* éclairés vers le nord, dans lesquels les rayons du soleil ne pénètrent jamais et dont la température, si elle n'est pas absolument invariable, du moins ne change guère. J'ai vu de tels celliers, dans lesquels le thermomètre ne monte jamais au delà de 17 à 18 degrés; mais, par contre, j'ai vu aussi de soi-disant celliers, ouverts à tous les vents, dans lesquels le soleil pénètre par de larges baies en frappant impitoyablement les tas de bouteilles. Évidemment ceux-ci ne serviront pas de modèles; mais, dans les grandes années, quand les tirages sont importants, la place

manque toujours, on tire où l'on peut... Bref, j'ai vu le thermomètre, marquer 25 degrés dans des celliers bien remplis; admettons qu'il soit impossible de faire autrement et tirons notre vin dans un de ces celliers, j'allais dire dans une de ces étuves. Quelle sera la pression que supporteront nos bouteilles?

Le coefficient d'absorption de notre vin, qui était à 0,820 à la température de 10 degrés, descendra à 0,400 quand la température aura monté à 25 degrés (voir le tableau de la page 45). La pression s'élèvera proportionnellement, elle sera  $4^{lit}, 10$  divisé par  $0,400 = 10^{atm}, 2$ . Je reconnais que ces 10 atmosphères sont une forte, une très forte pression. Les bouchons de tirage, qui ne sont pas tous excellents, pourront bien laisser écouler du vin, mais les bouteilles ne casseront pas. Les expériences que je citerai quand je traiterai de la résistance des bouteilles (voir page 81) démontrent que toutes les bouteilles bien fabriquées par les bonnes verreries de la Champagne supportent cette pression, et la supportent pendant un délai suffisant pour que l'on puisse descendre en cave le tirage le plus important avant que la casse se déclare. Je répète donc qu'il est possible de tirer, dans les celliers les plus mal disposés, des vins grands mousseux, sans que la casse puisse se produire; mais à la condition, c'est bien entendu, que la dose de sucre que le vin aura reçue sera proportionnée au pouvoir absorbant de ce dernier et que les bouteilles seront de bonne qualité.

Nous devons encore envisager la question du tirage en cave ou en cellier sous un autre rapport, mais au sujet duquel je dois, tout d'abord, me déclarer peu compétent; il s'agit de savoir si le vin tiré en cave est plus fin, plus moelleux, plus suave, que celui tiré en cellier: on comprend que dans ces questions de dégustation je doive me récuser; aussi, je me contenterai de citer l'avis des dégustateurs qui proclament la supériorité du tirage en cave; qui certifient qu'il augmente la persistance de la mousse, la finesse et le nombre de ses globules; qu'il assure la production, à la surface du verre, d'une couche crémeuse longtemps prolongée et qui se résout, enfin, en un anneau de perles s'égrenant le long de la circonférence de la flûte; conditions très appréciées, paraît-il, par les vrais amateurs « des flots vivants de la blonde écume »...

Il ne peut entrer dans mon esprit de réagir contre cette opinion, très rationnelle d'ailleurs, qui donne la préférence au vin tiré en cave sur celui qui a fermenté en cellier; mais je dois constater que bien des tirages ne mousseraient pas du tout s'ils devaient entièrement fermenter en cave; un grand nombre de cuvées ont une telle richesse alcoolique que le ferment n'y pourrait vivre, s'il n'était

excité dans ses fonctions par une température très élevée. Aussi longtemps que le vin de Champagne sera tiré au-dessus de 12 degrés d'alcool, aussi longtemps on devra faire *prendre la mousse* dans des celliers à haute température.

N'oublions pas enfin un point de vue important de toute question industrielle, et, sans vouloir supputer le bénéfice que le tirage en cellier peut produire par la brièveté de son achèvement, je dirai que ce sont de longs mois d'intérêt d'argent et d'amortissement qui sont économisés quand le vin peut être amené sous pression, mis sur pointe et dégorgé dans le délai d'une année. Il faut bien reconnaître qu'un grand nombre de négociants qui ont la prétention, très justifiée d'ailleurs, de faire de bons vins, ont depuis longtemps adopté un moyen terme : ils font commencer la fermentation au cellier, et quand la pression atteint 4 atmosphères environ, ils descendent le vin en cave où les dernières traces de sucre qu'il contient encore achèvent de se transformer en alcool et en acide carbonique; cette méthode doit, à mon avis, réunir tous les avantages : *In medio veritas*. Nous supposons que notre vin a été tiré au cellier, c'est d'ailleurs le *modus faciendi* qui présente le plus de difficultés ou tout au moins celui qui, jusqu'à présent, a produit le plus d'accidents; il est juste, dès lors, que ce soit celui que nous étudions de plus près. Les petits manomètres que nous avons introduits dans quelques-unes de nos bouteilles accusent environ 5 atmosphères, je dis environ, car tous les tas de bouteilles, ne se trouvant pas à la même température, ne peuvent pas accuser tous la même pression; d'ailleurs, nous ne savons pas si la fermentation est complètement achevée et si notre vin ne contient pas encore quelque peu de sucre non encore transformé. Il est intéressant de nous en rendre exactement compte.

**Description de l'aphromètre.**— Avant d'ouvrir une bouteille, nous en mesurons la pression avec toute la précision possible. Pour cela, nous faisons usage de l'aphromètre de M. Maumené, convenablement modifié (1). Cet instrument se compose de deux organes bien distincts : 1° la sonde S (fig. 8) ou tige creuse en acier qui traverse le bouchon de la bouteille; cette tige est soudée à la tubulure inférieure du robinet R, tandis qu'à la tubulure supérieure du même robinet se visse, à volonté, la poignée P (fig. 9) ou le manomètre M. Pour mettre l'aphromètre en expérience, on visse la poignée P sur

(1) M. Maumené a donné le nom d'aphromètre (ἀφρό; mousse, μέτρον mesure) à un manomètre muni d'un tire-bouchon à tige creuse, se vissant dans le bouchon des bouteilles de vin mousseux, pour mesurer la pression intérieure du gaz. Mais le dispositif imaginé par M. Maumené a dû être simplifié et perfectionné.

le robinet dont on a préalablement fermé la clef, puis on introduit, à l'extrémité de la sonde S, une petite pointe en acier *p* qui entre librement dans le trou de la sonde. On enfonce la tige, convenablement graissée, au travers du bouchon jusqu'à ce que la petite pointe *p* ait pénétré tout entière dans la chambre vide, sous le bouchon : cette petite pointe, n'étant plus soutenue, tombe dans le vin en ouvrant le trou de la sonde qui ne peut, de la sorte, être obstrué par des débris de liège. On dévisse la poignée P, on visse à sa place

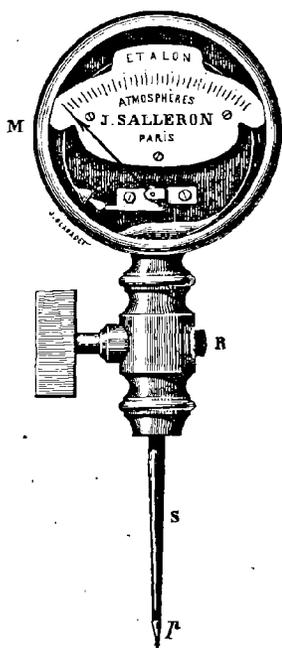


Fig. 8.

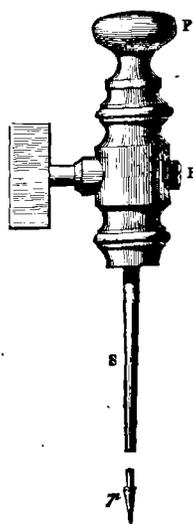


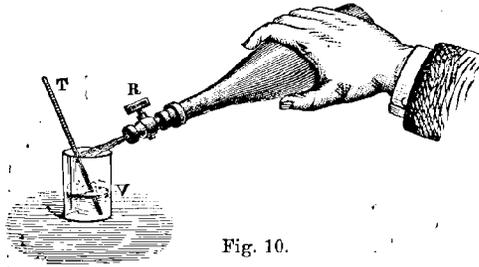
Fig. 9.

le manomètre M et on ouvre le robinet. Le manomètre étant mis en relation avec la chambre remplie de gaz, l'aiguille accuse immédiatement la pression intérieure exprimée en atmosphères et dixièmes d'atmosphère (1). Mais pour què cette indication ait quelque valeur, il faut la corriger de certaines causes d'erreurs dont la principale est inhérente aux phénomènes de *saturation* dont je parlerai tout à l'heure. Pour le moment, qu'il nous suffise de savoir que, pour obtenir

(1) Notons ici, pour ne pas avoir besoin de le rappeler plus loin, que l'aphromètre n'est pas seulement pour nous un manomètre qui indique la *pression* supportée par la bouteille, mais encore un instrument qui mesure le *volume* de gaz que le vin a dissous; dès lors, il doit être gradué en *atmosphères* et non en kilogrammes, et la première division doit être chiffrée 1, puisque le vin, quand il est saturé d'acide carbonique sous la pression de l'atmosphère, contient déjà une atmosphère de gaz.

la pression représentant exactement l'état d'équilibre du gaz dissous à saturation dans le vin, il faut agiter la bouteille et la retourner sens dessus dessous à plusieurs reprises, jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre reste stationnaire : généralement, on voit cette aiguille monter progressivement en accusant une pression de plus en plus forte, laquelle dépasse souvent de 1 atmosphère la tension mesurée avant l'agitation.

Soit  $4^{\text{atm}},5$  l'indication du manomètre après l'agitation de la bouteille. Pour que les indications de l'aphromètre soient comparables entre elles, il faut qu'elles soient mesurées à une température déterminée, toujours la même. Nous avons choisi celle de 10 degrés, parce qu'elle se rapproche beaucoup de la température moyenne des cavés et parce qu'il est toujours facile de l'obtenir, en toute saison, dans tous les établissements champenois. Pour être certain de la



température intérieure de la bouteille sur laquelle nous opérons, il faudrait y introduire un thermomètre, ce qui ne serait pas facile ; nous tournerons la difficulté en opérant de la manière suivante : après avoir noté la pression indiquée par l'aphromètre, nous fermons le robinet R (fig. 10), nous dévissons le manomètre M, et, inclinant la bouteille en approchant son goulot d'un verre à boire V, contenant un thermomètre T, nous ouvrons le robinet R. Le vin, chassé par la pression, remplit bientôt le verre et communique sa température au thermomètre avec une précision suffisante, soit 9 degrés, la température indiquée par ce dernier.

Il faut ramener la pression  $4^{\text{atm}},5$  à ce qu'elle serait si la température était 10 degrés. Le tableau I rend ce calcul facile.

Dans la première colonne horizontale des *pressions*, nous cherchons  $4^{\text{atm}},5$ , et dans la première colonne verticale des *températures*, nous suivons la ligne 9 degrés ; au croisement des lignes  $4^{\text{atm}},5$  et 9 degrés, nous trouvons  $4^{\text{atm}},7$  pour la pression du vin à la température de 10 degrés (1).

(1) Le calcul de cette table de correction suppose qu'on connaît le coefficient d'absorption du vin dont on veut corriger la pression ; ce coefficient étant essentiellement variable,

Mais, pour savoir si la fermentation est achevée et pour constater, dans le cas contraire, si nous obtiendrons exactement la pression normale de 5 atmosphères, il faut déterminer, par l'analyse, le poids du sucre non fermenté que le vin conserve encore. On trouvera dans l'APPENDICE tout le détail de cette analyse.

Supposons que le vin contienne encore 1 gramme de sucre qui fermentera, par la suite, au fur et à mesure que les globules du ferment termineront leurs fonctions vitales. Ce gramme de sucre fournira 0<sup>lit</sup>,247 d'acide carbonique et  $\frac{0^{\text{lit}},247}{0^{\text{lit}},820} = 0^{\text{atm}},3$  (0<sup>lit</sup>,247 divisé par 0,820, coefficient d'absorption du vin), de sorte qu'après la fermentation totale du sucre, la pression de nos bouteilles sera 4,7 + 0,3 = 5 atmosphères.

N'oublions pas qu'il existe une dernière cause agissant sur la pression développée dans les bouteilles pendant le tirage, cause dont il faut encore tenir compte. Quand nous avons rempli une bouteille de vin, nous la portons sous la machine à boucher et nous enfonçons brusquement un bouchon dans son goulot. Ce bouchon comprime l'air qui remplit la chambre, au-dessus du vin, et il résulte de cet enfoncement une pression qui n'est pas négligeable. Il est facile de calculer cette pression si l'on connaît la capacité de la chambre et le volume du bouchon; c'est une simple application de la loi de Mariotte: si, après avoir enfoncé le bouchon, le volume occupé par le gaz a diminué de moitié, la pression de ce dernier sera doublée et s'élèvera à une atmosphère, etc. Malheureusement il est impossible, pendant la manutention du tirage, de connaître exactement les volumes de la chambre à air et des bouchons, car les bouteilles ne sont jamais remplies de la même manière, ni les bouchons enfoncés à la même profondeur. Pour me rendre compte de la pression moyenne qui doit être attribuée au bouchage, j'ai mesuré, au moyen d'un aphromètre, la pression intérieure de 5 bouteilles aussitôt après l'enfoncement de leurs bouchons; voici les résultats que j'ai obtenus, en indiquant toutes les dimensions que j'ai pu mesurer.

j'ai dû faire usage d'un chiffre moyen. Dès lors ces corrections ne sont qu'approximatives. Quand on voudra obtenir des résultats absolument exacts, il faudra mesurer la pression du vin quand la température sera 10 degrés.

**Mesure de la pression produite par le bouchage des bouteilles.**

Volume de l'air renfermé dans le col.	Distance du vin à l'orifice du goulot.	Longueur de liège enfoncé dans le col.	Pressions mesurées.
15 centimètres cubes.	55 millimètres.	26 millimètres.	0 <sup>atm</sup> , 45
20 —	65 —	27 —	0, 35
20 —	70 —	26 —	0, 36
25 —	80 —	26 —	0, 25
30 —	83 —	25 —	0, 18

Il résulte de cette expérience que l'enfoncement du bouchon peut produire, à lui seul, une pression momentanée, qui peut s'élever depuis 0<sup>atm</sup>,18 jusqu'à 0<sup>atm</sup>,45, suivant la capacité vide laissée par le vin et suivant le volume de liège qui est enfoncé dans le col. Mais il ne serait pas exact de calculer sur ces chiffres bruts; aussi ai-je soin de qualifier cette pression de momentanée, car l'air que nous enfermons dans les bouteilles contient 21 % d'oxygène, qui sera absorbé par le ferment, de sorte que la pression, petit à petit, au fur et à mesure de la fermentation, diminuera proportionnellement; aussi, dans l'impossibilité dans laquelle nous nous trouvons de fixer, en toute rigueur, la pression supplémentaire et gratuite qu'apporte le bouchage, je propose d'attribuer à cette action la pression moyenne de 0<sup>atm</sup>,25.

Dès lors, notre tirage nous donnera une pression définitive de 5<sup>atm</sup>,25.

Nous avons dit tout à l'heure (p. 67) que la pression du vin dans les bouteilles était influencée par des phénomènes de *saturation*. Expliquons ce que cela veut dire, et, comme cette question présente un très grand intérêt, tâchons, au risque d'être accusé de prolixité, de nous faire comprendre.

Nous savons que le coefficient d'absorption du vin change avec la température; il augmente quand la température s'abaisse et, au contraire, il diminue lorsqu'elle s'élève; aussi, dès que le vin est légèrement échauffé, le gaz est mis en liberté et la pression augmente. Supposons qu'une bouteille soit couchée horizontalement dans un cellier: nous sommes en été, il fait très-chaud, le pouvoir absorbant du vin pour l'acide carbonique est très faible; le gaz, chassé par la chaleur, monte dans la partie haute de la bouteille, s'emmagasine dans la lentille formée par la surface du liquide et la pression aug-

menté. Mais, la nuit suivante, la température s'abaisse, le vin se refroidit. Son pouvoir dissolvant réaugmente, cependant la pression ne diminue pas ; elle reste stationnaire, en conservant son maximum. Et pourquoi? c'est parce que le vin ne redissout que très lentement le gaz qu'il a expulsé; et comment pourrait-il le dissoudre, si la bouteille n'est pas agitée? La surface du vin, qui constitue l'une des faces de la lentille, est très faible et elle est seule en contact avec le gaz. Pour que ce gaz pénètre de nouveau dans la masse du vin, il faut qu'il soit redissous progressivement par chacune des couches successives du vin ; la première couche cédant du gaz à la seconde quand elle est saturée ; la seconde en cédant à la troisième après sa propre saturation, et ainsi de suite. Or, ces saturations successives exigent un temps considérable. Si nous en suivons les progrès au moyen d'un aphromètre fixé sur une bouteille, nous voyons que ce ne sont pas des heures, mais des jours et quelquefois des semaines, qui sont nécessaires pour rétablir l'équilibre. Cette rapidité de l'expulsion du gaz, lorsque la température du vin augmente, et cette lenteur interminable avec laquelle le vin redissout le gaz, quand il est refroidi, constitue un phénomène gros de conséquences.

Admettons que nous ayons tiré notre vin en cellier : la température est très élevée, la fermentation marche très vite ; en une journée, deux au plus, la pression peut monter de plusieurs atmosphères. Il survient un orage, la chaleur est étouffante ; les bouteilles échauffées, non seulement par l'atmosphère, mais aussi par le calorique dégagé par la fermentation, supportent une pression très élevée ; supposons encore que la totalité du sucre ait fermenté et que la température du vin s'élève un moment au-dessus de 25 degrés, la pression dépasse 10 atmosphères (voir p. 53), vite, vite on descend en cave les bouteilles encore toutes chaudes et on les met en tas. Je le répète, la pression dépasse 10 atmosphères. Le vin se refroidit, mais la pression ne diminue pas ; la dissolution du gaz, comprimé à la surface du vin dans la lentille, ne se produit que très lentement, il faudra plusieurs jours, pour que la réabsorption du gaz soit complète et que la pression soit redevenue normale. Mais pendant ce temps les bouteilles supportent une pression considérable, et, s'il est vrai que les bonnes bouteilles que l'on fabrique aujourd'hui peuvent supporter impunément 10 atmosphères pendant plusieurs jours, il serait très imprudent d'abuser de cet avantage ; la casse peut donc se déclarer et c'est alors qu'on cherche l'explication bien loin ; on accuse la qualité des bouteilles, l'électricité, un dégagement foudroyant d'un gaz inconnu, etc., etc. Et, pour remédier au désastre, on ventile les caves, on arrose les tas de bouteilles avec de l'eau glacée, etc. ; mais une

seule manœuvre serait efficace : quand la casse paraît se déclarer, il faut refaire tous les tas et agiter vigoureusement chaque bouteille en la retournant, à plusieurs reprises, sens dessus dessous, afin de mettre toutes les molécules du vin en contact avec toutes les molécules du gaz ; en un mot, il faut redissoudre instantanément le gaz dans le vin.

Ici je me permettrai une simple remarque pour rendre indiscutable ce que j'avance : tous les ouvriers champenois employés à faire la *levée* sur les tas de tirage ont constaté que jamais une bouteille ne se brise entre leurs mains pendant l'opération du *coup de poignet*, (manœuvre qui consiste à agiter violemment chaque bouteille pour en détacher le dépôt).

# RÉSULTATS PRATIQUES

Le plus grand dérèglement de l'esprit est de croire les choses parce qu'on veut qu'elles soient.

PASTEUR.

La meilleure de toutes les démonstrations, c'est sans contredit l'expérience.

BACON.

Toutes les théories que je viens de développer, malgré ce qu'elles peuvent présenter de séduisant et de vraisemblable, n'auraient, à mes yeux, aucune valeur si elles n'étaient appuyées par les résultats d'une pratique suffisante ; aussi me serais-je bien gardé de divulguer ces études et de publier ce livre avant de les avoir soumises au contrôle de l'expérience.

J'ai la satisfaction de pouvoir énumérer dans ce chapitre les résultats fournis par un certain nombre de tirages effectués pendant l'année 1885. Grâce au concours aussi libéral qu'éclairé qui m'a été prêté par plusieurs négociants, mes anciens clients et amis, concours dont j'apprécie tout le prix et dont je garderai toujours le souvenir reconnaissant, j'ai eu la bonne fortune d'être consulté à propos de plusieurs tirages importants. Ces opérations, qui ont été faites sur plusieurs centaines de mille bouteilles, m'ont placé dans des conditions très diverses sous le rapport de la composition des cuvées, des dispositions locales, de la température des caves et des celliers, etc. Malgré ces diversités, toutes mes prévisions se sont réalisées avec une exactitude absolue, sans que l'ombre d'un échec en ait voilé l'évidence. Aussi ne concevant ni craintes ni incertitudes, après avoir énuméré ces expériences, je clos mon travail en restant à la disposition des négociants qui voudraient tenter, à leur tour, un tirage rationnel et infaillible.

Le 10 mai 1885, MM. Pol Roger et C<sup>ie</sup>, d'Épernay, me remirent, pour en faire l'analyse, un échantillon de vin d'une cuvée dont le tirage était en cours. Voici les nombres fournis par cette analyse et les chiffres que j'ai annoncés pour le résultat final de ce tirage :

1° L'examen microscopique du vin accuse la présence de nombreux globules de ferment ; d'ailleurs le vin fermente déjà dans les

tonneaux, de sorte que la prise de la mousse ne fait aucun doute; en outre, le vin ne contient aucun germe ni micoderme étranger.

2° La richesse alcoolique du vin est 12°,3;

3° Le poids du sucre contenu dans le vin prêt à tirer, déterminé au moyen de la liqueur de Fehling, s'élève, déduction faite de l'action des sels réducteurs, à 21<sup>gr</sup>,22 de sucre fermentescible par litre;

4° Le coefficient d'absorption du vin mesuré, au même moment que le poids du sucre, est 0,934 à la température de + 12 degrés.

Ces chiffres étant déterminés, voici ce que j'annonçai :

1° Les 21<sup>gr</sup>,22 de sucre se transformeront, par la fermentation, en  $21,22 \times 0,643 = 13,6$  d'alcool et en  $21,22 \times 0,247 = 5,24$  d'acide carbonique.

La richesse alcoolique actuelle étant 12,3 deviendra  $12,3 + 1,3 = 13,6$  et la pression du gaz dans la bouteille sera  $\frac{5,24}{0,934} = 5,61$  à la température de 12 degrés.

Le tirage s'effectua dans d'excellentes conditions et avec une casse insignifiante. Il est vrai que les bouteilles avaient subi, au préalable, l'épreuve de la machine imaginée par M. Albert Roger et dont je parlerai plus loin (voir p. 82). Ces bouteilles avaient toutes supporté, pendant deux secondes, la pression de 17 atmosphères, de sorte que toutes les bouteilles fêlées ou de mauvaise qualité avaient été déjà éliminées.

Le 4 septembre la richesse alcoolique est constatée : elle est 13°,50. La pression intérieure des bouteilles est déterminée au moyen de l'aphromètre; elle est 7<sup>atm</sup>,8 à la température de + 19 degrés. Cette pression, ramenée à la température de 12 degrés, se trouve réduite à 5<sup>atm</sup>,51.

Mais le vin, analysé à la liqueur de Fehling, contient encore 0<sup>gr</sup>,5 de sucre par litre qui n'a pas encore fermenté et qui, au printemps prochain, se convertira à son tour en alcool et en acide carbonique. Ces 0<sup>gr</sup>,5 de sucre fourniront  $0,5 \times 0,643 = 0,32$  d'alcool et  $0,5 \times 0,247 = 0,12$  de gaz qui, divisés par le coefficient d'absorption 0,984, augmenteront la pression de 0<sup>atm</sup>,13.

La richesse alcoolique sera donc  $13,50 + 0,03 = 13,53$  et la pression  $5,51 + 0,13 = 5,64$ .

En résumé, j'avais annoncé que la pression serait 5<sup>atm</sup>,61.

Elle est devenue 5<sup>atm</sup>,64.

: La richesse alcoolique devait être..... 13,60

Elle est..... 13,53

Il me semble difficile d'arriver plus près.

**Tirage de la maison C. H. de Reims.**

4 mai 1885. Le vin est très clair; examiné au microscope, il montre un petit nombre de cellules du ferment, mais en quantité suffisante pour que la fermentation puisse s'établir.

Le dosage chimique du sucre naturel accuse un poids de 3<sup>gr</sup>,4 de sucre par litre de vin.

On ajoute.....  $\frac{16^{\text{gr}},9}{20^{\text{gr}},3}$   
Richesse saccharine totale.....  
par litre.

Le coefficient d'absorption = 0,934 à la température de 10 degrés.  
La richesse alcoolique = 12°,3.

J'établis ainsi le calcul de la pression que supporteront les bouteilles après le tirage.

20<sup>gr</sup>,3 de sucre par litre de vin donneront naissance à  $20,3 \times 0,0643 = 1°,30$  d'alcool et  $20,3 \times 0,247 = 5^{\text{lit}},01$  d'acide carbonique.

La richesse alcoolique sera  $12°,3 + 1°,30 = 13°60$ .  
5<sup>lit</sup>,01 d'acide carbonique produiront dans les bouteilles une pression de.....  $\frac{5,01}{0,934} = 5^{\text{atm}},36$

En admettant que le bouchage produise une pression moyenne de.....  $\frac{0^{\text{atm}},25}{5^{\text{atm}},61}$

La pression finale sera.....  
à la température de + 10 degrés.

Le vin a été tiré dans un cellier exposé au nord et bien clos, la température n'y a pas dépassé 17 à 18 degrés, la fermentation s'est produite régulièrement. Les bouteilles étaient de premier choix. La casse s'est élevée à 2,5 bouteilles par 1,000.

Le 25 novembre 1885 la pression est mesurée à l'aphromètre, elle est 5<sup>atm</sup>,62 à la température de 10 degrés.

La richesse alcoolique est 13°,55.

Le vin ne contient plus de sucre.

Pression annoncée.....	5,61
— mesurée.....	5,62
Richesse alcoolique annoncée.....	13,60
— mesurée.....	13,55

**Tirage de la maison C. d'Épernay.**

Le 30 mai 1885. Le vin m'est envoyé au moment du tirage; il est déjà sucré et en pleine fermentation; il est trouble et l'examen microscopique montre une grande abondance de ferment en pleine activité.

L'essai du sucre à la liqueur de Fehling accuse 21<sup>er</sup>,56 de sucre fermentescible par litre de vin.

Le coefficient d'absorption mesuré au même moment que le poids du sucre = 0,871.

La richesse alcoolique = 11,40.

CALCUL DU RENDEMENT EN ALCOOL ET EN PRESSION

*Pression.* — 21<sup>er</sup>,56 de sucre × 0,247 = 5<sup>lit</sup>,32 de gaz acide carbonique.

	$\frac{5,32}{0,871} = 6^{\text{atm}},11$ . La pression sera.....	6 <sup>atm</sup> ,11
+	la pression produite par l'enfoncement du bouchon...	0,25
	Pression totale.....	6 <sup>atm</sup> ,36

<i>Alcool.</i> —	Richesse alcoolique actuelle.....	11°,40
	21 <sup>er</sup> ,56 de sucre × 0,0643.....	1,38
	Richesse future.....	12°,78

RÉSULTAT FINAL

25 novembre 1885. La pression mesurée à l'aphromètre à la température + 10 degrés = 6<sup>atm</sup>,36.

La richesse alcoolique = 12°,80.

Le vin ne contient plus de sucre.

	Calculée.	Mesurée.
Pression.....	6 <sup>atm</sup> ,36	6 <sup>atm</sup> ,36
Alcool.....	12°,78	12°,80

Les bouteilles étaient de *deuxième choix mixte*. La casse s'est élevée à 1,74 bouteilles sur 100.

**Tirage de la maison R. et F. d'Épernay.**

Le 20 juin 1885. Le vin qui m'est envoyé ne montre au microscope aucune trace de ferment, il a été tiré *très clair*.

Sa richesse alcoolique est 11°,5.

Le dosage du sucre naturel que le vin contient encore = 3<sup>gr</sup>,70 par litre.

Le vin reçoit une addition de sucre égale à.....  $\frac{17^{\text{gr}},78}{1,039}$  —

Richesse saccharine totale..... 21<sup>gr</sup>,48 —

Pouvoir absorbant du vin 1,039.

CALCUL DE LA PRESSION ET DE LA RICHESSE ALCOOLIQUE FUTURES

*Pression.* — 21<sup>gr</sup>,48 de sucre  $\times 0,247 = 5^{\text{lit}},30$  de gaz acide carbonique.

$\frac{5,3}{1,039} = 5^{\text{atm}},1$ . La pression future sera..... 5<sup>atm</sup>,1

*Alcool.* — Richesse alcoolique actuelle..... 11,50

21<sup>gr</sup>,48 sucre  $\times 0,0643$ ..... 1,38

Richesse future..... 12<sup>o</sup>,88

RÉSULTAT FINAL

Avant la mise en bouteilles le vin a reçu l'addition de vin nouveau non soutiré et contenant une grande quantité de globules de ferment qui ont assuré sa fermentation.

La pression mesurée à la température de + 10 degrés = 5<sup>atm</sup>,7 dont il faut déduire pour la pression produite par le bouchage environ 0<sup>atm</sup>,5, car la bouteille était très pleine et le liège fortement enfoncé..... 0,5

Pression réelle..... 5,2

Richesse alcoolique 12,65.

Le vin ne contient plus de sucre. La casse s'est élevée à 5 bouteilles sur 1,000.

	Calculée.	Mesurée.
Pression.....	5,1	5,2
Alcool.....	12,88	12,65

**Tirages de M. P. A. d'Épernay.**

N<sup>o</sup> 1. CUVÉE PY. — Le 26 juin 1885, l'examen microscopique du vin, qui a été tiré très clair, ne montre aucun globe de ferment. Il est décidé que le tirage recevra une petite quantité de lie.

On me demande que le vin fournisse, après la fermentation, une pression de 5 atmosphères à la température de 10 degrés, plus la pression produite par le bouchage, laquelle est évaluée à 0<sup>atm</sup>,25 environ.

*Pression.* — Le pouvoir absorbant du vin est 0,949.

Le poids du sucre naturel s'élève à 2<sup>gr</sup>,63 par litre.  
 5 atmosphères  $\times$  0,949 = 4<sup>lit</sup>,745 de gaz acide carbonique.

$$\frac{4^{\text{lit}},745}{0,247} = 19^{\text{gr}},21 \text{ de sucre par litre de vin.}$$

19<sup>gr</sup>,21 — 2<sup>gr</sup>,63 = 16<sup>gr</sup>,58 de sucre qu'il faut ajouter à chaque litre de vin.

*Alcool.* — La richesse alcoolique du vin est ..... 11°,20  
 19<sup>gr</sup>,21 de sucre  $\times$  0°,0643 = ..... 1°,23  
 Richesse alcoolique future ..... 12°,43

RÉSULTAT FINAL.

Le tirage a été fait au cellier, la température a varié entre 17 et 20 degrés.

Le vin dont la richesse alcoolique était faible (11°,2), a régulièrement fermenté ; il ne contient plus de sucre.

Le 19 janvier 1886, la pression mesurée à la température de 10 degrés = ..... 5<sup>atm</sup>,30

A déduire la pression du bouchage ..... 0, 25  
 Pression réelle ..... 5, 05

La casse a été nulle.

	Calculée.	Mesurée.
Pression.....	5 <sup>atm</sup> ,00	5 <sup>atm</sup> ,05
Alcool.....	12°,43	12°,60

N° 2, CUVÉE A. — 26 juin 1885. Le vin, tiré très clair, reçoit une addition de lie qui apportera des globules de ferment, car le microscope n'en montre pas.

On me demande une pression de 5 atmosphères, plus 0<sup>atm</sup>,25 pour le bouchage.

*Pression.* — Le pouvoir absorbant du vin est 0,854.

Le poids du sucre s'élève à 3<sup>gr</sup>,66 par litre.

5 atmosphères  $\times$  0,854 = 4<sup>lit</sup>,270 de gaz acide carbonique.

$$\frac{4^{\text{lit}},270}{0,247} = 17^{\text{gr}},29 \text{ de sucre par litre de vin.}$$

17<sup>gr</sup>,29 — 3<sup>gr</sup>,66 = 13<sup>gr</sup>,63 de sucre qu'il faut ajouter à chaque litre de vin.

*Alcool.* — La richesse alcoolique du vin est .... 11°,95  
 17<sup>gr</sup>,29 de sucre  $\times$  0°,0643 = ..... 1°,11  
 Richesse alcoolique future ..... 13°,06

RÉSULTAT FINAL

Le tirage a été fait au cellier à la température de 17 à 20 degrés.

Le vin a régulièrement fermenté; il ne contient plus de sucre.

Le 19 janvier 1886. La pression mesurée à la température de

+ 10 degrés = .....	5 <sup>atm</sup> ,20
A déduire la pression du bouchage.. ..	<u>0, 25</u>
Pression réelle.....	4, 95

La casse a été nulle.

	Calculée.	Mesurée.
Pression.....	5 <sup>atm</sup> ,00	4 <sup>atm</sup> ,95
Alcool.....	13°,06	13°,05

CUVÉE B. — 26 juin 1885. Le vin reçoit une petite addition de lie pour assurer la présence du ferment.

On demande une pression de 5 atmosphères plus 0<sup>atm</sup>,25 pour la pression du bouchage.

*Pression.* — Le pouvoir absorbant du vin est 0,854.

Le poids du sucre naturel s'élève à 0<sup>gr</sup>,25 par litre.

5 atmosphères  $\times$  0,854 = 4<sup>lit</sup>,27 de gaz acide carbonique.

$$\frac{4^{\text{lit}},27}{0,247} = 17^{\text{gr}},27 \text{ de sucre par litre de vin.}$$

17<sup>gr</sup>,27 — 0<sup>gr</sup>,25 = 17<sup>gr</sup>,02 de sucre qu'il faut ajouter à chaque litre de vin.

*Alcool.* — Richesse alcoolique du vin..... 11°,35

17<sup>gr</sup>,17 de sucre  $\times$  0°,0643 =..... 1°,10

Richesse alcoolique future..... 12°,45

RÉSULTAT FINAL

Le tirage a été fait au cellier à la température de 17 à 20 degrés.

Le vin a régulièrement fermenté; il ne contient plus de sucre.

Le 19 janvier 1886. La pression mesurée à la température de

+ 10 degrés = .....	5 <sup>atm</sup> ,30
A déduire la pression du bouchage.....	<u>0, 25</u>
Pression réelle.....	5, 05

	Calculée.	Mesurée.
Pression.....	5 <sup>atm</sup> ,0	5 <sup>atm</sup> ,05
Alcool.....	12°,45	12°,55

Le vin a été tiré, une partie, dans des bouteilles de deuxième choix et pour le complément dans de vieilles bouteilles ayant déjà servi. La casse s'est élevée à 16 bouteilles sur 1,000.

Je pourrais allonger davantage cette nomenclature en citant encore de nombreux tirages dont j'ai eu l'occasion de faire les analyses et de pronostiquer les résultats. Il me semble inutile d'aller plus loin : tous ces documents se ressemblent ; ils enregistrent tous une coïncidence, aussi complète que possible, entre les pressions et les richesses alcooliques calculées et observées. Il est donc, théoriquement et pratiquement, démontré qu'il est possible de réussir les tirages avec certitude, en obtenant une pression fixe et déterminée et sans constater une casse appréciable.

---

# ÉTUDE

SUR

## LA RÉSISTANCE DES BOUTEILLES

---

L'étude du tirage des vins mousseux est intimement liée à celle de la résistance des bouteilles ; il est impossible de les séparer, elles sont solidaires ; aussi, à de nombreuses pages de ce volume, ai-je été forcé de renvoyer au présent chapitre pour compléter mes démonstrations et les appuyer sur le résultat d'expériences toutes spéciales. Il est logique, en effet, que la mousse du vin, c'est-à-dire la pression que l'acide carbonique développe dans les bouteilles, soit proportionnée à la solidité de ces dernières, et qu'avant de rien fixer quant à la pression maximum que le vin peut atteindre, il faille déterminer par des expériences certaines, concluantes, irréfragables, quelles épreuves les bouteilles peuvent impunément supporter.

Jusqu'à présent, on déterminait la résistance des bouteilles en mesurant la pression nécessaire pour les briser. Il existait plusieurs machines, sortes de pompes foulantes, qu'on nommait des *casse-bouteilles*, au moyen desquelles on constatait que des bouteilles à champagne résistaient à des pressions considérables : à 30 et 40 atmosphères et, cependant, la mousse d'un vin un peu trop sucré les faisait éclater. Aussi ces machines sont-elles à peu près délaissées aujourd'hui.

Si nous en croyons les auteurs qui ont déjà traité cette question, les bouteilles ne seraient pas des récipients très solides ; M. Maumené, dans son *Traité sur le travail des vins*, dit :

« Les bouteilles, venant de la verrerie, sont très souvent capables de résister à la pression de 30 atmosphères pendant les deux ou trois

minutes d'un essai, et l'expérience prouve que pas une seule ne peut offrir à l'aphromètre plus de 8 atmosphères, après avoir subi des pressions inférieures pendant longtemps. Une bouteille où le gaz acide carbonique parvient à développer 8 atmosphères est une bouteille perdue (1). »

Ceci était écrit en 1858; mais, depuis cette époque, la fabrication des bouteilles s'est beaucoup améliorée; les verreries spéciales, qui travaillent pour la Champagne, ont suivi la voie progressive dans laquelle sont entrées toutes les grandes industries: mettant à profit les récentes découvertes de la science, elles ont considérablement reculé les limites assignées à la perfection de leurs produits.

Il existe déjà des verreries à bouteilles qui, substituant aux anciens creusets chauffés par le fond les nouveaux fours à combustibles gazeux, fondent sur une sole spéciale, frappée directement par les gaz incandescents, la silice et les sels alcalins qui composent le verre; ce dernier coule liquide dans le creuset, où la matière est cueillie par la canne du verrier. Grâce à ce nouvel outillage, les silicates, fondus à une très haute température, constituent un verre homogène, exempt de toute trace de silice non fondue, très fluide, qui épouse la forme des moules sous une épaisseur régulière. Ces moules eux-mêmes ont subi de notables perfectionnements: non seulement toutes les bouteilles en sortent avec une complète symétrie, mais le fond réfractaire du moule, mauvais conducteur de la chaleur, assure à toutes les parties du fond de la bouteille une parfaite homogénéité. — Les arches à recuire, dans lesquelles les bouteilles subissent un refroidissement lent et gradué, sont chauffées avec du bois parfaitement desséché, qui ne distille presque point d'acide pyroligneux, ni de goudron, de sorte que le parfait équilibre dans la tension de toutes les molécules du verre est aussi assuré que la pureté de ses surfaces. Enfin quand j'aurai dit que les verriers ont acquis une extrême habileté dans l'art de classer leurs bouteilles par choix plus ou moins irréprochables, on admettra, avec moi, qu'il est difficile de fabriquer mieux qu'on ne le fait aujourd'hui et qu'il est permis de considérer, dorénavant, les bouteilles dites de *premier choix* comme un produit de fabrication régulière présentant des garanties sur lesquelles les négociants sont en droit de compter.

A l'appui de cette dernière assertion, je citerai une expérience tentée sur une très grande échelle et qui, depuis 1881, suit régulièrement son cours. Je veux parler de l'installation grandiose que

(1) Maumené. *Sur le travail des vins*, 1<sup>re</sup> édition, 1858, p. 586.

M. Albert Roger a organisée dans le bel établissement de MM. Pol Roger et C<sup>ie</sup>, d'Épernay. Cette vaste installation permet de vérifier la résistance de chacune des bouteilles qui entrent dans les tirages de cette importante maison. Je pense qu'une description, même sommaire, de cette intéressante création, ne sera pas déplacée ici.

Une machine à vapeur actionne une pompe aspirante et foulante, qui, recevant l'eau d'un réservoir supérieur, la comprime dans un récipient en tôle d'acier de 200 litres de capacité sous la pression

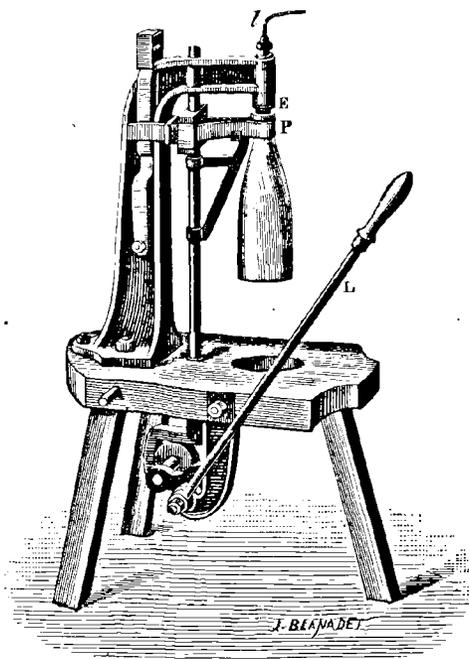


Fig. 11.

de 18 atmosphères. Ce récipient fait ainsi l'office d'un vaste réservoir d'air comprimé. Une soupape de sûreté, d'une construction toute nouvelle, communique avec le récipient et laisse échapper l'excédent d'eau fournie par la pompe, quand la pression dépasse une limite assignée d'avance. Bref, ce récipient contient toujours la même quantité d'eau comprimée sous la même pression, quel que soit le débit des appareils qu'il doit alimenter. De ce réservoir part une longue canalisation qui, parcourant tout l'atelier des rinceriers, conduit l'eau comprimée à des machines que je vais brièvement décrire.

Dans chaque atelier de rinceuse se trouve placé un porte-bouteille (fig. 11), ressemblant assez à une machine à agraffer et qui, comme

elle, est muni d'une pince P saisissant par le col une bouteille préalablement remplie d'eau; cette pince maintient le goulot solidement appuyé sous un orifice d'écoulement E, d'où l'eau s'échappe d'une manière continue sous la pression déterminée par le jeu de la soupape de sûreté; cette eau arrive dans la bouteille par la tubulure E. La seule inclinaison donnée au bras de levier L constitue toute la manœuvre de l'appareil; elle a pour résultat de serrer le goulot sous l'orifice d'écoulement de l'eau de la tuyauterie, de sorte que cette dernière, ne pouvant s'échapper au dehors, soumet l'intérieur de la bouteille à la pression de la canalisation elle-même, c'est-à-dire à 17 atmosphères. Cette pression n'est prolongée que pendant deux secondes, après lesquelles le levier est relevé, tandis qu'une seconde bouteille prend la place de la première, etc. Un panier d'osier, placé sous la bouteille, reçoit les morceaux de verre quand sa résistance est insuffisante et qu'elle se brise.

Cette vérification des bouteilles, par une pression élevée, agissant pendant un instant très court, est donc, jusqu'à un certain point, analogue à celle des anciens *casse-bouteilles*; mais ce qui constitue la nouveauté du procédé mis en œuvre par M. A. Roger, c'est la pression qu'il a adoptée. Dans une vérification de bouteilles, devant être remplies de vin mousseux et devant fournir une longue carrière après avoir été éprouvées, il ne pouvait être question de pousser l'épreuve jusqu'aux plus extrêmes limites; je ne dirai pas jusqu'à les briser, mais seulement jusqu'au point où l'élasticité du verre peut être altérée. Aussi M. Roger a-t-il dû, tout d'abord, par des expériences nombreuses et prolongées, chercher quelle est la pression qui, transmise pendant quelques secondes à des bouteilles, est suffisante pour briser celles qui ne résisteraient pas à la pression du vin pendant le tirage. Ces expériences lui ont démontré que la pression intérieure et instantanée de 17 atmosphères est suffisante pour briser les bouteilles de mauvaise qualité, toutes celles dont le verre est inégalement réparti, qui sont mal recuites, et principalement pour éliminer toutes les bouteilles fendues, étoilées, ou déjà cassées pendant les transports et le travail du cellier.

L'avantage considérable du procédé de M. A. Roger, est de pouvoir vérifier la totalité des bouteilles qui sont employées et non pas, comme il a été possible de le faire jusqu'ici, de soumettre à l'expérience quelques bouteilles prises au hasard, lesquelles ne peuvent représenter qu'imparfaitement la moyenne d'une livraison.

J'ajouterai enfin que cette expérience, répétée avec succès depuis plusieurs années, sur plus de 500,000 bouteilles chaque fois, a fourni

les résultats suivants : dans les livraisons les plus défectueuses, deux ou trois bouteilles sur cent sont éliminées et peuvent être considérées soit comme fendues, cassées ou étoilées avant l'essai, soit comme mauvaises et de résistance insuffisante. Cependant, la première année de sa mise en œuvre, une livraison importante a fourni un déchet de 10 % devant être attribué, avec certitude, à un défaut évident de fabrication. Cette constatation d'une livraison inférieure suffit à elle seule pour mettre en relief la valeur du procédé de M. A. Roger.

Malgré le succès obtenu par M. Roger et quoique la solution qu'il a donnée au difficile problème de l'essai des bouteilles me semble rationnelle, efficace et pratique, il me paraît nécessaire d'entrer dans quelques considérations sur la nature propre du verre et d'étudier de près certaines de ses propriétés physiques. En fabriquant avec du verre les récipients qui doivent recevoir le vin de Champagne, on se place dans des conditions pratiques tout à fait défavorables. Dans les constructions architecturales ou mécaniques, les matériaux sont mis en œuvre par les ingénieurs sous des charges très éloignées des limites de leur résistance. On admet généralement que l'on ne doit pas dépasser la moitié de la charge correspondant à la limite de l'élasticité des matériaux, c'est-à-dire à la moitié de l'effort qui modifie leurs formes ou leurs dimensions primitives, et qu'on ne doit pas dépasser le 1/4 ou le 1/5 de la charge qui amène la rupture. Or, en Champagne, les bouteilles sont souvent employées à l'extrême limite de la résistance du verre et trop souvent on leur fait supporter des efforts suffisants pour les briser.

Une étude théorique et pratique des lois qui régissent l'élasticité du verre et des causes qui influent sur la résistance des bouteilles serait fort intéressante, ne fût-ce que par sa nouveauté. Je l'ai entreprise malgré ses extrêmes difficultés, et ce n'est qu'avec une grande appréhension que j'essaye d'en exposer les résultats, car je ne me dissimule ni l'aridité d'un tel sujet, ni l'obscurité des phénomènes qu'il me faudra expliquer.

## LOIS DE L'ÉLASTICITÉ

Les matériaux de construction peuvent être classés en deux catégories bien distinctes : ceux qui sont élastiques et ceux qui ne le sont pas. Ces derniers, quand ils supportent de grands efforts, se brisent généralement sans accuser, au préalable, aucune modification dans leur aspect extérieur ; ils ne changent ni de forme, ni de dimensions jusqu'au moment où, leurs molécules se séparant, ils se réduisent en poussière. Les matières élastiques, au contraire, s'allongent, se raccourcissent, se courbent ou s'aplatissent bien avant de se rompre, et reprennent leurs formes primitives quand l'effort qui les sollicitait a cessé.

Nous savons que le verre est élastique, puisqu'une feuille de verre se courbe sous la pression des doigts et reprend sa forme première sans se briser. Avant que de rechercher si le verre suit les lois de l'élasticité, rappelons-les brièvement.

**1° Limite de l'élasticité; état permanent.** — Quand un corps élastique est soumis à un effort quelconque, il change de forme en obéissant à la force qui le sollicite : s'il est étiré, il s'allonge, s'il est comprimé, il s'aplatit, etc., et, quand la traction ou la pression ont cessé, le corps reprend, grâce à son élasticité, sa forme et ses dimensions primitives.

Supposons qu'un fil de fer soit tendu verticalement par un poids : en vertu de l'élasticité du métal, le fil s'allonge sous la traction du poids ; supprimons ce dernier, le fil reprend sa longueur première. Augmentons la charge du fil, doublons le poids, le fil s'allonge davantage, et si nous mesurons ce nouvel allongement, nous le trouvons double du premier, ce qui démontre que *dans les corps élastiques les allongements sont proportionnels aux poids qu'ils supportent*, et quand je parle des allongements, il en est de même de toutes les modifications subies par les corps élastiques, qu'il s'agisse de courbure, de torsion ou de *gonflement*. Mais ces allongements et ces raccourcissements ne restent constants qu'autant qu'ils se trouvent maintenus dans une certaine limite : si le poids qui tend notre fil est trop lourd, ce dernier ne reprend pas sa longueur première, il reste

allongé; ses molécules ont pris un nouvel état d'équilibre : *les limites de son élasticité ont été dépassées; il a pris un nouvel état d'allongement permanent.* Si nous recommençons à tendre le même fil ainsi allongé, les mêmes poids continuent à lui faire subir une nouvelle série d'allongements, toujours proportionnels entre eux; mais les limites de l'élasticité du métal se sont rapprochées et il faudra maintenant un poids plus faible pour les atteindre. *La ténacité du fil a diminué, et il faudra aussi un poids beaucoup plus léger pour lui donner une nouvelle longueur permanente et ensuite pour le rompre.* Chaque nouvelle série d'efforts supportés par notre fil modifie son état moléculaire et diminue son élasticité et sa ténacité; de sorte qu'à un moment donné, une charge relativement faible suffira pour le rompre. C'est ainsi que souvent les corps élastiques fléchissent et se brisent sous des efforts minimes, parce que la limite de leur élasticité a été, à un certain moment, dépassée.

Avant de pousser plus loin cet exposé des lois de l'élasticité, il me paraît nécessaire de dire comment on explique les causes qui peuvent ainsi influencer la structure intime des solides et modifier de la sorte leur état permanent. Malheureusement, cet ordre de phénomènes se rattache à la constitution moléculaire des corps, c'est-à-dire au groupement des molécules, lesquelles sont la dernière limite de la division de la matière. Ces phénomènes échappent à nos moyens d'investigation directe, et nous ne pouvons les expliquer que par voie d'inductions et d'hypothèses. Voici l'explication qui, aujourd'hui, a cours dans la science.

**2° Théorie de l'élasticité.** — « Quand on étire une verge au moyen d'une charge trop forte, elle ne revient pas à sa première longueur, mais elle conserve une partie de l'allongement et du rétrécissement qu'elle avait éprouvés; c'est qu'on a dépassé la *limite de son élasticité*. On dit que la barre a été forcée. Des effets analogues s'observent dans l'élasticité développée par compression, flexion, torsion, etc. On peut expliquer ce résultat en supposant les molécules polyédriques, et se présentant les unes aux autres par certaines faces, qui ne sont plus les mêmes quand on les a trop déplacées relativement. Par exemple, soit quatre molécules polyédriques A, D, B, C (fig. 12), un effort suffisant exercé dans la direction  $xy$  amènera la molécule B en B'. Alors la molécule C se rapprochera de la ligne  $xy$  et prendra la position C' après avoir tourné d'une certaine quantité, de manière à ce que ce ne soient plus les mêmes faces qui se trouveront en présence de celles des molécules A et B'. Il y aura donc une nouvelle position d'équi-

libre, qui correspondra à un nouvel état permanent du corps (1). »

Quoique cette explication ne repose que sur une simple hypothèse, je n'hésite pas à en admettre toute la vraisemblance et la probabilité, car elle explique d'une façon très satisfaisante tous les phénomènes que nous avons à étudier et toutes les anomalies que les bouteilles présentent dans leur emploi.

Pour nous, l'élasticité des corps est mesurée par le déplacement que leurs molécules peuvent subir les unes par rapport aux autres, sans que ce déplacement atteigne la longueur de l'un de leurs côtés, et nous démontrerons que les bouteilles subissent, comme tous les corps élastiques, sous l'influence de la pression, des changements de capacité qui peuvent devenir permanents.

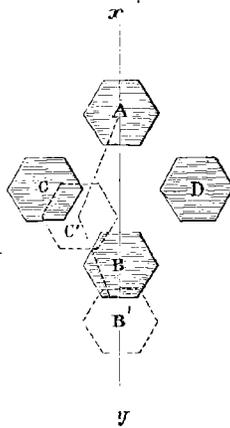


Fig. 12.

### 3° Le verre est élastique et change d'état permanent. —

Si le verre est élastique, une bouteille qui supporte une pression intérieure doit se gonfler sous cette pression, et il doit résulter de ce gonflement un accroissement de capacité qui doit croître proportionnellement à la pression et disparaître quand la pression a cessé. Enfin, si, sous une certaine pression, les limites de l'élasticité du verre viennent à être dépassées, la bouteille doit conserver une partie du gonflement par elle éprouvée et ne pas reprendre sa capacité primitive.

Pour le démontrer, voici comment je m'y suis pris : J'ai ajouté au col d'une bouteille, au moyen d'un ajutage dont la figure 13 donne une idée suffisante, un tube de verre  $ab$  d'un petit diamètre, divisé par centièmes de centimètre cube, et qui constitue, par le fait, un prolongement très étroit du col de la bouteille. Cet appendice permet

(1) Daguin. *Traité élémentaire de physique*, 1878, t. I, p. 675.

de mesurer, avec une grande précision, par l'abaissement du liquide dont l'appareil tout entier est rempli, les changements de capacité

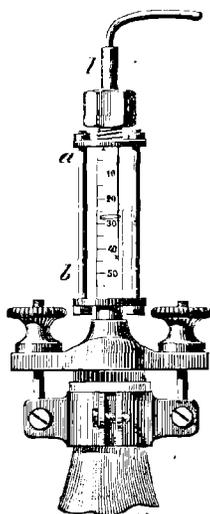


Fig. 13.

qui peuvent se produire dans la bouteille. La partie supérieure *a* du tube gradué est mise en communication, au moyen d'un tube à

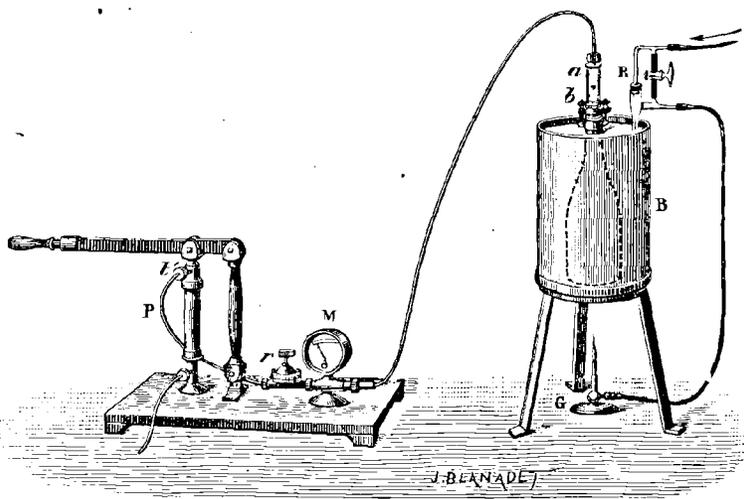


Fig. 14.

raccord *t*, avec une pompe foulante *P* (fig. 14) qui comprime de l'air au-dessus de l'eau dont la bouteille est remplie. Un manomètre *M*

mesure, à chaque instant, la pression à laquelle la bouteille est soumise. Enfin, la bouteille est immergée au sein d'un bain-marie B qui la maintient à une température déterminée. Un thermo-régulateur R règle la chaleur dégagée par le bec de gaz G afin que la température reste fixe et constante.

Une bouteille, pesant 985 grammes et d'une capacité de 825 centimètres cubes, prise au hasard dans une livraison importante, a été remplie d'eau et maintenue dans le bain-marie à la température de 10 degrés. Le niveau de l'eau s'élevait, dans le tube mesureur *ab*, jusqu'à la division 0. La pompe P ayant été mise en action, la pression a été mesurée sur le manomètre M, en même temps que les variations du niveau de l'eau dans le tube étaient relevées. En un mot, on mesurait les augmentations de capacité subies par la bouteille pour chaque atmosphère de pression.

Voici les nombres obtenus :

TEMPÉRATURE DE LA BOUTEILLE : 10 DEGRÉS.

Pressions.	Augmentation de capacité de la bouteille.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup>
2 — .....	0,090
3 — .....	0,175
4 — .....	0,250
5 — .....	0,300
6 — .....	0,350
7 — .....	0,400
8 — .....	0,450
9 — .....	0,525
10 — .....	0,600

Cette première expérience démontre bien que le verre est une matière élastique et la progression des augmentations de capacité subies par la bouteille vérifie, dans la limite des erreurs d'observation, les lois de l'élasticité des corps : les augmentations de volume sont proportionnelles aux pressions (1).

J'ai supprimé la pression que supportait la bouteille et j'ai vu le niveau de l'eau remonter dans le tube *ab* jusqu'au trait 0, ce qui prouvait que la bouteille avait repris sa capacité primitive. Dès à présent, nous pouvons conclure que, dans ces premières limites

(1) Je n'ai pas tenu compte des diminutions de volume de l'eau elle-même, dues à sa compressibilité, bien qu'elles ne soient pas négligeables, parce que ces abaissements du niveau de l'eau lus sur le tube *ab* n'ont pas besoin, pour nous, de représenter le gonflement absolu de la bouteille, il nous suffit qu'ils soient comparables entre eux.

de pression et de température, le verre se comporte comme une matière parfaitement élastique et qu'à la pression de 10 atmosphères et à la température de 10 degrés, cette bouteille, n'ayant pas pris une nouvelle capacité permanente, ne se trouve pas encore à la limite de son élasticité. Mais cette première expérience n'est pas complète; elle ne nous dit pas si la rupture de la bouteille est proche ou éloignée.

Pour en décider, j'ai poussé la pression plus haut. La même bouteille a donc subi une nouvelle série de pressions.

TEMPÉRATURE DE LA BOUTEILLE : 10 DEGRÉS.

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup>
10 (1) — .....	0,600
11 — .....	0,660
12 — .....	0,720
13 — .....	0,800

A 13 atmosphères, la pression a été supprimée et le niveau du liquide est remonté, dans le tube *ab*, à la division 0<sup>cc</sup>,025, accusant une légère augmentation de capacité de la bouteille; mais, petit à petit, le niveau est remonté encore et après quelques minutes il avait atteint le 0 primitif. Évidemment, l'effort supporté par notre bouteille a déplacé légèrement les molécules du verre et modifié sa structure normale, mais ce déplacement n'a pas suffi pour que l'augmentation de volume demeurât permanente.

J'ai été plus loin encore.

TEMPÉRATURE : 10 DEGRÉS.

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup>
13 — .....	0,800
14 — .....	0,850
15 — .....	0,900

Après l'expérience, le niveau de l'eau est remonté seulement à la division 0<sup>cc</sup>,025 et s'y est maintenu. Donc sous la pression de 15 atmosphères et à la température de 10 degrés, la bouteille s'est agrandie et a conservé un nouveau volume permanent. Bien que cette augmentation de volume permanent soit très faible, nous pou-

(1) Les pressions intermédiaires entre 1 et 10 ont amené les mêmes augmentations de capacité que dans l'expérience précédente.

vons en conclure que le verre ne fait pas exception à la manière dont se comportent tous les corps élastiques et que notre bouteille a subi, dans sa constitution, une modification profonde qui doit nécessairement diminuer sa résistance.

Cette diminution de résistance est certaine, elle ne peut être mise en doute, elle est démontrée par les expériences les plus concluantes et les plus précises. Il est d'ailleurs facile d'expliquer pourquoi le verre doit diminuer de solidité quand la limite de son élasticité est dépassée. Quand, sous un effort suffisant, les molécules se sont déplacées et quand elles sont parvenues à la limite de l'écartement qui correspond à la largeur de l'un de leurs côtés, ou l'ont plus ou moins dépassé, le verre se rompt en quelque sorte dans certaines régions internes, quoiqu'on n'en aperçoive aucune trace extérieure. Si l'effort persiste quelque temps encore, les fissures s'agrandissent, se propagent de proche en proche, jusqu'à ce que le verre se détache en morceaux (1).

Nous pouvons donc considérer comme absolument certain, et tous les physiiciens, les ingénieurs, les constructeurs admettront sans conteste qu'une bouteille qui a subi, à la suite d'une pression intérieure, une augmentation de capacité permanente, a perdu, par cela même, une partie de sa résistance primitive et, dès lors, ne pourra plus fournir une longue carrière que si elle n'est plus soumise qu'à des pressions modérées.

Je crois inutile d'insister davantage sur ce fait capital; il est d'ailleurs reconnu, en Champagne, que les bouteilles qui ont déjà supporté la fatigue d'un tirage, les bouteilles qui ont déjà servi, ont perdu une grande partie de leur résistance et ne présentent pas une garantie de solidité suffisante pour être employées une seconde fois. Si ces bouteilles ne sont plus solides, c'est uniquement parce que, sous la pression qu'elles ont déjà supportée, elles ont pris une nouvelle capacité permanente.

**4<sup>o</sup> Influence de la température.** — D'après la théorie que je viens d'exposer, tous les phénomènes physiques, toutes les actions extérieures qui déplaceront les molécules d'un corps d'une certaine quantité, diminueront la distance dont ces dernières pourront se mouvoir et, par suite, affaibliront son élasticité. Les changements de température doivent nécessairement agir de cette manière, puisque la

(1) En examinant à la loupe la tranche des morceaux de bouteilles cassées, on voit, très souvent, le verre sillonné de stries, de fentes et de fines crevasses qui démontrent la formation de ces fissures internes produites par le changement d'état permanent de la bouteille.

dilatation produite par la chaleur augmente l'écartement des molécules et modifie leurs distances relatives. Il arrive, en effet, que l'élasticité des corps diminue au fur et à mesure que leur température augmente.

De même que le fer qui, au rouge, perd la plus grande partie de sa ténacité, le verre perd de sa résistance quand il est chauffé. Nous savons d'ailleurs que si le verre est solide à la température ambiante, il est pâteux et malléable au rouge sombre et liquide au rouge clair ; mais les faibles changements de température que les bouteilles peuvent subir, pendant le travail du vin de Champagne, sont-ils suffisants pour modifier la ténacité du verre ? Jusqu'à présent, cette question n'a jamais été posée et il peut sembler, tout d'abord, fort improbable que quelques degrés de chaleur de plus ou de moins puissent influencer sur la solidité des bouteilles. Je citerai cependant des expériences absolument concluantes qui démontrent que, si les meilleures bouteilles peuvent supporter une certaine pression à la température de 25 degrés, elles se brisent, le plus souvent, sous cette même pression si cette température est légèrement dépassée.

A toutes les causes perturbatrices qui se réunissent contre l'emploi des bouteilles de verre, il faut donc ajouter celle-ci qui n'est pas la moins importante : la chaleur, qui augmente la tension de l'acide carbonique dissous dans le vin, diminue en même temps la ténacité du verre, de sorte que les bouteilles sont d'autant moins solides qu'elles doivent supporter des pressions plus considérables. Nous avons vu, page 54, que j'ai dû tenir compte de cette anomalie quand il m'a fallu fixer la pression normale que le vin de tirage ne doit pas dépasser.

Une bouteille semblable à celle qui m'a servi dans l'expérience précédente a été chauffée dans le bain-marie B à la température de 25 degrés. Voici les nouveaux nombres qui ont été lus sur le manomètre et sur le tube gradué.

TEMPÉRATURE : 25 DEGRÉS.

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup>
2 — .....	0,100
3 — .....	0,180
4 — .....	0,262
5 — .....	0,325
6 — .....	0,400
7 — .....	0,457
8 — .....	0,525

A 8 atmosphères, la pression a été supprimée et le niveau de l'eau n'est remonté qu'à 0<sup>cc</sup>,050. Constatons tout d'abord que le nouveau volume permanent s'accuse d'une façon sensible et à une pression notablement plus faible qu'à la température de 10 degrés, et remarquons ensuite que la résistance du verre a diminué, puisqu'aux mêmes changements de pression correspondent maintenant des augmentations de capacité notablement plus élevées. Par suite, il est aussi constaté que la chaleur diminue l'élasticité et la ténacité du verre et en même temps la résistance des bouteilles; les expériences qui vont suivre le démontreront avec plus d'évidence encore.

La même bouteille reçoit une nouvelle compression, le niveau de l'eau, quand la pression était nulle, ne s'élevant plus dans le tube *ab* qu'à la division 0<sup>cc</sup>,050.

TEMPÉRATURE : 25 DEGRÉS.

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup> ,050
8 — .....	0, 525
9 — .....	0, 575
10 — .....	0, 650

Après la suppression de la pression, le niveau de l'eau ne s'élève plus qu'à la division 0<sup>cc</sup>,075.

Je comprime de nouveau, toujours à la température de 25 degrés.

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup> ,075
10 — .....	0, 650
11 — .....	0, 715
12 — .....	0, 780
13 — .....	0, 850

Je supprime la pression; le niveau de l'eau ne remonte qu'à la division 0<sup>cc</sup>,100.

Je comprime encore :

Pressions.	Augmentations de capacité.
1 atmosphère.....	0 <sup>cc</sup> ,100
13 — .....	0, 850
14 — .....	0, 925
15 — .....	1, 000

L'expérience ayant pris fin, le niveau de l'eau est revenu dans le tube *ab* à la division 0<sup>cc</sup>,125. Le phénomène s'est clairement manifesté : à la température de 25 degrés, la pression de 10 atmosphères a augmenté le volume de la bouteille de 0<sup>cc</sup>,650 et cette dernière a

conservé un agrandissement de  $0^{\text{cc}},075$ . Enfin, à cette même température, la pression de 15 atmosphères a gonflé la bouteille de 1 centimètre cube, et après l'interruption de cet effort, elle a conservé un agrandissement permanent de  $0^{\text{cc}},125$ . Ces déformations, relativement considérables quand il s'agit d'une matière aussi rigide et aussi fragile que le verre, ne laissent aucun doute sur la complète analogie qui existe entre le verre et tous les corps élastiques : non seulement le verre prend un nouvel état permanent quand la limite de son élasticité a été dépassée, mais encore cette dernière varie avec la température.

Pour que l'analogie soit complète entre le verre et tous les corps solides élastiques, il reste à démontrer que les bouteilles qui ont été forcées par un effort trop considérable et qui, par suite, ont changé de volume, ont perdu de leur solidité et se rompent sous un effort plus faible.

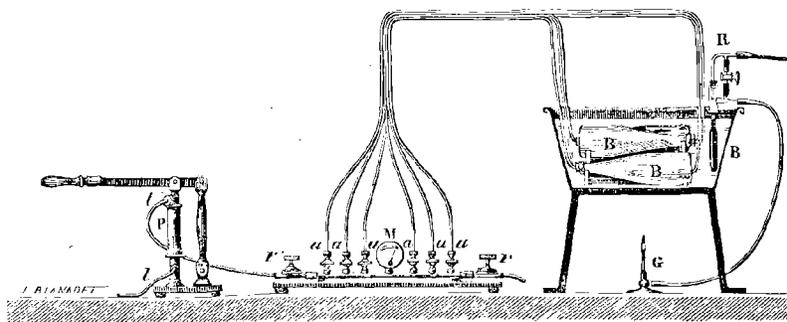


Fig. 15.

La constatation de l'augmentation de la fragilité des bouteilles par la chaleur, c'est-à-dire au fur et à mesure que la pression du vin augmente, présentant une importance pratique considérable, j'ai dû multiplier les expériences afin que ce fait ne puisse être mis en doute; j'en citerai seulement quelques-unes.

J'ai disposé un appareil analogue à celui que j'ai décrit page 89, et composé d'une pompe P (fig. 15), comprimant par sa tubulure *t*' de l'air dans une rampe *rr'* munie d'un manomètre M et de six robinets *a*. Chacun de ces robinets est mis en communication, au moyen d'un tube de cuivre flexible, avec une bouteille B couchée dans un bain-marie B, chauffé par un bec de gaz G. L'arrivée du gaz au bec G est réglée par le thermo-régulateur R afin que la température du bain reste constante. J'ai choisi cinq bouteilles de premier choix et parfaitement recuites; l'épaisseur de ces bouteilles semblait très égale, leur fond présentait la même épaisseur que le

cylindre lui-même. Enfin, ces cinq bouteilles pouvaient être considérées comme des types d'une fabrication irréprochable.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. — Le 18 janvier. Ces cinq bouteilles sont couchées, à peu près remplies d'eau, dans le bain-marie B et, au moyen de la pompe P, je leur injecte de l'air jusqu'à ce que le manomètre M marque, pour chaque bouteille, la pression de 10 atmosphères; la température du bain-marie est réglée à 25 degrés.

Tous les robinets sont fermés et les cinq bouteilles restent soumises à ces conditions de pression et de température, que j'ai considérées comme le maximum de l'effort qu'une bouteille de vin de Champagne doit raisonnablement supporter.

Le 28 janvier, après dix jours et dix nuits, aucune bouteille n'ayant cédé, j'en conclus qu'elles ne présentent aucun défaut de fabrication qui ait pu les affaiblir et j'élève la température à 28 degrés, tout en maintenant la pression à 10 atmosphères.

Le 31 janvier, à midi, la bouteille n° 4 s'est brisée.

Le 4 février, à 10 heures du matin, la bouteille n° 5 se brise à son tour.

L'examen des morceaux de ces deux bouteilles démontre que la casse est due à un excès de pression et non à un défaut de fabrication; les morceaux sont extrêmement nombreux; ce sont tous des fuscaux assez réguliers dont les côtés représentent des génératrices parallèles à l'axe de la bouteille (1). Les fonds sont eux-mêmes réduits en plusieurs pièces, etc. Évidemment, si ces bouteilles se sont brisées, c'est parce que l'effort qu'elles ont supporté était hors de proportion avec leur véritable résistance.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — Six bouteilles présentant, au point de vue de leur fabrication, la même perfection que les précédentes, sont mises en pression le 14 février, et pendant soixante-huit jours et soixante-huit nuits elles supportent la pression de 10 atmosphères à la température de 10 degrés. Le 23 avril, ces bouteilles sont alors introduites dans le bain-marie B et chauffées à la température de 30 degrés, la pression étant toujours maintenue à 10 atmosphères.

Le 24 avril, une bouteille casse à 11 heures du matin.

Le même jour, une seconde bouteille casse à une heure de l'après-midi. Les quatre autres bouteilles supportent l'épreuve jusqu'au 29 avril. Mais, le même jour, les quatre bouteilles survivantes sont chauffées à la température de 35 degrés, la pression restant toujours 10 atmosphères, elles se brisent successivement; la quatrième et

(1) Voir, page 114, les détails touchant l'apparence présentée par les morceaux des bouteilles cassées.

dernière bouteille se rompt à cinq heures du soir. L'explosion est formidable, le verre est réduit en mille morceaux; le thermo-régulateur est projeté en l'air; l'étuve est disloquée, etc.

TROISIÈME EXPÉRIENCE. — Le 16 avril, trois bouteilles de vin brut, tiré l'année précédente, ayant supporté la pression de  $5^{\text{atm}},7$  à la température de la cave, sont chauffées au bain-marie à la température de 28 degrés. Les bouchons des bouteilles étant munis d'aphromètres, je laisse échapper du gaz afin de maintenir la pression à 10 atmosphères.

Une des bouteilles se casse le 18, à cinq heures du soir. Une seconde bouteille se brise dans la nuit du 18 au 19. Quant à la troisième, qui n'était pas encore cassée le 20 au matin, elle a été redescendue en cave où elle est encore intacte aujourd'hui.

## RÉSUMÉ

PREMIÈRE EXPÉRIENCE. — Sur cinq bouteilles, d'une fabrication irréprochable, comprimées à la pression de 10 atmosphères et chauffées à la température de 28 degrés, une s'est cassée après trois jours, et une autre après sept jours.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE. — Sur six bouteilles de la même fabrication, ayant déjà supporté, dans la cave, 10 atmosphères pendant plus de deux mois, et chauffées ensuite à 30 degrés, une se casse après vingt-quatre heures, et une autre après vingt-six heures; et les quatre dernières bouteilles, chauffées à 35 degrés, se sont brisées après quelques heures.

TROISIÈME EXPÉRIENCE. — Sur trois bouteilles de vin brut, deux se sont brisées après vingt-quatre heures de pression de 10 atmosphères et à la température de 28 degrés.

Il est donc avéré que le verre diminue de résistance au fur et à mesure que sa température augmente.

5° **Influence du temps.** — La température n'est pas le seul agent qui intervienne pour modifier l'état moléculaire du verre et sa ténacité; il en est un autre qui fait subir son action sur la création tout entière et dont nous ne pouvons, malheureusement, combattre la maligne influence: je veux parler du *temps* et de l'action exercée par la *durée* des efforts auxquels les corps élastiques sont soumis.

Il est connu que les corps longtemps sollicités par la même force finissent par céder sous cet effort continu, bien que ce dernier soit relativement très faible. Un fil de fer, un pont suspendu, cèdent à

la longue et se rompent sous une charge qui, à leur origine, était pour eux insignifiante. Un long tube de verre, soutenu horizontalement par deux clous, sur lesquels il s'appuie à ses extrémités, se courbe sous son propre poids et, après quelques années, se montre cintré comme un arc.

Il faut admettre que les molécules des corps, longtemps sollicitées par la même force, tournent petit à petit sur elles-mêmes, en prenant successivement de nouvelles positions relatives, qui amènent en contact des surfaces continuellement différentes; il en résulte un changement d'état permanent qui varie indéfiniment et qui diminue, de plus en plus, la ténacité de la matière.

Une bouteille longtemps comprimée doit, après un certain temps, c'est-à-dire après un certain nombre de changements de volume permanents perdre de sa résistance et se rompre sous une faible pression. C'est ainsi que s'explique le fait, anciennement connu et cité au début de ce chapitre, de bouteilles qui résistent à la pression de 30 atmosphères, quand elle est instantanée, et qui se brisent sous une pression continue infiniment plus faible, mais suffisamment prolongée.

La détermination expérimentale de l'influence du temps sur la résistance des bouteilles présente de grandes difficultés, parce que le temps est le seul élément qui puisse être mis en œuvre; il est impossible de lui substituer aucun artifice expérimental. En un mot, cette étude ne peut aboutir qu'avec le temps. Le nombre d'expériences qu'il m'a été possible d'effectuer jusqu'ici est donc limité, et, bien qu'elles me paraissent déjà concluantes, je ne me dissimule pas que mes conclusions acquerront beaucoup de force et d'autorité quand elles s'appuieront sur les chiffres obtenus après plusieurs campagnes; et, à ce propos, je dirai avec M. Pasteur : « Lorsque cet ouvrage paraîtra, il n'y aura pas moins de cinq années que mon travail sera commencé et je comprends, mieux que personne, que je pourrais y consacrer encore un long temps; mais, comme le dit Lavoisier : « On ne donnerait jamais rien au public, si on voulait atteindre le « bout de la carrière, qu'on entrevoit toujours plus lointain, à mesure « qu'on multiplie les efforts pour s'en approcher. »

La seule manière d'expérimenter l'action du temps pendant lequel la pression est prolongée me paraît être de charger les bouteilles à la pression maxima que le tirage du vin puisse produire et de laisser agir cette pression pendant un délai suffisant; je n'en ai pas trouvé de plus simple, de plus directe, de plus concluante et de plus rapide. J'ai donc réuni des échantillons des bouteilles des principales verreries qui travaillent pour la Champagne; je les ai toutes remplies

sous une pression élevée et je les ai laissées exposées, pendant un délai suffisamment prolongé, dans un cellier sujet à des variations de température assez restreintes et analogues à celles que l'on constate dans les établissements champenois. Pour ne rien laisser dans le vague ni dans l'incertain, je rapporterai ici tous les détails de cette expérience.

Après plusieurs études préparatoires, ayant pour but de trouver le moyen pratique de charger un grand nombre de bouteilles sous une pression exactement déterminée, sans que cette pression puisse diminuer avec le temps, et sans qu'elle puisse trop varier avec la température à laquelle les bouteilles peuvent être exposées, je me suis arrêté à l'emploi de l'acide carbonique dissous dans l'eau, en un mot, à l'eau de Seltz artificielle, et voici comment je m'y suis pris pour remplir toutes mes bouteilles sous la même pression.

J'ai préparé une dissolution titrée de bicarbonate de soude, contenant environ 32 grammes de sel par litre d'eau distillée, et j'en ai rempli chaque bouteille, laquelle avait reçu, au préalable, un petit manomètre à air comprimé analogue à celui décrit page 63, figure 7, et un tube de verre, fermé d'un bout, contenant 12 grammes d'acide sulfurique concentré. Les bouteilles ont été solidement bouchées avec des bouchons en liège très serré et fortement attachés à l'aide de solides armatures métalliques ; chaque bouteille a été enveloppée d'une gaine en treillage de fil de fer, car la pression à laquelle je devais les soumettre rendait l'expérience quelque peu dangereuse ; enfin les bouteilles furent retournées sens dessus dessous. L'acide sulfurique contenu dans les tubes de verre s'est alors mélangé avec la dissolution de bicarbonate de soude, et du gaz acide carbonique s'est dégagé en abondance. Avec la dissolution à 32 grammes par litre, que je viens de citer, les manomètres accusèrent tous la pression de 8 atmosphères (1).

Le 14 février 1885, j'ai rempli de la sorte trois bouteilles de chacune des huit verreries ici désignées, les seules que je connus alors : ANOR, FOURMIES, HIRSON, LA NEUVILLETTE, LOIVRE, REIMS, TRÉLON, VAUXROT.

Ces bouteilles furent entreillées dans un coin de mon laboratoire, où la température a oscillé entre 10 et 24 degrés, et elles y restèrent jusqu'à ce jour (14 février 1886), c'est-à-dire pendant une année entière.

(1) Je dois rappeler ici ce que j'ai déjà dit page 67 : que toutes les évaluations d'atmosphères citées dans ce chapitre sont mesurées à l'aide du manomètre figure 8. Il s'agit donc d'atmosphères comptées à partir de 1, afin de tenir compte de la pression atmosphérique : de sorte que 8 atmosphères, par exemple, représentent une pression réelle de  $8 \times 1,033 - 1 = 7^m,264$  par centimètre carré.

A part deux bouteilles qui se *décultèrent* les premiers jours du bouchage, toutes ces bouteilles résistèrent à cet effort. En choisissant, pour cette épreuve, la pression de 8 atmosphères, j'ai voulu contrôler l'opinion émise par M. Maumené, en 1858, et en vertu de laquelle aucune bouteille à champagne ne pourrait résister à la pression de 8 atmosphères; on voit que la verrerie a fait, depuis cette époque, de réels progrès.

J'ai dû pousser plus loin l'expérience, car, ainsi que je l'ai expliqué à la page 54 de ce volume, le vin qui, dans les caves, ne comprime les bouteilles qu'à 5 atmosphères, peut, dans les celliers mal construits, dans lesquels, pendant l'été, la température s'élève quelquefois à 25 degrés, fournir une pression de 10 atmosphères. J'ai donc chargé deux autres bouteilles de chacune de nos huit verreries avec une dissolution de bicarbonate de soude plus concentrée, afin que ces bouteilles soient comprimées par une pression de 10 atmosphères.

L'expérience fut réalisée le 25 mars 1885, et aujourd'hui encore ces mêmes bouteilles sont dans mon laboratoire, toutes entières, ayant supporté victorieusement cette rude épreuve.

Les 40 bouteilles dont je viens de décrire l'expérimentation m'avaient été remises, à titre d'échantillons, et sous la désignation de *premier choix courant*; et, bien que je n'aie pas annoncé qu'elles devaient servir à une étude aussi sérieuse, il peut bien arriver que ces bouteilles aient été particulièrement choisies et, dès lors, ne représentent pas le type des véritables livraisons courantes. J'ai donc cru nécessaire de procéder à une autre épreuve, mais en me tenant cette fois, sur un terrain tout à fait pratique.

Saisissant l'occasion qui m'a été très gracieusement et très libéralement offerte par une maison de Champagne de procéder à un tirage de quelque importance, suivant les indications que j'ai décrites dans ce volume, j'en ai profité pour étudier en même temps la valeur intrinsèque des bouteilles qui étaient employées.

Le 30 mai 1885, le vin a reçu une dose de sucre devant fournir une pression de 6<sup>atm</sup>,11 à la température de 10 degrés, plus la pression produite par le bouchage estimée à 0<sup>atm</sup>,25. *Les bouteilles étaient dites de deuxième choix mixte* (1). La fermentation s'est effectuée très régulièrement, les bouteilles étant entreillées dans un cellier dont la température maximum n'a jamais dépassé 16 à 18 degrés. Des manomètres de verre (voir fig. 7) étaient introduits dans quelques bouteilles réparties à la partie supérieure de chaque tas; ils

(1) Le deuxième choix *mixte* semble beaucoup plus se rapprocher du troisième que du second.

n'ont jamais accusé une pression supérieure à 5<sup>atm</sup>,7; aucune casse ne s'est manifestée, sauf pour quelques bouteilles qui pouvaient avoir reçu des chocs pendant la manutention. Le 20 juin 1885, tout le tirage était entreillé de nouveau, dans une cave dont la température a varié entre 10 et 11 degrés, chaque bouteille ayant reçu, avant sa mise en tas, deux vigoureux coups de poignet.

Le silence le plus parfait a régné dans ces tas de bouteilles; mais, pendant les mois de juillet et d'août, deux mois après l'achèvement complet de la fermentation, des détonations inattendues se firent entendre, bien que l'aphromètre, piqué sur un certain nombre de bouteilles, accusât une pression uniforme de 5<sup>atm</sup>,7. Enfin, le 25 novembre, la pression fut définitivement mesurée et fixée à 5<sup>atm</sup>,7 qui n'ont jamais dépassées à la température de 10 degrés et le chiffre final de la casse s'est élevé à 1,74 %.

A quoi attribuer cette casse tardive? Je sais bien qu'elle est peu importante et que, dans un grand nombre de tirages, elle ne serait pas remarquée; mais pourquoi s'est-elle déclarée si tard? Certainement ce n'est pas la faute du vin : sa pression, mesurée jour par jour, n'a pas dépassé un seul instant les limites admises pour les tirages les plus réguliers; d'ailleurs, la casse n'a commencé à se déclarer que bien après que la pression fût devenue maximum et constante. Je ne vois d'autre explication que l'action du temps pendant lequel la pression s'est exercée; sous cet effort, les molécules du verre se sont écartées, les bouteilles ont pris une série de nouveaux volumes plus ou moins permanents, leur résistance a diminué, et puis enfin la casse s'est produite. Assurément, ces bouteilles de choix inférieur n'étaient pas de bonne qualité : ou le verre n'était pas de composition homogène; ou il était mal recuit; ou bien encore les parois des bouteilles n'étaient pas d'égale épaisseur et, de ces trois hypothèses, la dernière était la plus facile à constater, car bon nombre des bouteilles brisées se montraient d'épaisseur très inégale; généralement les fonds étaient très épais et les panses très minces, et c'est ce qui, sans aucun doute, les avait fait classer parmi les deuxième ou troisième choix.

Quoi qu'il en soit, les deux expériences que je viens de décrire démontrent que les bonnes bouteilles telles que les livrent les verreries de la Champagne, sous le nom de *premier choix*, peuvent résister, pendant une année, à une pression qui dépasse toutes les limites atteintes par les tirages les plus désavantageux. Mais, par contre, on peut voir aussi en Champagne les tirages les mieux réussis produire, dans des bouteilles dites de deuxième choix, une casse de 2 % lorsque la pression est prolongée pendant quelques mois.

6° **Influence du recuit.** — Tout le monde connaît l'influence de la *trempe*, de ce refroidissement brusque qui augmente la dureté de la matière. Le *recuit* est une opération inverse qui, par un refroidissement lent et gradué, donne à ces mêmes molécules un écartement régulier, uniforme, lequel assure à la matière son élasticité et sa ténacité normales. Si les corps sont bons conducteurs de la chaleur, comme les métaux, le recuit est une opération simple et facile : il suffit, en effet, de chauffer un morceau d'acier trempé jusqu'au rouge sombre, pour qu'après son refroidissement ses molécules aient repris leur position primitive et que l'acier conserve ensuite sa ténacité habituelle.

Mais le verre, qui reçoit de la trempe un accroissement de dureté particulier et qui recouvre, par le recuit, son état primitif, est très mauvais conducteur de la chaleur ; il en résulte qu'il est très difficile de tremper et de recuire le verre et de lui communiquer une ténacité uniforme.

Pour nous en tenir à l'étude du recuit, puisqu'on ne fabrique pas de bouteilles en *verre trempé* (1), il nous faut étudier quelle influence exerce sur le verre un recuit inégal.

Si la chaleur ne se transmet que très difficilement dans l'épaisseur du verre, eu égard à son défaut de conductibilité, il doit en résulter, pour les diverses couches de ses molécules, des positions relatives différentes, causées par leur dilatation inégale.

Supposons que la surface extérieure d'une bouteille se soit refroidie plus vite que sa surface intérieure ; quand cette dernière se refroidira à son tour, elle devra conserver les dimensions qui correspondent à celles de la surface extérieure ; de sorte que la masse entière du verre se composera de couches de dimensions inégales, et par suite inégalement tendues : celles extérieures étant sollicitées par leurs voisines pour se resserrer, tandis que celles intérieures sont retenues pour ne pas se rétrécir.

Si nous remplissons et si nous bouchons une bouteille qui résiste déjà à un tel effort interne et si nous lui faisons supporter une pression intérieure, même très faible, ce surcroît de travail peut suffire pour vaincre la résistance du verre et amener sa rupture, et c'est, en effet, ce qui arrive aux bouteilles mal recuites qui se brisent, le plus souvent, sous la moindre pression, quand elles ne se cassent pas

(1) Des bouteilles en verre trempé présenteraient probablement une résistance considérable à la pression, mais leur application au vin de Champagne est à peu près impossible, car le verre trempé se réduit en poussière si l'on en sépare le moindre éclat. Il suffirait que le cordon d'une bouteille fût très légèrement ébréché par la pression d'une bride pour que la bouteille fût perdue.

toutes seules sous l'influence d'un changement de température un peu brusque, ou même sans aucune cause apparente.

Il est donc absolument indispensable que les molécules du verre soient normalement tendues, et pour cela le verre doit être parfaitement recuit, nous savons d'ailleurs quelle importance les verreries de la Champagne accordent à cette opération du recuit et avec quel soin les *arches à recuire*, dans lesquelles les bouteilles doivent se refroidir, sont soumises à une température lentement décroissante et toujours rigoureusement égale.

Dans les cours de physique, on démontre l'influence du recuit du verre au moyen des *larmes bataviques*, de ces gouttes de verre qui, tombant en pleine fusion au sein de l'eau froide, acquièrent une fragilité particulière; quand on casse la plus minime fraction de la pointe de cette larme, la masse tout entière du verre se réduit en poussière. Dans les ménages, les verres de lampe mal recuits font le désespoir des maîtresses de maison, etc. Jusqu'à présent on n'a pu constater les bouteilles mal recuites que quand elles se sont brisées sous une faible pression. Ces bouteilles n'accusent aucun caractère extérieur qui les différencie; c'est seulement par leur fragilité, constatée pendant la manipulation des tirages, et plus encore par l'aspect de leur cassure, qu'on peut déduire, par induction, le manque de recuit des bouteilles. Je dirai quelques mots (page 114) des différentes formes que présentent les morceaux des bouteilles cassées et des conséquences qu'il est permis d'en tirer.

**7° De l'épaisseur du verre.** — Les corps élastiques fléchissent d'autant moins sous la charge qu'ils supportent que leur section est plus grande; c'est ainsi que : 1° *les allongements des fils et des barres sont en raison inverse des carrés de leur diamètre*, et que : 2° *la force nécessaire pour rompre une barre est proportionnelle au carré de son épaisseur*.

Si un fil de fer de 1 millimètre de diamètre s'allonge de 1 millimètre sous la charge de 100 kilogrammes, un fil du même fer, mais de 2 millimètres de diamètre, supportant le même poids, s'allongera quatre fois moins, soit 1/4 de millimètre.

De même si une barre de 1 millimètre carré de section se rompt sous la charge de 100 kilogrammes, il faudra 400 kilogrammes pour rompre une barre de même métal de 2 millimètres carrés de section.

Le verre obéit aux mêmes lois : il s'allonge d'autant moins sous la traction qu'il est tiré en tringles d'un plus gros diamètre. Une dalle de verre supporte, sans se rompre, des charges d'autant plus

lourdes qu'elle est plus épaisse, etc. Dès lors les bouteilles épaisses devraient se gonfler moins que les minces et mieux résister à la pression; cette opinion est d'ailleurs généralement admise en Champagne; cependant j'ai vu bien souvent le contraire et, ainsi que je le dirai plus loin, j'ai constaté que la résistance absolue des bouteilles ne présente aucun rapport avec leur *poids*.

Mais tout d'abord il faut convenir du moyen de constater la véritable épaisseur d'une bouteille, car son poids brut ne représente que l'un de ses éléments. Pour déterminer cette épaisseur avec quelque exactitude, il faudrait aussi tenir compte de la capacité de la bouteille et de la symétrie avec laquelle le verre se trouve réparti; enfin, il faudrait encore rapporter la masse du verre à une forme géométrique exactement définie. On conçoit, en effet, qu'à poids égal, une bouteille lourde, si elle est grande, peut ne pas être plus épaisse qu'une autre qui serait petite, mais légère, ou de forme très allongée. Dans l'impossibilité où je me suis trouvé de mesurer exactement l'épaisseur de la couche de verre qui constitue une bouteille, j'ai dû me contenter d'une valeur approchée qui pût être toujours facilement déterminée. Il m'a semblé que le rapport  $\frac{P}{C}$  qui existe entre le poids  $P$  du verre divisé par la capacité  $C$  de la bouteille et que j'appellerai son *épaisseur relative*, représente à peu près son épaisseur ou plutôt la valeur de sa *masse*.

Supposons, par exemple, qu'une bouteille pèse 1,000 grammes et que sa capacité soit 1,000 centimètres cubes; nous pourrions dire que 1 gramme de verre correspond à 1 centimètre cube de capacité vide. Si une autre bouteille pesait 2,000 grammes, tout en ne contenant que 1,000 centimètres cubes,  $\frac{2,000}{1,000} = 2$  grammes de verre pour chaque centimètre cube de capacité. Cette bouteille serait évidemment deux fois plus *massive* que la première.

Enfin, si une troisième bouteille ne pesait que 500 grammes et contenait toujours 1,000 centimètres cubes,  $\frac{500}{1,000} = 0^{\text{e}},5$  de verre par centimètre cube de vide, et nécessairement cette bouteille serait moitié moins massive que la première et quatre fois moins que la seconde.

Nous convenons donc que le rapport  $\frac{P}{C}$  du poids  $P$  de la bouteille divisé par sa capacité  $C$  sera pour nous l'expression de sa *masse* ou de son *épaisseur relative*.

Il est bien vrai, je m'empresse de le reconnaître, que ce rapport ne serait rigoureusement exact et comparable que si toutes les bouteilles possédaient une épaisseur régulière et si la masse du verre était toujours régulièrement répartie; mais cette condition est, dans la pratique, difficile à réaliser complètement, aussi je ne donne cette solution qu'à défaut d'une autre meilleure.

J'ai appliqué cette détermination de l'épaisseur relative des bouteilles à un grand nombre d'échantillons fabriqués par la plupart des verreries qui travaillent pour la Champagne et j'ai pu en conclure que le *poids moyen* d'une bonne bouteille est 1,000 grammes, tandis que sa *capacité moyenne* est 800 centimètres cubes. Dès lors, le *poids spécifique moyen* d'une bouteille est  $\frac{1,000}{800} = 1,25$ .

Si ce chiffre 1,25 représente une moyenne, je dois dire qu'un très grand nombre de bouteilles s'en éloignent notablement et j'ai trouvé dans ce nouveau caractère un indice très probant de l'uniformité de la fabrication. C'est ainsi que presque toutes les bouteilles dites de *premier choix*, c'est-à-dire toutes celles qui ont été soigneusement choisies et peuvent être considérées comme d'une facture normale, m'ont donné un poids spécifique qui n'a jamais varié au delà de 1,20 à 1,30, tandis que les bouteilles de deuxième et de troisième choix m'ont donné des chiffres inscrits entre 1,10 et 1,40. Je n'aurai pas besoin d'insister beaucoup pour faire admettre que deux bouteilles aussi dissemblables que ces dernières ne peuvent se comporter, sous la pression, de la même manière : la première est nécessairement trop mince, tandis que la seconde présente un poids de verre non seulement inutile, mais qui peut être nuisible s'il n'est pas également réparti sur toute la surface de la bouteille et, surtout, s'il est localisé dans le fond.

Nous convenons, en résumé, que l'épaisseur relative des bonnes bouteilles ne doit pas varier au delà de 1,20 à 1,30.

J'ai déterminé la *flexion* d'un grand nombre de bouteilles de même origine, c'est-à-dire provenant d'une même verrerie, sortant d'un même creuset et classées de premier choix; mais pour que leur *accroissement de volume* puisse être, lui aussi, comparé à leur poids spécifique, il faut aussi le ramener à une même unité. Si  $\frac{P}{C}$  représente le poids, exprimé en grammes, du verre qui entoure un centimètre cube du vide de la bouteille, il nous suffira de diviser la flexion en centimètres cubes subie par la bouteille par ce même poids spécifique et par la pression en atmosphères pour obtenir ce que je pourrais appeler la *flexion relative* de la bouteille, c'est-à-dire la

flexion de 1 gramme du verre qui entoure la bouteille sous la pression d'une atmosphère. Exemple :

Soit le poids de la bouteille = 960 grammes.  
 — sa capacité = 810 centimètres cubes.  
 — sa flexion = 0<sup>cc</sup>,99 —  
 — la pression = 15 atmosphères.

$$\frac{P}{C} = 960 \text{ grammes divisé par } 810 \text{ centimètres cubes} = 1^{\text{er}},18$$

pour le poids spécifique de la bouteille, c'est-à-dire pour le poids du verre qui enveloppe 1 centimètre cube du creux de la bouteille.

0<sup>cc</sup>,99 divisé par 1<sup>er</sup>,18 = 0<sup>cc</sup>,83 pour la flexion de 1 gramme de verre sous la pression de 15 atmosphères.

Et 0<sup>cc</sup>,83 divisé par 15 atmosphères = 0<sup>cc</sup>,055 pour la même flexion produite par 1 atmosphère.

Pour nous, la *flexion relative* de la bouteille sera donc représentée par le chiffre 55.

**Tableau de la flexion relative des bouteilles.**

Poids de la bouteille P	Capacité de la bouteille C	Poids spécifique de la bouteille $\frac{P}{C}$	Flexion à 15 atmosphères F	Flexion relative de la bouteille.
930 <sup>gr</sup>	850 <sup>cc</sup>	1 <sup>er</sup> ,09	1 <sup>cc</sup> ,015	62 (1)
980	820	1,19	1,030	59
1,000	830	1,20	0,950	55
1,050	820	1,28	1,050	53
1,080	800	1,35	0,950	47
1,070	780	1,38	0,925	45

L'examen de ce tableau montre clairement que la flexion des bouteilles décroît à mesure que l'épaisseur du verre augmente, puisque, pour les six bouteilles que je me contente de citer, les flexions relatives varient entre 62 et 45, tandis que ces nombres devraient rester constants si le verre de toutes les bouteilles, quelle que soit leur épaisseur, subissait des flexions égales. Mais, en réalité, il ne faut pas ajouter à ce caractère particulier plus de valeur qu'il n'en a réellement; je démontrerai que ce ne sont pas les bouteilles les plus épaisses qui sont les plus solides, et, sans vouloir les comparer au chêne et au roseau, je crois pouvoir avancer que la *masse*

(1) Il faut ajouter 0<sup>cc</sup>,0 devant le nombre 62 pour obtenir cette flexion exprimée en fraction de centimètre cube.

de verre qui constitue une bouteille n'est pas l'élément qui assure sa résistance. Il existe d'autres causes, telles que : le défaut de recuit, l'inégale épaisseur des parois, le manque de cohésion dû à la composition chimique du verre, etc., qui, toutes, contribuent à compromettre la solidité des bouteilles.

### 8° Influence des changements brusques de température.

— En étudiant l'influence du *recuit* sur la résistance des bouteilles, j'ai expliqué que, si les molécules du verre sont inégalement tendues, elles supportent, de ce fait, un effort considérable qui diminue proportionnellement la pression nécessaire pour les rompre. Imaginons une bouteille un peu épaisse, remplie de vin et couchée dans un cellier; admettons que ce cellier, mal clos, subisse de brusques variations de température; la bouteille, dont le verre est très mauvais conducteur de la chaleur, s'échauffe lentement et successivement, couches par couches, de sorte qu'il faut un temps appréciable pour que l'épaisseur entière du verre, et le vin lui-même, aient pris une température égale. Non seulement il arrive infailliblement un moment où la surface extérieure de la bouteille est chaude quand les parois intérieures sont encore froides, mais encore le dessus de la bouteille peut être plus chaud ou plus froid que le dessous. Notre bouteille se trouve alors dans l'état du verre mal recuit : les molécules des couches extérieures ou supérieures sont plus écartées que celles des couches intérieures ou inférieures; elles supportent une traction énergique qui diminue d'autant la résistance que la bouteille devrait offrir à la pression, et cette traction est d'autant plus forte que l'épaisseur du verre est plus grande.

C'est ainsi que peuvent s'expliquer, sans recourir à l'action d'influences occultes, à l'électricité, ou à des dégagements de gaz foudroyants, les casses souvent désastreuses qui se déclarent dans les caves et dans les celliers quand, pendant les chaudes journées de l'été, la température des tas de bouteilles s'élève subitement de quelques degrés.

Il devrait être facile de reproduire artificiellement la rupture d'une bouteille placée dans ces conditions; il devrait suffire de soumettre une bouteille, supportant une forte pression, à des variations brusques de température assez intenses pour amener sa rupture. J'ai répété cette expérience à plusieurs reprises; mais, pour être sincère, je dois dire qu'elle ne réussit que quand les bouteilles se trouvent comprimées très près de la limite de leur résistance. Dans cette condition particulière, il suffit d'une faible élévation de température pour amener l'explosion; c'est la goutte d'eau qui fait déborder le

vase. La pression supportée par la bouteille et la différence des températures interne et externe, qu'elle doit subir pour se rompre varient donc avec le temps pendant lequel elle a été comprimée, avec l'épaisseur du verre et sa propre cohésion, etc. Voici les chiffres qui m'ont été fournis par une expérience très nette et décisive.

Une bouteille de premier choix, pesant 1,100 grammes, d'une capacité de 780 centimètres cubes, d'une épaisseur relative  $\frac{P}{C} = 1,41$ , dont le verre était, par conséquent, très épais, a été remplie d'eau à la température de  $+ 10$  degrés et comprimée à la pression de 15 atmosphères. Cette bouteille, brusquement immergée dans un vase rempli d'eau à la température de  $+ 28$  degrés, s'est rompue après quelques instants d'immersion, c'est le fond de la bouteille qui s'est détaché dans sa partie la plus épaisse.

9° **De l'inégale épaisseur du verre.** — Il est permis de se demander comment se comporterait, sous la pression, une bouteille dont les parois présenteraient une épaisseur inégale et irrégulière, qui serait soufflée dans une masse de verre dont la matière serait inégalement répartie. Je ne parle pas de ces bouteilles à fond très épais qui, par l'excès d'épaisseur de leur base, se recuisent très difficilement et sont si sujettes à se *déculter*. Il est bien connu aujourd'hui que le déculitage doit être attribué soit à une trempe accidentelle produite pendant le cours de la fabrication, comme, par exemple, le contact du fond de la bouteille avec un corps froid, et principalement par le contact des moules métalliques insuffisamment chauffés, ou tout simplement par un recuit insuffisant. En outre, je citerai tout à l'heure une cause, accidentelle il est vrai, mais néanmoins très fréquente et assurément fort curieuse du déculitage des bouteilles.

Mais je veux parler ici des bouteilles dont la panse est épaisse d'un côté et mince de l'autre, ou qui présentent des zones alternativement minces et épaisses. Si nous comprimons une bouteille d'épaisseur inégale, les molécules éprouvent, dans les parties dissymétriques des tractions variables qui se traduisent par une résistance totale beaucoup moindre. Une bouteille d'épaisseur inégale se trouve donc, pour résister à la pression, dans les mêmes conditions qu'une bouteille mal recuite; j'en ai trouvé la preuve en examinant attentivement les bouteilles cassées du tirage que j'ai cité page 100; un grand nombre d'entre elles présentaient des parois loin d'être parallèles; dans les unes, le verre était mince d'un côté et fort épais de l'autre; dans les autres, la naissance du col, dans la partie qui le raccorde avec la panse, était fort mince; enfin, dans le plus grand nombre,

la partie inférieure cylindrique qui s'élève au-dessus du fond, ainsi que le fond lui-même, étaient d'une épaisseur exagérée, etc.

La parfaite régularité dans l'épaisseur des bouteilles, ou l'égalité répartition de la matière dans leur structure, est donc une condition absolument nécessaire pour assurer leur solidité.

10° **Des vibrations subies par le verre.** — Tous les corps élastiques peuvent entrer en vibration. Sous l'action d'un choc, d'un frottement, d'une pression, les molécules de ces corps se déplacent et, grâce à l'élasticité de la matière, elles reprennent leur position primitive; si ces chocs, ces frottements, ces pressions, sont répétés un certain nombre de fois dans un temps très court, comme les chocs répétés d'un marteau sur une enclume, comme le frottement d'un archet ou comme la pression des doigts qui *pincent* une corde, il se produit des sons. Les déplacements des molécules se répétant à des intervalles très rapprochés et les chocs successifs qui se produisent entre elles quand elles reprennent leurs positions primitives sont la cause de ces sons.

Le verre entre très facilement en vibration. Le choc d'un marteau de liège sur des lames de verre de dimensions décroissantes constitue l'*harmonica*. Si l'on frotte avec les doigts mouillés les bords d'un verre à boire, il rend parfois des sons très harmonieux. Enfin, si l'on frotte un tube de verre dans le sens de sa longueur avec un morceau de drap enduit de colophane, il vibre longitudinalement et produit des sons très aigus.

Ces déplacements des molécules si rapides et souvent d'une si grande amplitude, produits par les vibrations, détruisent la cohésion de la matière; il est bien connu aujourd'hui que les corps soumis à des vibrations longtemps répétées perdent de leur solidité et finissent par se rompre sous des charges relativement très faibles. C'est ainsi que les essieux des wagons, après un long usage, se rompent sans aucune cause apparente.

Le physicien Savart a démontré que de légères vibrations, que de légers déplacements moléculaires fréquemment excités dans le verre peuvent occasionner sa rupture complète ou tout au moins altérer son élasticité. On répète d'ailleurs dans les cours de physique une expérience classique très frappante : en communiquant à un tube de verre des vibrations longitudinales énergiques, on peut amener sa rupture et le voir se diviser (fig. 16) en une multitude de



Fig. 16.

petits anneaux. Cette altération de l'élasticité provient, sans aucun doute, de ce que les oscillations dont il s'agit se succèdent dans un temps trop court pour que les molécules aient chaque fois le temps de revenir exactement à leurs positions primitives d'équilibre, positions qu'elles atteindraient au bout d'un repos convenable : de sorte qu'elles s'en écartent de plus en plus à la fin de chaque oscillation jusqu'à ce que la matière se brise.

Les bouteilles de verre, elles aussi, vibrent avec une très grande facilité. Le moindre choc suffit pour les faire sonner; mais les verriers ont bien soin, dans le cours de leur fabrication, d'éviter toutes les actions mécaniques qui pourraient mettre le verre en vibration et détruire sa cohésion. Jadis le *décultage* des bouteilles était très fréquent; un maître verrier connu en Champagne par sa grande expérience a constaté que cet accident doit être attribué au choc brusque que l'ouvrier verrier, lors du dernier redressement de la bouteille, lui fait subir sur le *marbre* de fonte quand elle est encore soudée à l'extrémité de la canne. Aujourd'hui que la cause est connue, on l'évite et le *décultage* a presque entièrement disparu.

Enfin, à l'époque des tirages, les établissements champenois retentissent du son argentin des bouteilles choquées les unes contre les autres. Les machines à rincer, avec leurs perles de cristal et leurs tringles de fer, font grincer ensuite ces mêmes bouteilles; les brouettes, lourdement chargées de bouteilles vides, subissent de violents cahots sur les pavés irréguliers. Les machines à boucher laissent tomber sur le col des bouteilles de lourds *moutons* qui ébranlent non seulement la bouteille, mais le sol lui-même, etc. Est-on bien sûr que ces chocs, que ces cahots, que ces secousses, en un mot que ces vibrations n'ébranlent pas les molécules du verre et ne détruisent pas la solidité des bouteilles?

Je ne veux pas m'étendre davantage sur l'action que les mouvements vibratoires peuvent produire sur la résistance du verre; j'ai conscience que tout ce que j'en puis dire repose beaucoup plus sur des hypothèses que sur des faits bien constatés; aussi il me suffit d'en signaler la fâcheuse influence.

Il se présente, dans les caves et dans les celliers, un accident très fréquent attribué jusqu'ici au défaut de résistance des bouteilles et qui, certainement, est produit par la transmission des vibrations du verre. Quand on relève les tas après l'achèvement de la fermentation, on constate très souvent des *trous* formés par l'anéantissement de plusieurs bouteilles contiguës; on pourrait croire que ces bouteilles se sont cassées par la seule pression du vin, ou que les morceaux de verre projetés par l'explosion d'une seule bouteille ont brisé toutes

ses voisines. Il n'en est rien : les bouteilles se touchant les unes les autres, leurs fragments ne peuvent, dans leur projection, emmagasiner une force vive suffisante pour en briser d'autres.

Il faut chercher une autre explication. L'explosion résultant de la casse d'une seule bouteille produit des vibrations qui se communiquent à toute la masse environnante; si les bouteilles contiguës supportent déjà une forte pression intérieure, voisine de la limite de leur élasticité, ces vibrations suffisent pour déplacer les molécules davantage encore et communiquer au verre un nouvel état permanent, à la suite duquel les bouteilles qui auront vibré se briseront successivement les unes après les autres. C'est ainsi que j'ai constaté, dans des tas, de véritables cavernes produites par la rupture d'une douzaine de bouteilles. Évidemment, ce ne sont pas les morceaux de verre d'une seule bouteille qui en auraient brisé douze, de même qu'il est peu probable que ces bouteilles se soient cassées successivement les unes par les autres à la façon des capucins de cartes et des rangées de dominos; néanmoins ces douze bouteilles ont compté dans le chiffre total de la casse et en ont élevé d'autant le quantum.

11° **De la composition chimique du verre.** — J'aurais peut-être dû, en parlant de la résistance des bouteilles, commencer par l'étude de la composition chimique du verre et en décrire le mode d'analyse, car il est de toute évidence que cette composition doit exercer la plus grande influence sur la solidité des bouteilles. De l'affinité plus ou moins grande les unes pour les autres des matières qui composent le verre doit résulter, après leur fusion, un corps qui possède plus ou moins de cohésion. Mais, il faut bien l'avouer, l'analyse chimique des silicates présente des difficultés presque insurmontables et il me semble impossible de déduire de l'analyse d'un verre ses propriétés physiques; la réciproque serait probablement plus vraie. D'ailleurs, cette composition chimique varie à l'infini; loin d'être toujours identique, elle diffère pour chaque verrerie si ce n'est pour chaque fonte. Le prix de revient des matières premières mises en œuvre jouant, dans cette industrie spéciale, un rôle important, le verrier doit se préoccuper, tout d'abord, d'employer les éléments qui se trouvent à sa portée. Aussi le verre à bouteilles, au lieu d'être composé, comme le verre blanc avec lequel on fabrique la gobeletterie, de silice, de potasse ou de soude et de chaux à peu près pures, constitue un silicate à un grand nombre de bases qui, étant plus économique que celui à base de chaux et d'alcali seulement, permet de réduire notablement la proportion de sel de soude à employer. Pour cette raison, la composition du verre à bouteilles varie suivant

les localités; et c'est ainsi qu'il entre dans les creusets des différentes verreries des sables plus ou moins ferrugineux, des argiles, de la craie, de la chaux délitée, des cendres, des marnes, etc., suivant que ces matières premières se rencontrent dans les environs.

Si le prix auquel les bouteilles sont vendues permettait de rapprocher leur composition de celle du verre blanc ordinaire, il en résulterait certainement une grande amélioration dans leur qualité en même temps que leur composition uniforme serait beaucoup plus facilement obtenue. Les silicates, dans lesquels la soude et la potasse dominent par rapport à la chaux et autres bases terreuses, sont plus fusibles, plus homogènes, plus élastiques et, par conséquent, plus résistants; de sorte que, pour obtenir avec certitude d'excellentes bouteilles, il faudrait les fabriquer avec des produits purs qui pussent être facilement dosés; il faudrait augmenter la proportion du carbonate de soude au détriment de la chaux, de la magnésie et de l'alumine; il faudrait remplacer les sables ferrugineux par du sable blanc, composé de silice à peu près pure, quitte à colorer le verre, si c'était nécessaire, par des oxydes métalliques exactement pesés, etc.

Il est vrai que la *solidité* n'est pas le seul caractère que doivent présenter les bouteilles; il ne suffit pas qu'elles supportent la pression du vin sans se rompre; il faut encore que le verre ne puisse s'altérer sous l'influence des agents atmosphériques ni sous l'action du vin lui-même. C'est encore à la composition chimique du verre qu'il faut demander une inaltérabilité suffisante. Généralement, c'est l'alcalinité du verre qui est la cause de son altération; aussi, dans le cas de la substitution de la soude aux bases terreuses, son emploi, avec excès, amènerait des inconvénients, car le verre trop alcalin est très altérable, il absorbe l'humidité; le silicate de soude soluble effleurit à la surface du verre et forme ces irisations qu'on remarque quelquefois sur les tas de bouteilles exposés à l'air.

Enfin, il pourrait se faire que les mêmes efflorescences alcalines, se combinant avec les acides dont le vin est souvent sursaturé, produisissent ces dépôts cristallins qui ne sont pas étrangers aux *masques* dont j'ai expliqué la plus fréquente origine. Il existe heureusement dans l'emploi des sels alcalins une marge suffisante pour que leurs proportions utiles et avantageuses puissent ne jamais être dépassées.

Je me suis déjà trop étendu sur cette question de la composition du verre; il ne m'appartient pas de donner aux verriers, beaucoup plus experts que moi dans la matière, le moindre conseil; j'ai déjà eu d'ailleurs l'occasion de proclamer leur esprit progressiste et leur

haute compétence. Je me permettrai cependant de signaler la plus grande difficulté que présente leur industrie : c'est que l'analyse chimique ne préside jamais à la composition du verre à bouteilles et, lorsqu'une des matières premières qui entrent dans la fabrication vient à manquer par suite d'épuisement, il faut procéder par tâtonnement, composer des creusets d'essai et, avec le verre qui en résulte, souffler des bouteilles dont la résistance doit être étudiée.

C'est toujours en déterminant la pression nécessaire pour amener la rupture que les verriers constatent la résistance des bouteilles et en déduisent la qualité du verre; ils font donc encore usage des anciennes machines dites *casse-bouteilles*, dont j'ai dit quelques mots au début de cette étude. On se rappelle que ce sont de simples pompes foulantes qui compriment de l'eau dans une bouteille jusqu'à sa rupture; un manomètre mesure la pression à laquelle la bouteille s'est cassée. Généralement une bonne bouteille ne se brise pas sous une pression instantanée moindre de 25 atmosphères; beaucoup d'entre elles résistent jusqu'à 30 et même 40 atmosphères. Mais s'ensuit-il que ces dernières soient beaucoup plus solides que les autres? et doit-on en conclure qu'une bouteille qui s'est cassée à 20 atmosphères seulement n'aurait pas subi victorieusement l'épreuve d'un tirage? Certainement non! Maintenant que nous connaissons quelle est la constitution du verre, nous pouvons certifier que cet essai n'est pas décisif.

La théorie de l'élasticité nous enseigne, en effet, que, sous la pression intérieure que supporte une bouteille, les molécules du verre s'écartent en tournant sur elles-mêmes jusqu'à ce que des faces différentes viennent en contact les unes avec les autres. La matière s'élargit alors et communique à la bouteille un nouveau volume plus grand que le premier. La pression continuant à monter, les molécules s'écartent davantage encore et la bouteille s'agrandit de plus en plus jusqu'à ce que ces mêmes molécules soient assez éloignées les unes des autres pour se séparer et produire la rupture. Ce déplacement des molécules, leur rotation et le nouvel écartement qu'elles subissent, le changement de capacité de la bouteille, etc., tout cela exige un certain temps et ne peut être instantané; dès lors, il faudrait que l'essai par la rupture fût conduit avec lenteur et il serait certainement plus logique de mesurer le temps nécessaire pour briser une bouteille sous une pression déterminée, que de chercher la pression instantanée qui la fait casser. Enfin, il faudrait, pour que l'expérience fût concluante, tenir compte de la température à laquelle elle est effectuée, puisque nous savons que la chaleur diminue la ténacité du verre; en outre, les machines d'essai devraient être construites de

telle sorte que la pression augmentât insensiblement et sans secousses, afin de supprimer l'action de la force vive emmagasinée par l'eau mise en mouvement par la pompe.

Je ne pousserai pas plus loin cette critique du seul moyen dont les verriers disposent pour éprouver la valeur de leurs produits; je ne veux pas qu'on suppose que je cherche à préparer l'esprit de mes lecteurs en faveur du nouveau mode d'essai que je proposerai moi-même tout à l'heure. J'ai reconnu que le simple examen des débris des bouteilles qui se sont cassées sous l'action d'une pression intérieure peut donner des indications très utiles sur leur valeur; aussi je vais entrer à ce sujet dans quelques explications.

Si nous pouvions modifier la forme classique des bouteilles à champagne et lui substituer celle qui présenterait le maximum de résistance, il faudrait choisir une figure théorique, dite de révolution, qui ne pût se déformer sous la pression intérieure, comme une sphère creuse, ou un cylindre terminé par deux hémisphères, ainsi que sont construites les chaudières à vapeur. Mais puisqu'il est convenu que le type des bouteilles à champagne est immuable, et qu'il ne peut être changé, il ne nous reste qu'à déterminer ce que doit devenir une bouteille bien construite et sans défauts de fabrication, si elle est brisée par un excès de pression dépassant les limites de la résistance normale du verre.

Dans ces conditions spéciales, une bouteille doit se rompre suivant toutes ses arêtes en même temps; les lignes de séparation des morceaux produits par la rupture doivent toutes représenter des génératrices verticales, partant du col de la bouteille et aboutissant au fond. De sorte que, dans la rupture d'une bouteille *théoriquement parfaite*, les morceaux de verre doivent tous représenter des secteurs verticaux de largeur égale, et leur nombre doit être d'autant plus grand que la résistance des parois est plus régulière. Cette condition théorique ne saurait, on le comprend, être absolument réalisée dans la pratique, mais elle doit s'en rapprocher le plus possible. Dès lors, si une bouteille se brise sous une pression relativement faible, de l'examen de ses morceaux on peut, jusqu'à un certain point, déduire la cause de sa casse.

Un défaut de recuit produit la rupture des parties les plus épaisses. Une ligne de séparation perpendiculaire à l'axe de la bouteille accuse une panse trop mince, comprise entre un fond et un col trop épais. Des morceaux irréguliers, montrant sur leurs contours des variations sensibles d'épaisseur, dénotent une répartition inégale de la matière, etc. Mais une rupture régulière, normale, en fuseaux, si elle se produit sous une faible pression, ne peut être attribuée qu'à

un manque de ténacité du verre lui-même, c'est-à-dire à un défaut de sa composition chimique.

**12° De l'essai préalable des bouteilles.** — Maintenant que nous connaissons l'ensemble des causes prédominantes de la rupture des bouteilles, il doit nous être facile de combiner un mode de vérification de leur solidité. Il me semble très rationnel de déterminer la valeur des bouteilles, en vérifiant si la pression maximum produite par le vin de tirage est susceptible de leur faire prendre un *nouveau volume permanent*. Si l'on se rappelle : 1° que le verre doit être assimilé à un corps parfaitement élastique, que les bouteilles se gonflent sous la pression intérieure qu'elles supportent; 2° que, si leur résistance est insuffisante, elles s'agrandissent de plus en plus à mesure que la pression est plus longtemps prolongée; 3° qu'à chaque augmentation de capacité permanente leur résistance diminue; on admettra avec moi qu'il serait très logique de déterminer la résistance des bouteilles par le procédé avec lequel on évalue celle de tous les matériaux de construction, c'est-à-dire en mesurant la *limite de leur élasticité* ou, en d'autres termes, la pression sous laquelle elles prennent un *nouvel état permanent*.

Supposons qu'on soumette une bouteille à l'appareil que j'ai décrit page 89, figure 14, et qu'on vérifie si à la température de 25 degrés elle prend un nouveau volume permanent, sous la pression de 10 atmosphères, température et pression auxquelles les bouteilles peuvent, dans certains tirages, se trouver exposées. Si la capacité primitive de cette bouteille n'a pas changé, on aura la certitude qu'elle supportera victorieusement l'épreuve d'un tirage régulier. Mais si, au contraire, cette bouteille, soumise à cette pression et à cette température, se gonfle et ne reprend pas son premier volume, nous pourrions affirmer que, sous une pression continue et relativement faible, cette bouteille s'agrandira de plus en plus et finira par se rompre.

A mon avis, l'appareil d'expérience que j'ai décrit figure 14, convenablement agencé pour opérer sûrement, commodément et rapidement, facilitera la solution du problème de l'essai préalable des bouteilles; et c'est, poussé par cette conviction, que j'ai construit l'appareil industriel que je vais décrire.

## ÉLASTICIMÈTRE DE J. SALLERON

### POUR ESSAYER LA RÉSISTANCE DES BOUTEILLES

On immerge dans le récipient AB (fig. 17), qui est tenu plein d'eau, la bouteille à essayer, et, quand elle est complètement remplie d'eau, on présente son col entre les mors de la pince  $p$ . En tournant le volant L, la bouteille et le récipient dans lequel elle est plongée sont soulevés et l'orifice ouvert de la bouteille vient s'appuyer contre une rondelle de caoutchouc fixée sous le support CD. La pression du col de la bouteille contre cette rondelle est telle que la fermeture, absolument hermétique, tient sans aucune fuite une pression à peu près illimitée.

Le support CD est percé de part en part d'un trou vertical, et ce trou fait communiquer l'intérieur de la bouteille avec un tube de verre  $ab$  qui constitue ainsi le prolongement du col de la bouteille; ce tube de verre est d'un diamètre très étroit et est divisé par demi-centièmes de centimètre cube. Un microscope  $m$ , fixé en avant du tube, grossit sa division et permet d'apprécier la position du niveau de l'eau dans le tube à un millième de centimètre cube près.

Une pompe aspirante et foulante P aspire de l'air par la tubulure  $t$  et le comprime par la seconde tubulure  $t'$  dans le tube de cuivre T qui communique avec le tube de verre  $ab$  en passant par le manomètre M. Cette pompe comprime donc de l'air dans la bouteille et le manomètre en mesure exactement la pression.

Pour faire une expérience, quand la bouteille pleine d'eau a été serrée sous le support CD, on ouvre le robinet  $s$ , et le liquide, dont le petit réservoir R a été rempli, s'écoule dans un trou percé au-dessus du col de la bouteille et s'élève dans le tube  $ab$ . Quand son niveau atteint la division 0, on ferme le robinet  $s$ . La bouteille et son prolongement constitué par le tube  $ab$  sont exactement remplis d'eau sans aucune bulle d'air.

On actionne la pompe et, au fur et à mesure que la pression s'élève, on voit descendre le niveau du liquide renfermé dans le tube  $ab$ ; cet abaissement mesure le gonflement ou la flexion de la bouteille en même temps que la compression de l'eau elle-même. Quand on juge que la pression est suffisante, on tourne le bouton  $n$ , et l'air, comprimé par la pompe, trouvant une issue, on voit l'aiguille du manomètre redescendre et le niveau du tube  $ab$  remonter.

Si le verre de la bouteille n'a subi aucune déformation perma-

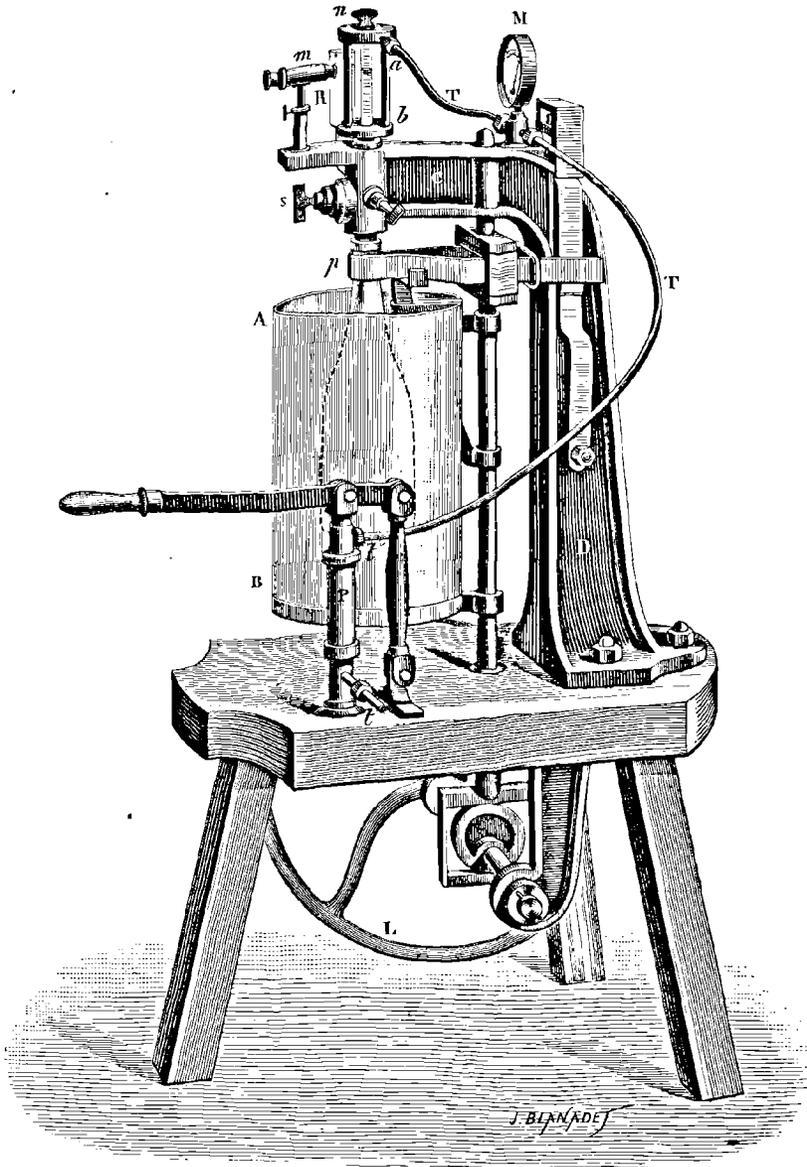


Fig. 17.

ÉLASTICIMÈTRE DE J. SALLERON POUR L'ESSAI DES BOUTEILLES



nente, le niveau remonte exactement jusqu'au trait 0 et dénote que la bouteille a supporté l'épreuve sans que sa constitution en ait été modifiée; la limite de son élasticité n'a pas été atteinte, et si la pression du vin ne dépasse pas cette même limite, on peut être assuré qu'elle ne se cassera pas. Mais si, au contraire, le niveau ne revient pas à la division 0, la limite de l'élasticité du verre a été dépassée, ses molécules ont pris un nouvel état d'équilibre et sa résistance a diminué, et s'il n'est pas permis d'avancer que cette bouteille, maintenue pendant un délai suffisant sous cette pression, se cassera infailliblement, il est absolument certain qu'elle a perdu de sa résistance primitive et qu'elle ne présente pas de bien grandes garanties de solidité.

Pour terminer ce qui me reste à dire quant à la construction de l'*Élasticimètre* et de la manière d'en faire usage, j'ajouterai que le récipient A B, qui doit être toujours rempli d'eau, a pour but de maintenir la bouteille, pendant le cours d'une expérience, à une température constante. Cette condition est essentielle, parce que la bouteille, ainsi remplie d'eau, constitue un véritable thermomètre dont le tube *ab* serait la tige graduée; il faut donc qu'on ne puisse attribuer à une déformation de la bouteille une variation de niveau qui proviendrait de la dilatation de l'eau produite par un changement de température.

Jusqu'à présent je n'ai pas fixé la pression à laquelle les bouteilles devraient être éprouvées, mais elle est très facile à déterminer. Ce doit être celle que les bouteilles supportent pendant le cours du tirage. J'ai expliqué, page 54, qu'un tirage régulier qui, après la fermentation totale du sucre, produit dans les bouteilles, à la température des caves, la pression normale de 5 atmosphères, peut, dans certains cas, si les bouteilles restent exposées au cellier à une température un peu élevée, occasionner une pression de 10 atmosphères. Eh bien, les bouteilles doivent supporter ces 10 atmosphères sans fléchir; non seulement, sous cet effort, elles ne doivent pas se briser, mais elles ne doivent pas atteindre la limite de leur élasticité; en un mot, elles ne doivent pas prendre une nouvelle capacité permanente.

L'essai que nous ferons subir aux bouteilles, au moyen de l'*Élasticimètre*, consistera donc à les comprimer à la pression de 10 atmosphères, étant remplies d'eau à 25 degrés, et à constater si, sous cet effort, elles ne changent pas de volume permanent.

En fixant à 25 degrés la température à laquelle les bouteilles doivent être essayées, j'augmente sensiblement la difficulté de l'expérience, car, sous notre climat, une chaleur de 25 degrés est excep-

tionnelle, et il serait fort incommode d'être obligé de compliquer l'Élasticimètre d'un appareil de chauffage spécial, etc. Mais il est facile de tourner la difficulté : il suffit de déterminer, une fois pour toutes, quelle est la pression qui, à la température moyenne de 15 degrés, agit sur les bouteilles avec la même énergie que celle de 10 atmosphères à 25 degrés. J'ai constaté expérimentalement que la pression de 12 atmosphères à 15 degrés déforme les bouteilles avec la même intensité que celle de 10 atmosphères à 25 degrés. Dès lors les expériences de détermination de la limite d'élasticité des bouteilles doivent se faire à la pression de 12 atmosphères, dans un cellier ou dans tout autre espace où la température reste constante autour de 15 degrés.

L'Élasticimètre peut, en outre, donner un autre renseignement non moins utile : il permet de comparer la résistance des bouteilles entre elles. Je me crois fondé à tirer des principes que je viens de développer cette conséquence : *Les bouteilles les plus solides sont celles qui changent de capacité permanente sous la pression la plus élevée.* Il est donc possible de classer les bouteilles par ordre de résistance en cherchant, au moyen de l'Élasticimètre, quelle est la pression à laquelle chacune d'elles doit être comprimée pour changer de capacité permanente. C'est ainsi que j'ai pu constater que des bouteilles d'une verrerie devaient être comprimées à 18 atmosphères pour commencer à s'agrandir, tandis que la pression de 12 atmosphères suffirait pour déformer les bouteilles fabriquées par une autre usine.

J'ai déjà soumis un nombre assez considérable de bouteilles au mode d'essai que je viens de décrire; les résultats que j'ai obtenus et dont, à mon avis, les verreries peuvent se montrer très fières, démontrent que toutes les bouteilles de *premier choix* supportent impunément la pression de 12 atmosphères sans se déformer. Les tirages rationnels auxquels j'ai coopéré cette année et que j'ai cités page 73 conduisent d'ailleurs au même résultat : toutes les fois que le vin a été tiré dans des bouteilles de premier choix, la casse a été réduite à 2 ou 3 bouteilles par 1,000, c'est-à-dire à celles qui ont été étoilées ou fendues pendant la manipulation.

Mais quand l'expérience a porté sur des bouteilles d'un choix inférieur, alors la résistance s'est montrée très variable : dans les mêmes livraisons j'ai trouvé, à côté de bouteilles d'une solidité presque illimitée (celles sans doute dont le rapport  $\frac{P}{C}$  était très élevé), d'autres bouteilles qui, à 5 atmosphères, ont commencé à prendre un nouvel état permanent. Nous avons vu d'ailleurs (page 100) que ces mêmes

bouteilles de deuxième ou troisième choix se sont comportées au tirage d'une façon très irrégulière.

**Conclusion.** — Je crois avoir traité, sans en oublier aucune, toutes les causes qui, de près ou de loin, agissent sur la résistance des bouteilles; il me reste à déterminer quelle est l'influence réelle que chacune d'elles peut exercer sur la *casse* et à exposer, dans un court résumé, les moyens que le négociant peut employer pour s'en garantir.

La composition chimique du verre est l'élément qui joue le premier rôle quant à la résistance des bouteilles : de la cohésion plus ou moins grande du verre dépend, pour la plus grande part, leur solidité. Naturellement c'est au verrier qu'il incombe de déterminer quels sont les éléments minéraux qui doivent entrer dans ses creusets; mais, à mon avis, s'il veut réunir à une fabrication irréprochable une économie nécessaire, il ne doit pas tant chercher à produire des bouteilles qui ne se cassent que sous une pression exagérée que des bouteilles qui, sous la pression normale d'un tirage régulier, ne changent pas de capacité permanente.

Si le choix des matières premières qui entrent dans la composition des creusets et si leurs proportions respectives ont été bien déterminés, si le verre a été fondu à une température suffisamment élevée pour présenter une composition bien homogène, si la *paraison* de la bouteille soufflée au bout de la canne a été bien faite et si, par suite, l'épaisseur relative de la bouteille oscille entre 1,20 et 1,30 en même temps que sa forme est régulière et que la masse du verre est bien également répartie; si enfin le verre n'est pas parsemé, dans son épaisseur, de bulles ou de bouillons, notre bouteille pourra être considérée comme de *premier choix* et alors elle supportera, sans aucune fatigue, l'épreuve que j'ai signalée : elle pourra être comprimée à 12 atmosphères sans changer de capacité permanente et, dès lors, le travail du tirage et de l'expédition ne pourra la briser.

Mais si la totalité de ces conditions n'est pas remplie, si une seule d'entre elles vient à manquer, alors les bouteilles ne présenteront pas des garanties absolues : elles pourront céder. Voici ce qui pourra survenir :

Avec le temps, les molécules du verre s'écartant les unes des autres, la bouteille changera successivement d'état permanent, elle perdra progressivement sa résistance et pourra céder sous la pression.

Si la bouteille est exposée au cellier à une température un peu élevée, la résistance du verre diminuera en même temps que la pression augmentera et cette dernière pourra l'emporter.

Si les tas de bouteilles subissent un brusque changement de température, le défaut de conductibilité du verre pour la chaleur produira dans sa masse des tensions inégales qui, s'ajoutant à celles dues à la pression, pourront amener la casse.

Si les bouteilles ont été choquées, si elles ont supporté pendant leur transport des trépidations qui ont fait vibrer le verre, leur solidité a pu en être affectée et leur résistance, déjà trop faible, peut être vaincue par la pression.

Mais, je le répète, toutes ces causes perturbatrices ne peuvent amener la casse que si la résistance des bouteilles est déjà insuffisante; elles ne peuvent être considérées que comme l'appoint qui détruit l'équilibre entre la puissance et la résistance; je l'ai déjà dit : c'est la goutte d'eau qui fait déborder le vase.

L'expérience des innombrables tirages qui s'exécutent tous les ans en Champagne et qui, le plus souvent, réussissent sans casse appréciable, quoique la pression du gaz, inexactement calculée, dépasse souvent les limites que j'ai assignées, cette expérience démontre suffisamment que les bouteilles dites de *premier choix* présentent une solidité suffisante. Dès lors, au point de vue du négociant, la question de la résistance des bouteilles me paraît très simple : il me semble bien inutile, pour lui, de se préoccuper d'aucun essai préalable. Il lui suffit de ne tirer que dans des bouteilles de *premier choix*.

Si le commerce de la Champagne veut bien mettre en œuvre la méthode de tirage que je viens de décrire, il sera assuré que la pression de son vin n'atteindra jamais la limite de la résistance des bouteilles.

De leur côté, les verreries, si elles le veulent bien, peuvent livrer avec toutes garanties des bouteilles qui soient plus solides qu'il n'est nécessaire.

Tout accident, toute casse est donc impossible. Cependant si, contre toute probabilité, un tirage donnait une casse dépassant quelques millièmes (quelques bouteilles sur mille), c'est-à-dire la proportion qu'il est raisonnable d'attribuer aux accidents inévitables pendant la manipulation des tirages, il serait bien facile d'en découvrir la véritable cause.

Dès que l'aphromètre indique, pour la pression d'un tirage, une tension ne dépassant pas 5 atmosphères à la température de + 10 degrés, le négociant a bien travaillé, il n'a pas de reproches à se faire.

# LE LIÈGE

## ET SON APPLICATION AU BOUCHAGE DU VIN MOUSSEUX

---

Toutes les conditions que j'ai énumérées dans la première partie de ce volume, conditions qui sont indispensables pour la réussite d'un tirage, étant exactement remplies, la fermentation de notre vin s'est bien déclarée, la pression n'a pas dépassé les 5 atmosphères réglementaires, le dépôt est bien sec et pulvérulent, sans aucune trace de barre ni de masque; enfin, quelques bouteilles seulement s'étant brisées, notre tirage est tout à fait réussi. Mais tout cela serait en pure perte si les bouchons laissaient échapper hors des bouteilles ce vin objet de tant de sollicitude, et pour lequel nous avons fait tant de sacrifices. S'il s'agissait du vin d'expédition, parvenu chez son destinataire, ayant supporté de lourds frais de transport et de douane, le désastre serait bien plus grand encore! Malheureusement, les bouteilles *recouteuses*, qui perdent leur vin par la faute de leurs bouchons, ne sont pas rares; naguère encore, elles étaient, pour le commerce de la Champagne, la cause de véritables désastres, et s'il s'est produit, dans ces derniers temps, une très notable amélioration dans la qualité des bouchons livrés au commerce, je puis dire, avec quelque satisfaction d'amour-propre, que c'est grâce à la connaissance des principes que je vais développer dans ce chapitre, principes qui recevront ici leur première divulgation.

Le liège est l'écorce d'un chêne d'une essence particulière, le *quercus suber*, qui se rencontre sur la plupart des côtes de la Méditerranée. Cette écorce est arrachée de la surface de l'arbre tous les neuf ans environ. Après avoir séché au soleil, elle est ramollie par une immersion dans l'eau bouillante, puis redressée, aplanie, et enfin débarrassée, par un raclage, de la couche ligneuse, dure et raboteuse qui recouvrait la circonférence de l'arbre et protégeait le liège de toute détérioration contre les agents extérieurs. Le liège, réduit ainsi en planches dont l'épaisseur varie entre 15 et 35 millimètres, est

débité en carrés, puis arrondi en cylindres qui constituent les bouchons.

Les forêts qui couvrent les côtes de l'Espagne, depuis le golfe du Lion jusqu'au détroit de Gibraltar, produisent seules du liège assez épais pour qu'on y puisse tailler des bouchons à vin de Champagne. Malheureusement, la nécessité de donner à ces bouchons une grande épaisseur, afin que le volume de liège enfermé dans le goulot de la bouteille puisse résister à la pression du gaz, influe notablement sur sa qualité. Il est reconnu que la qualité du liège diminue quand son épaisseur augmente, ou du moins il est beaucoup plus difficile de trouver du bon liège épais que du liège mince. Pour bien démontrer l'exactitude de cette assertion, il me faut entrer dans quelques détails indispensables sur la constitution physique et chimique du liège.

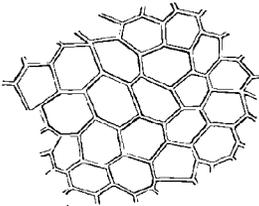


Fig. 18.

Tranche de liège coupée parallèlement à l'axe de l'arbre et montrant la forme hexagonale des alvéoles. Grossissement 200 fois.

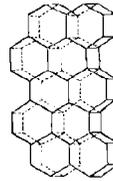


Fig. 19.

Coupe théorique de liège tranchée perpendiculairement à l'axe de l'arbre et montrant le groupement des alvéoles superposées les unes au-dessus des autres.

**Constitution physique du liège.** — Observé au microscope, le liège se montre constitué par une matière creuse, souple et élastique. Si nous coupons des lames minces de liège tranchées dans des directions parallèles et perpendiculaires à la hauteur de l'arbre, nous leur trouvons une contexture tout à fait différente et très singulière. Cet examen démontre que le liège est composé de petits canons hexagonaux creux, groupés symétriquement les uns à côté des autres, régulièrement superposés, les uns au-dessus des autres, en rangées semblables à des alvéoles d'abeilles qui seraient closes sur tous leurs côtés (fig. 18 et 19). Les rangées verticales d'alvéoles étant rapprochées bout à bout constituent l'épaisseur de l'écorce, et, comme cette épaisseur augmente chaque année, le nombre des rangées d'alvéoles va toujours croissant, et d'autant plus rapidement que la fertilité du sol ou la clémence du climat active davantage la végétation.

L'observation démontre que les arbres plantés dans un sol aride, sous un climat sec et brûlant, fournissent des écorces très minces

poussant très lentement, et la matière solide qui constitue les parois des cellules de ces *lièges minces* est extrêmement épaisse, tandis que les cellules elles-mêmes sont très petites (fig. 24). Au contraire, on récolte sur les chênes-liège qui poussent dans les terrains fertiles, dans les pays pluvieux et humides, des écorces épaisses, mais dont les cellules sont larges et limitées par des parois très minces et très peu résistantes (fig. 23).

**Constitution chimique du liège.** — La matière solide qui constitue le liège, ayant été soumise à l'analyse chimique par M. Chevreul, a donné la composition suivante :

Acide gallique, gallate de fer, matière colorante, acide acétique, substances azotées, chaux, huile odorante.	14.25
Subérine .....	70. »
Cérine et résine.....	15.75
Total.....	100.00

La constitution physique et chimique du liège que je viens de décrire brièvement est si favorablement disposée pour l'usage spécial auquel nous l'appliquons, que la nature semble avoir créé le liège tout exprès pour le faire servir au bouchage des bouteilles. En effet, le liège est formé par des cellules creuses afin qu'il soit compressible; sa matière constituante est élastique et flexible pour qu'elle reprenne sa forme et ses dimensions primitives après avoir été comprimée; la forme des cellules est hexagonale, afin de présenter une grande résistance à l'écrasement; la composition chimique du liège, très riche en cire et en résine, le rend inaltérable à l'humidité, et à peu près insoluble dans tous les liquides qui entrent dans notre usage domestique; aussi est-il bien certain que le liège constituerait un bouchon idéal, si l'industrie du vin de Champagne ne poussait jusqu'à l'exagération les conditions de résistance, d'élasticité et d'inaltérabilité que les bouchons doivent remplir.

Je n'hésite pas à répéter le mot d'exagération, quand il s'agit de qualifier les épreuves qu'un bouchon de bouteille à champagne doit subir : ce bouchon a 32 millimètres de diamètre; il doit entrer, grâce à l'action héroïque d'une machine irrésistible, dans un goulot de 16 millimètres de diamètre, subissant ainsi une diminution de 50 % dans son volume; là, serré dans ce carcan, il doit supporter l'action dissolvante d'un liquide contenant 12 % d'alcool, comprimé dans ses pores par une pression continue de 5 atmosphères au moins, et après quelques années de ce régime, débarrassé de ses liens, il doit

s'élançer hors de sa prison, reprenant sa dimension, sa forme, sa couleur et sa jeunesse primitives! Quoi d'étonnant qu'une matière organique, qu'un tissu végétal fléchisse sous un tel effort? Et, en effet, sur cent bouchons taillés dans les meilleures écorces espagnoles, combien sortent victorieux de cette rude épreuve? Une dizaine tout au plus, ainsi que nous le verrons tout à l'heure.

Pour qu'un bouchon à vin de Champagne soit réputé bon, il faut qu'il réunisse les conditions suivantes : après un mois de bouchage, il doit avoir pris, dans le goulot de la bouteille, sa forme et l'aspect définitifs qu'il conservera ensuite pendant plusieurs années. Il doit, quand on l'a débarrassé des ficelles et fils de fer qui le retiennent captif, sortir du goulot sans être sollicité par de violents efforts; chassé par la pression intérieure, il doit s'élever lentement, en se gonflant, fermant toujours hermétiquement le col de la bouteille, sans laisser



Fig. 20.

Bouchon type  
formant champignon.

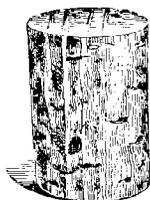


Fig. 21.

Bouchon inférieur  
taché et cannelé.



Fig. 22.

Bouchon  
formant cheville.

échapper la moindre bulle de gaz tant qu'un seul millimètre de liège se trouve encore dans le goulot. Enfin, l'explosion doit se produire brusquement, la totalité du gaz comprimé dans la chambre s'échappant à la fois, en même temps que le bouchon saute en l'air.

Le bouchon, sorti de la bouteille, doit conserver une forme régulière et symétrique, sans aucune cannelure, en affectant la figure d'un *champignon* (fig. 20); la base circulaire qui se trouvait en contact avec le vin, le *miroir* sur lequel se trouve imprimée la marque d'origine du vin, doit conserver son diamètre primitif de 32 millimètres. Enfin, le liège doit rester blanc ou du moins conserver sa couleur naturelle, fraîche et rosée, sans aucune tache brune ou noirâtre qui sillonne comme des cannelures la hauteur du bouchon (fig. 21).

Malheureusement, ces *desiderata* ne sont pas toujours remplis; souvent, trop souvent, quand ses ficelles sont coupées, le bouchon se soulève quelque peu, puis le gaz s'échappe en *fusant* par quelque fissure latérale et l'explosion est ratée, il faut recourir au tire-bouchon!

D'autres fois le cas n'est pas si grave : le bouchon monte cahin-caha, laissant perdre le gaz au fur et à mesure de son ascension, arrive au bout de sa course, mais, épuisé par cet effort, il tombe inerte et sans bruit sous la triste apparence d'un cylindre dur comme du bois, c'est une *écheville* (fig. 22).

Souvent encore, le liège, dur, incompressible, sans élasticité, est si fortement tassé dans le goulot que la pression du gaz, aidée par l'action du plus énergique tire-bouchon, ne parvient pas à l'en faire sortir. Il faut une mèche anglaise mue par un vilebrequin pour le réduire en copeaux, ou recourir au moyen plus radical de faire sauter tout ensemble le bouchon et le goulot de la bouteille.

Enfin, l'accident le plus fréquent et le plus désastreux par ses

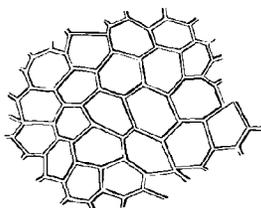


Fig. 23.

Coupe de liège épais et souple dont les parois des cellules sont minces.

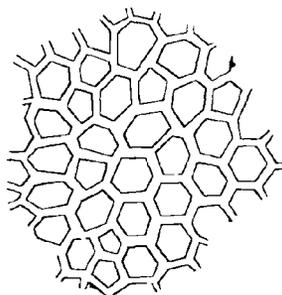


Fig. 24.

Coupe de liège mince et dur dont les parois des cellules sont épaissies.

conséquences, c'est le bouchon de la *recouleuse*, dont le liège, taché, décomposé, rongé par le vin, laisse échapper, sous l'action de la pression, le gaz et le vin lui-même. Ce bouchon taché est trop connu pour qu'il soit nécessaire de le décrire longuement; on ne connaît que trop ces taches noirâtres, ces marbrures, ces cannelures, témoins de la décomposition du liège (fig. 20).

**Causes de l'imperfection des bouchons.** — Il est temps d'expliquer les causes auxquelles il faut attribuer toutes ces imperfections des bouchons de liège, car la plus complète ignorance règne encore à ce sujet. Toutes les explications données par les *liègeurs*: cette action de la *sève*, ces lièges creux, ces taches noires qui criblent parfois les meilleures écorces, ne jouent, en réalité, aucun rôle dans la valeur intrinsèque des bouchons.

Nous avons vu que l'épaisseur des parois des cellules hexagonales qui constituent le liège varie suivant la vigueur de la végétation

des arbres : quand l'humidité du sol ou celle de l'atmosphère fournit aux chênes une sève abondante, la subérine, cette matière solide qui entre pour 70 % dans la composition du liège, charriée par la sève, est dissoute dans une grande quantité d'eau; elle donne naissance à une écorce dont les cellules sont larges, mais dont les parois solides sont minces, parce que le même poids de subérine entoure une cellule volumineuse; le liège alors est souple et élastique (fig. 23). Si, au contraire, l'arbre est planté dans un sol sec et rocailleux, si la pluie ne vient que rarement rafraîchir l'atmosphère, la sève, très rare, saturée de subérine, produit de petites cellules dont les parois sont très épaisses; alors le liège est plein, dur, serré (fig. 24). Des bouchons taillés dans ces deux espèces de liège seront bien différents : les uns seront souples, ils sortiront facilement de la bouteille sous forme de beaux champignons; mais, à raison de leur souplesse même, ils ne dureront pas longtemps; l'élasticité des cellules disparaîtra rapidement, elles s'écraseront petit à petit et reprendront plus difficilement leur forme normale; après une année de bouchage, le champignon diminuera de volume; après deux ans, les cellules seront totalement aplaties et le bouchon se transformera en *cheville*.

Quant aux bouchons taillés dans du liège *serré*, à petites cellules, dont les parois sont épaisses, ils se ramollissent plus lentement, ils tardent davantage à se transformer en champignons; ils sortent plus difficilement du col de la bouteille où ils se trouvent plus fortement comprimés, mais ils résistent plus longtemps à la pression du gaz; après deux années, ils tiennent encore bon, et après de longues années de bouchage, s'ils ne forment plus de champignons, au moins ne laissent-ils échapper ni le gaz, ni le vin.

Je raisonne, j'ai hâte de le dire, dans l'hypothèse de bouchons taillés dans du liège de bonne qualité, car le liège épais peut être aussi mauvais que le mince. Il me faut donc expliquer en quoi consiste la *qualité* du liège.

**Qualité du liège.** — L'analyse chimique publiée par M. Chevreul nous apprend que le liège contient 14,25 % de principes variés qui ne semblent jouer qu'un rôle secondaire dans la question du bouchage; en effet, l'acide gallique, le gallate de fer et la matière colorante sont des principes astringents, analogues au tannin, qui donnent au liège sa couleur jaune rosé; plus la proportion de gallate de fer est considérable, plus la teinte est foncée. C'est à ces gallates qu'il faut attribuer la facilité avec laquelle le liège se salit, surtout en contact avec le fer, et se nettoie ensuite par un simple lavage à l'acide oxalique.

L'acide acétique se trouve dans presque tous les végétaux ; on sait qu'en chauffant les ligneux à une haute température, ils laissent distiller de l'acide acétique ou pyroligneux. — Les substances azotées et la chaux sont, par leurs petites proportions et leur faible affinité, tout à fait inertes dans le liège. — Quant à l'huile odorante qui donne au liège son odeur *sui generis*, si elle n'agit pas sur sa qualité, elle peut être fort gênante ; il existe des lièges si odorants qu'ils communiquent aux vins fins et délicats un parfum très appréciable, mais peu agréable.

Les 70 % de subérine constituent la matière première propre du liège, de même que la cellulose est la base du tissu des végétaux. La subérine est soluble dans l'alcool et dans l'éther ; elle est plastique, ductile, malléable sous l'action de la chaleur humide, ce qui explique le ramollissement des bouchons dans l'eau chaude et dans la vapeur d'eau.

Enfin l'analyse de M. Chevreul accuse 15,75 % de cérine et de résine. Cette cérine et cette résine jouent un rôle considérable dans la *qualité* du liège, car ce sont elles qui, mélangées avec la subérine, lui donnent son insolubilité et son inaltérabilité. De même que la cire d'abeilles et que la résine des conifères, la cérine et la résine du liège sont solubles dans l'alcool et dans l'éther, mais complètement insolubles dans l'eau ; aussi les bouchons résistent-ils indéfiniment dans les liquides aqueux, tandis qu'ils sont rapidement attaqués par l'eau-de-vie et les alcools.

Mais si nous répétons l'analyse faite par M. Chevreul sur des lièges d'origines différentes, nous constatons que la proportion de cire et de résine est essentiellement variable, et il résulte, de la proportion de ces principes insolubles, une résistance plus ou moins grande des bouchons ; les lièges les plus résineux résistent mieux et plus longtemps à l'action dissolvante du vin, alors que les lièges peu résineux sont bientôt creusés, corrodés, rongés par le vin. La qualité du liège réside donc principalement dans la proportion de la cérine et de la résine qu'il renferme ; aussi doit-on, dans le choix des écorces destinées à la fabrication des bouchons à vin de Champagne, se préoccuper de leur pays d'origine, car il est bien prouvé que certaines localités de la Catalogne et de l'Andalousie, de la Gascogne et de l'Algérie fournissent des lièges résineux dont les bouchons sont justement renommés, quand d'autres forêts comme celles du Var, de la Corse, du Portugal, etc., ne récoltent que des lièges solubles, spongieux et peu résistants.

Maintenant que nous connaissons la cause première de la détérioration du liège, nous nous expliquerons facilement l'origine de ces taches, de ces bandes brunâtres qui font le désespoir des négociants.

Fermons une bouteille de vin mousseux avec un bouchon de liège peu résineux; sous l'action de la pression, le vin, liquide alcoolique, dissout rapidement la subérine, crève les parois des cellules, pénètre petit à petit dans le liège, jusqu'à ce que la couche de cellules déchirées, étant assez épaisse, livre passage au vin qui mouille extérieurement le bouchon et transforme bientôt la bouteille en recou-leuse. En débouchant cette recou-leuse, nous constatons que le bouchon est marbré de larges placards bruns, et, souvent aussi, creusé par de profondes cannelures noires (voir fig. 21); et si nous observons au microscope une tranche mince de ce liège, nous constatons que là où il est taché, les cellules sont corrodées, dissoutes, éventrées et remplies de vin; de plus, ces cellules qui, lorsqu'elles sont vides, ont une couleur jaune pâle, prennent une nuance brune quand elles sont imbibées de liquide, de même qu'une éponge présente une couleur jaune clair lorsqu'elle est sèche, tandis qu'elle devient jaune foncé quand elle est mouillée.



Fig. 25.

Miroir d'un bouchon montrant les veines produites par l'alternative des saisons.

Ventre.



Dos.

Fig. 26.

C C, cannelures qui se produisent dans l'intervalle de 2 veines.

Il est donc bien prouvé que les taches des mauvais bouchons sont dues à la solubilité du liège et à la présence du vin dont il est imprégné; mais pourquoi la masse entière de ce bouchon de liège peu résineux n'est-elle pas tachée? Pourquoi les cellules ne sont-elles déchirées que par portions isolées, et pourquoi ces déchirures du tissu revêtent-elles, le plus souvent, l'apparence de sillons et de cannelures? Je vais le dire.

Nous avons vu que l'humidité du sol ou du climat agit puissamment sur le développement de l'écorce du chêne-liège : dans les pays secs, le liège est très mince et très serré, alors que dans les localités humides l'écorce est épaisse et spongieuse; mais, dans tous les pays, les différentes saisons présentent des alternatives de sécheresse et d'humidité; aussi, pendant l'été, la végétation se ralentit, le liège se développe moins, les cellules sont plus petites et plus épaisses; au contraire, après l'hiver humide des pays chauds, les premiers rayons du soleil du printemps activent la végétation, la sève est abondante, les cellules s'agrandissent; mais la subérine et

la résine qui rend cette dernière insoluble, diluées dans un grand volume de sève, constituent des parois minces et peu solides. De ces alternatives de petites cellules épaisses et de larges cellules minces, il résulte, dans la structure du liège, des veines parallèles de couleur plus claire et plus foncée, qui sont plus ou moins denses et qui correspondent aux différentes saisons. C'est, d'ailleurs, en comptant le nombre de ces veines que l'on suppose les saisons chaudes et humides et, par suite, l'âge des écorces quand elles sont coupées.

De ces rangées parallèles de cellules plus minces et plus épaisses il résulte, pour le bouchon de liège, des lignes d'inégale résistance; aussi, sur les deux flancs d'un bouchon, les veines épaisses et minces présentent des lignes parallèles de cellules successivement dures et molles; et ce sont ces dernières qui, rapidement dissoutes et désorganisées, se colorent en brun en montrant les canaux envahis par le vin, canaux par lesquels il s'échappe de la bouteille.

Les deux côtés opposés aux flancs : le *dos*, qui constitue la couche externe de l'écorce, et le *ventre*, qui s'appuie directement sur le liber de l'arbre, ne présentent jamais de ces canaux ni de ces taches longitudinales parce qu'ils sont formés par des rangées de cellules d'égale résistance. Le ventre est généralement d'une structure plus uniforme, plus homogène, plus fine que le dos, parce que ce dernier a été plus directement exposé aux attaques des insectes et aux détériorations dues aux agents extérieurs.

**De l'amélioration des bouchons.** — De cette longue étude de la constitution du liège, nous pouvons tirer une conséquence certaine : c'est que l'amélioration des mauvais bouchons de liège est bien difficile, si ce n'est impossible. Comment, en effet, serait-il possible d'incorporer dans le liège, de faire pénétrer au sein de ce tissu cellulaire imperméable et impénétrable, les principes résineux qui lui manquent? Il n'y faut pas songer, aussi toutes les tentatives faites dans cette direction ont-elles échoué.

C'est ainsi qu'on a essayé inutilement d'enduire les bouchons d'une couche de gélatine rendue imperméable par l'alun; en effet, cette couche superficielle, ne pénétrant pas dans la masse du liège, est bien vite détruite.

On a enrobé le bouchon d'une mince couche de caoutchouc dissous dans un hydrocarbure; mais si le liège est ainsi imperméabilisé extérieurement, il n'est plus en contact direct avec le vin; l'humidité ne le gonfle ni ne le ramollit; il se durcit, perd son élasticité et devient cheville.

On a cherché à rendre le liège insoluble et inaltérable en l'im-

mergeant dans des bains de cire ou de paraffine fondues; ces corps, liquéfiés par la chaleur, pénètrent par endosmose dans les cellules et les remplissent, mais quand le bouchon est refroidi, la cire se durcit, et le liège, privé de toute élasticité, devient dur comme du bois.

Je ne cite ici que les procédés qui, par leur apparence de raison, méritaient d'être expérimentés; mais combien de projets, combien de brevets d'invention mort-nés!

**De l'essai des bouchons.** — Si l'amélioration des mauvais bouchons est irréalisable, est-il seulement possible de reconnaître les bons des mauvais? Peut-on distinguer d'une manière certaine, et par une opération simple et pratique, quels sont les lièges assez résineux pour résister à la pression du vin mousseux? Quels sont les bouchons qui feront de beaux champignons et qui ne laisseront pas échapper le vin? Enfin, peut-on éviter les recouleuses? Cette fois, je puis répondre affirmativement, et cette affirmation ne sera pas contredite, je l'espère, car elle est appuyée sur une longue expérience. Mais il faut chercher ce moyen ailleurs que dans les observations faites jusqu'à présent par les bouchonniers espagnols: il est admis, en Espagne, que les mauvais bouchons peuvent se reconnaître par un simple examen: les petites taches noires, grosses comme des têtes d'épingle, qui mouchettent quelquefois la surface du liège, sont l'indice d'une mauvaise qualité. Ces taches noires sont formées par des parcelles ferrugineuses qui, transportées par la sève, se combinent avec le tannin du liège et donnent naissance à des traces de tannate de fer. Ces taches se remarquent sur de bons bouchons aussi bien que sur de mauvais, et à moins de prouver, au préalable, que les terrains ferrugineux fournissent du mauvais liège, il me semble impossible d'admettre, *à priori*, que les bouchons qui contiennent des sels de fer sont de mauvaise qualité. Cherchons donc un procédé plus efficace.

Un intelligent négociant champenois, M. Bouché, de Mareuil-sur-Ay, avait jadis constaté que les bouchons qui restaient longtemps plongés dans l'eau se recouvraient, à la longue, de taches brunes tout à fait analogues à celles qui caractérisent les bouchons des recouleuses et, par analogie, il essayait les bouchons qu'il employait pour son commerce en les immergeant pendant quinze jours, ou un mois, dans des tonneaux pleins d'eau. Tous les bouchons qui sortaient tachés de cette épreuve étaient éliminés et les seuls blancs et immaculés étaient employés. Cette judicieuse vérification était rationnelle: sous l'action prolongée de l'humidité, la subérine se ramollit et, si elle n'est pas assez résineuse, les cellules qui constituent la couche

extérieure du bouchon, comprimées par la pression de l'eau qui les entoure, sont crevées; un peu d'eau pénètre dans le liège et le colore de légères marbrures.

Les bouchonniers champenois mirent bien vite à profit ce procédé et, pendant de longues années, les bouchons furent *passés au bain*; là, pourrissant pendant des semaines dans de l'eau croupie, les bouchons qui étaient reconnus de bonne qualité acquéraient bien souvent l'horrible goût de bouchon, plus désastreux encore que la recouleuse.

Le mode d'essai du liège au moyen de son immersion dans l'eau étant reconnu efficace, il le fallait rendre pratique, car il était inadmissible que les bouchons dussent séjourner pendant plusieurs semaines dans l'eau. En outre de l'inconvénient que je viens de signaler, relativement au véritable empoisonnement que le liège était sujet à contracter, l'application de ce procédé sur une grande échelle était à peu près irréalisable, eu égard à l'énormité du matériel qu'il aurait dû mettre en œuvre. Enfin, il fallait que les taches humides accusant la rupture des cellules fussent plus apparentes, afin que le doute ne fût pas possible sur la valeur réelle des bouchons soumis à l'expérience. J'eus la bonne fortune de résoudre ce problème, en comprimant le liège pendant quelques heures dans un réservoir très résistant rempli d'eau sous la pression de 4 ou 5 atmosphères. Sous cette pression énergique, le liège peu résineux est très promptement dissous et, en même temps, une épaisse couche de cellules est remplie d'eau, de sorte qu'après quelques heures seulement d'immersion, les mauvais bouchons sortent de la pression hydraulique tachés, creusés et cannelés, comme s'ils avaient été bouchés pendant six mois. Le bon liège, au contraire, résiste à cette opération sans aucun dommage; il sort de la pression aussi blanc, aussi uni, aussi ferme qu'il y est entré; la pression de 5 atmosphères qu'il vient de supporter est exactement celle du vin dans la bouteille; aussi peut-on dire que ce mode de vérification est tout à fait analogue, pour les bouchons, à leur séjour pendant quelques heures dans une bouteille de vin mousseux.

#### **Description de la machine à essayer les bouchons de J. Salleron.**

Voici la description de la machine qui est employée pour la vérification industrielle des bouchons de liège.

A B (fig. 27) réservoir en tôle de fer étamée, à parois très résistantes, de dimensions telles qu'il peut recevoir, suivant les besoins, 2,500, 5,000 ou 10,000 bouchons.

Une ouverture O, percée sur le fond supérieur du réservoir, permet l'introduction des bouchons soumis à l'expérience; cette ouverture se ferme hermétiquement au moyen d'un couvercle autoclave.

Le fond du réservoir est muni de deux gros robinets vannes R, R', dont l'un R' amène l'eau d'une canalisation quelconque, pendant que l'autre R permet de vider le réservoir. Un petit robinet *r*, vissé sur le sommet de l'appareil, laisse échapper l'air contenu dans le récipient A B lors de l'arrivée de l'eau, et, au contraire, il le laisse rentrer quand ce même réservoir se vide. Un quatrième robinet met le récipient A B en communication avec une pompe foulante, dont la tubulure aspirante *t* est branchée sur la canalisation du robinet R', tandis que la tubulure foulante *t'* comprime cette eau dans le réservoir. Enfin un manomètre M accuse la pression intérieure supportée par les bouchons.

Quand le réservoir contient les bouchons à vérifier, on ouvre les robinets R' et *r* jusqu'à ce que l'eau s'échappe en *r*; l'appareil est alors complètement rempli d'eau; on ferme les robinets R' et *r*, on ouvre celui de la pompe et on actionne cette dernière. Quand le manomètre marque 5 atmosphères on cesse de comprimer, on ferme tous les robinets et on laisse la pression agir pendant quelques heures.

Si la canalisation qui alimente le robinet R' fournit, comme cela arrive dans un grand nombre de villes, de l'eau sous forte pression (2 atmosphères environ), on peut supprimer la pompe et laisser le robinet R' continuellement ouvert. Cette pression, prolongée pendant 12 heures environ, est suffisante. On ouvre alors les robinets R et *r*, l'eau s'échappe et les bouchons restent à sec montrant, à première vue, tous leurs défauts.

Le négociant qui, à moins de se transformer lui-même en bouchonnier, se propose seulement de vérifier un petit nombre d'échantillons pris dans les différentes livraisons qui lui sont faites, a besoin d'une machine moins encombrante et plus maniable. J'ai construit, spécialement pour cet usage, un petit instrument fort élégant qui opère sans embarras et qui a déjà trouvé sa place dans le cabinet de plus d'un négociant.

Un réservoir A B (fig. 28) en cuivre étamé, pouvant contenir 100 bouchons, s'ouvre, à son sommet, par un large couvercle solidement maintenu par des brides à écrous. Sur le couvercle est vissé un manomètre M, qui mesure la pression intérieure de l'appareil. Une pompe aspirante et foulante P aspire par la tubulure *t'* l'eau d'un vase quelconque et la refoule par la tubulure *t* dans le récipient rempli de bouchons.

Après avoir supporté, dans ces appareils, 5 atmosphères pendant

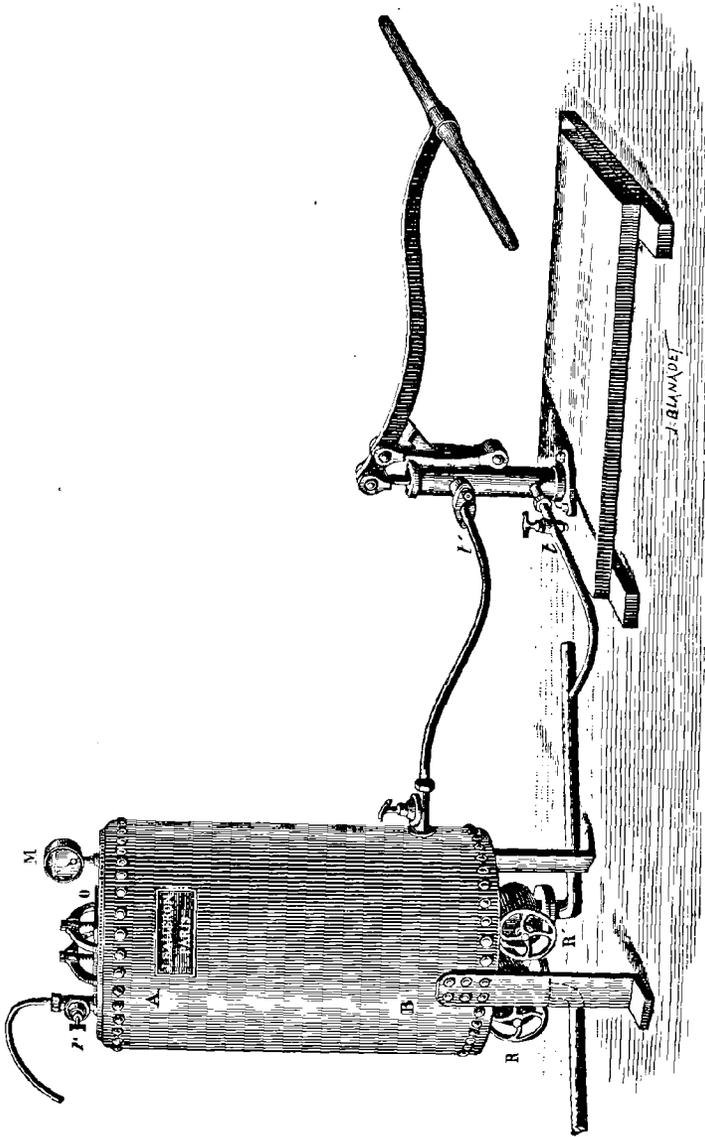


Fig. 27.

MACHINE DE J. SALLERON POUR ESSAYER LES BOUCHONS DE LIÈGE



quelques heures, les bouchons sont retirés et vérifiés; les mauvais sont tachés et déformés, alors que les bons sont absolument immaculés.

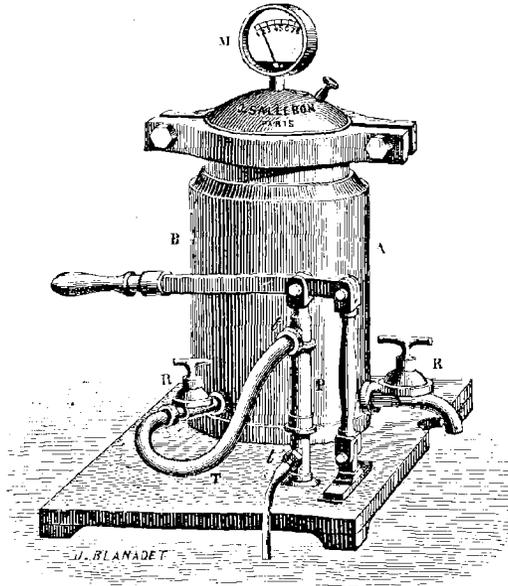


Fig. 28.

**Avenir de l'industrie du liège.** — Pour terminer ce que j'ai à dire sur le liège, il me reste à faire connaître quel est le rendement en bon liège, utilisable par le commerce du vin mousseux, des forêts de l'Espagne, les seules qui jusqu'à présent fournissent du liège assez épais et de qualité suffisante.

Cette question intéresse au plus haut point la Champagne, car la production du liège est limitée, tandis que la fabrication du vin mousseux subit non seulement en France, mais à l'étranger, un développement de plus en plus considérable; il arrivera infailliblement, il est facile de le prévoir, un moment où la production du liège ne suffira plus à la consommation, et, naturellement, les prix subiront la loi inévitable de l'offre et de la demande.

De la longue expérience que j'ai acquise, il résulte pour moi que 1,000 bouchons à vin de Champagne, étant vérifiés en *carrés* et en *race*, c'est-à-dire découpés dans les écorces avant d'être arrondis et sans avoir été déjà triés ou choisis, en un mot, 1,000 bouchons bruts fournissent en moyenne :

100	bouchons de tout premier choix, irréprochables comme résistance à la pression du vin et comme belle apparence, blancheur, absence de piqûres, etc.
100	bouchons de qualité secondaire, étant moins résineux, se tachant à l'une de leurs extrémités, légèrement piqués, mais pouvant fournir un bon bouchage.
100	bouchons se tachant un peu sous la pression, mais suffisants pour les vins de seconde qualité et pouvant résister à un bouchage de quelques mois.
600	bouchons de qualité inférieure qui doivent être attribués au tirage ou, s'ils sont employés pour le vin d'expédition, qui se transformeront en chevilles ou donneront des recouleuses.
100	bouchons tellement tachés par la pression, piqués, fendus, etc., qu'ils doivent être mis au rebut.
<hr/>	
4,000	

Il résulte de ces chiffres que 30 % seulement des bouchons bruts peuvent être employés avec sécurité pour l'expédition, et 10 % seulement peuvent fournir un bouchage *irréprochable*.

D'autre part, la production espagnole s'élève à 60 millions environ de bouchons bruts, de sorte que 6 millions seulement de bouteilles de vin mousseux peuvent être expédiées avec la certitude *de ne subir, tôt ou tard, aucun reproche*. Aussi je puis prédire, dès aujourd'hui, que le jour où le commerce du vin mousseux voudra vérifier avec rigueur les livraisons qui lui sont faites, il se trouvera tout simplement dans l'impossibilité de s'approvisionner; à moins qu'il ne se décide à proportionner la qualité des bouchons à la valeur intrinsèque du vin qu'il expédie ou, mieux encore, à moins qu'il ne proportionne, avec discernement, cette même valeur des bouchons à la durée probable pendant laquelle le vin sera conservé. Les bouteilles expédiées outremer, ou en Angleterre, là où le vin est gardé en cave de longues années avant d'être bu, seront bouchées avec des lièges à grande résistance et, par contre, les vins qui sont rapidement consommés recevront des bouchons de qualité secondaire, etc.

Je ne poursuis pas le but de pourvoir la Champagne des bouchons qui, tôt ou tard, lui feront défaut, mais il me sera permis, je l'espère, d'indiquer la seule solution de ce difficile problème. Une grande partie de nos forêts de la Gascogne et de l'Algérie, de même que toutes celles de l'Espagne, fournissent en abondance du liège *marchand*, c'est-à-dire d'épaisseur suffisante pour y tailler des bouchons à vins rouges, liège dont la qualité ne laisse rien à désirer. Non seulement ces écorces sont d'une belle pâte, sans piqûres ni défauts, mais encore elles sont très résineuses et supporteraient parfaitement la pression du vin mousseux. Il semble donc tout indiqué qu'on fabriquera un jour, avec ces beaux lièges minces, des bouchons à vin de Champagne d'une qualité irréprochable.

# APPENDICE

La main seule et l'entendement abandonné à lui-même n'ont qu'un pouvoir très limité; ce sont les instruments et les autres genres de secours qui font presque tout.

BACON.

J'ai réuni, dans les notes qui vont suivre, la description des procédés d'analyse qui doivent, dorénavant, être mis en œuvre par le commerce des vins mousseux. En renvoyant ces instructions à la fin de ce volume, je me suis proposé de simplifier et de réduire autant que possible la longueur de cette étude.

---

## DOSAGE CHIMIQUE DU SUCRE

Jusqu'à présent la richesse saccharine du vin, qu'il s'agisse du moût ou du vin fermenté, est déterminée en Champagne au moyen d'aréomètres. Généralement ces instruments, qu'ils portent le nom d'œnomètres, de gluco-œnomètres, ou simplement de pèse-vins, sont gradués selon l'échelle de Baumé; mais, comme les règles qui servent de base à la construction de cette échelle ont été pendant longtemps imparfaitement connues, il en est résulté une grande divergence dans les indications des instruments provenant de constructeurs différents. Aujourd'hui encore, chaque négociant possède un pèse-vin *type* qui lui est particulier, qui ne ressemble pas à celui de ses confrères, mais auquel il attache un grand prix eu égard à son inexactitude même, car c'est sur les indications de cet instrument unique, et impossible à reconstituer, s'il venait à être brisé, que depuis nombre d'années il a effectué ses expériences et appuyé ses théories.

Nous savons que le sucre contenu dans le vin ne peut être dosé par une simple mesure densimétrique; le vin ne contient pas que du sucre, mais un grand nombre de corps solides dissous, tous plus lourds que l'eau et plus lourds que le sucre lui-même, ainsi que de l'alcool qui est infiniment plus léger, de sorte que, malgré toutes les *réductions* qui ont pour résultat d'éliminer l'alcool, le poids spécifique du vin ne peut conduire à la mesure exacte du sucre qu'il contient. Force

est donc de rejeter complètement l'emploi des aréomètres, quel que soit le mode de leur graduation, et de recourir à l'analyse chimique.

La seule méthode chimique de dosage du sucre dont l'exactitude soit suffisante, tout en restant à la portée du viticulteur et du négociant, est celle qui repose sur l'action réductrice que le sucre exerce sur les sels de cuivre. Il est bien vrai qu'une telle analyse est plus complexe et plus délicate qu'une simple évaporation et la seule lecture d'un aréomètre; cependant, malgré sa complication apparente, je ne la crois pas au-dessus de l'habileté de nos négociants; plusieurs maisons de la Champagne l'emploient d'ailleurs depuis quelques années. En tout cas, le dosage rigoureux du sucre contenu dans le vin est une des opérations fondamentales dont dépend le succès des tirages. Dès qu'il n'existe pas d'autre méthode plus simple et plus exacte que celle que je vais décrire, elle s'impose: il faut, bon gré mal gré, y recourir; je la crois indispensable, et j'ai la certitude qu'un jour prochain elle sera uniquement employée; aussi je vais développer sa mise en œuvre avec tous les détails nécessaires et avec la plus grande clarté qui me sera possible.

On se sert pour cette analyse d'une liqueur préparée d'après la formule publiée jadis par M. Bareswill et modifiée depuis par M. Fehling. On prépare une première dissolution composée de :

34<sup>gr</sup>,64 sulfate de cuivre cristallisé sec et pur,  
140<sup>gr</sup>, eau distillée.

Puis une seconde dissolution renfermant :

187<sup>gr</sup>, tartrate de soude et de potasse (sel de Seignette pur),  
500<sup>cc</sup>, lessive de soude caustique à 24 degrés Baumé.

On mélange les deux dissolutions et l'on complète, avec de l'eau distillée, le volume de 1 litre à la température de 15 degrés centigrades.

Ainsi composée, cette liqueur bleue est telle que 10 centimètres cubes sont décolorés par 0<sup>gr</sup>,05 de glucose ou sucre de raisin ou par 0<sup>gr</sup>,0475 de sucre de cannes; aussi, est-ce en mesurant le volume de liquide sucré qu'il faut verser dans 10 centimètres cubes de cette liqueur bleue, pour obtenir leur décoloration, qu'on détermine la richesse saccharine du liquide expérimenté, étant donné que ce volume contient exactement 5 centigrammes de glucose quand les 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling sont décolorés. Mais, pour que cette décoloration s'effectue exactement, il faut que la liqueur sucrée elle-même soit amenée à un degré convenable de dilution; celui qui convient le mieux correspond à 5 grammes de sucre environ par litre de liqueur.

Généralement les moûts de raisin sont beaucoup plus sucrés; aussi est-il nécessaire de les étendre d'eau dans une proportion assez con-

sidérable; d'autre part, la fabrication des vins mousseux doit doser le sucre contenu dans des vins ou des liqueurs qui contiennent des quantités de sucre très différentes; dès lors croyons-nous devoir subdiviser cette instruction en plusieurs chapitres s'appliquant spécialement à toutes les opérations pratiquées en Champagne.

### ESSAI DU MOUT DE RAISIN

Si le moût soumis à l'essai découle du pressoir, il n'est pas difficile à obtenir; mais, s'il s'agit de doser le jus du raisin encore sus-

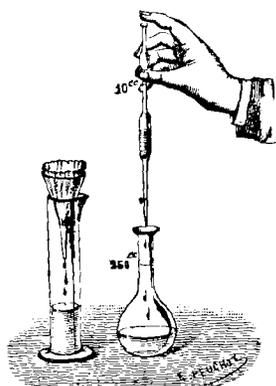


Fig. 29.

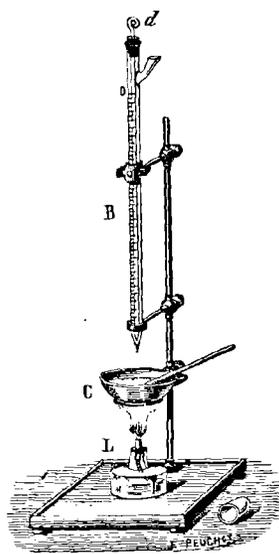


Fig. 30.

pendu aux ceps de la vigne, on en choisit quelques grappes dont l'état de maturité représente, aussi bien que possible, la composition moyenne de la vendange; on les écrase au-dessus d'une capsule, on filtre le moût (fig. 29), et on en mesure, au moyen d'une pipette, 10 centimètres cubes qu'on verse dans un ballon dont le col porte un trait gravé représentant la capacité de 250 centimètres cubes; on remplit le ballon jusqu'au trait avec de l'eau, on agite en retournant le ballon sans dessus dessous, après en avoir fermé le col avec le doigt, et l'on obtient ainsi un liquide contenant 25 fois moins de sucre que le moût.

On remplit la burette B (fig. 30) jusqu'à la division 0, avec le moût ainsi étendu d'eau; on verse dans la capsule de porcelaine C, reposant sur l'anneau du support de la burette, 10 centimètres cubes

de liqueur de Fehling, exactement mesurés au moyen d'une pipette; on y ajoute une quantité à peu près égale d'eau, ainsi que deux ou trois pastilles de potasse caustique; on allume la lampe L et on chauffe la capsule jusqu'à ce que la liqueur bleue entre en ébullition; à ce moment on tourne légèrement la clef *d* de la burette et on laisse couler goutte à goutte le liquide sucré dans la capsule.

La liqueur bleue ne tarde pas à changer d'apparence: sous l'action du sucre, il se forme un nuage verdâtre, puis jaune orangé, qui se précipite ensuite sous forme de poudre rouge (1). En agitant le mélange au moyen d'une baguette de verre, on remarque bientôt que la couleur bleue, laissant voir, par transparence, le fond rougi de la capsule, paraît violacée, et, si l'on éloigne la lampe pendant quelques instants pour faire cesser l'ébullition, le précipité rouge se rassemblant au fond de la capsule, on peut voir que la couche de liquide qui touche le contour de la capsule conserve une couleur bleue, mais beaucoup plus claire. On verse de nouveau quelques gouttes de liquide sucré, en ayant soin de faire bouillir le liquide et en agitant avec la baguette de verre; on remarque enfin, après quelques instants de repos, que la teinte bleue disparaît complètement.

Le moment de la disparition complète de toute couleur bleue, constituant le terme de l'observation, doit être saisi avec une grande exactitude; il importe, dès lors, non seulement de l'atteindre entièrement, mais aussi de ne pas le dépasser; il ne faut donc verser les dernières gouttes de liquide sucré qu'avec précaution, en vérifiant, après chaque addition, l'apparence de la capsule. On constate la fin de l'opération quand les contours de la capsule, ayant perdu toute nuance bleuâtre, sont incolores et n'ont pas encore atteint une coloration jaune clair d'abord, puis jaune d'or, car il ne faut jamais pousser jusqu'à la couleur jaune, même la plus claire. Ajoutons que l'opération doit être conduite assez lestement: il ne faut pas trop attendre, entre chaque addition de liqueur sucrée, ni interrompre trop longtemps l'ébullition, car, en se refroidissant, le mélange contenu dans la capsule pourrait redissoudre du cuivre et reprendre une coloration bleuâtre qui fausserait le résultat de l'analyse.

On lit, sur la division de la burette B, le volume de liquide sucré qu'il a fallu verser dans la capsule pour obtenir la décoloration des 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling; supposons que ce soit 8<sup>cc</sup>,4; on cherche dans la première colonne verticale de la table II (DOSAGE DU SUCRE PAR L'ANALYSE CHIMIQUE) (2) le chiffre 8<sup>cc</sup>,4, et

(1) Oxydure rouge de cuivre.

(2) Cette table a été calculée par M. Violette et publiée dans son excellente notice: *Dosage du sucre par les liqueurs titrées* (1868).

dans la seconde colonne, portant le titre *Sucre de cannes, grammes par litre* (1), on trouve 5,65, ce qui veut dire que le liquide sucré qu'on a versé dans la capsule contient 5 grammes et 65 centigrammes de sucre par litre; mais nous nous rappelons que ce liquide est 25 fois moins sucré que le moût, puisque ce dernier a été étendu de 25 fois son volume d'eau : dès lors, il faut multiplier 5<sup>gr</sup>,65 par 25, ce qui donne 141<sup>gr</sup>,25 pour le poids de sucre contenu dans un litre de moût.

Il ne faut pas, cependant, accorder à ce chiffre 141<sup>gr</sup>,25 une valeur absolue, car presque tous les vins faits, même ceux qui, contenant peu d'alcool, ont dû accomplir leur complète fermentation, accusent encore, quand on les analyse par le procédé chimique que nous venons de décrire, la présence d'une petite quantité de sucre. Les vins de Champagne les plus secs, ceux dans lesquels la dégustation ne reconnaît plus aucun principe sucré, réduisent la liqueur de Fehling comme s'ils contenaient encore un gramme environ de sucre par litre. Les chimistes les plus autorisés ne sont pas d'accord sur la nature des principes qui, dans les vins fermentés, réduisent ainsi les sels de cuivre. Les uns prétendent que le moût fermenté suivant les procédés actuels de la viticulture n'est pas entièrement transformé par le ferment et que le vin contient toujours des traces de sucre; d'autres attribuent cette faible action du vin sur la liqueur de Fehling à des principes propres au vin et autres que le sucre auxquels ils appliquent le nom de *sels réducteurs*. Quoiqu'il en soit de ces hypothèses, nous conseillons de retrancher de tous les résultats fournis par l'analyse chimique le poids de 1 gramme de sucre, que nous appellerons *action de la matière réductrice*. De sorte que les 141<sup>gr</sup>,25 que nous a fournis l'exemple précédent étant diminués de 1 gramme, il nous reste 140<sup>gr</sup>,25 de sucre fermentescible et utilisable par litre de moût.

## ESSAI DU MOUT SUCRÉ A LA VENDANGE

J'ai dit, page 16, que la vendange reçoit souvent une addition de sucre devant corriger le défaut de maturité, trop fréquent, hélas! sur les coteaux de la Champagne; quand on veut analyser un moût ayant été sucré, il faut modifier légèrement la manière d'opérer.

(1) En réalité, le moût ne contient pas de sucre de cannes, mais bien du *sucre de raisin* ou *glucose*; je crois devoir cependant chiffrer tous les poids de sucre, sur lesquels nous allons opérer, en *sucre cristallisable*; autrement, il en résulterait une grande complication pour nos calculs, car le vin mousseux reçoit, dans les différentes périodes de son travail, des additions successives de sucre de cannes, et il serait difficile de tenir compte des proportions respectives des deux sucres différents.

Le sucre, ainsi ajouté au moût, est toujours du sucre cristallisable qui se change en sucre de raisin par l'effet des acides que contient le moût, mais qu'il faut transformer en ce même sucre avant l'emploi de la liqueur de Fehling; opération qui constitue l'*inversion*.

**Inversion.** — Le cuivre qui est dissous dans la liqueur de Fehling et qui lui donne sa couleur bleue n'est précipité que par le *glucose* ou *sucre de raisin*. Le sucre de cannes ou *sucre cristallisable*, comme on l'appelle aussi, est sans action sur la liqueur bleue; il en résulte que l'analyse chimique d'un moût ayant reçu une addition de sucre cristallisable n'accuse que la proportion de sucre naturel

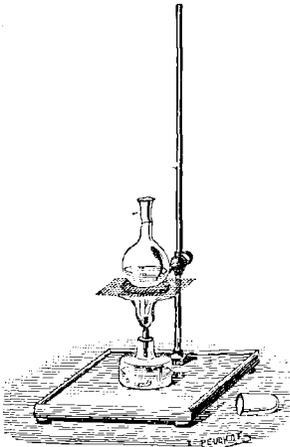


Fig. 31.

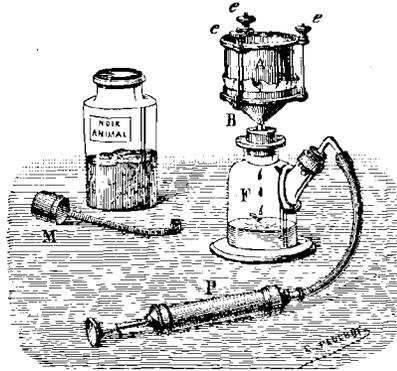


Fig. 32.

fourni par la vigne. Pour obtenir, par cette analyse, la totalité des deux sucres, il faut transformer le sucre cristallisable en *glucose* ou *sucre de raisin* au moyen de l'*inversion* (1).

Voici comment on procède :

Quand les 10 centimètres cubes de moût sur lesquels on doit opérer sont versés dans le ballon de 250 centimètres cubes, on y ajoute 4 ou 5 gouttes d'acide chlorhydrique fumant, pur et concentré; on pose le ballon sur l'anneau du support (fig. 31), en ayant soin d'intercaler, entre l'anneau et le fond du ballon, une toile métallique qui modère l'action de la flamme, et l'on amène le moût à l'ébullition en le laissant bouillir pendant trois minutes. Après cette simple opéra-

(1) Les mots *inversion* et *inverti* proviennent du changement que le sucre cristallisable éprouve dans son action sur la lumière polarisée : avant l'inversion, ce sucre faisait tourner à *droite* le plan de polarisation de la lumière, tandis qu'après l'inversion, il le fait tourner à *gauche*.

tion, le sucre cristallisable ajouté au moût est *interverti*, c'est-à-dire qu'il est transformé en sucre de raisin. Quand le ballon est refroidi, on le remplit jusqu'au trait de jauge, 250 centimètres cubes, avec de l'eau distillée, on agite le liquide en retournant le ballon sens dessus dessous après en avoir fermé le col avec le doigt, et enfin on termine l'opération comme nous l'avons dit dans le chapitre précédent.

Supposons qu'il ait fallu verser 7<sup>cc</sup>,2 de liquide interverti puis dilué au 25<sup>e</sup> pour décolorer les 10 centimètres cubes de liqueur bleue. Nous cherchons, dans la première colonne de la table II du *Dosage du sucre par l'analyse chimique*, le chiffre 7<sup>cc</sup>,2, et, en face, dans la *seconde* colonne de la même table, portant le titre : *Sucre de cannes, grammes par litre*, nous trouvons 6<sup>gr</sup>,60, ce qui veut dire qu'un litre du liquide dilué contient une quantité de sucre équivalente à 6<sup>gr</sup>,60 de sucre cristallisable par litre, et  $6,60 \times 25 = 165$  grammes de matière réductrice par litre; en outre, 165 — 1 gramme pour l'action des sels réducteurs, nous laisse 164 grammes de sucre fermentescible par litre de vin.

## ESSAI DU VIN FERMENTÉ AVANT LE TIRAGE

Quand le moût de raisin contenu dans les tonneaux a passé l'hiver dans les celliers, la fermentation s'est accomplie tout doucement; aussi, au printemps, tout le sucre *devrait* être transformé en alcool et en acide carbonique; mais, ainsi que nous avons eu l'occasion de le dire, il en est rarement ainsi, et une fraction, souvent notable, du sucre ajouté à la vendange reste dans le vin. Ce dernier contient donc presque toujours, avant le tirage, encore quelques grammes de sucre non fermenté.

Pour déterminer ce poids de sucre, il faut employer le vin pur et sans le diluer avec de l'eau.

Qu'il soit rouge ou blanc, le vin fermenté contient toujours une certaine proportion de matière colorante qui s'est développée, lors de la fermentation, et qui devient verdâtre par l'action de l'alcali contenu dans la liqueur de Fehling; cette matière colorante gêne l'opération et rend le moment de la disparition de la couleur bleue très incertain. Il faut donc, avant toute autre opération, décolorer le vin; c'est ce que nous allons faire au moyen d'un appareil spécial que nous appelons *filtre à suction* (fig. 32).

Ce filtre se compose de trois parties distinctes : 1<sup>o</sup> l'entonnoir filtre AB; 2<sup>o</sup> le flacon réceptif F, et 3<sup>o</sup> la pompe aspirante P. On

sépare le corps cylindrique A de l'entonnoir B, en desserrant les trois écrous *e*; on introduit une feuille de papier à filtrer entre le corps cylindrique et l'entonnoir, on serre les écrous et l'on fixe l'entonnoir au moyen du bouchon de caoutchouc sur le flacon F. On verse dans le filtre une mesure M de noir animal pulvérisé (1), on mélange avec le noir 50 centimètres cubes du vin à essayer, on agite au moyen d'une baguette de verre et on laisse filtrer. Si on laissait le vin filtrer naturellement au travers du noir, l'opération serait fort longue: elle ne se terminerait probablement jamais; pour aller plus vite, on adapte à la tubulure du flacon un bouchon de caoutchouc relié à la pompe aspirante P. En mettant le piston de la pompe en mouvement, on aspire l'air contenu dans le flacon; la pression atmosphérique comprime le vin sur le noir et active la filtration, aussi le vin passe-t-il instantanément dans le flacon.

Le vin recueilli dans le flacon F est parfaitement incolore; mais, par le fait de son passage au travers du noir, il a perdu une certaine proportion de son sucre, lequel a été absorbé par le noir lui-même. On rejette ce vin appauvri, et, sans rien changer au noir dont le filtre est chargé, noir qui maintenant est saturé de sucre et n'en absorbera pas davantage, on verse de nouveau sur le filtre 50 centimètres cubes de vin, on aspire au moyen de la pompe P, et le vin, qui tombe maintenant dans le flacon F, est recueilli, car il est décoloré sans avoir subi aucune modification dans sa richesse saccharine. C'est avec ce vin que nous allons opérer.

Nous avons dit que ce vin, ne contenant que quelques grammes de sucre par litre, pouvait être employé pur; dès lors nous en remplissons la burette B (fig. 30) jusqu'à la division 0. Nous versons 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling dans la capsule de porcelaine C, nous y ajoutons autant d'eau et 2 ou 3 pastilles de potasse caustique; nous faisons bouillir et, lors de l'ébullition, nous laissons couler goutte à goutte dans la capsule le vin contenu dans la burette jusqu'à la disparition complète de la couleur bleue, ainsi que nous l'avons expliqué dans le chapitre précédent.

Supposons qu'il ait fallu verser 10<sup>cc</sup>,5 de vin dans la capsule: nous cherchons dans la table et dans la colonne du *sucre de cannes*, en face le chiffre 10,5 de la première colonne, nous trouvons 4<sup>gr</sup>,52, ce qui veut dire que le vin soumis à l'expérience contient encore 4 grammes et 52 centigrammes de sucre par litre. Mais, pour que ce chiffre soit plus rigoureux et applicable au sucre fermentescible, il convient d'en déduire 1 gramme pour l'action de la matière réduc-

(1) Ce noir, réduit en poudre fine, doit être bien pur et avoir été soigneusement lavé à l'acide chlorhydrique d'abord et ensuite à l'eau distillée, puis desséché.

trice, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, et il nous reste 4,52 — 1 = 3<sup>gr</sup>,52 de sucre fermentescible par litre de vin.

Nous venons de décrire l'opération telle qu'elle s'effectue le plus souvent, mais il arrive quelquefois que la réaction du vin sur la liqueur bleue ne se produit pas aussi facilement; nous voulons parler du moment précis de la disparition de la couleur bleue, lequel n'est pas toujours facile à saisir; il arrive parfois que le vin, par sa propre composition, donne au précipité rouge d'oxydule de cuivre une ténuité, une forme floconneuse qui le maintient en suspension au sein du liquide, de sorte que la poudre rouge ne se précipitant pas au fond de la capsule, le liquide ne s'éclaircit pas et il est impossible de distinguer s'il est vert, bleu ou blanc (1); c'est alors qu'il faut

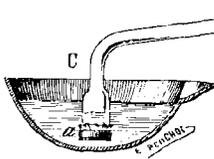


Fig. 33.

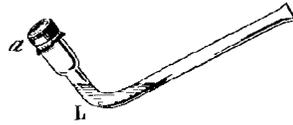


Fig. 34.

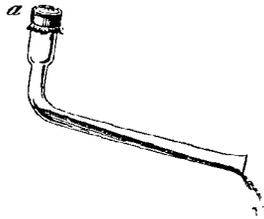


Fig. 35.

recourir à un petit artifice qui vient à bout de cette difficulté: on a recours à la *pipette-filtre* que nous allons décrire :

Ce petit appareil se compose d'une sorte de pipe en verre dont le fourneau *a* (fig. 34) se ferme au moyen d'un petit disque de papier à filtrer; on serre sur son orifice deux disques superposés de papier à filtrer fin, au moyen de l'anneau *a*. Quand la liqueur bleue ne s'éclaircit pas, on plonge le filtre de la pipette au sein de la capsule (fig. 33) et on l'en retire quelques instants après. Il s'est introduit dans le fourneau de la pipe, au travers du papier, quelques gouttes de liquide qui sont bien claires et privées de poudre rouge; on relève la pipette, on la retourne dans la position de la figure 34 et le peu

(1) Il semble que ce soit à la matière organique albumineuse ou gélatineuse, connue sous les noms de gliadine, glutine, zyméose, zyméprotéine, etc., qu'il faille attribuer cette action sur la liqueur de Fehling.

de liquide filtré s'écoulant dans la courbure L laisse voir la véritable couleur de la liqueur. Si la teinte est encore bleue, on incline la pipette au-dessus de la capsule (fig. 35) pour que le liquide qu'elle contient s'échappe par le tuyau, et l'on verse une nouvelle addition de vin dans la capsule jusqu'à ce que la pipette-filtre indique que le contenu de la capsule n'est plus bleu et n'est pas encore jaune.

Notons, pour prévenir toute erreur, que certains papiers à filtrer réduisant par eux-mêmes légèrement les sels de cuivre, il ne faut pas s'en rapporter à la couleur prise par les premières gouttes de liquide qui ont passé dans la pipette, ces premières gouttes peuvent apparaître plus jaunes que de raison; il faut les rejeter dans la capsule et recommencer une nouvelle filtration qui, elle, n'est plus influencée par l'action réductrice du papier, car ce dernier perd bien vite son action sur la liqueur de Fehling.

Le vin que nous venons d'expérimenter contient, nous le savons maintenant, 3<sup>gr</sup>,52 de sucre par litre; il faut, très probablement, attribuer à sa richesse alcoolique très élevée cette proportion de sucre qui a échappé à la fermentation; c'est, nous l'avons déjà dit, une condition défavorable et la preuve d'un excès de sucrage ou d'alcoolisation de la vendange.

Un vin bien fait ne doit plus contenir à l'époque du tirage que quelques traces de sucre, si tant est qu'il en contienne encore; mais pour analyser un vin si pauvre en sucre on ne peut l'employer pur : pour décolorer 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, il faudrait en verser dans la capsule une trop grande quantité. Il est nécessaire de l'additionner de sucre dans une proportion connue, et voici comment on procède :

On prépare, au préalable, une liqueur sucrée auxiliaire composée de 10 grammes environ de sirop de glucose (1) dissous dans 1-litre d'eau. Cette liqueur sucrée, qui n'a pas besoin d'être composée avec précision, doit, au contraire, être *titrée* avec une grande rigueur, et pour cela on procède ainsi que nous l'avons dit pour l'essai du moût (voir p. 141); on introduit cette eau sucrée dans la burette jusqu'à la division 0 sans avoir besoin de la diluer davantage ni de la décolorer; on fait bouillir 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling versés dans la capsule de porcelaine, on y ajoute autant d'eau et 2 pastilles de potasse, et on les décolore en y laissant couler goutte à goutte l'eau sucrée. La décoloration s'effectue toujours très régulièrement et le moment de la disparition de la couleur bleue est très facile à saisir.

(1) Le sirop de glucose ou de froment est très connu aujourd'hui dans le commerce, où il porte souvent le nom de *sirop cristal*.

Supposons qu'il faille 8<sup>cc</sup>,2 d'eau sucrée pour obtenir la décoloration : la table nous fait savoir que ce liquide sucré contient une quantité de sucre équivalente à 5<sup>gr</sup>,79 de sucre cristallisable par litre. Après cette opération préalable, on décolore au noir animal 50 centimètres cubes du vin soumis à l'analyse, en opérant ainsi que nous l'avons expliqué page 145. Puis on procède à la décoloration de 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling. Quand cette dernière est en ébullition, on y verse 10 centimètres cubes de vin décoloré, mesurés au moyen d'une pipette, on ramène l'ébullition et l'on observe l'apparence de la capsule; généralement la teinte bleue n'a pas entièrement disparu; c'est alors qu'intervient la liqueur sucrée auxiliaire. La burette étant remplie jusqu'au 0 de cette liqueur, on la fait couler goutte à goutte dans la capsule, et, si le liquide ne s'éclaircit pas convenablement, on a recours à la *pipette-filtre*, ainsi que nous l'avons expliqué page 147. Enfin, quand le cuivre est entièrement précipité et que le contenu de la capsule ne présente plus de couleur bleue et pas encore de teinte jaune, on lit sur la burette le volume de liqueur sucrée auxiliaire qui a été versé, soit 3<sup>cc</sup>,6.

Pour déduire des chiffres que nous venons d'obtenir le poids de sucre contenu dans un litre de vin, il faut calculer comme il suit :

$$x = 4,75 - \frac{5,79 \times 3,6}{10} = 2^{\text{gr}},67.$$

ce qui revient à multiplier 5<sup>gr</sup>,79, richesse saccharine de la liqueur auxiliaire, par 3<sup>cc</sup>,6, volume de cette liqueur qui, avec 10 centimètres cubes de vin, décolore les 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, et diviser le produit par 10 centimètres cubes, volume du vin sur lequel on a opéré = 2<sup>gr</sup>,08, et enfin retrancher 2,08 de 4,75 = 2<sup>gr</sup>,67 de sucre par litre.

Si nous déduisons de 2<sup>gr</sup>,67 le chiffre 1 gramme que nous appliquons à la matière dite réductrice, il nous reste 1<sup>gr</sup>,67 de sucre fermentescible contenu dans un litre de vin.

L'analyse que je viens de décrire s'applique au vin fermenté tel qu'il se présente au moment du tirage; mais, j'ai dit (pages 35 et 60) qu'il est avantageux de sucrer légèrement le vin, peu de jours avant le tirage, afin d'exalter la vitalité du ferment et de réduire la durée de la fermentation; notre vin, lorsque nous en ferons l'analyse saccharine, contiendra donc un peu plus de sucre que nous ne l'avons supposé tout à l'heure, puisque nous l'aurons déjà additionné d'une faible quantité de liqueur. Bien qu'une certaine partie de cette liqueur se soit déjà transformée en alcool et en acide carbonique, il pourrait arriver que notre analyse accusât un poids de sucre un peu plus fort que nous ne venons de le supposer dans l'exemple précédent; mais

peu importe, le mode opératoire reste le même, à cela près que si le vin est assez sucré pour être versé pur dans la liqueur de Fehling, l'emploi de la liqueur auxiliaire est inutile et l'essai est pratiqué comme il est décrit page 145.

## ESSAI DU VIN DE TIRAGE

### PRÊT A ÊTRE MIS EN BOUTEILLES

Nous savons que la pression développée dans les bouteilles par le dégagement de l'acide carbonique varie non seulement avec la proportion de sucre dissous dans le vin, mais aussi avec le pouvoir absorbant du vin par le gaz; nous avons appris, page 47, le moyen de mesurer ce *coefficient d'absorption*. Supposons qu'il soit 0,950 et que nous voulions obtenir, dans nos bouteilles, une pression de 5 atmosphères. Ainsi que nous l'avons expliqué, il faut dégager au sein du vin  $5 \times 0,950 = 4^{\text{lit}},75$  de gaz par litre de vin, ce qui exige

$$\frac{4,75}{0,247} = 19^{\text{gr}},23 \text{ de sucre.}$$

L'essai préalable que nous avons déjà fait subir au vin de notre cuvée (voir page 145), nous a démontré que ce vin contient encore  $3^{\text{gr}},52$  de sucre; nous devons, dès lors, ajouter à notre cuvée  $19^{\text{gr}},23 - 3^{\text{gr}},52 = 15^{\text{gr}},71$ , de sucre par litre de vin.

Généralement, cette addition de sucre se fait au moyen d'une *liqueur* qu'on verse en proportion déterminée dans les foudres contenant le vin de tirage; cette liqueur de tirage est elle-même préparée, le plus souvent, en faisant dissoudre du sucre candi dans du vin, dans la proportion de 500 grammes par litre. Cette préparation de la liqueur est faite sur une grande échelle au moyen de balances peu sensibles, et surtout dans des barriques dont la capacité n'est qu'approximativement connue, aussi sa richesse saccharine n'est jamais rigoureusement obtenue. Habituellement, on sucre le vin de tirage en admettant que le titre de la liqueur est exact, puis on vérifie le titre saccharin du vin lui-même. Voici comment cette vérification doit être pratiquée :

On décolore au noir animal 50 centimètres cubes de vin, et on l'*intervertit* (voir page 144). Pour cela, on en mesure 25 centimètres cubes au moyen d'une pipette, on les verse dans un ballon jaugé de 100 centimètres cubes; on y ajoute 4 ou 5 gouttes d'acide chlorhydrique pur, on fait bouillir pendant 3 minutes (fig. 36), on laisse refroidir, puis on remplit le ballon jusqu'au trait 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée; on agite, et on possède enfin du vin

décoloré qui ne contient que du sucre de raisin dilué dans le rapport de 1 à 4 et qui, par conséquent, contient 4 fois moins de sucre que le vin lui-même.

On remplit la burette graduée avec ce liquide sucré, et on décolore 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling en suivant les prescriptions indiquées plus haut. Supposons qu'il ait fallu verser dans la capsule 9<sup>cc</sup>,4 de vin pour décolorer les 10 centimètres cubes de liqueur bleue; la table du dosage chimique du sucre nous dit que chaque litre de vin dilué au quart contient 5<sup>gr</sup>,05 de sucre cristallisable par litre, et, en multipliant 5,05 par 4, nous trouvons 20<sup>gr</sup>,20 pour le

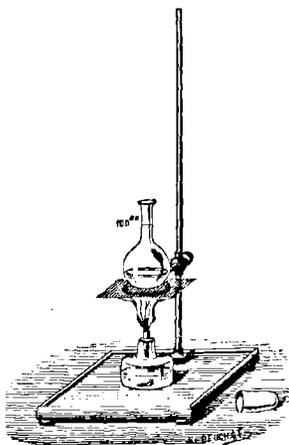


Fig. 36.

pouvoir réducteur du vin pur. Mais si nous déduisons de ce dernier chiffre 1 gramme, afférent aux sels réducteurs, il nous reste 19<sup>gr</sup>,20 de sucre cristallisable par litre de vin, ce qui confirme l'exactitude de la préparation de la liqueur de tirage.

Il va sans dire que si le vin contenait plus ou moins de sucre que les 19<sup>gr</sup>,23 obligatoires, il devrait être allongé avec du vin non sucré ou, au contraire, il recevrait une addition de liqueur supplémentaire dans la proportion voulue.

## VÉRIFICATION DU TITRE DE LA LIQUEUR DE TIRAGE

Nous venons de dire que le vin de tirage reçoit, au moment de sa mise en bouteilles, une addition de liqueur sucrée proportionnée au volume de gaz acide carbonique nécessaire pour le faire mousser. Nous avons dit aussi que cette liqueur de tirage contenait générale-

ment 500 grammes de sucre cristallisable par litre; mais, eu égard à la difficulté de préparer de grands volumes de vin sucré avec le degré de précision nécessaire, il est fort utile de vérifier le titre de cette dissolution avant de la mélanger avec le vin lui-même.

Pour effectuer cette vérification, on mesure avec soin, et au moyen d'une pipette exactement jaugée, 10 centimètres cubes de liqueur qu'on introduit dans une carafe jaugée de 1 litre; on y ajoute de l'eau distillée au 1/5 environ de la capacité de la carafe, ainsi que 5 ou 6 gouttes d'acide chlorhydrique. La carafe posée sur une toile métallique recouvrant un fourneau, on fait bouillir le liquide sucré pendant 3 ou 4 minutes; après cette ébullition, on laisse refroidir, puis on complète le volume de 1 litre au moyen d'eau distillée; on agite et on procède à la décoloration de 10 centimètres cubes de liqueur bleue en versant, au moyen de la burette graduée, le liquide sucré dans la capsule de porcelaine.

Soit 9<sup>ce</sup>,5 le volume de liqueur qu'il a fallu verser dans la capsule; nous cherchons dans la table le chiffre qui se trouve en face 9,5 dans la colonne du sucre de cannes; nous trouvons 5 grammes, lesquels représentent le poids du sucre contenu dans la liqueur diluée, et comme cette dilution est au centième, puisque nous avons amené 10 centimètres cubes de liqueur sucrée au volume de 1,000 centimètres cubes, nous multiplions 5 grammes par 100, ce qui nous donne 500 grammes de sucre cristallisable contenu dans 1 litre de la liqueur de tirage.

## DOSAGE DU SUCRE DANS LE VIN BRUT

Si le tirage a été bien conduit, si la pression fixée par avance, pour la tension que le gaz doit exercer dans les bouteilles, est exactement obtenue, tout le sucre doit être fermenté et le vin n'en doit plus contenir. Cette constatation expérimentale ne manque pas d'intérêt, car elle est en réalité le critérium de nos théories et de nos opérations. Il faut donc contrôler, par l'analyse chimique, l'indication de l'aphromètre fixé sur une bouteille de vin brut et tenir compte de la quantité de sucre que le vin peut encore contenir.

Il s'agit, c'est évident, de ne doser qu'une très petite proportion de sucre; dès lors il faut opérer comme nous l'avons indiqué page 145: décolorer le vin par le noir animal; en verser 10 centimètres cubes dans la capsule avec 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling, 10 centimètres cubes d'eau et 2 pastilles de potasse; puis terminer la décoloration bleue au moyen d'une liqueur sucrée auxiliaire et enfin calculer ainsi que je l'ai expliqué page 149.

Supposons que le vin contienne encore 2 grammes de sucre par litre, déduction faite de l'action de la matière réductrice. Ces 2 grammes de sucre fermenteront en cave, par la suite, et disparaîtront sans aucun doute à leur tour; mais la pression actuelle du vin en est diminuée d'autant : 2 grammes de sucre fournissent  $0^{\text{lit}},247 \times 2 = 0^{\text{lit}},494$  de gaz acide carbonique, et si le pouvoir absorbant de notre vin est 0,950, il en résultera une augmentation de pression de 0,950 divisé par  $0^{\text{lit}},494 = 0^{\text{atm}},19$ ; dès lors, la pression de notre vin augmentera encore de 2 dixièmes d'atmosphère.

## DOSAGE DU SUCRE

### CONTENU DANS LE VIN D'EXPÉDITION

Il ne s'agit plus ici de vin de tirage; notre vin brut est terminé, nous avons obtenu la pression voulue, le vin descendu en cave et mis sur pointe s'est éclairci, son dépôt sec et pulvérulent s'est déposé sur le bouchon; il ne reste plus qu'à dégorger le vin, lui ajouter la dose de liqueur d'expédition et coiffer les goulots des bouteilles d'un capuchon argenté ou doré pour qu'il puisse être expédié au consommateur. Mais cette dernière dose de liqueur, qui joue un si grand rôle sur la saveur du vin, doit varier dans une proportion considérable suivant le goût du consommateur : depuis l'Anglais qui veut du vin sec, *very dry*, contenant à peine 15 grammes de sucre par litre, jusqu'au Russe qui boit du vin en contenant plus de 100; toutes les doses de sucre sont usitées pour l'expédition du vin de Champagne.

On sait que c'est encore au moyen d'une liqueur, dite *d'expédition*, qu'on sucre le vin. Cette liqueur, composée généralement de vin contenant 750 grammes de sucre par litre, est ajoutée au vin brut depuis 2 jusqu'à 15 centilitres par bouteille de vin. Si l'on voulait déterminer la richesse saccharine d'un vin d'expédition pour reproduire un autre vin sucré à la même dose, il faudrait opérer comme nous l'avons expliqué à propos du vin de tirage, mais en allongeant le vin avec de l'eau dans une telle proportion qu'il contienne de 3 à 6 grammes de sucre par litre. Sans avoir besoin de décrire encore une fois tous les détails de cette analyse, je la résumerai comme suit :

Décolorer 50 centimètres cubes de vin par le noir animal, allonger ce vin décoloré avec de l'eau, suivant qu'il est plus ou moins sucré. Si l'on suppose qu'il a été opéré de 2 à 5 % avec une liqueur contenant 750 grammes de sucre par litre, on versera 20 centimètres cubes de vin mesurés avec une pipette dans un ballon de 100 centimètres cubes.

Si le vin est opéré de 5 à 10 %, on n'emploiera que 10 centimètres cubes de vin.

Si l'opération s'est élevée de 10 à 15 %, on n'en versera dans le ballon que 5 centimètres cubes.

Le vin, ainsi mesuré dans le ballon, sera interverti par l'ébullition avec 3 ou 4 gouttes d'acide chlorhydrique; on le laissera refroidir et on complétera le volume de 100 centimètres cubes avec de l'eau. On obtiendra ainsi un liquide sucré qui sera 5 fois, 10 fois ou 20 fois moins sucré que le vin, suivant qu'on aura employé 20, 10 ou 5 centimètres cubes de vin.

On remplit la burette avec ce vin décoloré et dilué et on décolore 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling dans la capsule de porcelaine.

Supposons qu'il ait fallu 11<sup>cc</sup>,2 de liquide sucré pour faire disparaître la couleur bleue, la table nous fait savoir que le vin dilué contient 4<sup>gr</sup>,24 de sucre par litre, et si le vin a été réduit au 5<sup>e</sup>, au 10<sup>e</sup> ou au 20<sup>e</sup>, il contiendra 4<sup>gr</sup>,24 multiplié par 5, 10 ou 20, soit 21<sup>gr</sup>,20, 42<sup>gr</sup>,40 ou 84<sup>gr</sup>,80 de sucre par litre.

# DOSAGE DE L'ALCOOL CONTENU DANS LES VINS

AU MOYEN DE

## L'ÉBULLIOMÈTRE DE J. SALLERON

---

La richesse alcoolique des vins est déterminée, avec une très grande précision, au moyen de l'alambic d'essai qui porte mon nom; cet appareil se trouve, d'ailleurs, dans tous les celliers; mais on peut simplifier beaucoup cette expérience et opérer avec une plus grande rapidité au moyen du nouvel instrument que je vais décrire. Cet appareil dose l'alcool contenu dans le vin en déterminant sa température d'ébullition, et c'est justement cette mise en œuvre de la température d'ébullition des liquides alcooliques qui a valu à ce nouvel alcoomètre le nom d'*Ébulliomètre*.

Aujourd'hui, l'essai alcoométrique d'un vin s'effectue en cinq minutes et avec une grande exactitude.

### **Description de l'Ébulliomètre.**

L'Ébulliomètre se compose d'une chaudière métallique dans laquelle on verse le liquide soumis à l'expérience; cette chaudière est enfermée dans le fourneau AB (fig. 37) qui la protège contre le rayonnement extérieur et augmente la rapidité du chauffage. Un condenseur, renfermé dans un réfrigérant CD qui surmonte la chaudière, condense les vapeurs alcooliques qui s'échappent du vin et maintient l'uniformité de la température du liquide en ébullition.

Un thermomètre T, divisé sur verre par dixièmes de degré centigrade, est fixé, au moyen d'un bouchon de caoutchouc, dans la tubulure *t* de la chaudière, son réservoir plonge au sein du liquide chauffé.

Une lampe à alcool L est introduite sous le fourneau, sa flamme chauffe directement le fond de la chaudière; cette lampe est accompagnée d'une provision de mèches appropriées.

Une échelle *ébulliométrique* à coulisse a pour objet de transformer en richesses alcooliques les températures accusées en degrés centigrades par le thermomètre T.

Un tube de verre gradué en 100 parties sert à mesurer le volume du liquide sur lequel on doit opérer.

On verse dans la chaudière 15 centimètres cubes d'eau mesurés au moyen du tube gradué, et l'on introduit dans la tubulure *l* le thermomètre *T* qui ferme la chaudière; on allume la lampe à alcool *L* et l'on pose le fourneau *AB* par-dessus la lampe. Après trois minutes le thermomètre s'arrête en mesurant la température d'ébullition de l'eau, on lit l'indication du thermomètre, soit 100 degrés et 1 dixième.

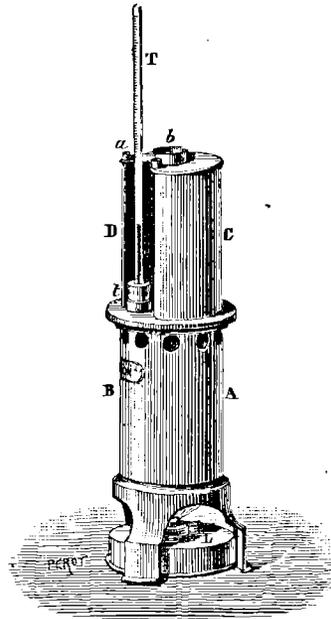


Fig. 37.

On renverse l'appareil pour vider l'eau que contient la chaudière, et l'on introduit à sa place 50 centimètres cubes du vin soumis à l'expérience; on remplit d'eau froide le réfrigérant *CD* par l'ouverture *b*, et l'on fixe le thermomètre dans sa tubulure. Après cinq minutes, la colonne thermométrique s'arrête de nouveau et marque, nous le supposons, 91°,7. L'opération est terminée.

Au moyen de l'échelle ébulliométrique, on transforme la différence entre 100°,1, température d'ébullition de l'eau, et 91°,7, température d'ébullition du vin, en richesse alcoolique: on trouve 11°,5, ce qui veut dire que le vin essayé contient 11°,5 % d'alcool pur.

## DOSAGE DE L'ACIDITÉ TOTALE DU VIN

---

Il ne faudrait pas croire que l'acidité du vin a seulement pour résultat de lui donner cette fraîcheur qui est particulièrement estimée dans les vins de Champagne. Les acides végétaux que le vin contient en si grand nombre jouent, dans la vinification, un rôle plus complexe; ils concourent à la conservation du vin et à son amélioration successive; c'est ainsi que l'acide tannique précipite les composés organiques gélatineux, agents actifs de décomposition; que les acides tartrique, malique, acétique, succinique, etc., par leur combinaison avec l'alcool, donnent naissance aux éthers et aux parfums. Enfin, ces mêmes acides, en augmentant la solubilité du vin pour certaines combinaisons organiques, semblent empêcher la formation des précipités connus sous les noms de masques, barres, vins bleus, etc. Mais ici encore l'excès est nuisible, et si l'acidité dépasse une certaine limite, le vin devient vert et dur et perd une grande partie de sa valeur; nous avons eu l'occasion, en parlant de l'action des acides du vin sur la solubilité du tannate de gélatine, de dire que le vin de tirage devait contenir un poids d'acide égal à 5 grammes environ d'acide sulfurique par litre, mais il ne saurait dépasser cette limite sans inconvénient (voir page 26).

Je vais décrire le procédé acidimétrique au moyen duquel cette analyse est rendue facile et précise.

On prépare d'abord deux liqueurs titrées, dont l'une contient de l'eau distillée et 6<sup>gr</sup>,125 d'acide sulfurique pur par litre; l'autre est une dissolution de sucrate de chaux ou tout simplement de l'eau de chaux, titrée de telle sorte que ces deux liqueurs acide et alcaline se neutralisent réciproquement sous des volumes *à peu près* doubles l'un de l'autre; un volume de liqueur acide pour deux de liqueur alcaline.

Avant de faire un dosage, il faut d'abord titrer les deux liqueurs, c'est-à-dire déterminer les volumes exacts sous lesquels elles se neutralisent. Voici comment on opère : dans un vase en verre bien mince et bien blanc (fig. 38), on verse 20 centimètres cubes de la liqueur alcaline, mesurés au moyen d'une pipette jaugée; on ajoute,

dans le même verre, une goutte de teinture alcoolique de *phthaléine du phénol*, matière colorante qui constitue un réactif alcalimétrique très sensible; le mélange devient rouge. Au moyen de la burette graduée, préalablement remplie de la liqueur acide, on laisse couler goutte à goutte la dissolution d'acide sulfurique dans l'eau alcaline en agitant le verre sans interruption; la couleur rouge, qui n'avait pas changé de couleur tant que le liquide était franchement alcalin, commence à pâlir; chaque goutte qui s'écoule de la burette diminue l'intensité de la couleur rouge, elle devient rose, puis rose pâle, enfin, une seule goutte suffit pour faire disparaître la dernière trace de rose et rendre le liquide absolument incolore.

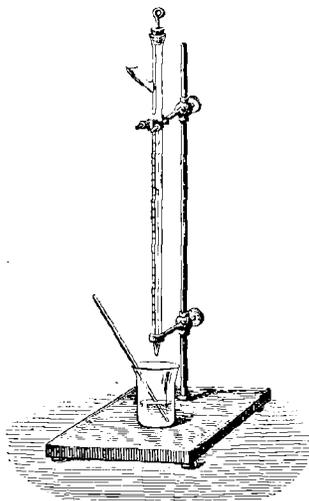


Fig. 38.

On note le volume de liqueur acide versée par la burette, soit 9 centimètres cubes.

On recommence la même expérience, mais en remplissant la burette, non plus avec de l'acide sulfurique, mais avec le vin à essayer. On verse de nouveau 20 centimètres cubes de liqueur alcaline dans le verre, on y ajoute une goutte de teinture de *phthaléine du phénol*, le mélange devient rouge. On laisse couler goutte à goutte le vin de la burette jusqu'à la disparition complète de la couleur rose. Le vin qu'on ajoute à la liqueur alcaline ayant par lui-même une couleur jaune, le mélange, après la décoloration rose, ne devient plus blanc, mais jaune clair; aussi doit-on surveiller le moment précis où une seule goutte de vin, tombant dans le vase, suffit pour enlever toute teinte rosée au jaune clair du vin.

Soit 11<sup>cc</sup>,8 le volume de vin qu'il a fallu verser pour neutraliser les 20 centimètres cubes de liqueur alcaline.

Nous obtenons l'acidité totale du vin, c'est-à-dire le poids d'acide qu'il contient par litre, en multipliant 6,125 par 9 centimètres cubes et en divisant le produit par 11,8 = 4<sup>gr</sup>,67, ce qui veut dire que le vin expérimenté contient, par litre, une quantité d'acide équivalente à 4<sup>gr</sup>,67 d'acide sulfurique pur.

L'expérience peut être effectuée en changeant l'ordre dans lequel les liqueurs sont versées l'une dans l'autre; ce qui, dans certaines circonstances, peut faciliter l'appréciation du moment de la neutralisation du vin par la liqueur alcaline. En effet, si l'on verse le vin dans la liqueur alcaline colorée en rouge, il faut, ainsi que je l'ai décrit plus haut, distinguer le moment de la disparition de la couleur rose, tandis qu'au contraire, si l'on verse la liqueur alcaline dans le vin, il faut saisir l'apparition d'une légère teinte rose persistante; or il est des observateurs dont les yeux apprécient plus facilement le passage du jaune au rose que celui du rose au jaune; ceci est une question purement physiologique : aussi chaque expérimentateur devra choisir celui des modes opératoires qui lui conviendra le mieux.

Dans le cas où l'on préférerait verser la liqueur alcaline dans celle acide, voici comment il faudrait opérer : on verse dans le vase de verre mince 10 centimètres cubes de la liqueur acide titrée à 6<sup>gr</sup>,125 d'acide sulfurique par litre; on y ajoute une goutte de teinture de phtaléine du phénol; le liquide reste incolore. Avec la burette graduée, on verse goutte à goutte la liqueur alcaline; supposons qu'il en faille 22<sup>cc</sup>,2 pour obtenir une légère teinte rose persistante.

On recommence l'opération en versant dans le vase 10 centimètres cubes de vin avec une goutte du réactif coloré; le vin reste jaune clair; on ajoute avec la burette la liqueur alcaline; il en faut 17 centimètres cubes pour que le vin prenne une très légère teinte rosée.

On multiplie 6,125 par 17 et l'on divise le produit par 22,2. On trouve 4<sup>gr</sup>,67 qui représentent le poids d'acide contenu dans un litre de vin, cet acide étant évalué en acide sulfurique.

J'ai dit, page 28, que le vin, pour ne pas masquer les bouteilles, doit contenir, en moyenne, un poids d'acide équivalent à 5 grammes d'acide sulfurique par litre, et que la liqueur d'expédition, avec laquelle le vin brut est sucré, doit posséder une acidité égale, afin d'éviter le précipité qui donne au vin opéré l'opalescence connue sous le nom de *vin bleu*. Si le vin de tirage ou la liqueur d'expédition devaient recevoir une dose d'acide supplémentaire, il faudrait

nécessairement choisir l'acide végétal qui s'harmoniserait le mieux avec leur propre nature. Si les acides citrique ou tartrique devaient être employés, voici comment il faudrait calculer la dose nécessaire de chacun d'eux pour amener le vin ou la liqueur à l'acidité moyenne de 5 grammes d'acide sulfurique par litre. Les équivalents des acides citrique, tartrique et sulfurique étant différents entre eux, il faudrait multiplier le poids d'acide qu'on voudrait ajouter au vin par un coefficient qui est 1,367 pour l'acide citrique, et 1,536 pour l'acide tartrique.

Exemple :

L'acidité du vin qu'on va tirer est 4<sup>gr</sup>,67 par litre. On veut l'amener à 5 grammes.

$5 - 4,67 = 0,33$  d'acide sulfurique qui manque et  $0,33 \times 1,367 = 0,451$  d'acide citrique qu'il faut ajouter à chaque litre de vin.

Et si l'on voulait faire usage d'acide tartrique :  $0,33 \times 1,536 = 0,507$  d'acide tartrique par litre.

## DÉTERMINATION DU POIDS DE TANNIN

DONT LE VIN DOIT ÊTRE ADDITIONNÉ

Le vin, avant le collage qui précède sa mise en bouteilles, reçoit une addition de tannin devant insolubiliser les matières albumineuses qui produisent la maladie de la graisse (voir p. 23). J'ai cité l'opinion de M. F. Jean qui attribue à l'acidité du vin la solubilité du tannate de gliadine, ce qui expliquerait la production des *masques* par une insolubilisation incomplète de ces mêmes matières organiques.

Le dosage de la quantité de tannin nécessaire pour insolubiliser la gliadine, ainsi que la colle de poisson qui sert à clarifier le vin, est donc bien utile; malheureusement cette analyse est assez délicate et quelque peu compliquée; c'est probablement à la difficulté de sa manipulation qu'il faut attribuer l'arbitraire avec lequel le tannin est employé quant à sa proportion. Le vin de Champagne reçoit habituellement une dose de tannin qui varie entre 0<sup>gr</sup>,050 et 0<sup>gr</sup>,075 par litre (10 à 15 grammes par barrique), sans qu'on sache sur quoi ces chiffres sont basés et s'ils sont trop faibles ou trop forts.

Voulant publier le procédé de dosage de tannin le plus exact et le plus pratique qui existe aujourd'hui, je me suis adressé à M. Jean Pi, de Perpignan, le seul de nos chimistes œnologues qui, à ma connaissance, parvienne à doser avec exactitude le principe astringent des vins. Avec une complaisance et une libéralité dont je suis heureux de lui témoigner ici toute ma gratitude, M. Pi m'a enseigné le procédé qu'il emploie et m'a mis à même d'opérer comme il le fait lui-même; je suis heureux de pouvoir, à mon tour, faire profiter mes lecteurs de son expérience.

Il résulte des nombreuses recherches de M. Pi que le procédé imaginé par M. le professeur Carpéné, de Conegliano, perfectionné par quelques améliorations qui lui sont personnelles, est le seul qui donne des résultats concordants; il est vrai qu'il est lent et compliqué; mais, pour mon compte, après l'avoir mis en œuvre, je l'ai trouvé beaucoup plus simple et plus pratique que sa description ne le fait supposer.

M. Carpéné, s'inspirant du procédé de Lowenthal, combine le tannin avec l'acétate de zinc et le précipite à l'état de tannate de zinc insoluble, puis le met en liberté par l'acide sulfurique. Ce tannin pur est alors dosé par le permanganate de potasse et l'indigo.

Il est vrai que l'acétate de zinc précipite aussi la matière colorante et la compte comme tannin, mais tous les autres procédés sont dans le même cas; on n'est pas encore parvenu à séparer ces deux substances; du reste, la matière colorante du vin présente des réactions analogues à celle d'un tannate: les vins les plus tanniques sont toujours les plus colorés. En tous cas, cette cause d'erreur est à peu près nulle dans le cas particulier qui nous occupe, puisque le vin de Champagne est presque complètement privé de matière colorante.

Ce procédé paraît tout d'abord très compliqué, les manipulations qu'il exige semblent interminables; mais, quand tous les ustensiles qui leur sont nécessaires sont bien disposés et commodément installés, toutes ces opérations se succèdent régulièrement et presque toutes seules; elles peuvent être exécutées avec exactitude sans connaissances chimiques spéciales.

Je vais donc décrire avec quelques détails tous les appareils qu'il faut déjà réunir et les liqueurs qu'il faut préparer.

1° Une burette à soupape B (fig. 39) divisée par 1/10 de centimètre cube et montée sur un support S à tablette blanche de faïence;

2° Un bocal en verre blanc V de 2 litres environ de capacité et portant gravé un trait de jauge à 1 litre;

3° Un agitateur composé d'une lame de verre de 25 millimètres de largeur et de 30 centimètres de longueur;

4° Un bain-marie en cuivre A (fig. 40) portant à son sommet une tubulure latérale pour l'échappement de la vapeur. Cette chaudière repose sur un trépied et se trouve chauffée par un bec de gaz G, dont l'orifice est de diamètre variable, afin de chauffer fortement quand il s'agit d'amener l'eau à l'ébullition et, au contraire, de chauffer avec une flamme très faible quand il faut seulement entretenir la production de la vapeur. La chaudière doit contenir une couche d'eau de 3 centimètres environ d'épaisseur;

5° Un vase en verre V à filtrations chaudes de 250 centimètres cubes de capacité;

6° Un petit entonnoir F de 50 millimètres environ de diamètre, à tube capillaire allongé, et une provision de filtres en bon papier fin de 9 centimètres de diamètre;

7° Une bouillotte posée sur un fourneau et remplie d'eau maintenue bouillante pendant toute la durée de l'expérience;

8° Une carafe à col jauge dont la capacité représente 1 litre;

9° Enfin des pipettes exactement jaugées de 5, 10 et 50 centimètres cubes.

D'autre part, il faut préparer les réactifs suivants :

- 1° Solution ammoniacale d'acétate de zinc ;
- 2° Solution de permanganate de potasse ou caméléon minéral ;
- 3° Solution sulfo-indigotique ;
- 4° Acide sulfurique concentré ;
- 5° Ammoniaque pure ;
- 6° Tannin pur cristallisé, préparé par M. Grandval, de Reims.

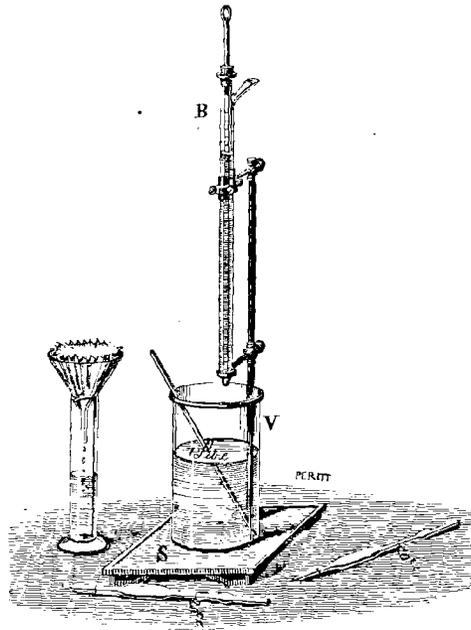


Fig. 39.

**N° 1. Solution d'acétate de zinc.** — On fait dissoudre 4<sup>gr</sup>,5 d'acétate de zinc cristallisé dans un peu d'eau distillée et on y ajoute de l'ammoniaque ; s'il se forme un précipité, on verse encore de l'ammoniaque qui le redissout, puis on étend le liquide au volume de 200 centimètres cubes et l'on filtre,

On possède ainsi une solution faite avec 4<sup>gr</sup>,5 d'acétate de zinc, 30 centimètres cubes environ d'ammoniaque et une quantité d'eau suffisante pour former 200 centimètres cubes. 5 centimètres cubes de cette solution suffisent très largement pour précipiter la dose de tannin dont nous parlerons tout à l'heure :

Ce liquide se conserve très bien dans un flacon bien bouché.

**N° 2. Solution de permanganate de potasse.** — M. Pi a trouvé que 1 milligramme de bon tannin, tel que le prépare M. Grandval (de Reims), demande 0<sup>mill</sup>,558 de permanganate de potasse (caméléon minéral) pour s'oxyder par le procédé de Lowenthal. En conséquence, la solution n° 2 se fera avec 0<sup>gr</sup>,558 de permanganate de potasse cristallisé, dissous dans l'eau distillée; le volume total s'élevant à 1 litre. Un centimètre cube de cette dissolution contiendra 0<sup>mill</sup>,558 de permanganate et correspondra à 1 milligramme de tannin pareil à celui de M. Grandval.

D'une manière absolue l'unité tannique sera un tannin à 0<sup>mill</sup>,558 de permanganate, par milligramme; on évitera ainsi l'intervention d'un tannin étalon mal défini et plus ou moins variable suivant son origine.

La solution de caméléon renfermée dans un flacon bouché à l'émeri, tenu dans une armoire fermée, se conserve très longtemps. Le titre est le même tant que le fond et les parois du flacon restent parfaitement nets, c'est-à-dire tant qu'il n'y a pas de dépôt. Dès qu'il se forme un dépôt quelconque, la solution perd son titre et il faut en préparer une autre.

**N° 3. Solution sulfo-indigotique.** — Mettre dans un flacon de 100 grammes, bouché à l'émeri, 1<sup>gr</sup>,5 d'indigotine pure sublimée; ajouter 30 à 35 grammes d'acide sulfurique pur et attendre quelques jours; on agite de temps en temps en inclinant légèrement le flacon. Quand on juge que l'indigotine est dissoute, on étend cette liqueur avec de l'eau distillée au volume de 1 litre et l'on filtre. Cette liqueur bleue se conserve très bien.

**N°s 4 et 5. L'acide sulfurique concentré et l'ammoniaque** des pharmaciens conviennent parfaitement.

**N° 6. Tannin cristallisé.** — On se procure du tannin pur extrait par l'éther et desséché dans le vide tel que le prépare M. le professeur Grandval, de Reims. Ce tannin peut être considéré comme un produit toujours identique à lui-même, tandis que la plupart des tannins qui se trouvent dans le commerce renferment un poids variable de matières étrangères.

Les dissolutions de tannin s'altérant très rapidement, il faut s'astreindre à peser directement à la balance d'analyse la dose nécessaire à chaque expérience.

**Titration de la solution sulfo-indigotique n° 3.** — Dans le bocal V (fig. 39) on verse 10 centimètres cubes d'acide sulfurique

concentré et 10 centimètres cubes de la liqueur bleue n° 3 qu'on mesure toutes les deux avec des pipettes. Le bocal est posé sur la tablette de faïence blanche S du support de la burette, placé lui-même devant une fenêtre bien éclairée. La burette B est remplie jusqu'au trait 0 de la solution de permanganate n° 2 et, en tournant la clef, on fait tomber lentement et goutte à goutte la liqueur rouge dans le bocal. On agite au moyen d'une lame de verre qui remue énergiquement le liquide; ce dernier, qui était bleu, devient vert, puis jaune vert, puis enfin *jaune orangé* sans trace de vert; la réaction est terminée. La couleur jaune orangé s'accroît à chaque goutte de caméléon versée en plus, mais il ne faut pas la dépasser: Il faut s'exercer à reproduire cette teinte jaune orangé et, pour cela, on varie les conditions de l'expérience: on lève le bocal un peu au-dessus du support, on le laisse reposer, on modifie l'éclairage jusqu'à ce qu'on trouve des nombres concordants; plus tard, pour doser le tannin, on fera la même opération, et toutes les deux devront se faire très exactement dans les mêmes conditions, de sorte que, si une erreur a été commise dans l'appréciation de la teinte lors de la première expérience, elle est annulée par une erreur égale commise dans la seconde. Il faut donc employer, pour les deux expériences consécutives, la même eau, le même éclairage, etc...

Généralement, quand on opère sur 10 centimètres cubes de solution indigotique, il faut, pour obtenir la couleur jaune orangé, laisser écouler de la burette 10 à 11 centimètres cubes environ de la dissolution de permanganate n° 2. Cette proportion est d'ailleurs très convenable. Si la dissolution d'indigo était plus concentrée, il faudrait employer une plus grande quantité de caméléon, ce qui pourrait devenir incommode; dans ce cas particulier, on allonge la solution indigotique avec de l'eau distillée, et voici comment on procède:

On fait un essai préliminaire en versant dans le bocal 10 centimètres cubes de solution indigotique, 10 centimètres cubes d'acide sulfurique, et en amenant la couleur jaune orangé au moyen de la dissolution de caméléon. Supposons qu'il ait fallu 14<sup>cc</sup>,6 de caméléon pour décolorer 10 centimètres cubes d'indigo, nous dirons que 1 centimètre cube d'indigotine = 1<sup>cc</sup>,46 de caméléon. Si à 1 centimètre cube de dissolution d'indigotine nous ajoutons 0<sup>cc</sup>,46 d'eau, la nouvelle solution d'indigotine demandera 1<sup>cc</sup>,46 de caméléon pour 1<sup>cc</sup>,46 d'indigotine, et par suite 10 centimètres cubes d'indigo correspondront à 10 centimètres cubes de caméléon. On opère le coupage en mesurant d'une part 100 parties de solution indigotique n° 3 et d'autre part 46 parties d'eau; on les mélange ensemble et l'on obtient 146 parties de solution bleue dont le degré de dilution est très con-

venable. On recommence un titrage définitif afin d'obtenir un chiffre rigoureux que nous supposons être 10<sup>cc</sup>,2.

**Tannissage du vin.** — Il est convenu que le but de notre analyse n'est pas de doser la proportion de tannin que le vin peut contenir, puisqu'il n'en renferme très probablement pas, mais de déterminer quel est le poids de ce corps astringent dont chaque litre de vin doit être additionné pour insolubiliser toutes les matières gélatineuses et albumineuses, puisque ce sont ces matières qui sont la cause de la maladie de la graisse et qui empêchent le dépôt sec et pulvérulent de se produire dans les bouteilles de vin de tirage.

Il faut donc, tout d'abord, mettre le vin en présence du tannin afin d'obtenir cette insolubilisation et cette précipitation de la gliadine.

On puise un échantillon de vin au centre d'un tonneau afin qu'il présente la composition moyenne de la cuvée, car les différentes couches de la barrique ne sont pas toujours semblables; de plus, ce vin doit être filtré.

On pèse, avec précision, sur une balance accusant le milligramme, 50 milligrammes de tannin cristallisé; on les introduit dans une carafe jaugée de 1 litre; on y ajoute une petite quantité de vin, on agite et, quand le tannin est entièrement dissous, on remplit la carafe jusqu'au trait avec le vin, puis on mélange convenablement.

Après quelques heures, la combinaison s'est opérée : toutes les matières albumineuses sont combinées avec le tannin et en suspension dans le vin; on les sépare par une filtration sur un papier à grain serré.

**Précipitation du tannin à l'état de tannate de zinc.** — Au moyen d'une pipette jaugée, on mesure 50 centimètres cubes de vin tannisé et filtré et on les verse dans une capsule de porcelaine de 85 millimètres de diamètre; on y verse encore 5 centimètres cubes de dissolution d'acétate de zinc n° 1, on mélange les deux liquides et on observe si la couleur du vin a été modifiée. Le mélange doit être alcalin et le vin doit virer au jaune brun; s'il n'en est pas ainsi, on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque.

On porte la capsule sur le bain-marie A (fig. 40), afin d'évaporer la plus grande partie de son contenu; l'eau du bain-marie entrant en ébullition, la vapeur frappe directement le fond de la capsule, et, si l'on a soin de diminuer le diamètre de l'orifice du bec de gaz en même temps qu'on ferme son robinet, la production de la vapeur est très faible et peut durer pendant plusieurs heures sans que le niveau de l'eau baisse

sensiblement dans la chaudière. L'évaporation du vin est lente, il est vrai, mais elle peut être effectuée sans aucun soin, abandonnée à elle-même. On agite seulement, de temps à autre, pendant l'évaporation, ce qui l'accélère et la régularise, en imprimant à la capsule un mouvement circulaire ou transversal qui étend le dépôt.

Quand l'évaporation est suffisante, ce que l'on reconnaît à ce que le volume du vin est réduit au moins des deux tiers, on remplace le vin évaporé par de l'eau chaude, et, enlevant la capsule du bain-marie, on la pose directement sur le bec de gaz afin d'amener son contenu à l'ébullition. Cette dernière, qui doit être très douce, est prolongée pendant une minute environ.

L'eau bouillante de la capsule et son précipité sont versés dans

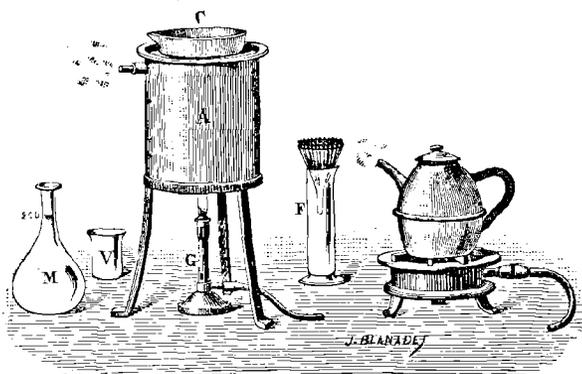


Fig. 40.

un vase de verre mince V; on lave la capsule à l'eau bouillante pour entraîner les particules de tannate de zinc retenues par ses parois et l'on verse également cette eau de lavage dans le vase de verre; on laisse reposer pendant quelques minutes le liquide et son dépôt; celui-ci se précipite rapidement, et, quand il occupe le fond du vase, on peut le décanter au moyen d'une pipette, en ayant soin de n'aspirer aucune parcelle du dépôt; puis on procède à la séparation de ce dernier et des dernières traces de liquide. Pour cette opération, on emploie le petit entonnoir F garni de son filtre de papier, on verse adroitement sur le filtre le liquide et le dépôt, en ayant soin de ne pas perdre la moindre trace de ce dernier. La filtration s'opère très vite et bientôt le filtre contient, à l'état de poudre brune, tout le tannate de zinc; on a eu soin, d'ailleurs, de laver avec de l'eau bouillante, et à plusieurs reprises, le vase de verre et de rejeter ces eaux de lavage sur le filtre afin qu'il ne reste aucune parcelle de dépôt dans

le verre. Enfin, on lave encore le précipité en versant de l'eau bouillante sur le filtre, de sorte que l'on ait employé au moins 1/4 de litre d'eau pour faire tous ces lavages.

On peut alors être assuré que le précipité de tannate de zinc est parfaitement séparé de tous autres corps étrangers. On laisse le filtre s'égoutter, et, quand le papier est assez sec pour être enlevé de l'entonnoir, on le soulève délicatement et, sans perdre de dépôt, on le plonge dans le bocal de verre V (fig. 39) contenant déjà une couche d'eau de quelques millimètres d'épaisseur.

Il faut alors séparer le tannin du zinc avec lequel il est combiné; cette séparation s'effectue au moyen de l'acide sulfurique. Mais la capsule de porcelaine a retenu, sur ses parois, une partie de ce même dépôt de tannate de zinc qu'il faut aussi reporter dans le bocal, et, comme il s'y trouve fortement attaché, nous le dissoudrons ainsi que nous allons le dire.

Nous versons un peu d'eau dans la capsule, puis nous y ajoutons 10 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré, mesurés avec une pipette. L'acide sulfurique décompose le tannate de zinc et met le tannin en liberté; aussi voit-on la couche de tannate qui recouvrait les parois de la capsule se dissoudre rapidement. On verse dans le bocal V l'acide de la capsule, on lave cette dernière à plusieurs reprises avec de l'eau chaude, en ayant soin d'ajouter au contenu du bocal toutes les eaux de lavage. Enfin, quand la capsule est bien lavée, on agite l'eau du bocal et le filtre de papier qui s'y trouve plongé; l'on voit bientôt les dernières traces du précipité de tannate de zinc disparaître. Alors nous avons dans le bocal 2<sup>mill</sup>,5 de tannin que nous avons ajoutés au vin, moins la quantité de ce tannin qui a été absorbée par les matières albumineuses contenues dans 50 centimètres cubes de vin.

Il s'y trouve aussi le zinc de l'acétate de zinc, lequel est combiné avec de l'acide sulfurique, mais il ne gêne pas la dernière opération qu'il nous reste à effectuer.

**Dosage du tannin.** — Nous remplissons le bocal V jusqu'au trait I litre avec de l'eau de la même fontaine que pour le premier dosage; nous y ajoutons 10 centimètres cubes de dissolution d'indigotine n° 3, et nous remplissons la burette B avec la dissolution de permanganate n° 2. En tournant légèrement la clef de la burette, nous laissons écouler cette dernière, doucement et goutte à goutte, dans le bocal, et nous agitions vigoureusement. Comme précédemment, la couleur bleue diminue petit à petit d'intensité; elle tourne au vert, puis au jaune, enfin la teinte verte disparaît et laisse

apparaître le *jaune orangé* (1). Aussitôt que nous avons obtenu cette teinte jaune orangé que nous nous sommes habitués à bien reconnaître, nous arrêtons l'écoulement de la burette et nous lisons le volume de solution de permanganate qui a été employé, soit 10<sup>cc</sup>,7; l'opération est terminée. Il ne nous reste qu'à calculer le poids de tannin qui a été absorbé par le vin, ce qui est très facile.

**Calcul du poids de tannin absorbé par le vin.** — Nous nous rappelons qu'il a fallu 10<sup>cc</sup>,2 de dissolution de permanganate n° 2 pour faire passer à la couleur jaune 10 centimètres cubes de solution d'indigotine n° 3, et 10<sup>cc</sup>,7 de cette même dissolution de permanganate pour faire passer à la même teinte jaune 10 centimètres cubes de dissolution d'indigotine, plus le tannin n'a pas été absorbé par la gliadine, de sorte que 10<sup>cc</sup>,7 — 10<sup>cc</sup>,2 = 0<sup>cc</sup>,5 de permanganate qui ont été détruits par le tannin non décomposé. Nous savons, en outre, que chaque centimètre cube de permanganate correspond à 1 milligramme de tannin pur, de sorte que les 50 centimètres cubes de vin sur lesquels nous avons opéré contiennent encore 0<sup>mill</sup>,5 de tannin, soit 0<sup>mill</sup>,5,  $\times$  20 = 10 milligrammes par litre.

Nous avons tannisé notre vin à raison de 50 milligrammes par litre; s'il ne contient plus que 10 milligrammes de tannin, c'est que la gliadine du vin en a absorbé 50 — 10 milligrammes = 40 milligrammes. Nous devons, dès lors, ajouter au vin de notre cuvée un poids de tannin égal à 40 milligrammes par litre, ou 0<sup>gr</sup>,040  $\times$  200 litres = 8 grammes par pièce.

D'autre part, la colle de poisson que nous ajoutons au vin après le tannissage, pour le clarifier et précipiter son dépôt, absorbera aussi un certain poids de tannin. Nous avons vu, page 25, que ce poids est égal aux 0,8 de celui de l'ichthyocolle qui est employée. Si notre vin doit recevoir, ainsi qu'il est d'usage, 5 grammes de colle par pièce de vin, il faudra, de ce chef, augmenter la dose de tannin de 5  $\times$  0,8 = 4 grammes, de sorte que notre cuvée sera tannisée par un poids *minimum* de 8 grammes + 4 grammes = 12 grammes de tannin par barrique de 200 litres. Quand nous disons un poids *minimum*, c'est parce que cette dose de 12 grammes disparaîtra entièrement lors du collage et que notre vin, mis en bouteilles, n'en contiendra aucune trace.

Le vin ainsi tannisé ne contiendra donc, après le collage et le soutirage qui le séparera de sa lie, ni matières albumineuses ni tannin

(1) La matière colorante du vin qui a été précipitée avec le tannin altere un peu la pureté de la couleur jaune orangé, mais il est encore facile de noter son apparition avec une précision suffisante.

libre ; en cela notre cuvée diffèrera de tous les vins ordinaires non mousseux, car ces derniers conservent toujours un excès de tannin apporté par les rafles, la peau et les pépins du raisin. Ce tannin libre, dont la proportion varie, suivant les crus, depuis quelques décigrammes jusqu'à 3 et 4 grammes par litre (1), doit être considéré comme un agent conservateur qui augmente la résistance du vin et le protège contre plusieurs maladies.

Le vin de Champagne doit assurément son caractère particulier de finesse et de légèreté à l'absence de tannin ; mais, par contre, il est sujet aux accidents que j'ai signalés sous les noms de masques, barres, vins bleus, etc., lesquels sont très probablement produits par la précipitation du tannate qui reste dissous à la faveur des acides. Il n'est pas douteux que ces dépôts de matières visqueuses seraient évités si le vin contenait un léger excès de tannin, mais le vin lui-même en subirait de profondes modifications, principalement quant à l'apparence prise par sa mousse. Si les bulles d'acide carbonique, qui se dégagent après l'explosion et s'élèvent lentement à la surface de la flûte, sont fines et nombreuses ; si, au lieu de crever rapidement à la surface du vin, elles s'étendent en couche écumeuse, c'est assurément grâce à la viscosité particulière que le tannate de gliadine donne au vin dans lequel il est dissous. Si ces corps mucilagineux étaient complètement éliminés, le vin mousserait à la façon de l'eau de Seltz ou de la limonade gazeuze ; l'acide carbonique s'échapperait instantanément ; de même que dans le vin rouge, qui contient toujours des principes astringents, la mousse n'est qu'un feu de paille.

Notre cuvée sera donc tirée sans contenir de gliadine, ni de tannin, mais il nous faudra maintenir l'acidité du vin à un chiffre constant, afin d'éviter la précipitation du tannate de gliadine dissous.

---

(1) M. J. Pi, de Perpignan, a constaté jusqu'à 4<sup>g</sup>,1 de tannin par litre dans du vin rouge de montagne fourni par une jeune vigne de Jacquez.



TABLE I

CORRECTION DE LA TEMPÉRATURE

SUR LA

PRESSION DU VIN MOUSSEUX <sup>(1)</sup>

Pression mesurée en atmosphères par l'Aphromètre.

TEMPÉRATURES		TEMPÉRATURES																																			
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5	5.1	5.2	5.3	5.4		
5	3.7	3.8	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
6	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
7	3.4	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	
8	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	
9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5		
10	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4		
11	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3		
12	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1		
13	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9			
14	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8			
15	2.4	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6			

TEMPÉRATURES

*Pression mesurée en atmosphères par l'Aphromètre.*

TEMPÉRATURES		5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8
5	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.3	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	5
6	6.5	6.6	6.7	6.9	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.1	8.2	8.3	8.4	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.2	9.3	9.4	9.5	6
7	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.2	8.3	8.4	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	7
8	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8
9	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	9
10	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	10
11	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	11
12	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	12
13	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	13
14	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	14
15	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	15

TEMPÉRATURES

TEMPÉRATURES

*Exemple* : La pression accusée par l'Aphromètre est 6<sup>atm</sup>,1. La température du vin, 12 degrés. La pression, quand le vin sera à la température de 10 degrés, deviendra 5<sup>atm</sup>,6.

(1) Cette table de correction a été calculée pour un vin dont le coefficient d'absorption est d'une valeur moyenne; son exactitude n'est donc qu'approximative.

TABLE II

## DOSAGE DU SUCRE PAR L'ANALYSE CHIMIQUE

(10<sup>cc</sup> liqueur de Fehling = 0 gr. 0475 de sucre cristallisable)

Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre	Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre	Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre
0,50	95,00	4,0	11,87	8,0	5,94
0,55	86,36	4,1	11,58	8,1	5,86
0,60	79,17	4,2	11,31	8,2	5,79
0,65	73,08	4,3	11,05	8,3	5,72
0,70	67,86	4,4	10,79	8,4	5,65
0,75	63,33	4,5	10,56	8,5	5,59
0,80	59,37	4,6	10,33	8,6	5,52
0,85	55,88	4,7	10,11	8,7	5,46
0,90	52,78	4,8	9,89	8,8	5,40
0,95	50,00	4,9	9,69	8,9	5,34
1,0	47,50	5,0	9,50	9,0	5,28
1,1	43,18	5,1	9,31	9,1	5,22
1,2	39,58	5,2	9,13	9,2	5,16
1,3	36,54	5,3	8,96	9,3	5,11
1,4	33,93	5,4	8,80	9,4	5,05
1,5	31,67	5,5	8,64	9,5	5,00
1,6	29,69	5,6	8,48	9,6	4,95
1,7	27,94	5,7	8,33	9,7	4,90
1,8	26,39	5,8	8,19	9,8	4,85
1,9	25,00	5,9	8,05	9,9	4,80
2,0	23,75	6,0	7,92	10,0	4,75
2,1	22,62	6,1	7,79	10,1	4,70
2,2	21,59	6,2	7,66	10,2	4,66
2,3	20,65	6,3	7,54	10,3	4,61
2,4	19,79	6,4	7,42	10,4	4,57
2,5	19,00	6,5	7,34	10,5	4,52
2,6	18,27	6,6	7,20	10,6	4,48
2,7	17,59	6,7	7,09	10,7	4,44
2,8	16,96	6,8	6,98	10,8	4,40
2,9	16,38	6,9	6,88	10,9	4,36
3,0	15,83	7,0	6,78	11,0	4,32
3,1	15,32	7,1	6,69	11,1	4,27
3,2	14,84	7,2	6,60	11,2	4,24
3,3	14,39	7,3	6,51	11,3	4,20
3,4	13,97	7,4	6,42	11,4	4,17
3,5	13,57	7,5	6,33	11,5	4,13
3,6	13,19	7,6	6,25	11,6	4,09
3,7	12,84	7,7	6,17	11,7	4,06
3,8	12,50	7,8	6,09	11,8	4,02
3,9	12,18	7,9	6,01	11,9	3,99

Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre	Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre	Nombre de cent. cubes de liqueur sucrée	Sucre de cannes, grammes par litre
12,0	3,96	16,0	2,97	20,0	2,37
12,1	3,92	16,1	2,95	21,0	2,26
12,2	3,89	16,2	2,93	22,0	2,16
12,3	3,86	16,3	2,91	23,0	2,06
12,4	3,83	16,4	2,90	24,0	1,98
12,5	3,80	16,5	2,88	25,0	1,90
12,6	3,77	16,6	2,86	26,0	1,83
12,7	3,74	16,7	2,84	27,0	1,76
12,8	3,71	16,8	2,83	28,0	1,70
12,9	3,68	16,9	2,81	29,0	1,64
13,0	3,65	17,0	2,79	30,0	1,58
13,1	3,63	17,1	2,78	31,0	1,53
13,2	3,60	17,2	2,76	32,0	1,48
13,3	3,57	17,3	2,74	33,0	1,44
13,4	3,54	17,4	2,73	34,0	1,40
13,5	3,52	17,5	2,71	35,0	1,36
13,6	3,49	17,6	2,70	36,0	1,32
13,7	3,47	17,7	2,68	37,0	1,28
13,8	3,44	17,8	2,67	38,0	1,25
13,9	3,42	17,9	2,65	39,0	1,22
14,0	3,39	18,0	2,64	40,0	1,19
14,1	3,37	18,1	2,62	41,0	1,16
14,2	3,34	18,2	2,61	42,0	1,13
14,3	3,32	18,3	2,59	43,0	1,10
14,4	3,30	18,4	2,58	44,0	1,08
14,5	3,27	18,5	2,57	45,0	1,05
14,6	3,25	18,6	2,55	46,0	1,03
14,7	3,23	18,7	2,54	47,0	1,01
14,8	3,21	18,8	2,53	48,0	0,99
14,9	3,19	18,9	2,51	49,0	0,97
15,0	3,17	19,0	2,50		
15,1	3,14	19,1	2,49		
15,2	3,12	19,2	2,47		
15,3	3,10	19,3	2,46		
15,4	3,08	19,4	2,45		
15,5	3,06	19,5	2,44		
15,6	3,04	19,6	2,42		
15,7	3,02	19,7	2,41		
15,8	3,01	19,8	2,40		
15,9	2,99	19,9	2,39		



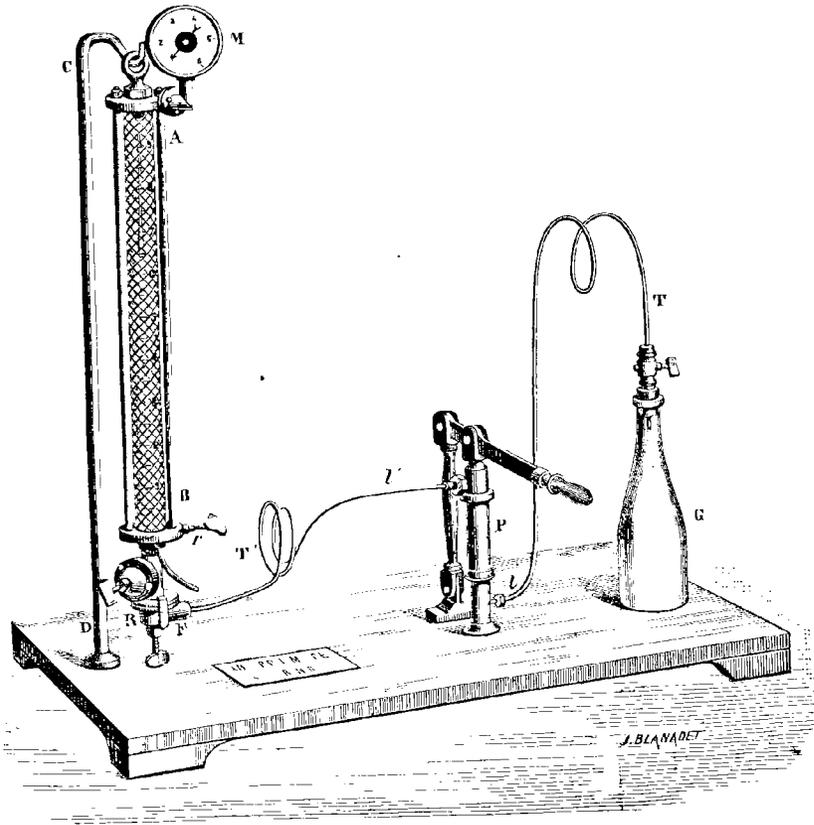
## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS.....	v
ÉTUDE SUR LE VIN MOUSSEUX.....	1
De la fermentation.....	4
Mycoderma vini.....	11
Mycoderma aceti.....	13
Ferment de la maladie de la graisse.....	14
De la vendange.....	15
Assemblages.....	22
Tannissage du vin.....	23
Coupage et collage du vin.....	29
Du tirage.....	33
Pouvoir dissolvant du vin pour l'acide carbonique.....	38
Coefficients d'absorption du vin de Champagne.....	43
Description de l'absorptiomètre.....	47
De la pression du vin de tirage.....	51
Du poids de sucre nécessaire pour dégager un litre d'acide carbonique..	55
Dosage du sucre naturel contenu dans le vin de tirage.....	59
Résumé des expériences et des calculs que nécessite le tirage.....	60
Mise en bouteilles du vin de tirage.....	62
Description de l'aphromètre.....	66
Résultats pratiques.....	73
ÉTUDE SUR LA RÉSISTANCE DES BOUTEILLES.....	81
Lois de l'élasticité.....	86
Limite de l'élasticité, état permanent.....	86
Théorie de l'élasticité.....	87
Le verre est élastique et change d'état permanent.....	88
Influence de la température.....	92
— du temps.....	97
— du recuit.....	102
De l'épaisseur du verre.....	103
Influence des changements brusques de température.....	107
De l'inégale épaisseur du verre.....	108
Des vibrations subies par le verre.....	109
De la composition chimique du verre.....	111
De l'essai préalable des bouteilles.....	115
Élasticimètre de J. Salleron.....	116
Conclusion.....	121

	Pages
LE LIÈGE ET SON APPLICATION AU BOUCHAGE DU VIN MOUSSEUX.....	123
Constitution physique du liège.....	124
— chimique du liège.....	125
Causes de l'imperfection des bouchons.....	127
Qualité du liège.....	128
De l'amélioration des bouchons.....	131
De l'essai des bouchons.....	132
Description de la machine à essayer les bouchons.....	133
Avenir de l'industrie du liège.....	137
APPENDICE.....	139
Dosage chimique du sucre.....	139
Essai du moût de raisin.....	144
— sucré à la vendange.....	143
Inversion.....	144
Essai du vin fermenté avant le tirage.....	145
— du vin de tirage prêt à être mis en bouteilles.....	150
Vérification du titre de la liqueur de tirage.....	151
Dosage du sucre dans le vin brut.....	152
— dans le vin d'expédition.....	153
Dosage de l'alcool contenu dans les vins.....	155
Description de l'ébulliomètre.....	155
Dosage de l'acidité totale du vin.....	157
Détermination du tannin dont le vin doit être additionné.....	161
Table I de correction des indications de l'aphromètre.....	172
Table II du dosage du sucre par l'analyse chimique.....	174







Paris. — Typ. Paul Schmidt, 5, rue Perrochet