



G  
S  
N

*A. de Saporta*

---

Physique  
et Chimie viticoles

*Bibliothèque*

*de la Revue générale des Sciences*







PHYSIQUE ET CHIMIE

VITICOLES



PHYSIQUE ET CHIMIE  
VITICOLES

PAR

A. DE SAPORTA

AVEC PRÉFACE

DE M. P.-P. DEHÉRAIN, de l'Institut



PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS,  
3, RUE RACINE, 3

—  
1899



## PRÉFACE

---

En 1897, le département de l'Hérault a produit 10 millions d'hectolitres de vin valant 212 millions de francs ; comme la production totale de la France n'est que de 31 millions d'hectolitres, de ce seul département est sorti le tiers du vin qu'ont donné, cette année-là, les vignes de France.

On aime à citer ces chiffres, car s'ils ne dépassent pas ceux que renferment les statistiques datant d'une trentaine d'années, ils représentent une somme d'efforts, de travaux, de dépenses extraordinaires. Il a fallu combattre l'oïdium, le phylloxera, le mildew, le black-rot, et mettre en jeu tout un magasin de produits chimiques : du soufre, du sulfure de carbone, puis les bouillies cuivriques, et cette nécessité de constamment traiter et surveiller les vignes a forcé les vignerons à acquérir quelques notions de physique et de chimie.

M. le comte Antoine de Saporta les a coordonnées dans l'ouvrage qu'il offre aujourd'hui au public. Il appartient à une famille dont le nom est célèbre dans la science ; son père, mon excellent ami, le marquis Gaston de Saporta, a laissé des travaux de paléontologie végétale, d'autant mieux connus, que M. Gaston de Saporta

était non seulement un chercheur attentif et consciencieux, mais aussi un brillant écrivain, et la *Revue des Deux-Mondes* a publié, à bien des reprises différentes, des articles, où il faisait connaître au grand public les résultats que lui avaient fournis ses travaux.

M. le comte Antoine de Saporta a déserté le vieil hôtel d'Aix-en-Provence, pour s'établir à Montpellier, où il ne se borne pas à soigner ses vignes et à surveiller la fermentation de sa vendange ; il veut faire profiter ses compatriotes des connaissances très complètes que lui ont données la fréquentation des laboratoires, celles des vignes et des celliers, et il a écrit *la Physique et la Chimie viticoles*.

L'auteur veut appuyer ses indications sur une base solide et il débute par un *Exposé de quelques principes théoriques* ; il ne s'attarde pas, au reste, sur les notions purement chimiques, et dès son premier chapitre, commence à entretenir son lecteur des ferments qui jouent un si grand rôle dans la production du vin.

Le deuxième chapitre est consacré aux analyses agricoles ; avec le troisième, *les vignobles et le sol*, il entre dans le vif de son sujet ; il discute l'immunité contre le phylloxera que procure à la vigne la plantation dans le sable ; puis l'abondance du calcaire, comme cause de la chlorose ; de l'étude des *sols* l'auteur passe à celle des *engrais* ; il expose ensuite les notions de *météorologie* qu'il juge utile de faire connaître.

*Les remèdes* : tel est le titre du sixième chapitre ; j'avoue que moi, homme du Nord, qui n'appartient pas à la région de la vigne, je suis surpris que ce chapitre vi ne soit pas intitulé : *les maladies* ; mais M. de Saporta

écrit à Montpellier ; il a eu depuis si longtemps les oreilles rebattues des ravages causés par ces maladies, il a une telle horreur des phrases toutes faites et des lamentations banales, qu'il ne s'est pas senti le courage de récrire un chapitre qui a été écrit déjà plusieurs milliers de fois ; il suppose, donc les maladies connues et cherche à les combattre ; il appuie notamment sur cet emploi du sulfate de fer, appliqué sur les plaies de la vigne après la taille, imaginé par M. Rassignier, qui est efficace, mais dont la théorie n'est pas donnée.

Ne nous étonnons pas trop : pourquoi les sels de quinine guérissent-ils les fiévreux ? Nous ne le savons pas bien ; pas plus qu'on ne comprend pourquoi le sulfate de fer agit sur la chlorose ; il y a là, toutefois un beau sujet de recherches propre à tenter un travailleur.

La vigne a triomphé de ses ennemis, elle a mûri ses raisins, il faut faire du vin, connaître la composition des raisins, savoir le degré d'acidité qu'ils présentent, enfin suivre la fermentation. Dans notre Midi, et encore plus en Algérie, le grand ennemi de la fermentation régulière est l'élévation de la température ; aussi M. de Saporta décrit-il avec grand soin les appareils réfrigérants qui maintiennent les moûts dans des conditions favorables au travail des levures. Il indique ensuite comment on détermine la richesse en alcool du vin produit et comment on empêche les fermentations secondaires qui se déclarent souvent dans les vins peu chargés d'alcool, comme ceux que fournissent les cépages à grand rendement, qui forment presque exclusivement les vignobles du Midi.

Les vins qu'ils produisent sont souvent destinés à la chaudière et l'auteur indique comment on les distille.

M. de Saporta termine son ouvrage par la phrase suivante, qui indique clairement pourquoi il l'a écrit. « Autant que possible nous avons cherché à simplifier et coordonner en sacrifiant les détails et nous croyons qu'en effet, l'application intelligente d'un assez petit nombre de principes généraux peut suffire au propriétaire pour éviter bien des déboires dans l'organisation, la conduite de son vignoble et, dans les années, sinon tout à fait mauvaises, du moins médiocres, pour garnir sa cave de produits de bonne conservation. »

On ne saurait mieux dire. La production du vin, comme toutes les industries qui mettent en œuvre les ferments, est une opération délicate, qui cesse d'être avantageuse aussitôt qu'elle est mal conduite ; un vin mal préparé ne se conserve pas, et comme l'écrit M. de Saporta, on n'évitera les déboires qu'en opérant régulièrement ; on y réussira en prenant pour guide *la Physique et la Chimie viticoles*.

P.-P. DEHÉRAIN,

de l'Académie des sciences.

# PHYSIQUE

ET

# CHIMIE VITICOLES

---

## AVANT-PROPOS

---

Il serait tentant pour l'auteur de ce livre de faire ressortir tout d'abord, par quelques phrases sonores, l'antique simplicité de la viticulture et de la vinification, opposées aux dépendsières méthodes d'aujourd'hui. Nous ne parlerons toutefois de cette transformation que pour la signaler en tant que nécessité inéluctable. S'il faut en prendre son parti, on doit convenir aussi que, dans bien des cas, l'agriculteur peut arriver à des résultats encore, avantageux par l'emploi raisonné de précautions simples et peu coûteuses. La plupart de ces procédés exigeant la connaissance de certaines notions scientifiques, nous avons entrepris de résumer ces principes et leurs applications immédiates. En somme il suffisait d'extraire de la collection des *Comptes Rendus* ou de certains recueils autorisés, comme la *Revue de Viticulture*, le *Progrès agricole...* etc., les renseignements relatifs à notre sujet en les condensant et les coordonnant au mieux. C'est ce que nous avons fait.

Les deux premiers chapitres de l'ouvrage présentent

SAPORTA. Chimie viticole.

l'exposé très sommaire de notions indispensables pour la parfaite intelligence des six derniers qui, selon nous, forment à proprement parler le corps de l'ouvrage.

---

## CHAPITRE PREMIER

### Exposé de quelques principes théoriques.

Supposons, en premier lieu, qu'un professeur veuille expliquer rigoureusement, à des élèves non encore dégrossis, les premiers principes de la chimie théorique, n'ayant à sa disposition, pour éclairer ses auditeurs, que le matériel de campagne et les substances employées en agriculture, qu'on trouve aujourd'hui dans toute exploitation modeste, mais bien organisée ; il ne sera pas embarrassé le moins du monde et trouvera sous la main des exemples très pratiques d'une netteté suffisante pour les besoins de son enseignement. Nous pouvons procéder à peu près de même, presque sans nécessité de recourir à des notions étrangères à notre vaste sujet.

N'écrivant pas un manuel, ne rédigeant pas un cours, nous laisserons complètement de côté non seulement les principes de mécanique, mais encore l'exposé des phénomènes dus à la pesanteur, à l'hydrostatique à la théorie des fluides. Nous ne nous arrêterons pas davantage sur la thermométrie théorique, dont tant d'applications vont cependant se dérouler sous nos yeux dans le présent volume. Rappelons simplement en passant, comme peu connue et risquant d'être oubliée, la notion de « calorie » ou quantité de chaleur nécessaire

pour accroître de 1° centigrade la température initiale de l'unité de poids d'eau ; nous dissiperons la confusion possible entre la grande calorie usitée en thermodynamique relative au kilogramme d'eau et la petite calorie rapportée au gramme, mille fois plus faible par conséquent, et usitée surtout en chimie.

Renvoyant aux livres spéciaux pour l'explication détaillée, nous consacrerons quelques lignes à peine à la capillarité et aux phénomènes capillaires qui joueront un grand rôle dans divers passages des chapitres suivants.

*Capillarité.* — Cette branche de la physique a tenté l'ingéniosité des plus illustres savants qui en ont exploré les lois à grands renforts d'intégrales... souvent pour s'égarer. Une conception théorique assez simple permet toutefois de se rendre compte d'une façon juste des phénomènes les plus vulgaires. Tout liquide se comporte comme si sa surface était recouverte d'une membrane élastique et parfaitement adhérente semblable à une feuille mince de caoutchouc. Si la surface est plane, comme au centre d'un vase, l'effet de la membrane est nul, car elle ne fait que tirer horizontalement, mais au voisinage des parois la résultante des forces moléculaires qui produit la tension dont nous venons de parler, la résultante, disons-nous, se modifie et la membrane se recourbe en soulevant le liquide (cas de l'eau ou de l'alcool en contact avec le bois ou le verre) ou en le déprimant (cas du mercure renfermé dans les tubes barométriques ou thermométriques). La tension superficielle, — ainsi se nomme cette force — est très faible avec l'alcool pur et l'éther, un peu plus énergique avec les corps gras comme l'huile plus énergique encore avec l'alcool faible et surtout l'eau

pure. Elle remplit une fonction très importante dans la nature en faisant affluer la sève dans les vaisseaux capillaires des végétaux et de la vigne en particulier, contrairement aux lois normales de l'hydrostatique ; elle maintient la goutte pendante à l'étroit orifice d'une pipette et joue en aréométrie un rôle essentiel, longtemps méconnu. Dans un tube suffisamment fin, l'eau et les solutions salines sont comme aspirées par la membrane supérieure concave vers l'intérieur ; quant à la goutte, elle se gonfle comme un de ces ballons en baudruche qu'enflent les enfants par leur souffle ; si l'air presse trop fort, la baudruche crève ; si la goutte grossit outre mesure, son poids dépasse la force capillaire et elle tombe ; enfin la petite masse liquide qui remonte autour de la tige de l'aréomètre, soulevée par l'intervention de cette tige, pèse sur le flotteur et s'unit à la pesanteur pour le faire enfoncer un peu au delà du niveau théorique d'immersion exigé par le principe d'Archimède.

*Dissolutions.* — La dissolution sert pour ainsi dire de trait d'union entre les phénomènes physiques et chimiques. L'eau, par exemple, dans la pratique viticole de tous les jours, s'incorpore des solides cristallins comme le sulfate de cuivre, ou amorphes comme le carbonate de soude (fabrication des bouillies ou liquides anticryptogamiques), elle s'assimile des liquides, comme l'alcool dans les eaux-de-vie. Certains vins moussent parce qu'ils retiennent du gaz carbonique. On croyait autrefois que, dans de pareilles circonstances, il se produisait une mixtion purement mécanique assez comparable par exemple à celle du vitriol dans le soufre sulfaté. Le mélange était seulement plus intime et la séparation plus difficile. En réalité, la constitution

de semblables mélanges présente une extrême complexité que nous n'essaierons pas de faire ressortir.

Si l'on soumet une dissolution gazeuse à l'action progressive de la chaleur, on constate que les gaz se dégagent et finissent par s'échapper complètement ; c'est ce qui se passe lorsqu'on fait bouillir un moût qui commence à fermenter. Dans les mêmes circonstances les dissolutions liquides ne se modifient que peu ou pas et, au contraire, la chaleur favorise la dissolution dans l'eau tiède des vitriols bleu ou vert (sulfate de cuivre ou de fer) et cela de deux manières. En premier lieu, un liquide chaud devient susceptible d'absorber une dose plus considérable de substance active que le même liquide à froid sous la même dose ; en second lieu, l'échauffement provoque au sein du fluide des courants intérieurs qui favorisent l'assimilation en amenant sans cesse au contact du solide à fondre des couches nouvelles non encore saturées.

Telle est l'accélération que la chaleur produit dans le phénomène de la fusion aqueuse que dans bien des cas (solutions de sulfate de cuivre par exemple) il vaut mieux faire fondre la matière dans une petite quantité d'eau chaude et diluer ensuite au degré voulu par addition d'eau froide. En revanche si, comme le font trop souvent les agriculteurs, on fait simplement baigner dans l'eau fraîche, au fond d'un vase, les cristaux si durs du vitriol bleu, la dissolution ne s'opérera qu'avec une extrême lenteur et pourra même exiger des journées entières, et cela parce que l'avidité dissolvante d'une liqueur déjà enrichie diminue très vite tandis que les couches supérieures encore pures ne peuvent à cause de leur légèreté se mêler aux couches inférieures alourdies par le sulfate dissous. Beaucoup de viticulteurs et même de simples paysans savent éviter cet

inconvenient en disposant les cristaux de vitriol dans un panier d'osier suspendu par son anse à une cordelette ou un bâton de façon que le panier trempe dans la partie haute du liquide. L'eau qui pénètre le panier entraîne du sulfate, puis sensiblement alourdie descend en filets bleus jusqu'au fond du vase, d'où elle repousse vers la surface les couches moins denses du bain. Nous insistons sur la simplicité du dispositif que nous représentons ci-contre et qui figure, en somme, un matériel que le moins fortuné des agriculteurs possède. La dissolution des cristaux s'opère par l'ascension des molécules plus légères qui, une fois remontées, travaillent à la désagrégation. Bientôt tout le sulfate est entraîné et la liqueur devient homogène.

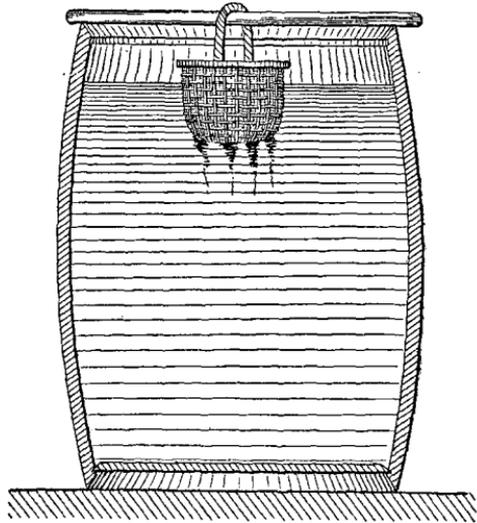


Fig. 1. — Dissolution du sulfate de cuivre.

Au bout d'un temps variable suivant les circonstances, mais que le chimiste, au moyen de certains procédés, sait abrégé beaucoup ou allonger dans des proportions incroyables (plusieurs semaines suivant M. Engel), l'état limite est atteint et la dissolution est dite saturée, au moins pour la température de l'expérience. Il semble que certains viticulteurs, lorsqu'on a proposé contre la chlorose l'emploi des badigeonnages avec une solution de sulfate de fer et dis-

cuté les doses à employer, aient oublié cette proposition.

Comment définir la richesse d'une solution et indiquer en particulier sa saturation pour une température donnée T degrés? Dans la chimie agricole qu'on pourrait appeler, « synthétique » lorsqu'il s'agit, par exemple de réaliser artificiellement un liquide de force et de propriétés convenables en diffusant une substance active dans une certaine quantité d'eau, on considérera d'une part le poids de réactif, de l'autre le poids d'eau dépensée. Le quotient des deux nombres figurera la richesse. Par exemple, on recommande dans telle circonstance un badigeonnage avec une solution de sulfate de fer à 25 p. 100 ; cela veut dire qu'il faut faire fondre 250 grammes de ce sel dans un kilogramme ou un litre d'eau, ou 25 kilogrammes dans un hectolitre. Il suffit de peser d'une part, de mesurer de l'autre. Mais s'agit-il d'un produit naturel ou préparé d'avance dont on veut estimer la force, on rapporte le poids ou le volume de la matière extraite ou dosée au poids ou volume primitif. Ainsi nous verrons plus loin qu'une eau-de-vie est à 40 degrés de force quand de 100 litres de cette eau-de-vie on peut extraire 40 litres d'alcool pur.

Lorsque les dissolutions sont très étendues, ce qui arrive lorsque l'on veut ménager l'action d'un réactif très énergique, les deux conventions s'équivalent en pratique et peuvent être employées indifféremment (1). Peu importe en effet qu'une solution à 3 p. 100 de sul-

---

(1) Au-dessous de 10 p. 100. Cela revient dans le cas le plus défavorable à admettre l'identité des deux fractions  $\frac{K}{100}$  et  $\frac{K}{100 + K}$  dont la différence est inférieure elle-même au carré de  $\frac{K}{100}$ .

fate de cuivre soit faite en mêlant 3 kilos de vitriol à un hectolitre ou en fondant le sel dans une dose d'eau suffisante et complétant l'hectolitre ensuite. Un calcul très simple montre que la différence est inappréciable et déjà inférieure aux erreurs inévitables que commet un vigneron qui ne peut opérer dans une ferme ainsi qu'au laboratoire. Si jamais on opère pour lutter contre le *black-rot* avec des solutions mercuriques au millième, l'erreur sera de l'ordre des millionnièmes.

Si la matière dissoute est plus dense que l'eau, pour fixer les idées, le poids spécifique de la liqueur obtenue sera supérieur à l'unité. Pour des mélanges de concentration faible ou moyenne, les variations de densité, faciles à mesurer à l'aréomètre se proportionneront aux variations de richesse, sans qu'on ait besoin de procéder chaque fois à une analyse complète. Cette remarque permet d'abrégé les expériences relatives à la teneur des moûts en sucre, par exemple, mais il serait imprudent de la généraliser. Ainsi les mélanges d'eau et d'alcool que fournit à l'alambic la distillation des vins échappent complètement à cette règle.

*Coup d'œil sur la théorie et la notation atomiques.* — De l'étude des dissolutions qui ne peuvent pas toujours être considérées comme un simple mélange homogène du corps dissous dans le véhicule, à celle de certains composés chimiques complexes et peu stables, puis à l'examen des combinaisons des plus stables et les plus énergiques, la transition logique serait insensible, mais peu favorable à la clarté de l'exposition. Nous préférons entrer brusquement au cœur même de notre sujet et résumer rapidement les notions indispensables à l'exposition scientifique des phénomènes familiers aux viticulteurs.

A l'état de gaz ou de vapeur, toutes les substances sous un même volume, dans les mêmes circonstances de température et de pression, contiennent le même nombre de particules finales ou molécules. Cette proposition, d'une magnifique simplicité, constitue mieux qu'une simple hypothèse (1), mais s'établit rigoureusement par les formules de la thermodynamique. Comme, d'autre part, l'expérience démontre l'extrême inégalité de poids du litre des différentes matières gazeuses ou gazéifiées, dans des conditions identiques, il en résulte que les molécules sont elles-mêmes inégalement pesantes. Bien mieux, l'étude et la comparaison de ces mêmes densités permettent d'exprimer en chiffres les poids relatifs de chacune de ces molécules, rapportées à l'une d'elles, celle de l'hydrogène, la plus légère de toutes, prise comme unité. Dans ces dernières années un savant français du plus haut mérite, M. Raoult, en étudiant les propriétés des solutions diluées a réussi à fixer les grandeurs moléculaires relatives aux corps solubles, volatils ou non. Plus récemment encore, d'autres savants étrangers dont il serait oiseux d'énumérer les noms ont découvert d'autres procédés dérivant de la comparaison des propriétés physiques des différents corps.

Les molécules sont très inégales entre elles en poids et en grandeur, leur complexité diffère aussi beaucoup. Elles se divisent en atomes. Si les atomes sont tous pareils entre eux ou si, à plus forte raison, la molécule ne comprend qu'un atome isolé, le corps est simple ; si l'association, comme dans l'immense majorité des cas, se présente hétérogène, le corps est composé.

---

(1) Elle porte dans la science le nom de loi d'Avogadro et d'Ampère.

La science moderne admet aussi que dans les liquides, dans les solides amorphes ou cristallisés les vraies molécules, celles qui satisfont aux lois énoncées ci-dessus lorsque le corps est volatil ou soluble, se groupent et se condensent en agrégats très complexes dont la grandeur est inconnue.

D'après la notation universellement adoptée aujourd'hui en France comme à l'étranger, on retrace la constitution d'une molécule en écrivant les symboles des différents corps simples qui y figurent et en indiquant par des exposants le nombre d'atomes de chacun d'eux, l'absence d'exposant signalant un atome unique. Ainsi, le symbole  $Az H^3$  qui définit l'ammoniaque dénote que cette molécule est composée d'un seul atome d'azote uni à trois atomes d'hydrogène.

Pour les éclaircissements relatifs à notre bref résumé, pour la nomenclature chimique, pour la liste des corps simples, les poids respectifs de leurs atomes depuis l'hydrogène (1) jusqu'au plomb (210), nous renverrons aux ouvrages spéciaux. Nous allons simplement, en nous aidant du précieux concours de la notation chimique, insister sur quelques tendances des principaux éléments, de ceux qui engendrent les composés les plus intéressants pour l'agriculteur.

*Hydrogène.* — Suivant les théories de la science contemporaine, ce corps simple engendrerait une classe très intéressante de composés : les « acides », que de tout temps on a reconnus à certaines de leurs propriétés analogues à celle du vinaigre (saveur aigre, action sur le calcaire et sur les couleurs végétales). Dans tous les acides, un ou plusieurs atomes d'hydrogène fonctionnel ou basique sont associés à un atome

unique étranger ou à un groupe d'atomes quelquefois très complexe. Exemples :

H.Cl acide chlorhydrique.

H<sup>2</sup>.SO<sup>4</sup> acide sulfurique.

Le groupe uni à l'hydrogène basique peut être hydrogéné lui-même.

H<sup>2</sup>.C<sup>4</sup>H<sup>4</sup>O<sup>6</sup> acide tartrique.

Mis en contact avec les métaux, leurs oxydes ou leurs hydrates (oxydes unis aux éléments de l'eau), les acides se « saturent » ou se neutralisent en formant des « sels ». Bornons-nous, pour commencer, aux métaux alcalins qui donnent lieu aux phénomènes les plus simples. En substituant un atome de sodium à l'unique hydrogène du gaz chlorhydrique, on forme du chlorure de sodium ou sel marin NaCl. Que deux atomes de potassium s'insinuent à la place des deux hydrogènes basiques de l'acide sulfurique, et il se crée le sulfate de potasse K<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> (sulfate de potassium de la nouvelle nomenclature) bien connu comme engrais. Il est même possible de n'amener qu'une substitution partielle : c'est ce qui arrive pour la crème de tartre

HK.C<sup>4</sup>H<sup>4</sup>O<sup>6</sup>.

ou tartrate acide de potassium. On devine, à la lecture de cette dénomination et à l'inspection de la formule, qu'il s'agit d'un composé dont la propriété acide n'est pas épuisée. Il en est réellement ainsi, car le tartrate neutre de potassium existe parfaitement et se comporte comme un vrai sel. Formule K<sup>2</sup>C<sup>4</sup>H<sup>4</sup>O<sup>6</sup>.

Avec d'autres métaux, non moins intéressants pour l'agriculture, tels que le calcium, radical de la chaux,

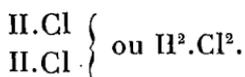
le cuivre, le fer (ce dernier dans certaines circonstances), les choses se passent un peu différemment. Un atome de chacun de ces corps simples remplace immédiatement à lui seul deux atomes d'hydrogène. De

$\text{H}^2.\text{SO}^4$  acide sulfurique.

dérive

$\text{Cu}.\text{SO}^4$  sulfate de cuivre.

Deux molécules d'acide chlorhydrique



se soudent après substitution pour donner lieu à une molécule unique de

$\text{Ca}.\text{Cl}^2$  chlorure de calcium.

Outre la ressource de la dégustation, ressource qui n'est pas à dédaigner et dont un savant physiologiste belge, M. Corin, a su tirer parti, les chimistes de nos jours disposent de données calorimétriques obtenues en neutralisant les acides par des bases à doses graduées et ils emploient un grand nombre d'indicateurs colorés de sensibilité inégale dont les plus pratiques sont : la teinture bleue de tournesol qui rougit en présence des acides ; la phénophtaléine qui, incolore dans une liqueur acide, adopte une teinte rosée par le moindre excès de base alcaline saturant l'acide ; l'acide rosolique ou orangé numéro 3, de nuance rose violacée qui vire au jaune par les acides. De l'ensemble de tous ces travaux dont un chimiste agronome toulousain, M. Paul Sabatier, a pris sa bonne part, il ressort : 1° qu'en ce qui concerne les acides polybasiques comme les acides tartrique et sulfurique, les aptitudes des différents

atomes d'hydrogène fonctionnel d'une même molécule ne s'équivalent point; 2° qu'en général le poids du résidu moléculaire ou celui des atomes inactifs liés aux hydrogènes fonctionnels tend à entraver, appesantir l'activité de ceux-ci. Aussi les acides forts jouiront-ils ordinairement d'un poids moléculaire moins élevé que les acides faibles; mais ce phénomène, purement relatif, ne se manifeste avec régularité que pour des molécules de nature comparable; 3° enfin, dans bien des cas, il devient difficile d'affirmer si la fonction acide existe ou non, les résultats devenant contradictoires suivant les procédés d'examen. Tels sont l'acide phosphorique ordinaire  $H^3PO^3$  et l'acide carbonique dissous dans l'eau  $H^2CO^3$  qu'il faudrait considérer, non pas comme tribasique ou bibasique suivant l'ancienne opinion, mais comme ne possédant respectivement que deux ou un seul hydrogènes véritablement acides.

**Oxygène.** — Mérite toujours le nom que lui a imposé Lavoisier, parce que, introduit dans une molécule hydrogénée, il la modifie généralement de façon à lui imposer les propriétés acides, ou à les accentuer si elles préexistent. L'acétification de l'alcool, la transformation de l'acide sulfureux, réactif faible, en acide sulfurique réactif très énergique en sont des exemples frappants.

Insuffisamment retenu dans une molécule complexe par une affinité trop faible, l'oxygène, lorsqu'il quitte l'association, s'élimine presque toujours sous forme d'eau  $H^2O$ . Il emprunte l'hydrogène nécessaire soit à l'agent extérieur qui provoque le phénomène connu sous le nom de « réduction », soit à la molécule elle-même. Dépouillés de cette dernière façon, les acides prennent le nom d'« anhydrides »; l'acide carbonique

par exemple, dès qu'on le dessèche, passe à l'état d'anhydride carbonique  $\text{CO}^2$ .

**Azote.** — Figure dans la composition de tous les organismes vivants. Indispensable aux végétaux. En combinaison avec l'hydrogène donne lieu à l'ammoniaque  $\text{AzH}^3$  qui, en présence de l'eau, s'unit aux acides pour engendrer des sels ammoniacaux. Le chlorhydrate d'ammoniaque, appelé scientifiquement chlorure d'ammonium, a pour formule  $\text{AzH}^1\text{Cl}$ ; il offre de grandes analogies avec le chlorure de potassium  $\text{KCl}$ . Aussi admet-on depuis Ampère que le groupe moléculaire  $\text{AzH}^1$  joue le rôle d'un métal alcalin fictif analogue au potassium et au sodium, et qu'on a nommé « ammonium ».

Dans certaines conditions l'azote est capable de s'oxyder en donnant naissance à l'acide azotique ou nitrique  $\text{H.AzO}^3$ . Ce dernier, ainsi que ses sels de potassium ou de sodium  $\text{KAzO}^3$ ,  $\text{NAzO}^3$  perd de l'oxygène sous l'influence des agents hydrogénants ou réducteurs. Suivant les circonstances, l'azote peut se retrouver intégralement sous forme de bioxyde d'azote ou oxyde azotique  $\text{AzO}$  ou même d'ammoniaque  $\text{AzH}^3$ .

**Carbone.** — La chimie des molécules qui contiennent un ou plusieurs atomes de carbone constitue à elle seule toute une branche et même la principale branche de la science. Uni à l'oxygène, le carbone constitue le gaz ou anhydride carbonique, qui, mêlé à l'eau, engendre l'acide carbonique, composé non isolable, mais auquel se rattachent les carbonates de potasse, de soude et de chaux (dénominations actuelles, carbonates de potassium, sodium, calcium). Mais on compte par milliers les composés ternaires résultant de l'associa-

tion en proportions infiniment variées du carbone avec l'oxygène et l'hydrogène.

Au nombre de ces derniers, figure l'élément essentiel du vin : l'alcool ordinaire ou alcool vinique. Nous pouvons assez facilement nous rendre compte de la structure de sa molécule en partant de l'eau qui, nous n'avons pas besoin de le répéter, se note  $H^2O$ . Substituez à un des hydrogènes le groupe hydrocarboné  $C^2H^5$  et vous réalisez la combinaison  $C^2H^5.OH$  identique à l'alcool naturel que vous pouvez aussi rattacher au carbure  $C^2H^6$  en remplaçant  $H$  par le « radical » ou groupe fictif  $OH$ .

L'expérience chimique prouve qu'au lieu de  $C^2H^5$  vous pouvez substituer dans la molécule d'eau des agglomérations similaires, mais plus complexes et qu'ainsi vous obtiendrez des alcools analogues sous certains rapports au pur esprit-de-vin, mais néanmoins bien distincts et surtout, à doses égales ou même peu inférieures, beaucoup plus nocifs pour l'organisme. Ce sont les alcools dits « supérieurs » qui ne doivent leur nom glorieux qu'au nombre considérable d'atomes de carbone et d'hydrogène du noyau substitué.

Au contraire, adoptez la seconde manière de voir. Partez d'un carbure tel que  $C^3H^6$  et remplacez trois des hydrogènes par trois radicaux  $OH$  et vous tombez encore sur un des éléments du vin, la glycérine, qui, purifiée, tient à la fois, tant par ses propriétés physiques et sa saveur, de l'alcool et des sucres. On exprime cette triple substitution en disant que la glycérine est un alcool « trivalent » et, la définition une fois comprise, on s'expliquera sans effort, la nature de la mannite qui entre dans la composition des vins du midi mal fermentés quand on saura que la mannite est un alcool hexavalent  $C^6H^{14}O^6$ .

Organiques, c'est-à-dire dérivés du carbone, ou minéraux, c'est-à-dire se rattachant à d'autres éléments, les acides, mis en contact avec les alcools, les « éthérifient », c'est-à-dire s'unissent à eux en donnant des composés d'une odeur fine, suave, tels que ceux dont les traces communiquent leur bouquet aux vins et aux eaux-de-vie. En même temps il se produit un peu d'eau qui se mélange avec celle de la liqueur. Comme beaucoup de réactions chimiques, le phénomène de l'éthérification s'arrête ou progresse suivant la proportion des composés en présence. Il évolue lentement mais avec netteté dans un milieu bien acide et riche en alcool. De là résulte la supériorité des vins acides et liquoreux. En revanche, la présence d'un excès d'eau entrave l'éthérification ; ainsi un vin à la fois peu acide et peu généreux se manifestera forcément plat de goût. Les bases, oxydes, hydrates ou même carbonates, détruisent les éthers, parce que les acides abandonnent les alcools pour se saturer par les bases.

*Affinité chimique.* — Les phénomènes chimiques, amenant la destruction des anciennes molécules et la création de nouveaux types, se produisent lorsqu'une masse fluide c'est-à-dire liquide ou gazeuse se trouve en contact intime avec toutes les parties d'une autre masse solide ou fluide et que les conditions de température et autres ne permettent pas à l'équilibre de subsister.

Trois cas se présentent.

1° Les corps réagissant sont en masse limitée et leurs produits ne peuvent s'échapper. Introduisons dans une bouteille que nous boucherons ensuite, de l'alcool et de l'acide acétique ; au bout de quelque temps il se sera formé de l'éther acétique et de l'eau par la com-

binâison des deux réactifs, mais une partie de l'alcool et de l'acide resteront libres, et, ce, indéfiniment, pourvu toutefois que l'une des deux matières acide ou alcool ne soit pas en énorme excès par rapport à l'autre. Tel est l'exemple d'un phénomène limité qui se poursuit jusqu'à ce que les produits mêmes de la réaction l'entravent par leur présence ainsi que lorsqu'on enferme de l'eau ou toute autre liqueur volatile en vase clos, dans un local à température constante, elle se vaporise jusqu'à ce que, la tension saturante étant réalisée, l'évaporation s'arrête.

2° Toutefois si le récipient est assez grand, la dose de liquide emprisonnée trop faible, la température élevée, tout s'évaporerà.

Si, de même, un des réactifs agit en masse illimitée, la transformation s'opèrera plus ou moins vite mais sera complète jusqu'à disparition de l'élément trop peu abondant. Exposée à l'air, la fleur de soufre dont on saupoudre une vigne absorbe de l'oxygène et s'évapore à l'état de gaz sulfureux par une oxydation très lente ; au bout d'un certain temps, elle a disparu intégralement éliminée.

3° Mais le cas le plus intéressant est celui où les conditions de masse étant quelconques, mais limitées, la destruction de l'ancien état de choses se poursuit jusqu'à transformation entière. Cela arrive lorsque les produits de la réaction, au lieu de rester dans le liquide, théâtre du phénomène, s'éliminent, à mesure qu'ils prennent naissance, soit sous forme de gaz qui s'échappe, soit sous forme de précipité insoluble qui tombe au fond du vase. Arrosez de la craie avec du fort vinaigre ; il se produira d'abord de l'acétate de chaux et le vinaigre s'enrichira en acide carbonique. Celui-ci, d'après la règle énoncée plus haut finirait, à dose suffisante,

pour arrêter l'attaque ; mais peu soluble dans l'eau il se dégage en bulles et la décomposition poursuit son cours jusqu'à parfaite dissolution de la craie, si la dose de vinaigre est suffisante. Une chaleur modérée, en favorisant le départ du gaz carbonique, accélérera aussi l'attaque du calcaire. Autre exemple : faites dissoudre du sulfate de potasse dans de l'eau de pluie, filtrez pour éliminer les impuretés et ajoutez quelques gouttes de liqueur de Marty dont l'élément actif est le chlorure de barium ; il devra se former, outre les sels indiqués, du chlorure de potassium et du sulfate de barium. Mais celui-ci rigoureusement insoluble se dépose au fond de la liqueur et l'échange continue jusqu'à ce que le combat finisse faute de combattants, c'est-à-dire jusqu'à la complète disparition du barium si on a mis peu de réactif, ou du sulfate si on en a employé suffisamment. Les deux phénomènes peuvent très bien coexister : faites fondre séparément du sulfate de cuivre et du carbonate de soude ; mélangez les liqueurs limpides et filtrées il se produira un vif bouillonnement tandis qu'un magma bleu se déposera lentement. Ici, comme nous le verrons plus loin, les réactions sont complexes.

L'élimination pratiquement complète de certains principes sous formes de précipités qu'on peut recueillir, purifier, laver, sécher, et peser sert de base à une bonne partie des opérations de la chimie analytique des laboratoires. En revanche, nous verrons que l'étude des volumes des gaz chassés d'une liqueur soumise aux expériences peut, dans bien des cas, fournir des renseignements utiles et suffisamment approchés au chimiste agronome.

*Microbes et ferments.* — Un simple examen microscopique démontre que la plupart des maladies qui

assaillent la vigne résultent du développement exagéré de certains végétaux inférieurs cryptogames. Décrire les phases de leur développement et expliquer la nocivité de leur rôle serait sortir de notre sujet pour en aborder un autre tout aussi vaste et plus complexe. Mais nous devons signaler la nature des agents chimiques qui d'une façon générale entravent la naissance ou le développement de ces parasites. Ce sont les composés sulfurés volatils : sulfure de carbone, acide sulfureux ou bien les sels des métaux à atomes lourds. Les métaux dont le poids atomique est inférieur à celui du fer (56 unités) sont pour la plupart très répandus et leur combinaison généralement inoffensive. A partir du nickel (poids atomique 59) le pouvoir nocif anti-cryptogamique se manifeste avec netteté et s'accuse de plus en plus jusqu'aux atomes les plus lourds connus. Par malheur, à mesure qu'on s'élève dans la série, la rareté augmente, le prix aussi et, ce qui est plus grave, l'agent curatif devient dangereux à manier, en risquant de se retrouver dans les produits agricoles. Jusqu'à présent du moins, les agronomes se sont bornés à recommander à peu près exclusivement l'emploi des sels de cuivre qui réunissent les conditions voulues de nocuité à l'égard de cryptogames de bon marché, tout en donnant toute sécurité aux agriculteurs et aux consommateurs de leurs récoltes. Mais déjà, en présence de maladies graves difficiles à vaincre, le bichlorure de mercure  $\text{HgCl}_2$  en solutions très étendues, il est vrai, s'est vu proposer et employer.

En dehors de ces champignons variés dont la multiplication subite complique si singulièrement la tâche du viticulteur, il en existe d'autres dont le rôle quelquefois nuisible, plus souvent très utile, n'a été bien expliqué que depuis ces dernières années. Leur in-

fluence, différente des fonctions des êtres déjà cités, plus simple d'ailleurs, consiste à déterminer des réactions chimiques peu complexes, dans les liquides organiques et au sein de la terre végétale. Il s'agit d'algues ou de champignons de nature rudimentaire qui, dans des conditions favorables, se propagent en nombre infini, absorbent continuellement certaines substances et les restituent sous une nouvelle forme. Ces êtres se multiplient, soit par « bourgeonnement », soit par « sporulation ». Dans le premier cas (levures) on voit une cellule ronde ou ovale primitivement unique subir dans son milieu un étranglement qui aboutit à une scission finale. Dans le second cas (bactéries) la cellule mère, en forme de bâtonnet, projette des germes qui se développent ensuite.

Levures et bactéries ne vivent ou ne prospèrent qu'entre certaines limites de température. Une chaleur suffisamment forte, 100° par exemple, les détruit et « stérilise » le milieu. Une température trop basse les engourdit simplement. La constitution chimique du milieu présente aussi une immense importance, certains composés détruisent absolument les microbes et les ferments; d'autres corps paralysent leur activité sans les faire mourir. La filtration d'un liquide « actif » au travers d'une plaque de porcelaine poreuse intercepte au passage tous les germes. Presque tous les ferments qui intéressent le viticulteur ont besoin d'air ou, suivant l'expression scientifique, sont « aérobies »; ceux qui vivent dans le sol ne peuvent subsister sans eau.

En leur qualité d'êtres vivants, les ferments réclament de la nourriture et s'alimentent de composés minéraux appropriés. De même qu'un bon agriculteur peut, en semant dans une excellente terre bien préparée quelques grains de blé d'une variété nouvelle, arriver à

récolter, au bout de plusieurs années, des milliers d'hectolitres de grains du type primitif, de même un habile microbiologiste peut, en semant quelques levures vigoureuses dans un milieu préalablement stérilisé et privé de germes, provoquer en peu de temps une multiplication indéfinie. Le propriétaire ne peut en faire autant, mais il a souvent grand intérêt à multiplier les conditions favorables aux organismes utiles et à supprimer ou entraver autant que possible les phénomènes pouvant amener le développement des microbes nuisibles.

Certains ferments ordinaires sécrètent des « ferments solubles » substances organiques non douées de vie, invisibles au microscope, capable de se dissoudre dans l'eau, mais qui, malgré ces différences essentielles, agissent à la façon des vrais ferments, en ce sens qu'une quantité très petite de ferments solubles peut produire un effet très grand, grâce à un phénomène dont l'effet est mieux connu que la cause.

---

## CHAPITRE II

### **Analyses agricoles. — Matériel et méthodes.**

Nous n'avons pas écrit le précédent chapitre à l'usage des chimistes du métier ; de même, qu'on ne s'attende point à nous voir donner des conseils à ceux qui veulent installer à la campagne ou même perfectionner un laboratoire dans les règles. Les uns et les autres n'ont que faire de nos renseignements. Nous voulons simplement donner quelques avis aux viticulteurs désireux de se rendre compte, sans outillage trop coûteux ou trop encombrant, des phénomènes qui se passent dans leurs vignobles et dans leurs celliers.

Parlons d'abord de l'instrument le plus utile, le plus précis, le moins trompeur de la chimie analytique. On devine sans peine qu'il s'agit de la balance.

*Balance.* — Il en existe un grand nombre de types et de modèles différents qui peuvent se ranger dans deux catégories : les balances proprement dites dont l'aiguille indicatrice est disposée en bas du fléau, et les trébuchets dans lesquels cette même aiguille est placée en haut (1). Les trébuchets jouissent de l'avan-

---

(1) L'aiguille de la balance inclinée vers le plateau le plus léger ; celle du trébuchet se penche vers le plateau le plus lourd.

tage du bon marché; les balances, en revanche, l'emportent en sensibilité et en commodité. A celui qui possède l'habitude des pesées et qui ne craint pas de s'imposer d'un coup une dépense assez forte, une balance de précision sensible au milligramme peut rendre de grands services durant de longues années, pourvu que l'agronome, tout en pratiquant des manipulations correctes, s'astreigne à maintenir son instrument dans un état parfait de propreté et d'entretien. L'emploi d'une cage vitrée qui garantira la balance des poussières et des vapeurs corrosives nous semble indispensable; il faudra aussi l'installer dans une pièce parfaitement sèche; où l'on s'abstiendra de toute opération chimique, et surtout de celles qui dégagent des

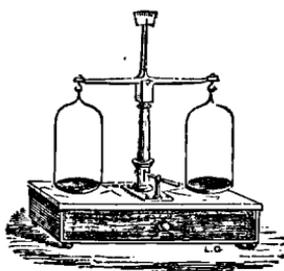


Fig. 2. — Trébuchet d'analyse.

acides, sous peine de voir oxyder les pièces.

En règle générale, les chimistes procèdent toujours par double pesée et immobilisent le fléau par l'intermédiaire de la fourchette toutes les fois que la surcharge à ajouter surpasse 2 milligrammes. Nous observons enfin que le praticien qui manie depuis longtemps une balance finit par s'y habituer et par peser plus vite et plus juste que lorsqu'il utilise un appareil qui lui est moins familier.

Dans beaucoup de cas, une petite balance ou trébuchet au centigramme, tel que l'instrument qui accompagne d'habitude le calcimètre Bernard dans sa boîte, suffit parfaitement pour la pratique du chimiste vigneron, à la condition de redoubler de minutie et de vérifier soigneusement les poids. A plus forte raison la double pesée s'impose dans ce cas particulier. Quelle que soit

la nature de l'appareil, l'opérateur qui recommence souvent des essais analogues trouvera avantage à se fabriquer des tares de valeurs convenables avec des fragments de fils métalliques fins pesés à une balance de précision. On mesure une longueur de fil étiré telle que la masse en soit un peu trop lourde. On la rogne ensuite avec précaution jusqu'à ce que tout excès de poids ait disparu (1), et on enroule alors le fil en cylindre ou en spirale pour le rendre moins encombrant et plus maniable. Si on trouve que pour cet usage le platine coûte trop cher, on se servira de fil d'argent presque aussi inaltérable et que les bijoutiers vendent très bon marché.

Jamais les poids ou les tares ne doivent être maniés qu'avec des brucelles dont les pinces sont préalablement essuyées avec soin.

*Verrerie jaugée et graduée.* — C'est dans le but d'économiser le temps perdu aux manœuvres répétées à la balance de précision et de substituer pour une même suite d'opérations une pesée unique, réalisée sur une quantité relativement considérable de matière à une série d'essais délicats relatifs à de petites doses, que les chimistes et surtout les agronomes ont recours aux vases jaugés et gradués.

---

(1) Eclaircissons nos explications par un exemple. Supposons qu'il s'agisse de fabriquer une tare de 415 milligrammes. Prenons 53 millimètres de fil : nous trouvons pour ce fragment 448 milligrammes. Chaque millimètre courant pèse donc à peu près 448/53 milligrammes ou 8<sup>ms</sup>,4 (valeur approchée par défaut). Coupons 3 millimètres environ ; résultat 421 milligrammes. Rognons encore de façon à ne plus obtenir que 417 ou 418 milligrammes. A ce moment organisons très exactement une tare équilibrant nos 415 milligrammes de poids, substituons le fil aux poids : l'aiguille déviara forcément du zéro, mais les écarts, très petits, se proportionneront aux excès de poids et nous guideront dans nos tâtonnements jusqu'à l'obtention du parfait équilibre.

Les matras ou carafes jaugés correspondent au litre ou à ses principales subdivisions, non pas au litre théorique tel qu'il est défini par le système métrique, mais au *litre de Mohr* du nom du chimiste qui a popularisé la méthode volumétrique. Le litre de Mohr représente le volume occupé par une masse d'un kilogramme d'eau distillée à la température moyenne d'un laboratoire

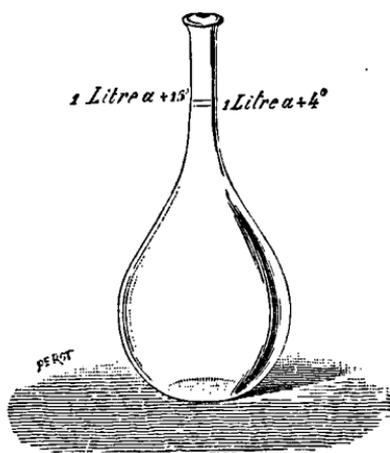


Fig. 3. — Carafe jaugée.

supposée égale à  $+ 15^{\circ}$  centigrades; il surpasse le véritable litre d'environ  $0^{\text{e}},8$ , ce qui a bien peu d'importance au point de vue absolu et rigoureusement aucune au point de vue relatif, à cause de la proportionnalité des subdivisions.

Ces récipients portent, gravé sur le col, un trait de jauge qui limite la capacité indiquée pour

toujours en rapport simple avec le litre ou ses sous-multiples. Expliquons leur usage et choisissons pour plus de clarté un exemple particulier. Il s'agit de préparer 200 centimètres cubes d'une liqueur à 10 grammes par litre d'acide tartrique. Pesons bien exactement 2 grammes d'acide, soit  $10^{\text{gr}}/5$  et, sans rien perdre, introduisons-les dans une capsule bien propre; dissolvons intégralement la matière soit dans un petit volume d'eau chaude, soit dans un volume d'eau froide plus considérable, mais encore inférieur à 100 centimètres cubes : introduisons ce mélange dans le matras de 200 centimètres cubes au moyen d'un entonnoir sans en perdre goutte. Rinçons plusieurs fois la cap-

sule et l'entonnoir en diluant notre liqueur avec les eaux de lavage. Versons encore de l'eau pure jusqu'à ce que le liquide s'approche du trait supérieur gravé sur le col sans l'atteindre toutefois. Alors mettons à rafraîchir le matras si nous avons fait chauffer au début pour achever la fusion et enfin au moyen d'une pipette ou tube effilé versons goutte à goutte de l'eau froide jusqu'à ce qu'en visant horizontalement à une petite distance on voie la base du ménisque, ou calotte creuse qui termine le liquide à l'intérieur du tube, toucher exactement le trait gravé sur le col sans le couper ni le dépasser. La mesure est faite. On essuie avec un peu de papier buvard enroulé autour d'une baguette ou avec un linge le haut de l'intérieur du col; puis, fermant l'orifice avec la paume de la main gauche on retourne deux ou trois fois le matras pour homogénéiser le mélange.

Il est clair qu'au préalable on doit avoir parfaitement nettoyé le matras et l'avoir rincé à fond, d'abord à l'eau ordinaire, puis à l'eau dont on se sert comme véhicule : eau distillée, eau de pluie ou plus simplement eau de fontaine bouillie et filtrée. Les quelques traces qui restent adhérentes aux parois s'ajoutent simplement à la solution.

Si la température de la liqueur était trop élevée, celle-ci se dilaterait et l'opération s'entacherait d'erreur. Un affleurement trop bas détermine une erreur, mais à ce défaut jusqu'au retournement on peut remédier, tandis que l'introduction d'un petit excès d'eau fausse irréparablement les mesures.

Une fois le mélange effectué, un peu de liquide reste adhérent à la main et au sommet du col; aussi l'affleurement primitif ne se reproduit plus. De même, transvasez le contenu du matras dans un autre de capa-

cité égale et avec cela propre et sec, vous constaterez du déchet. Cela tient à ce que les vases de ce type sont jaugés secs, par les constructeurs, d'après leur capacité réelle qui comprend naturellement les traces de liquide adhérentes aux parois. L'essentiel est que chaque centimètre cube du liquide ainsi préparé renferme dans l'hypothèse choisie  $10^{\text{er}}/100$  ou 10 milligrammes d'acide tartrique, ce qui doit être, à une infime erreur près, car nos 2 grammes primitifs peuvent être pesés à 1 centigramme près avec une balance bon marché (erreur  $1/200$ ) tandis qu'un instrument de précision dénotera à peine un écart d'un demi-milligramme sur 10 (erreur  $1/20$ ).

Après que le chimiste par l'emploi judicieux et commode de la balance, puis de la carafe jaugée, a obtenu une liqueur de force bien déterminée il s'agit pour lui de s'en servir, soit qu'il en utilise un volume connu d'avance généralement simple, soit qu'il en dépense une quantité indéterminée dont il veut se rendre compte. Les pipettes et les burettes remplissent ce double but.

Comme les burettes d'ailleurs, les pipettes sont jaugées humides, c'est-à-dire que si une pipette bien construite est cotée à 20 centimètres cubes par exemple, elle laissera échapper exactement ce même volume de liquide lorsqu'elle sera maniée par un bon opérateur. Il s'agit, comme tout le monde le sait, d'un tube renflé dans sa partie médiane, terminé inférieurement en pointe effilée et dont l'orifice supérieur peut être bouché par l'index du chimiste qui arrête ainsi ou provoque l'écoulement à volonté. Avant chaque essai les pipettes doivent toujours être rincées, à plusieurs reprises, s'il le faut, avec quelques centimètres cubes du réactif. Une dernière fois on aspire jusqu'à ce que

la liqueur dépasse le trait supérieur, puis disposant la pipette en face de l'œil on soulève légèrement le doigt qui ne doit être ni trop sec, ni trop mouillé, et on la laisse se vider goutte à goutte, jusqu'à ce que la base du ménisque touche le cercle gravé sur le verre. On arrête alors l'écoulement et on dispose l'appareil au-dessus du vase destiné à recevoir son contenu. On laisse alors la pipette s'épuiser jusqu'à ce que le niveau du liquide atteigne le second trait. Ayant rebouché à ce moment précis, on reverse l'excédent dans la liqueur titrée, en soufflant pour expulser les dernières traces d'humidité accumulées vers le bec.

Nous avons supposé que la pipette, comme tous les instruments de ce genre un peu précis, portait deux traits. Souvent la pipette n'a reçu qu'un trait de jauge. Alors on procède au début comme ci-dessus, mais on laisse à la fin la pipette se vider librement. Il reste bien un peu de liqueur adhérente à l'étroit orifice, mais le constructeur a prévu cette circonstance et si l'on soufflait dans la pipette pour expulser et ajouter au volume écoulé ce résidu supplémentaire, on fausserait absolument l'opération.

Naturellement la pipette à deux traits est à la fois plus précise et plus chère. Elle présente l'avantage qu'une légère erreur dans le point de départ de l'écoulement peut être rachetée par une correction équivalente à la fin du déversement. Quant à la pipette à un trait, on la construit soit à écoulement libre, ce qui s'explique de soi-même, soit à écoulement appuyé, c'est-à-dire que le bec de la pipette doit adhérer normalement à la paroi du vase récepteur. Dans ce dernier cas le rendement est un peu plus considérable.

Malgré l'analogie de leur aspect les éprouvettes graduées sont jaugées sèches et les burettes graduées

jaugées humides. Nous ne dirons rien des premières qui peuvent suppléer aux matrass jaugés pour les expériences approximatives, et qui sont dénuées d'exactitude à raison de leur forme cylindrique à base forcément large, mais nous parlerons longuement des secondes qui peuvent rendre d'utiles services au chimiste viticulteur. De pareils instruments constituent en somme de véritables balances de précision. Nous avons en effet, préparé tout à l'heure une liqueur à 10 grammes d'acide tartrique par litre ; rinçons une burette avec quelques gouttes de cette liqueur, vidons, puis remplissons le tube. Chaque centimètre cube écoulé correspondra à 10 milligrammes et chaque dixième de centimètre cube à 1 milligramme. Or, la graduation du tube permet d'apprécier facilement des volumes de ce genre, au moins dans les types les plus pratiques et les plus ordinaires.

Une burette, en définitive, se compose essentiellement d'un tube cylindrique vertical divisé en dixièmes de centimètres cubes, d'une capacité totale de 25, 30, 35, 50 centimètres cubes, suivant les cas et qu'on remplit par la partie supérieure disposée en entonnoir. Le difficile, le délicat, est la question du réglage de l'écoulement, lequel non seulement doit pouvoir se provoquer ou s'interrompre à volonté, mais aussi pouvoir fonctionner avec une extrême lenteur, sans quoi la précision de la graduation deviendrait illusoire. Trois solutions différentes ont été proposées et mises en usage : chacun des mécanismes présente des avantages et des inconvénients (1).

---

(1) Il existe d'autres types de burettes très simples, mais trop peu commodes (Gay-Lussac) pour être recommandés ici et aussi des modèles perfectionnés que nous ne décrirons pas davantage parce qu'ils ne se rencontrent que dans les grands laboratoires.

Le modèle le plus simple et peut-être encore le plus pratique est celui de Mohr (fig. 4). La burette se termine par un prolongement en forme d'olive, qu'on raccorde au moyen d'un caoutchouc à un petit tube de verre effilé à orifice capillaire. Une pince de Mohr presse normalement le caoutchouc et s'oppose à tout écoulement. Pour vider la burette, l'opérateur appuie sur la pince dont les branches en s'écartant desserrent le caoutchouc et laissent ruisseler la liqueur avec une vitesse qu'on peut accélérer ou modérer. A moins d'interrompre momentanément l'opération, une des mains du chimiste est occupée à la manœuvre de la pince et l'autre main est seule disponible pour agiter la liqueur qui reçoit le réactif. Or, en pareil cas, une agitation continue est de rigueur pour parfaire l'homogénéité du mélange. De plus, un des réactifs les plus précieux de la chimie, le permanganate de potassium ou caméléon minéral, s'altère au contact du caoutchouc, ce qui restreint un peu l'usage de la burette à pince.

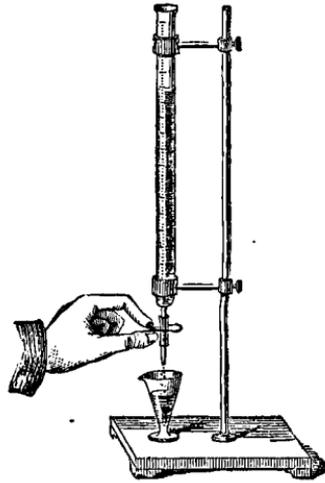


Fig. 4. — Burette de Mohr.

Dans la burette à robinet en verre (fig. 3) le premier inconvénient est bien atténué et le second complètement évité. Une fois le robinet ouvert au degré convenable l'écoulement se produit sans que l'opérateur intervienne et il ne reste plus qu'à le fermer tout à fait au moment précis où se produit la réaction finale. Seulement ce modèle est plus cher, plus fragile que le

précédent, et, en cas de rupture le robinet ne peut se remplacer tandis qu'avec la burette de Mohr les accidents, d'ailleurs plus rares, sont ordinairement réparables.

Défauts et avantages du second type se manifestent avec plus d'évidence encore dans le troisième modèle : burette à tige (fig. 5). Ici le tube se remplit, non par

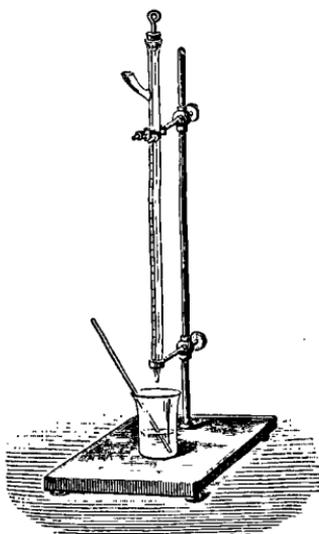


Fig. 5. — Burette à tige.

son extrémité supérieure, mais par un ajutage latéral ; un bouchon en ferme la partie supérieure ; la partie inférieure au bas de la graduation s'effile en entonnoir. Dans l'axe du tube est disposée une baguette en verre qui traverse le bouchon et vient appuyer son extrémité contre l'orifice de la burette. Commandée par un anneau, la baguette est munie d'une vis à laquelle le bouchon sert d'écrou. En vissant quelque

peu, la pointe de la tige butte contre l'orifice et s'oppose à l'écoulement. Vient-on à dévisser la baguette, son extrémité en se soulevant laisse ruisseler la liqueur.

De cette manière les mains du chimiste sont libres et, une fois la vitesse d'écoulement réglée, il n'a pas à se préoccuper de la baguette jusqu'à la fin de la réaction. Mais si la burette qui est forcément très fragile se casse, ou trop enfoncée brise le col de la burette, l'appareil est hors d'usage car les dimensions des baguettes, dimensions dont dépendent les graduations, ne sont pas uniformes. Une burette dont le robinet est

endommagé peut être à la rigueur ramenée au type de Mohr par un bon souffleur, en sacrifiant les derniers centimètres cubes de la graduation, mais il n'en est pas ainsi dans la burette à tige, car la tige une fois supprimée, les divisions tracées sur le verre correspondent à des capacités trop larges, bien qu'égales, et perdent toute signification.

Qu'elles soient vides ou pleines de réactifs, les burettes doivent être garanties des poussières ou vapeurs par un petit bouchon ou une bille de verre disposés dans l'entonnoir. Souvent, et même bien construites, elles laissent échapper à la longue quelques gouttes de leur contenu ; il est bon, dans un but de propreté, de recueillir ces suintements dans un vase quelconque. Avant l'opération, et à la suite des lavages, on ramènera le niveau, c'est-à-dire la base du ménisque, soit au zéro, soit à une division simple. Si l'on verse un peu vite, après avoir constaté le numéro de la division de tangence, on verra au bout de peu d'instant le niveau se relever d'un bon dixième de centimètre cube ; c'est que des traces de réactif en ruisselant le long des parois ont rejoint et grossi la masse liquide. C'est au chiffre final qu'il faut se fier. Du reste on évite cette correction prévue en modérant le déversement.

Pour terminer avec ce qui concerne la verrerie graduée appliquée aux épreuves viticoles, nous conseillons aux chimistes de ne se fournir que dans une bonne maison de Paris, d'exiger la marque du constructeur et de se méfier des instruments de pacotille d'origine allemande. Du reste, les divers modèles peuvent se contrôler mutuellement.

Proposons-nous à ce sujet deux exercices :

1° Vérifier un matras au moyen d'une burette supposée exacte. On sèche le matras, puis on le remplit avec le

liquide découlant de la burette en partant chaque fois du zéro et rechargeant à diverses reprises si c'est nécessaire. Quand on a dépensé le nombre de centimètres cubes présumé exact, le ménisque, dans le col du matras doit toucher le trait de jauge. Bien entendu, la même expérience peut servir à la vérification inverse, à la condition de remplir le matras et non de le vider.

2° Vérifier une pipette au moyen de la même burette toujours présumée juste. La pipette étant cotée à 10 centimètres cubes, on remplit la burette d'eau puis on laisse écouler jusqu'au trait de 10 centimètres cubes. Immédiatement après, on charge la pipette et en opérant avec soin on déverse son contenu dans la burette. L'on doit revenir au zéro. Au rebours, cette expérience très simple permet de s'assurer de la justesse d'une burette en se servant d'une pipette reconnue exacte et se prête aussi au contrôle mutuel des burettes.

Il est bon aussi de s'assurer que les volumes liquides compris entre les divisions équidistantes d'une burette sont parfaitement égaux entre eux, ce dont on jugera par la pesée des écoulements soigneusement recueillis.

Des différences supérieures à 1 p. 100, par rapport à un bon instrument, doivent faire rejeter un appareil gradué ou jaugé. Au-dessous de ce chiffre d'erreur les divergences deviennent comparables aux inévitables erreurs d'expériences et perdent dès lors toute importance : l'instrument peut donc servir.

*Aréomètres et aréométrie.* — Comme les verres gradués, les aréomètres suppléent aux balances de précision et dans les recherches où une extrême minutie n'est pas indispensable, leur emploi économise une mesure volumétrique et deux pesées rigoureuses de masses assez lourdes. Il serait extrêmement avantageux

s'il ne comportait quelques erreurs, les unes à la vérité faciles à éliminer, les autres forcées pouvant être corrigées, les autres enfin inévitables mais dérivant du principe même des instruments et faussant quelque peu les observations.

Nous n'avons pas besoin de dire que les aréomètres se composent de trois parties bien distinctes qui sont à partir du bas : la boule creuse lestée de mercure ou de grenaille de plomb destinée à maintenir la verticalité du flotteur ; puis la « carène », ou partie renflée cylindro-conique rattachée à la boule par un étranglement et portant la tige supérieure, plus ou moins longue, plus ou moins fine, cylindrique ou aplatie, toujours très fragile, à l'intérieur de laquelle se trouve la bande divisée en papier.

Conformément au principe d'Archimède, l'instrument dont le poids  $P$  est invariable devrait déplacer un volume liquide tel que son poids égalât exactement  $P$ . Les immersions se proportionneraient aux inverses des densités. En réalité la question est plus complexe. Plongez un aréomètre dans un liquide coloré, mais transparent, et vous constaterez sans peine qu'au point d'affleurement le liquide, loin de baigner horizontalement la tige, grimpe quelque peu le long de cette tige comme l'eau s'élève à l'intérieur des parois d'une pipette ou d'une burette. Ce phénomène, nous ne l'ignorons plus, est dû à l'attraction capillaire ; le voisinage d'une paroi verticale trouble l'équilibre général et, la gaine liquide n'étant plus plane, la tension superficielle se manifeste ; sa résultante exactement égale au poids liquide surélevé appuie sur l'aréomètre et tend à le faire enfoncer un peu plus que ne l'exigerait le principe d'équilibre. La correction de capillarité varie non seulement d'un liquide à un autre, mais change suivant

l'état de la tige et de la couche superficielle ; elle est proportionnelle au pourtour de la tige et, toutes choses égales d'ailleurs, influence moins un aréomètre lourd qu'un flotteur léger.

Le véritable but des aréomètres à poids constant est de faire connaître les petites variations de densité et par suite de composition chimique d'un principe actif soluble mélangé à une certaine quantité ordinairement assez considérable. Très grande dans l'eau pure, la tension superficielle décroît un peu, mais, suivant une règle presque proportionnelle, quand l'eau reçoit en quantités sensibles des acides, des sels ; elle ne fait en somme que modifier très légèrement le taux comparé des densités apparentes et des richesses. Les résultats à peine erronés demeurent comparables. Avec l'alcool, mêlé à l'eau, les perturbations s'accroissent et surtout sont moins simples. Alors les constructeurs sont obligés de graduer en conséquence leurs appareils.

Si le liquide n'est pas parfaitement propre, si une couche invisible de matière huileuse ou grasseuse en souille la surface ou même si une trace infime de matière grasse adhère à la tige de l'instrument, les résultats risquent d'être faussés. En effet, la tension superficielle, comme force perturbatrice, ne dépend pas de la composition interne de la masse liquide, elle résulte bien de la nature de la surface libre où s'accumulent et flottent nécessairement toutes les impuretés, mais elle se rattache surtout à l'état intime des molécules contiguës à la tige. Donc, même avec un liquide irréprochable, même avec des couches supérieures parfaitement pures, double condition indispensable, il suffit que la tige ait été touchée avec les doigts pour que la tension superficielle risque de tomber de la valeur 7,5 spéciale à l'eau pure, ou de la valeur 4,5 (alcool à 15°)

au taux de 3 spécial à l'huile (1). En revanche certaines matières, comme le sucre, même abondamment dissoutes dans l'eau distillée n'en modifient point la tension capillaire.

Concluons pratiquement qu'il faut, en règle absolue, veiller à la propreté des tiges aréométriques et surtout à l'absence rigoureuse des substances grasses. Même pour les expériences les plus grossières, il faut s'abstenir de toucher avec les doigts, si propres qu'ils soient, la partie graduée, mais manier l'instrument, soit par la carène, soit par le haut de la tige. Il est bon de rincer l'appareil à l'eau claire, d'en essuyer l'échelle avec un linge mouillé ou mieux humecté du liquide à éprouver. S'il s'agit de mesures délicates, il faudra imbiber le coin du linge dont on se sert avec des dissolvants des corps gras : solutions d'alcalis caustiques, potasse ou soude, éther ordinaire ou alcool à 90°.

- Il faut bien se garder aussi de trop remplir l'éprouvette destinée à recevoir le liquide au sein duquel devra nager l'aréomètre. Une partie de l'excès s'écoule bien au dehors, mais le liquide restant se bombe et adopte une forme de surface qui change la tension superficielle de l'ensemble et par suite modifie celle régnant au voisinage immédiat de la tige. Comme, d'autre part, le point d'affleurement se distingue plus malaisément s'il est trop inférieur au rebord, à cause d'une prise liquide un peu trop faible, nous conseillons de marquer au diamant sur le verre un petit trait indiquant approximativement le niveau qu'il est commode d'atteindre sans

---

(1) Ces nombres se rapportent au millimètre courant de périmètre mouillé et sont exprimés en « dynes » mesure pratiquement égale au milligramme. Pour un contour de 4 millimètres de tige, si la tension superficielle tombe de 3 unités, le flotteur est déchargé de 12 milligrammes, quantité non négligeable.

trop le dépasser lorsqu'on versera le liquide dans l'éprouvette de façon que l'aréomètre étant postérieurement introduit, la lecture soit aussi commode que possible.

La largeur de l'éprouvette doit aussi être prise en considération ; un diamètre trop fort exige un trop grand volume de liquide et avec un diamètre trop faible la careène de l'aréomètre risque de frotter contre les parois.

Souvent l'appareil descendu dans le liquide et abandonné un peu trop tôt à lui-même plonge verticalement de façon à faire immerger une fraction considérable de sa graduation. Il oscille ensuite et finit par s'arrêter à une division plus basse, mais la lecture de celle-ci ne doit servir que comme résultat approximatif, car la tige, en émergeant, entraîne au dehors une gaine liquide qui surcharge le poids du flotteur. Si donc *a priori* on n'a aucune idée de la région de l'échelle où doit se faire l'affleurement, il vaut mieux faire cet essai préliminaire, puis retirer l'aréomètre, essuyer proprement la tige, enfin immerger doucement l'appareil en le maintenant entre les doigts et ne le lâcher que lorsque le niveau sera très voisin du point observé et inférieur à lui. De cette manière les oscillations seront nulles ou faibles et la partie émergée de l'échelle demeurera sèche.

Une question s'impose avec les aréomètres. Quel est le vrai point d'affleurement ? Est-ce le sommet du ménisque ? Est-ce le plan prolongé du niveau libre ? Avec les liquides parfaitement incolores et transparents comme les mélanges alcooliques, pas de doute, c'est le plan liquide dont il faut tenir compte en observant à un niveau convenable (voir le chapitre VIII du présent ouvrage). Avec les liqueurs opaques ou colorées les constructeurs conseillent de se baser sur la ligne de raccordement du ménisque et de la tige.

Supposons qu'un opérateur possède un bon instrument très précis, mais dont l'échelle soit limitée par exemple de 1,000 à 1,040. Il ne lui est pas difficile d'accroître l'étendue de l'échelle un peu au détriment de la précision, il est vrai, mais sans détériorer l'aéromètre en quoi que ce soit. Il lui suffit, pour mettre en pratique ce perfectionnement, de quelques feuilles d'aluminium de moyenne épaisseur, d'une paire de ciseaux, d'un canif et d'une pince, au moyen desquels il

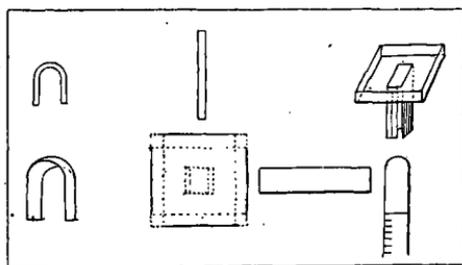


Fig. 6.

confectionnera un petit plateau léger propre à coiffer l'extrémité de la tige, comme l'indique notre figure 6. Il préparera ensuite une dissolution ayant la composition des mélanges qu'il se propose d'étudier et telle que le point d'affleurement soit exactement 1,040 au bas même de l'échelle. Cette condition réalisée, il renouvelle l'expérience en adaptant le plateau sur la tige. Si le poids du plateau a été bien calculé, l'instrument, sans plonger tout à fait, s'enfoncera jusqu'à une division quelconque de l'échelle, soit 1,032. On ajoutera petit à petit des fragments d'aluminium jusqu'à ce que le niveau baigne la division 1,040. Il est clair que sauf des erreurs négligeables en pratique courante, l'appareil, toutes les fois qu'il sera muni du plateau et des mêmes poids, pourra servir de 1,040 à 1,080 et il suffira

d'ajouter mentalement la constante 40 au numéro de la division d'affleurement (1).

Réciproquement, un bon densimètre à échelle peu étendue peut servir en quelque sorte de balance pour les pesées à l'égard desquelles une extrême précision n'est pas de rigueur. On coiffera l'appareil d'un plateau très léger en carton ; on notera l'affleurement d'abord avec le plateau vide, puis avec le plateau chargé de poids connus et gradués. La substitution de réactifs à ces poids permettra de les doser, au moins d'une façon approchée (2).

*Dosages agricoles par précipitation.* — Comme nous l'avons déjà indiqué, presque toujours le chimiste analyseur qui veut doser un élément défini, corps simple ou corps composé, dans un mélange, cherche soit à le séparer, soit à l'entraîner dans une combinaison simple et définie, mais en tout cas sous forme insoluble. Le précipité est jeté sur un filtre qui l'arrête, il est ensuite lavé, c'est-à-dire débarrassé des corps étrangers qui l'imbibent, soit à l'eau distillée, soit à l'eau contenant un principe volatil, qui par sa nature physique ou chimique s'oppose à tout entraînement. Le filtre, après le lavage, est porté à l'étuve ; les liquides s'évaporent et le précipité reste sec. Certains tours de

---

(1) Nous laissons au lecteur le soin de faire lui-même le petit calcul indiquant le poids théorique exact dont il convient de surcharger l'aréomètre si l'on veut prolonger son échelle. On trouvera aisément qu'il est égal au poids même de l'aréomètre multiplié par la fraction traduisant l'excès sur l'unité de l'indication maxima de l'appareil ; 40 p. 1000 dans l'exemple choisi. Avec un aréomètre de 50 grammes la surcharge totale devra être de 2.000 milligrammes ou 2 grammes. Bien entendu, le chiffre pratique sera simplement très voisin, mais non identique. Il sera bon, pour plus d'exactitude, d'enlever une unité aux nombres bruts observés dans le voisinage de 1060 et au delà.

(2) Voir pour plus de détails notre petit article du n° 1370 de *la Nature*, 2 décembre 1893, sur les balances sans fléau.

main permettent de le détacher du filtre ou d'incinérer celui-ci de façon à isoler le précipité et à le peser, pur et sec, à la balance de précision.

Tel est le principe de la méthode générale qui se diversifie à l'infini dans les applications, mais qu'il est difficile d'appliquer en dehors du laboratoire scientifique. Nous ne la citons que pour mémoire, malgré son importance parce que le viticulteur procède par d'autres voies, peut-être moins exactes, mais plus simples et propres à économiser un matériel encombrant et coûteux.

*Dosages volumétriques gazeux.* — La chimie analytique telle que nous le concevons se trouvant réduite aux méthodes volumétriques, où l'on mesure au lieu de peser, et où l'on se sert de liqueurs titrées de force connue et de burettes divisées, il ne reste plus pour chaque cas particulier qu'à trouver un moyen d'avertir l'opérateur que la réaction est parfaite et qu'il doit cesser de dépenser du réactif. Tantôt la clôture s'annonce par l'apparition d'un précipité (procédé Pasteur pour l'acidité des vins), tantôt par un changement de teinte (dosage de l'acidité par les procédés alcalimétriques). Mais si le chimiste d'occasion n'est pas doué d'une certaine habitude, ou si son attention n'est pas sans cesse en éveil, la fin du phénomène peut lui échapper et il risque, en continuant de vider sa burette commettre de graves erreurs.

Aussi a-t-on cherché depuis longtemps et cherche-t-on encore à rendre pratique des méthodes volumétriques par les gaz. Expliquons-nous à ce sujet : provoquons une réaction de laboratoire entre de très petites quantités de substances actives, nous savons que si, à la suite de l'attaque, un gaz vient à se déga-

ger de la masse en transformation, celle-ci est complète. Au lieu de laisser perdre ce fluide, recueillons-le ; son volume pourra être assez considérable vu la faible densité des gaz usuels. Comme d'autre part, dans des circonstances invariables de pression et surtout de température, le volume d'un gaz est proportionnel à son poids, si l'on peut faire en sorte que la quantité de gaz dégagé soit elle-même rigoureusement proportionnelle à l'élément à doser, le problème est résolu.

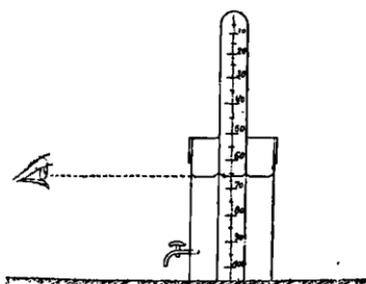


Fig. 7.

C'est par des méthodes de ce genre dont nous parlerons plus tard avec détails, qu'on dose le calcaire dans les terres, l'azote dans les engrais, et le pouvoir acide dans les moûts, les vins, les vinaigres.

Rigoureusement parlant, le gaz devrait être recueilli sur le mercure pour éliminer du coup et la solubilité et l'influence perturbatrice de la présence de la vapeur d'eau. Mais, en recueillant sur l'eau un gaz peu soluble, l'erreur n'est pas énorme, surtout dans la pratique agricole, et la simplification d'outillage est immense. Dans certains instruments comme dans l'appareil de M. Bernard, la disposition même de l'expérience maintient le gaz sous la pression régnant dans le laboratoire ; dans d'autres modèles la cloche à l'intérieur de laquelle s'accumule le gaz repose dans une cuve qui peut être remplie jusqu'à égalité des niveaux interne et externe. Dans tous les cas, le niveau du gaz doit être estimé au moyen d'une visée horizontale destinée à rechercher quelle est la division tangente à la base horizontale du ménisque (fig. 7).

Naturellement, si l'on néglige la précaution du rétablissement du niveau, on commet une légère erreur qui, chose curieuse, est très faible avec une cloche presque pleine de gaz, insignifiante si au rebours le gaz occupe peu de place, maxima enfin avec une cloche à moitié remplie (1).

Lorsque l'on ne peut rétablir l'égalité des niveaux à raison du peu de profondeur du récipient, on fait d'abord une première lecture correspondante à la hauteur, à une colonne d'eau intérieure aussi réduite que possible; puis une seconde en soulevant la cloche de façon à doubler cette même colonne. La petite différence observée se retranche de la première lecture. Si on opère toujours avec la même cloche et la même cuve, il est encore plus commode de dresser expérimentalement une petite table de correction qui indiquera sur-le-champ la fraction assez petite à enlever du nombre brut observé.

Comme les gaz s'échauffent facilement et alors se dilatent d'une façon notable, il ne faut jamais saisir avec les mains nues la cloche lorsqu'elle contient du gaz, ou du moins on doit la maintenir par la base encore remplie d'eau. On peut avoir recours à une pince en bois, à une feuille de papier épais : il est infiniment plus simple de fabriquer une petite calotte en

---

(1) Appelons  $v$  le volume d'une division de la cloche dont chacune occupe une longueur  $l$ . Soient  $H$  la pression atmosphérique exprimée en colonne d'eau,  $n$  le numéro observé avant la correction qui devient ensuite  $n - \varepsilon$ . La masse gazeuse avant le rétablissement du niveau occupe le volume  $n v$  sous la pression  $H - (100 - n)l$ , puis après le rétablissement le volume  $(n - \varepsilon) v$  sous la pression  $H$ . Egalons les produits en supprimant  $v$  facteur commun, il nous vient  $n [H - (100 - n)l] = (n - \varepsilon)H$ , d'où  $\varepsilon = \frac{n(100 - n)l}{H}$ .  $\frac{l}{H}$  était constant pour un appareil donné ( $\frac{3}{10\ 000}$  en pratique dans la cloche du modèle Trubert), le produit  $n(100 - n)$  est maximum pour  $n = 50$  et la correction  $\varepsilon$  est alors de  $\frac{3}{4}$  de division.

flanelle épaisse dont on coiffera la cloche qu'on pourra dès lors manipuler commodément en toute sécurité.

On connaît le tour de main par lequel une cloche se retourne pleine sur la cuve à eau. Au lieu de découper chaque fois une feuille de papier qu'il faut jeter ensuite, on bouchera l'orifice avec une rondelle de caoutchouc mince qui servira indéfiniment.

Avant de s'accumuler dans la cloche, les bulles gazeuses, débouchant et barbotant dans l'eau de la cuve, par le tube abducteur en prennent la température qui en pratique diffère peu de celle du laboratoire, en même temps se saturent d'humidité. Nous donnons à la fin du présent livre une table qui permet de calculer le volume qu'occuperait à zéro degré, sous la pression atmosphérique, une masse gazeuse soumise à des conditions connues et de plus gorgée de vapeur d'eau. Cette correction se fait mécaniquement sans difficulté, mais elle peut même être évitée par l'emploi des « tares ». Soit après, soit avant son expérience sur la matière à éprouver, l'agronome prépare une dose connue d'un produit de richesse fixée d'avance, et il le traite comme s'il voulait l'éprouver. Le rapport des deux nombres fournit, sans calcul, en échange d'une pesée ou d'une mesure de volume supplémentaires, la quotité demandée (1). Il est avantageux, en manipulant toujours avec le même appareil et procédant avec les mêmes méthodes, de noter soigneusement pour chaque tare les circonstances de température et de pression, parce qu'alors on pourra se dispenser de recommencer une nouvelle mesure lorsque les conditions se retrouveront identiques.

---

(1) Bien entendu, cette méthode détournée s'applique également aux dosages volumétriques à la burette.

**Thermomètres.** — Plus un aréomètre est précis, plus il est nécessaire d'en corriger les indications au moyen d'un thermomètre, dont l'intervention sera aussi très utile dans les analyses volumétriques gazeuses. Les liquides et surtout les dissolutions alcooliques étant très dilatables, le flotteur dont le volume est presque invariable se comporte comme un véritable thermomètre. Comme jamais on n'opère à des températures plus froides que 10°, ni plus chaudes que 25° ou 30°, les thermomètres à alcool du modèle de ceux des alambics Salleron suffisent parfaitement, pourvu qu'on prenne la précaution bien simple de les étalonner avec un excellent thermomètre à mercure gravé sur tige et contrôlé. On laissera les deux instruments baigner côte à côte pendant plusieurs minutes dans un seau d'eau de puits bien fraîche et l'on s'assurera que le thermomètre à alcool donne des indications suffisamment approchées ; sinon, rien n'est perdu, mais l'on notera soigneusement l'écart. On pourra, pour plus de précautions, renouveler l'expérience avec de l'eau tiède à différentes températures écartées d'une dizaine de degrés, en se servant des thermomètres comme agitateurs. Quand les colonnes resteront parfaitement immobiles, on procédera aux lectures ; si l'accord n'existe pas, on tiendra compte de la différence. Au moyen de la petite table sommaire résumant la comparaison, il sera possible d'obtenir des résultats exacts avec un appareil médiocre (1).

(1) Appliquons ces renseignements à un exemple. Nous avons obtenu les indications suivantes :

	1 <sup>er</sup> essai	2 <sup>e</sup> essai	3 <sup>e</sup> essai
Thermomètre de précision à mercure.	10°2	18°7	29°4
Thermomètre à alcool. . . . .	10°9	19°2	29°5

Plus tard, dans le cours d'une expérience, le thermomètre à alcool marqué 14° on retranchera 0°6 et l'on notera 13°4.

Ajoutons que les thermomètres destinés aux corrections aréométriques ne doivent pas être tenus moins proprement que les densimètres eux-mêmes.

*Matériel d'analyse.* — Le lecteur nous saura gré de lui énumérer sommairement les menus objets utiles à l'agronome pour ses analyses ordinaires. Indiquons d'abord à titre de renseignement la liste suivante, relativement trop complète, des ustensiles que chaque élève de l'École d'agriculture de Montpellier est tenu de posséder :

Trois ballons à fond rond de capacités respectives approchées de 100, 250, 500 centimètres cubes. Servent aux dissolutions et attaques à chaud.

Trois vases à précipité, récipients dont le nom indique l'usage, de 150, 250, 500 centimètres cubes.

Un vase à précipité en verre de Bohême pouvant aller sur le feu.

Un verre à pied de 250 centimètres cubes.

Six tubes à essai avec un support.

Deux entonnoirs, l'un de 6 centimètres de diamètre, l'autre de 8, pour les filtrations.

Une pissette ou fiole à jet. On la remplit d'eau distillée ; elle sert à rassembler et laver les précipités sur les filtres et à rincer la verrerie.

Trois capsules en porcelaine, l'une à fond plat de 25 millimètres de diamètre, les autres à fond rond de 84 et 110 millimètres.

Un valet pour les ballons.

Deux supports à entonnoir. Nous verrons comment on les supplée.

Une pince en bois pour manier les ballons et matras sans se brûler.

Un bain de sable en tôle.

Trois matras jaugés contenant respectivement 250, 100 et 50 centimètres cubes.

Deux pipettes jaugées, l'une de 10, l'autre de 5 centimètres cubes.

Une éprouvette graduée de 100 centimètres cubes.

Enfin deux baguettes en verre, dont l'une munie d'un tube en caoutchouc et deux carrés de papier pour recueillir les précipités.

Cette énumération pourrait, ce nous semble, être restreinte. D'autre part, elle ne comporte ni burettes, ni cloches à gaz, et elle s'applique à des élèves qui disposent du gaz d'éclairage et des balances.

M. Trubert, agrégé de l'Université et professeur au lycée de Roanne, a imaginé une cassette dite « nécessaire chimique agricole » qui contient sous un petit volume et des dimensions portatives, un matériel assez complet pour permettre à l'agronome d'exécuter lui-même la plupart des analyses courantes. Chaque pièce est destinée à jouer plusieurs emplois, en sorte que le constructeur en a pu réduire le nombre au strict minimum (1).

Comme à la campagne il est bien rare qu'on ait le gaz à sa disposition, pour tous les essais où il faut chauffer, on se sert d'une petite lampe à alcool sans mèche, dont on apprend vite le maniement. D'abord faible au début, la flamme s'élargit à mesure que l'alcool s'échauffe ; un modérateur permet de la régler. Il est bon, au surplus, de mouiller avec de l'eau fraîche le réservoir de la lampe pour ralentir, à la fin de l'opération, l'activité du feu.

La lampe est munie d'une couronne formant support

---

(1) Ces lignes et les suivantes reproduisent presque textuellement divers passages d'une notice parue dans le n° 1250 de la *Nature* (15 mai 1897).

et qui reçoit tantôt un petit ballon, tantôt une capsule à fond plat. Celle-ci est destinée aux dessiccations et incinérations ; celui-là aux expériences dans lesquelles il faut faire bouillir une liqueur sans calciner un résidu (dosage de l'alcool dans les vins, de l'azote nitrique, etc.). On recourt aussi au ballon pour les attaques à chaud auxquelles nuirait une évaporation trop active (dosage de l'azote organique).

Les réactions à froid, comme celles des acides sur les carbonates ou le bicarbonate de soude, s'opèrent dans un grand flacon de 400 centimètres cubes. Un second flacon beaucoup plus petit (60 centimètres cubes seulement) sert de récipient lorsqu'on dose l'alcool par distillation.

Nous reparlerons plus loin de l'emploi de la cuve à niveau constant, qui peut à volonté se vider lorsqu'on ouvre l'orifice latéral, ou se remplir d'eau lorsqu'on le bouche. La cloche à laquelle nous avons fait allusion déjà contient 100 centimètres cubes, et peut jouer le rôle d'une éprouvette graduée.

Le matériel est complété par un entonnoir en verre, par des tubes pleins ou creux, par des bouchons en caoutchouc dont les plus petits peuvent s'ajuster à volonté sur le ballon, le petit flacon, la cloche. Les bouchons sont tous percés de deux trous ; pour les expériences où le second orifice est inutile, on l'obture avec une tige de verre.

N'oublions pas les instruments de mesure : alcoomètre très sensible avec éprouvette assortie, pouvant aussi fonctionner comme œnobaromètre ; pipette à un trait de 5 centimètres cubes, compte-gouttes indiquant les dixièmes de centimètres cubes, et, d'autre part, petit thermomètre à alcool.

Ce laboratoire en miniature rendra de réels services

aux personnes déjà tant soit peu familiarisées avec la chimie, qui voudront soit manipuler à la campagne, sans s'imposer les frais d'une installation en règle, soit procéder à des dosages sur place dans le cours d'une excursion, d'autant plus que la capacité de la cassette permet aux gens prudents d'y loger quelques pièces en double, destinées à parer aux éventualités d'accidents ; à ceux qui visent à la perfection d'y caser, suivant leur spécialité, deux ou trois accessoires supplémentaires, peu volumineux, non indispensables, mais propres à abréger leur tâche.

Citons, à l'usage du viticulteur, un vase en verre de Bohême une bonne pipette jaugée de 20 centimètres cubes, à laquelle il pourra substituer une burette de 25 centimètres cubes, d'emploi plus général (trop longue pour se loger dans le nécessaire).

Il nous paraît presque indispensable pour les pesées et pour certaines opérations d'employer une petite spatule en platine ; on ne doit cependant pas oublier que ce métal s'altère par les alcalis caustiques ou par les acides chlorhydrique et azotique commerciaux.

Comme nous aurons occasion plus d'une fois de revenir sur les détails de ce genre, relatifs à des cas particuliers, nous rappellerons seulement qu'on peut réaliser à peu de frais un support économique, non encombrant et très transportable, pour recevoir les burettes et les entonnoirs (fig. 8). On associe deux pinces à lessive en bois du modèle le plus usuel, en les fixant rectangulairement l'une par rapport à l'autre. La première A reçoit dans l'échancrure de ses mâchoires la tige de burette ou d'entonnoir ; la seconde pince B, après transformation, s'ajuste sur une cloison bien verticale, mais quelconque : flanc de cassette (comme celle du nécessaire Trubert), rebord d'étagère, paroi de vase à précipité, ou même

de verre à boire de grand rayon. On interposera, comme toujours, un peu de papier ou un petit morceau de flanelle entre la pince A et la burette, et c'est encore avec une feuille de papier plusieurs fois repliée sur elle-même qu'on réglera le serrage de B, en accroissant au degré voulu l'épaisseur trop faible de la paroi de support. L'équilibre du vase soutien est-il compromis?

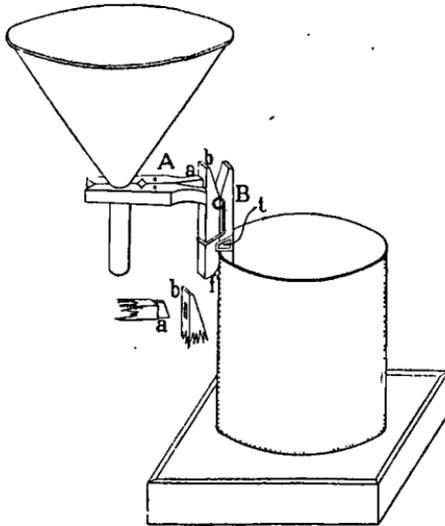


Fig. 8. — Support économique.

on le lestera tout simplement avec de l'eau, du plomb, du sable.

Le croquis ci-contre explique comment le premier menuisier venu peut s'y prendre pour assembler les deux pièces *a* et *b*. Ajoutons seulement que les mâchoires de la pince verticale B ont été aplanies avec adjonction de deux petits taquets latéraux *t* servant d'appui.

Outre l'avantage de la mobilité, la disposition que nous recommandons présente celui d'un extrême bon

marché ; en frais d'achat de pinces et de main d'œuvre, la dépense n'atteint pas 80 centimes.

*Réactifs.* — Sauf l'acide chlorhydrique commercial pour l'analyse des terres, les réactifs employés doivent être purs de tout corps étranger. Nous recommandons pour les flacons et bocaux destinés à les recevoir des dimensions très inégales ; suivant les études poursuivies par l'agronome, la consommation des divers produits est toujours fort irrégulière et avec des récipients uniformes, certains réactifs très usuels s'épuisent trop vite tandis que d'autres vases restent à peine entamés.

Voici ceux dont l'usage est le plus fréquent :

*Eau distillée.* — Se fabrique aisément à la campagne au moyen de l'alambic qui sert à préparer de l'eau-de-vie. On peut souvent la remplacer par de l'eau de pluie, ou par l'eau ordinaire qu'on fait bouillir pour décomposer les carbonates, puis qu'on filtre chaude. En tout cas, le produit doit être neutre aux papiers et réactifs colorés.

*Solutions acides minérales.* — On étend d'eau pure une petite quantité d'acide sulfurique ou chlorhydrique purs jusqu'à la dilution désirée qui doit être parfaitement limpide et se conserver indéfiniment sans altération. Souvent on recourt à l'acide oxalique qui, étant solide, peut se peser à l'état de pureté presque absolue et dont les solutions aqueuses se conservent aussi très bien. Les flacons dont on fait usage peuvent être bouchés avec du verre, du liège ou du caoutchouc.

*Acides tartrique et citrique.* — Se conservent en cristaux ou en poudre grossière dans des flacons en un

local sec. Les produits du commerce sont suffisamment purs. Mais leurs dissolutions ne tardent pas à être promptement envahies par les moisissures et ne peuvent se conserver.

*Alcalis : potasse, soude, chaux.* — Il faut bien se garder de conserver la potasse et la soude, soit en fragments, soit en solution, dans des conserves ou flacons bouchés à l'émeri; sinon l'adhérence du bouchon s'exagérerait au point qu'on ne pourrait l'extraire qu'avec difficulté, et quelquefois même en brisant le col. Il faut avoir recours à des bouchons en liège ou en caoutchouc.

La liqueur étendue de soude avec laquelle on sature les acides s'altère aisément, surtout en vase ouvert. Employer un flacon en verre jaune, le maintenir soigneusement bouché et ne jamais verser les excédents dans le flacon.

Encore plus que la liqueur de soude, l'eau de chaux réclame de fréquentes vérifications de titre, car elle est infiniment plus altérable, et le carbonate de chaux se précipite tandis que le carbonate sodique reste en solution.

*Carbonates et bicarbonates.* — Le marbre blanc, constitué de carbonate de chaux pur, sert pour les tarages calcimétriques, à défaut de spath d'Islande qu'il n'est pas toujours facile de se procurer. Après s'être assuré qu'il n'est pas souillé de plâtre, on le broie, on l'écrase et on le passe au tamis fin pour le conserver en poudre dans de petits flacons.

On ne peut le remplacer pour cet usage par le carbonate de soude pur, que si ce dernier est récemment fondu, sinon il absorbe l'humidité de l'air.

Pour utiliser le bicarbonate de soude, on en broie une assez grande quantité qu'on précipite dans un grand

bocal. On bouche et on retourne un grand nombre de fois dans le but d'homogénéiser la masse.

*Produits divers.* — Nous en reparlerons au fur et à mesure de la description de leur emploi.

L'agronome, chimiste par occasion, devra ne jamais manquer ni de papier tournesol rouge et bleu, ni surtout de teinture alcoolique de phtaléine du phénol.

---

## CHAPITRE III

### Les vignobles et le sol.

Conformément à une vieille routine séculaire, la vigne française, jusqu'à ces dernières années, devait se contenter des plus mauvais terrains. Avant l'ère des chemins de fer, la difficulté des communications donnait lieu de redouter sans cesse des disettes locales, tant à l'égard de l'approvisionnement de l'homme qu'à l'encontre de l'alimentation du bétail. Aussi, et non sans logique, on attribuait une importance majeure à la culture des céréales et des fourrages ; les sols les plus fertiles étaient réservés au froment, et dans le Midi, partout où l'irrigation était possible, les prairies artificielles dominaient. On a cité d'antiques règlements de police locale, remontant à l'ancien régime et excluant strictement les vignobles de certaines terres ; ces prohibitions, qui nous font sourire, ont dû, la plupart du temps, rester à l'état de lettre morte, car, guidé par son intérêt, le propriétaire ne trouvait aucun avantage à substituer un produit aléatoire, comme le vin, non absolument nécessaire, et par cela même sujet à se déprécier lors des mauvaises années, à des récoltes au fond plus certaines et d'un débit généralement assuré.

En revanche la vigne, avec peu de soins, presque

sans dépenses, fournissait sur les coteaux les plus maigres du Midi et d'une bonne partie de la France des revenus un peu irréguliers, mais bien nets.

Survint l'invasion phylloxérique. Parmi les innombrables remèdes proposés pour venir à bout du fatal insecte, deux seulement furent reconnus pratiques et s'emploient encore aujourd'hui : 1° empoisonner l'animal par des vapeurs asphyxiantes de sulfure de carbone ; ou 2° le détruire par la submersion, c'est-à-dire par privation d'air.

*Sulfure de carbone.* — Il ne faut pas être trop sévère à l'égard du premier procédé sur lequel nous reviendrons plus loin au chapitre vi ; n'oublions pas que s'il a occasionné de nombreux mécomptes, il a permis aussi à bien des propriétaires du Biterrois et du Narbonnais de conserver à peu près intactes, durant plusieurs années, leurs vieilles vignes et d'empocher, vu le prix élevé du vin à cette époque, de respectables bénéfices qui leur ont singulièrement facilité la reconstitution progressive ultérieure sur pieds américains ; cette même méthode a préservé également et préserve encore, en Bourgogne et en Bordelais plus d'un vignoble de choix dont la conservation importait aux gourmets du monde entier et dont le revenu est assez considérable pour supporter aisément les frais du sulfurage.

Théoriquement presque tous les sols peuvent, après avoir reçu du sulfure de carbone, le diffuser convenablement de façon à détruire des insectes par les vapeurs toxiques sans pour cela nuire aux racines de la vigne dans un certain rayon autour des trous d'injection ; mais beaucoup d'entre eux, ceux dont la nature n'est pas exceptionnellement favorable, c'est-à-dire sablon-

neuse, s'opposent à cette diffusion dès qu'ils renferment une certaine quantité d'humidité. Malheureusement cette circonstance se rencontre presque toujours en hiver, époque des traitements dans les terrains argilo-calcaires (M. Houdaille).

*Submersion.* — Elle exige, au rebours du sulfure de carbone insecticide, un terrain médiocrement perméable de sa nature. Un sol argileux et compact se laisse difficilement pénétrer; mais sous la pression continue d'une nappe d'eau d'une certaine hauteur l'eau finit par descendre jusqu'aux plus basses racines.

Discuter des questions, très intéressantes d'ailleurs, d'adduction d'eau et de nivellement serait nous écarter de notre cadre. Contentons-nous de rappeler que la submersion se pratique sur une grande échelle en Bordelais, en Camargue, dans les terres d'alluvions des petits fleuves côtiers languedociens: Vidourle, Hérault, Aude. Les propriétés submersibles sont divisées en quartiers parfaitement aplanis d'étendue très variable, limités par des barrages rectilignes. En hiver, pendant le repos de la végétation, ou même à la fin de l'automne, chacun de ces enclos se convertit en lac, d'une profondeur minima de 20 à 30 centimètres, et le niveau ne doit pas baisser pendant un mois, ou mieux quarante jours. On laisse ensuite le sol se dessécher spontanément. L'opération, qui doit être renouvelée chaque année, consomme jusqu'à 90 000 mètres cubes d'eau par hectare.

Coûteux, mais rémunérateur parce qu'il ne s'applique qu'à des sols d'alluvions d'excellente qualité, ce procédé de défense est nécessairement très limité.

*Plantation dans les sables.* — On a remarqué,

depuis vingt-cinq ou trente années, que les vignes plantées dans les sables ne semblaient pas souffrir des atteintes du phylloxera, malgré l'absence de tout traitement insecticide. Ainsi ont été épargnés d'assez nombreux vignobles du Bordelais, des Landes et quelques rares plantiers méditerranéens ; mais, dans le Sud-Est beaucoup d'exploitations viticoles florissantes et à grande production ont envahi des dunes littorales, jadis désertes et improductives.

D'où vient pour les sables cette précieuse faculté ? Plusieurs théories ont été mises en avant. Celle de M. Barral, appuyée plus tard par les expériences de M. Saint-André, attribue la destruction du phylloxera dans les sables à une sorte de submersion artificielle ; les sables, par leur nature physique, manquent de cohésion, et, dès lors, les interstices restant libres entre les grains constituent par leur juxtaposition une série d'innombrables petits tuyaux capillaires ramifiés à l'infini. Comme les sables sont toujours eux-mêmes superposés à une nappe aquifère, le liquide sous-jacent, remontant par capillarité, baignerait sans cesse le sable et noierait le phylloxera au fur et à mesure des invasions. Par le fait M. Gastine, au moyen d'expériences très simples poursuivies en remplissant des verres de lampes avec des sables de différentes provenances, résistants ou non, a étudié le pouvoir ascensionnel de ces sables par rapport à une nappe d'eau inférieure, constaté leur inégalité et vérifié que le pouvoir capillaire de succion verticale est corrélatif de l'immunité phylloxérique.

Néanmoins la théorie proposée par M. Gastine est plus simple encore que la précédente, qu'elle ne contredit pas absolument du reste. Le phylloxera ne peut vivre dans les sables parce que les grains, trop mobiles,

roulant les uns sur les autres, empêchent l'insecte de cheminer à travers la masse. Dès qu'un sable gagne en cohésion, il perd, par contre, son immunité.

Peut-on, *a priori*, estimer d'avance cette immunité ou la mesurer en quelque sorte, si elle est reconnue par l'expérience agricole? Oui, sans doute, et non par un essai spécial, mais par une épreuve générale applicable à toutes les terres, toujours utile, et dont la marche a été indiquée par M. Schlœsing. Dans une capsule tarée, on pèse 10 grammes de sable sec; on les arrose d'eau distillée en malaxant le mélange avec le doigt; on laisse reposer quelques secondes et on décante l'eau trouble: on renouvelle cette opération jusqu'à ce que les eaux de lavage deviennent claires; on décante une dernière fois, on évapore, on dessèche et on pèse. On constate une perte de poids due à l'élimination de la matière impalpable. Si cette perte de poids, dans l'exemple cité, est supérieure à 1<sup>er</sup>,5, le sable est gras et ne peut procurer la résistance aux vignes françaises. Si la déperdition est inférieure à 1 gramme ou 10 p. 100, le sable, franchement « maigre », dépourvu de parties agglutinées, confèrera franchement l'immunité. Entre ces deux limites, il est suspect (M. Gastine).

Inutile presque de dire que la fertilité d'un sable augmente avec sa teneur en argile, c'est-à-dire croit en raison inverse de son aptitude préservatrice. Quant à la nature chimique des éléments grossiers ou impalpables, il est tout à fait inutile de s'en préoccuper; leur proportion totale relative est seule essentielle.

Peut-être que les sables du Sud-Ouest sont intrinsèquement moins propices à la défendre, mais le climat de la région est moins favorable que celui de la Méditerranée à la multiplication de l'insecte. De plus, sur les

bords du golfe du Lion, le pouvoir capillaire des sables occasionne parfois des mécomptes dans les étés trop secs en faisant remonter à la surface des eaux imprégnées de sel qui détruisent la vigne.

*Les vignes américaines. — La chlorose.* — Les deux solutions des vignes irriguées et des souches confiées aux sables manquent absolument de généralité et ne conviennent qu'à des étendues bien faibles de notre territoire français viticole. Aussi le problème de la résistance victorieuse au phylloxera n'a été résolu dans toute sa généralité que lorsque les propriétaires renonçant à venir à bout de l'ennemi, ont réussi à braver ses attaques, en multipliant soit des vignes américaines de race pure comme le *Riparia*, le *Rupestris*, le *Berlandieri*, soit des hybrides dont l'un des auteurs au moins est d'origine exotique. Tantôt la vigne américaine résistante reçoit et nourrit un greffon français fertile, c'est invariablement le cas des trois espèces citées plus haut; tantôt, mais beaucoup plus rarement, la souche hybridée et toutefois indemne porte des fruits utilisables (1). Quelques variétés jouent, suivant les circonstances, l'un ou l'autre des deux emplois.

Il serait difficile d'assigner une échelle de mérite classant les porte-greffes; de plus savants que nous en seraient embarrassés, mais tout le monde peut être d'accord sur un point: que le *Riparia* est incontestablement le meilleur de tous par sa reprise au bouturage,

---

(1) Au moment où nous écrivons, la grave question de résistance au *black-rot* qui épargne certains hybrides franco-américains a ramené l'attention des viticulteurs sur les producteurs directs. À notre avis, une pareille tendance, qu'on ne saurait confondre avec un engouement passager et irréféchi, n'est que juste. Les solutions d'une généralité absolue n'existant pas, il est bon de disposer des ressources utilisables dans des cas particuliers, fussent-ils très rares.

sa résistance aux attaques de l'insecte, sa bonne volonté à supporter l'opération de la greffe et la fertilité qu'il communique en général aux greffons. Pouvoir planter du *Riparia* dans ses terres doit être le *desideratum* de tout propriétaire vigneron.

Mais, confié à certains sols, le *Riparia*, après avoir plus ou moins bien repris et végété, devient jaune, rabougri, languit et puis meurt, surtout lorsqu'il est greffé, quoiqu'il y ait de très rares exemples de greffages atténuant la souffrance du porteur. L'étude, très intéressante au reste, de cette maladie appelée « chlorose » parce qu'elle fait jaunir les feuilles ou mieux « cottis », s'écarterait de notre plan ; le mal n'est que trop facile à reconnaître : cherchons-en la cause.

Deux raisons d'ordre physique ont été invoquées au début. On a remarqué que les *Riparias* demeuraient verts et vigoureux dans les sols de couleur rouge ou noire, tandis qu'ils s'affaiblissaient dans les terres blanchâtres. La chlorose aurait donc dépendu de la nuance de la couche superficielle. Par le fait une expérience curieuse s'est poursuivie, il y a quelques années, à l'Ecole d'agriculture de Montpellier dont les terres chlorosent facilement les variétés sensibles à cette maladie. Des *Herbemonts* (1) malades ont été guéris en recouvrant le sol naturellement blanchâtre d'une couche de coke lavé aux acides.

Personne n'ignore que les couleurs foncées absorbent plus vivement la chaleur que les teintes pâles : aussi le motif de la chlorose a-t-elle été immédiatement ramenée d'une question de nuances à une question d'échauffement superficiel. Les terres blanches et dan-

---

(1) Cépage hybride recommandé autrefois à la fois comme producteur direct et porte-greffe, aujourd'hui presque abandonné.

gereuses sont insuffisamment chaudes ; les terres foncées et protectrices absorbent mieux les rayons solaires, échauffent mieux les racines et permettent à la plante de prospérer. On a remarqué aussi que souvent telle vigne, affectée au printemps et jusqu'au mois de juin de symptômes chlorotiques très nets, reverdissait pendant les chaleurs estivales en reprenant des forces.

Par malheur, ces deux explications connexes sont dénuées de la rigueur absolue qu'on doit exiger d'une théorie scientifique. Il existe des quantités de vignobles florissants établis dans des terres blanchâtres et, quoique le fait contraire soit plus rare, M. Coutagne a signalé aux environs d'Aix-en-Provence des terres d'un rouge superbe, et cependant inaptés à supporter le *Riparia*.

Pourquoi la chlorose ne serait-elle pas intimement liée à l'humidité du sol ? Une terre blanchâtre froide est souvent humide. Une terre foncée bien réchauffée par le soleil se ressuie au contraire. Les fortes chaleurs améliorent la situation en desséchant la terre, gorgée d'eau par les pluies du printemps. Lorsque ses manifestations ne sont que temporaires, la chlorose doit disparaître complètement dans les années sèches, s'accroître plus nettement lors des années pluvieuses. Enfin il est bien connu qu'un bon drainage, recule souvent la limite d'adaptation.

Ces arguments, qui résument une nouvelle hypothèse plus large que les premières, exacte dans une grande partie des cas, éclairent déjà mieux la situation au double point de vue théorique et pratique, mais sans atteindre jusqu'à la certitude complète. Pas de contradiction à opposer ; des divergences à faire ressortir. Elle nous permettent cependant d'élucider certains détails.

Nous ne citerons enfin que pour mémoire une théorie suivant laquelle la chlorose résulterait du manque de fer assimilable dans le sol. De nombreuses analyses ont prouvé que dans des terres très chlorosantes le fer surabondait. Plus tard, au chapitre VI, nous reprendrons cette question.

*Le calcaire cause de la chlorose.* — En prenant pour cépage de comparaison le *Riparia*, plus disposé à jaunir que les autres porte-greffes similaires dans des circonstances identiques, on constate immédiatement :

1° Que dans toutes les terres sans exception où antérieurement à la culture des cépages exotiques prospéraient le châtaigner, le chêne-liège, le pin maritime, l'ajonc, le *Riparia* n'a cessé de se développer vert et vigoureux, de porter des greffes luxuriantes (1) Tout sol apte à nourrir ces végétaux ne provoque jamais la chlorose. Ceci posé, tamisons la terre à travers un réseau de mailles de 1 millimètre de côté, et arrosons la partie fine d'acide chlorhydrique ordinaire ou même de bon vinaigre : il n'y aura pas de bouillonnement ; tout au plus, dans certains cas, quelques rares bulles gazeuses viendront crever à la surface de notre « magma ».

2° Que d'autres fois, en l'absence complète des susdits végétaux de la flore du terroir, le *Riparia* est tout de même splendide, ou du moins vigoureux. Reconnaissons l'épreuve précédente ; après tamisage et addition d'acide, l'effervescence est nette.

3° Qu'enfin, et toujours dans des terrains où les dites espèces sont parfaitement inconnues, les *Riparia* souffrent plus ou moins, tantôt se nuançant de jaune

---

(1) Cela n'empêche pas, bien entendu, le climat ou les circonstances locales d'être absolument défavorables à la culture de la vigne ou propice à certaines maladies accidentelles.

passagèrement, au mois de juin de l'année qui suit la greffe, pour guérir ensuite définitivement, tantôt en se rabougrissant et mourant, même francs de pied, dès la première année de plantation ; entre ces deux cas extrêmes se présentent toutes les circonstances intermédiaires d'une souffrance plus ou moins vive, d'une disparition plus ou moins prompte. Re commençons encore l'expérience ; le dégagement gazeux est toujours rapide et abondant.

Réduits en poudre et grossièrement tamisés, le marbre, la craie, la pierre à bâtir, le tuf bouillonnent de même avec les acides en question. La chimie enseignant que ces minéraux sont composés de calcaire presque pur, il est naturel d'attribuer la chlorose à l'action du calcaire renfermé dans le sol cultivé.

Il s'agit d'une substance dont le nom scientifique pour les nomenclateurs modernes est carbonate de calcium, mais que nous appellerons plus volontiers par son ancien nom de carbonate de chaux resté très usuel. Commune aux deux notations atomique et équivalente, sa formule s'écrit comme autrefois  $\text{CO}^3 \text{Ca}$ .

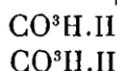
Soumise à l'action de la chaleur sèche, en vase ouvert, la molécule du carbonate de chaux se scinde en



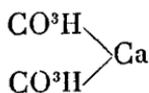
c'est-à-dire en gaz carbonique qui se dégage et chaux vive qui reste. Telle est la réaction qui se produit dans les fours à chaux et dont la simplicité a contribué sans doute à pousser Lavoisier vers la théorie dualistique. Lorsqu'on mouille le carbonate de chaux avec une dissolution acidulée, une petite partie de l'acide échange d'abord son hydrogène contre du calcium et forme un sel à base de ce métal, tandis que de l'acide carbonique

s'incorpore dans la solution, mais celle-ci se sature bientôt, et alors l'acide, au fur et à mesure qu'il se produit, se scinde en eau qui se mêle au reste de la liqueur, et en anhydride ou gaz carbonique dont les bulles vont crever à la surface du mélange comme s'il bouillait. Le départ de l'acide carbonique rompt continuellement l'équilibre qui ne peut être atteint que lorsque tout l'acide est saturé par le calcium ou que tout le calcium disponible a été épuisé, suivant les proportions mutuelles des réactifs (ou quelquefois enfin lorsque le sel de calcium produit, insoluble lui-même, forme une croûte imperméable qui s'oppose bientôt à l'attaque). En même temps, la température du mélange s'élève sensiblement ce qui contribue à favoriser l'attaque et hâter l'équilibre par la prompte expulsion du gaz.

Le calcaire est insoluble dans l'eau pure. Mais si l'eau contient un peu d'acide carbonique dissous, elle en absorbe quelques traces. La raison de ce fait peut s'expliquer ainsi. Concevons deux molécules d'acide carbonique

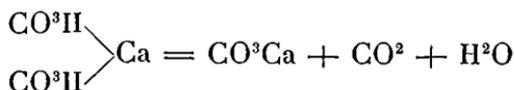


que nous retraçons ainsi pour distinguer l'un de l'autre les deux hydrogènes basiques dont les rôles, nous le savons, diffèrent en énergie. Si un atome bivalent de calcium remplace à lui seul les deux hydrogènes actifs des deux molécules, sans modifier les deux autres, nous réalisons le composé



ou bicarbonate calcique, quelque peu soluble, à raison de sa nature mixte, mais facilement dissociable, car il se

détruit par le simple départ du gaz dissous. L'équation d'équilibre



explique la formation du bicarbonate de chaux lorsque le carbonate ordinaire se trouve en présence d'un excès d'acide carbonique et le mécanisme inverse de la scission de ce corps lorsque l'acide vient à s'éliminer, soit par décompression, soit par élévation de température. Alors le carbonate de chaux se précipite.

Comme les eaux pluviales qui s'infiltrent dans le sol sont plus ou moins riches en traces de gaz carbonique, tantôt une légère attaque se produit aux dépens des parties superficielles les moins résistantes, tantôt les circonstances changeant, le bicarbonate se décompose jusqu'à une nouvelle limite correspondant aux conditions nouvelles.

Or le bicarbonate de chaux, étant soluble, peut être absorbé par les racines des végétaux, et, porté par la sève, parvenir jusqu'aux organes extérieurs. Quel est son rôle nuisible en pareil cas : la question est assez obscure.

MM. Grandeau et Fliche, au moins en ce qui concerne le châtaignier et le pin maritime, pensent que la chaux, pénétrant en excès dans les cellules, prend la place de la potasse et de l'oxyde de fer dans certaines combinaisons nécessaires à la vie du végétal qui ne peut plus subsister et ils invoquent à l'appui de leur opinion l'analyse des cendres de ces mêmes arbres, soit sains soit chlorotiques.

Suivant M. Viala, si l'on examine au microscope des coupes minces de vignes chlorosées, on remarque de

nombreux cristaux de tartrate ou oxalate de chaux, sels insolubles. Du reste, M. Bernard a signalé la richesse relative en acide oxalique des cépages américains sujets à se chloroser.

D'après M. Dehérain, le bicarbonate de chaux, parvenu à l'état soluble dans les feuilles, s'y décompose en saturant l'organe du carbonate neutre dont le rôle est nuisible.

On a également accusé le carbonate de chaux de saturer l'acidité des sucres végétaux, acidité indispensable au fonctionnement vital.

Peu importe laquelle de ces hypothèses est la vraie : elles ne s'excluent pas d'ailleurs. L'essentiel est de savoir que le carbonate calcaire, en se solubilisant passagèrement, devient absorbable et nuit à la vigne. Ainsi s'expliquent les premières déductions qui attribuaient la chlorose à une cause purement physique. Un sol foncé ou rougeâtre s'échauffe vite, se ressuie promptement ; faute d'humidité, le calcaire demeure intact et la chlorose, en l'absence de pluies trop abondantes précédant des journées brumeuses, ne se manifeste pas. Un sol humide, mal drainé, peu perméable, sera généralement chlorosant parce que l'eau aura le temps nécessaire pour mobiliser le calcaire. Réchauffez un terrain blanchâtre ou mouilleux par l'épandage d'une couche superficielle de coke ; organisez un drainage efficace et vous réussirez quelquefois à guérir le mal, souvent à l'atténuer.

*Analyse mécanique et physique des terres de vignoble.* — Chaque échantillon doit peser au moins 1 kilogramme ; on détache la motte avec la bêche sous forme d'un prisme à quatre pans, soit à la surface, soit au fond d'un trou d'une trentaine de centimètres s'il

s'agit du sous-sol. Il faut en recueillir un nombre suffisant lorsque, à vue d'œil, la nature du terrain varie sensiblement dans les diverses parties du champ à étudier.

En mélangeant entre eux les échantillons superficiels jusqu'à complète homogénéité, en confondant de même les types du sous-sol, enfin en réunissant l'ensemble des prises supérieures ou inférieures, on réalise des échantillons moyens, dont l'examen abrège beaucoup la tâche de l'opérateur, mais dont la nature artificielle peut induire en erreur (1), à moins que les variations paraissent insensibles à vue d'œil.

On fait sécher ensuite les échantillons en plein soleil pendant plusieurs heures, après les avoir parfaitement divisés. Les chimistes de métier ont à leur disposition des étuves qu'ils chauffent pour la circonstance à moins de 100°; les chimistes d'occasion, lorsque le soleil ne brille pas, disposeront la terre en couches minces dans des assiettes qu'ils introduiront dans un fourneau ou un four.

Ayant pesé un poids de terre sèche et refroidie égal par exemple à un kilogramme, on passe par fractions successives cette masse à travers un tamis dont les mailles ont 5 millimètres dans tous les sens. On arrête ainsi la partie la plus grossière qu'on pèse, soit  $G$  son poids 1 —  $G$  représente la terre tamisée. La partie  $G$  n'a aucune influence sur la végétation. On tamise de nouveau, mais cette fois au tamis de 1 millimètre de maille qui intercepte un poids  $g$  de gravier; la compo-

---

(1) Par exemple, le propriétaire recueille à la surface du diluvium privé de calcaire; puis, en creusant un peu, trouve de la marne blanche. La première couche, riche au plus d'une ou deux unités pour cent de calcaire, est excellente; la seconde contient 30 p. 100 et provoque la chlorose. Après le mélange on obtient artificiellement une terre riche de 15 p. 100 dont la composition fictive trompe l'agriculteur.

sition du gravier est également indifférente au point de vue agricole. On soumet à la lévigation suivant la méthode Schlœsing 5 ou 10 grammes de cette terre tamisée deux fois : c'est-à-dire qu'on arrose la masse d'un excès d'eau distillée en agitant, on laisse reposer dix secondes et on décante la partie liquide, jusqu'à ce qu'à force d'opérer, le liquide laveur reste clair. Le dépôt est alors séché et pesé, son poids  $p$  représente le sable grossier. La différence de  $p$  au poids introduit dans la capsule, ramené au kilogramme, donne l'ensemble du sable fin, de l'argile, de l'humus.

Voici, à titre d'exemple, le tableau d'analyse d'une terre de Saint-Peray (Ardèche) :

Cailloux et graviers (G + g) . . . . .	270 <sup>gr</sup> ,89
Sable grossier . . . . .	263 50
Sable fin, argile et humus . . . . .	465 61
Total . . . . .	<u>1000<sup>gr</sup>,00</u>

L'analyse physique une fois terminée, et l'on voit par ce qui précède qu'elle n'exige pas un matériel compliqué, il reste à passer à l'analyse chimique. Celle-ci se résume pour le viticulteur au dosage du calcaire, dans la terre séparée des cailloux et du gravier.

*Procédés pratiques pour le dosage du calcaire.* — On se sert, dans les laboratoires, de méthodes très exactes mais trop longues et trop minutieuses pour être décrites ici. Au contraire, les agronomes, obligés d'examiner de nombreux échantillons, s'efforcent avant tout de rechercher des procédés rapides, simples, n'exigeant pas de matériel compliqué, quitte à payer ces avantages d'un petit sacrifice dans la précision des résultats.

Expliquer en détail tous les instruments ou dispositions inventés ou proposés serait une tâche au-dessus de nos forces. Nous ne mentionnerons que les principes et les appareils que nous avons employés ou vu employer sans pour cela taxer d'infériorité les autres, et, vu l'esprit dans lequel nous rédigeons ce chapitre, nous omettrons de décrire certains instruments trop parfaits ou trop chers pour la pratique agricole.

Dans la méthode volumétrique par les liquides on attaque la terre tamisée par une dissolution acide de force connue qu'on déverse peu à peu tant qu'il se dégage des bulles gazeuses. Il se forme un sel de calcium et un excès d'acide reste libre. On ajoute quelques gouttes de teinture de tournesol que l'acide colore en rouge ; puis on verse avec précaution une liqueur titrée de soude jusqu'à ce que le mélange devenu basique vire au bleu.

Pour cette opération, l'acide nitrique est le plus convenable des acides usuels ; on dépose 5 grammes de terre dans un verre de Bohême, on arrose avec 50 centimètres cubes d'acide. Avant d'ajouter la soude, on fait bouillir le mélange pendant quelques secondes pour parachever l'attaque, expulser le gaz carbonique, et faire précipiter le magma argileux.

Ce procédé suppose que seul le calcaire contribue à saturer l'acide, ce qui n'est que très approximativement exact. Il exige la préparation et le dosage de deux liqueurs titrées. Enfin il n'est pas très rapide. Pour ces différentes raisons nous recommandons plutôt la méthode densimétrique et surtout les méthodes volumétriques gazeuses. Nous reviendrons tout à l'heure sur le principe de la première lorsque nous la décrirons, mais nous allons exposer sur-le-champ les bases des dernières.

Traité par un acide — l'acide chlorhydrique par exemple — le carbonate de chaux laisse échapper de l'anhydride carbonique.



100 parties de calcaire fournissent 44 parties de gaz carbonique. Prenons le centigramme pour unité de poids, 1 gramme de calcaire dégagera 44 centigrammes de gaz qui occuperont à 0° 222<sup>cc</sup>,5 et à la température ordinaire des expériences à 20°, 239 centimètres cubes. Inversement, chaque centimètre cube de gaz dégagé et recueilli sous la pression normale et à la température usuelle, correspondra à  $\frac{100}{239}$  centigrammes ou à 0<sup>cc</sup>,418 de calcaire pur. Ce facteur n'est pas constant : il change avec la température et la pression, diminuant pour les basses pressions et les températures estivales de façon à pouvoir se ramener à 0,4 dans les localités d'altitude un peu élevée, lorsque le local où l'on expérimente n'est pas trop froid.

C'est sur la lecture directe du volume gazeux dégagé par un poids convenablement choisi de calcaire ou de terre, et recueilli dans un tube gradué que sont basés les calcimètres de M. Bernard et de M. Trubert. Dans le calcimètre de M. Cléménçot le volume de l'acide carbonique est mesuré indirectement.

Nous mentionnerons, sans le décrire, le calcimètre très perfectionné et très minutieux qu'a construit M. Gastine, parce que cet appareil, à notre connaissance, ne se trouve pas encore dans le commerce. D'ailleurs, son prix d'achat, conséquence de l'excellence de son mécanisme, dépassera probablement le budget d'un laboratoire privé.

*Calcimètre de M. Bernard.* — C'est sans contredit l'instrument le plus commode et le plus rapide pour l'analyse des calcaires (fig. 9).

Il se compose essentiellement de trois parties : un

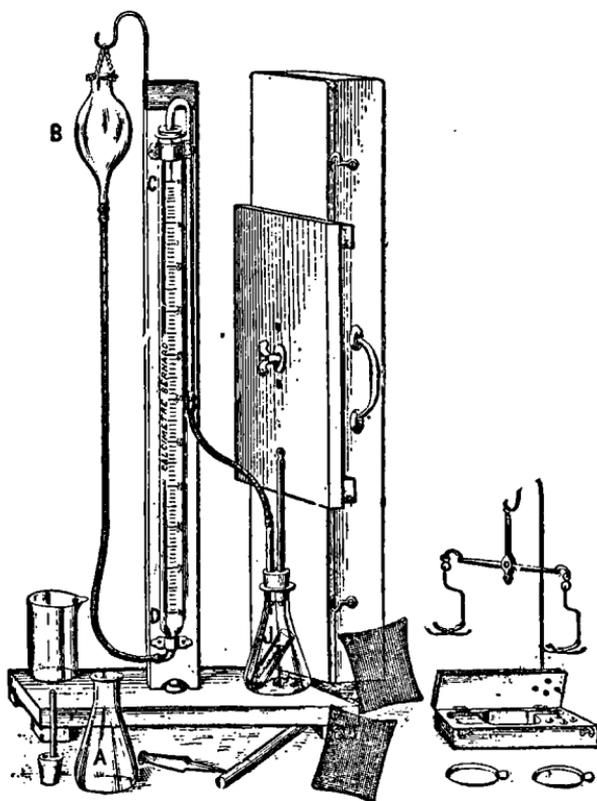


Fig. 9. — Calcimètre Bernard.

tube mesureur CD à large diamètre raccordé supérieurement par un tube de verre et un caoutchouc à un vase à réaction A placé à la droite, et inférieurement du côté gauche à un long tuyau de caoutchouc relié à une poire B ou boule mobile en verre, ouverte par le haut. Le tube mesureur CD est divisé de 0 à 100 centi-

mètres cubes en centimètres et demi-centimètres cubes, et la planchette qui le soutient est munie d'une potence à laquelle peut se suspendre la boule mobile.

Supposons ouvert le petit caoutchouc de droite : usant de la boule mobile comme entonnoir remplissons d'eau l'ensemble du tube mesureur et du grand caoutchouc jusqu'à dépasser, mais de très peu, le zéro de la graduation. L'air déplacé s'échappe par le tube de droite dont plus tard nous relierons le caoutchouc avec un tube traversant le bouchon de la fiole à réaction A. L'appareil est alors monté et prêt à fonctionner.

Pour procéder à une observation, on introduit le calcaire à essayer dans la fiole A supposée bien propre. On peut se servir, dans ce but, soit d'une carte de visite repliée en gouttière, soit d'un petit entonnoir en carton bristol et l'on balayera les particules de terre avec un petit pinceau de manière qu'aucune ne vienne se coller aux parois voisines du goulot. On introduit ensuite dans le vase à réaction, à l'aide des brucelles, la jauge J ou petit tube contenant une dose convenable d'acide de force voulue. On adapte, s'il ne l'est déjà, au caoutchouc de droite le tube traversant le bouchon et on bouche la fiole. Grâce à la légère compression qui se produit alors on amène juste au zéro le niveau du liquide dans le tube mesureur CD. Ceci fait, on décroche la boule mobile B et on la maintient avec la main gauche de façon à rétablir l'égalité de niveau dans le tube mesureur et dans la base de la poire. Puis de la main droite on incline la fiole de façon à déverser l'acide sur le calcaire ; le gaz expulsé du liquide par le réactif presse alors sur l'eau du tube CD, mais aussitôt on abaisse avec la main gauche la boule mobile de façon à maintenir jusqu'à la fin de la réaction l'identité des niveaux, pendant que de la droite qui tient le col de la

fiolle on agite sans cesse pour accélérer la réaction. Lorsque le niveau cesse de baisser malgré l'agitation, l'épreuve est finie. On fait la lecture et après avoir débouché le vase à réaction on raccroche la boule mobile et on note le résultat obtenu. Le niveau primitif se rétablit automatiquement et il ne reste plus qu'à laver, rincer et faire égoutter la fiolle et la jauge.

Les résultats sont parfaits lorsque l'opérateur sait bien s'y prendre. Certaines précautions essentielles se comprennent et s'expliquent sans difficulté; d'autres réclament des éclaircissements plus délicats. L'heureuse construction de l'appareil permet, du reste, d'éliminer par compensation quelques-unes de ces erreurs.

Il est tout d'abord bien recommandé de manier le vase à réaction par le rebord du goulot tenu entre le pouce et le doigt du milieu, tandis que l'index appuie sur le bouchon et cela afin que la chaleur de la paume de la main ne dilate pas le gaz et ne fausse pas les résultats.

L'attaque pourrait se faire par l'acide nitrique, mais il est plus pratique d'employer l'acide chlorhydrique du commerce qu'on étendra d'eau pour favoriser son action. Ces deux réactifs, en effet, dissolvent complètement le calcaire avec production de sels solubles à bases de chaux, tandis que l'acide sulfurique, fournissant du sulfate de chaux presque insoluble et formant une croûte protectrice, entrave lui-même sa propre influence. Il faut toutefois se garder de trop diluer l'acide chlorhydrique; sans cela la proportion de gaz carbonique retenu dissous par le liquide réagissant deviendrait trop forte et les résultats prendraient toute signification rigoureuse. Quant à la proportion de gaz carbonique dissous dans l'eau du tube mesureur, elle est infime.

M. Bernard a dressé des tables à double entrée indiquant en fonction de la température et de la pression le poids en décigrammes et fractions de décigramme du carbonate de chaux pur nécessaire et suffisant pour remplir de gaz les 100 divisions du calcimètre. En prenant un poids égal d'une terre privée de cailloux et de gravier, et en l'éprouvant au calcimètre, le numéro de la division atteinte donne immédiatement le pourcentage. Ainsi sous la pression de 765 millimètres et la température de 16° le chiffre correspondant est 4<sup>es</sup>, 3 ou 43 centigrammes; 43 centigrammes de calcaire pur dégagent 100 divisions de gaz, et si 43 centigrammes de terre remplissent 38 divisions, c'est que la terre contient 38 p. 100 de calcaire. Mais les chiffres de la table ont une autre utilité, ils servent de coefficient pour multiplier le *quantum* du dégagement gazeux réalisé avec un gramme de terre et passer de là au pour cent. Exemple : 1 gramme de terre, dans les conditions précédentes, a fourni après épreuve calcimétrique 51 divisions ; 43 centigrammes auraient donné un nombre égal à  $51 \times 43/100$  ou en chiffres ronds 21,9 p. 100, qui représente la richesse de la terre.

Mais pour que les tables théoriques et les résultats pratiques coïncident, une condition est indispensable. L'acide ne doit être dilué, comme nous l'avons déjà noté, que jusqu'à un certain degré ; il faut se maintenir aux environs de 1,11 de densité ou de 14 à 15° Baumé. Il sera facile de préparer d'avance une bonne provision d'acide atténué au degré voulu qu'on gardera dans des flacons bouchés. Si l'on opère enfin avec des poids connus de calcaire pur et qu'on emploie des volumes de réactif variables, mais gradués, on trouve des chiffres soit un peu trop forts avec un défaut d'acide, soit un peu trop faibles avec un excès. Mais pour arri-

ver à une égalité parfaite, il faut employer un centimètre cube d'acide à 1,11 par 20 centimètres cubes ou fraction de 20 centimètres cubes d'acide carbonique devant être dégagé. Dans le cas d'un poids connu de calcaire pur, le calcul est facile ; il est naturellement impossible dans le cas d'une terre à essayer dont on ignore complètement la teneur. On procède alors par tâtonnements : une première épreuve donne un résultat approché, sur lequel on se base pour en recommencer une autre avec toute la précision désirable (1).

Pour un viticulteur, à moins de 15 p. 100 de carbonate calcaire, les indications du calcimètre ne présentent plus d'intérêt : la terre peut supporter du *Riparia*, c'est l'essentiel. Toutefois, si l'agronome pour une raison ou pour une autre tient à connaître exactement le taux réduit, il fera mieux, au lieu d'opérer comme ci-dessus, de procéder de l'une des deux manières suivantes : ou bien il pèsera 5 grammes de terre, et, divisant par 5 le résultat obtenu, calculera comme pour 1 gramme, ou bien, ayant fait la tare, il assimilera l'unité non plus au décigramme, mais au gramme et obtiendra le taux pour 1000. Si, la tare étant 4<sup>ds</sup>2 il a traité 4<sup>sr</sup>2 de terre et a trouvé 33 divisions, la terre renferme 33 p. 1000 ou 3,3 p. 100 de calcaire.

Inversement la méthode consistant à traiter 1 gramme de terre, avantageuse pour les terres moyennement cal-

---

(1) Un jour où la tare est de 41 centigrammes par exemple, je pèse 41 centigrammes de terre sèche et je l'éprouve avec 2 centimètres cubes et demi de réactif. Résultat, 24 divisions. La « richesse » de la terre approche de 24 p. 100. Mais si je recommence avec 1 centimètre cube et demi seulement, je trouve le vrai taux qui est 25 p. 100.

Nous avons encore obtenu des résultats suffisants d'exactitude en tenant compte du volume d'acide employé en excès ou défaut sur la dose rigoureuse et prenant les deux tiers de ce nombre exprimé en centimètres cubes pour les ajouter ou les retrancher. Par exemple, avec un excès de 3 centimètres cubes il faut ajouter 2 divisions au chiffre brut observé ; pour un défaut de 2 centimètres cubes on retranchera un peu plus d'une division.

caires, ne peut plus servir pour les terres trop riches qui dégageraient un volume d'acide carbonique trop fort pour le tube mesureur. On peut alors diviser le lot, mais il nous paraît infiniment plus simple d'adopter le procédé consistant à peser un poids de terre égal à la tare. Mentionnons deux règles pratiques à ce sujet :

Si l'opérateur dispose d'une balance de précision trébuchant au milligramme, il pourra faire la tare en pesant exactement une quantité de calcaire arbitraire bien que voisine de 2 décigrammes et versant avec cela 2 centimètres cubes et demi d'acide dans la jauge ; le niveau de l'eau vers la fin de l'attaque se fixera au voisinage du point 50 et un petit calcul très simple permettra de trouver le poids qui eût fourni 100 (1).

Mais s'il n'emploie qu'une balance au centigramme, il vaut mieux qu'il pèse avec toute la précision possible un poids de calcaire maximum, tel cependant que le gaz expulsé remplisse presque le tube mesureur sans atteindre le trait 100 ; la correction se calculera comme ci-dessus (2).

L'examen préalable du baromètre et du thermomètre dispense de toute tare, sinon à titre de vérification. A noter que l'influence des changements de pression dans un lieu donné est bien moindre que celle des variations

(1) Les circonstances de température de pression et d'altitude étant telles que l'on soupçonne une tare voisine de 43 centigrammes, on pèsera 21 centigrammes de calcaire et on les soumettra à l'expérience. Résultat, 48,5. On pose la proportion  $\frac{21}{48,5} = \frac{x}{100}$  d'où,  $x = 43,3$ . Donc 43<sup>es</sup>,3 de calcaire fourniront 100 et le volume dégagé par le même poids de tare en dénote le pourcentage.

(2) Par exemple, on prévoit que la tare ne s'écartera guère de 41 centigrammes. On pèse 40 centigrammes de carbonate de chaux ; soit 97 le dégagement observé (avec 5 centimètres cubes d'acide naturellement).  $\frac{40}{97} = \frac{x}{100}$   $x = 41,2$ , soit 41 en chiffres ronds.

de température et pourrait à la rigueur être ramenée à une constante fonction de l'altitude de la station. Le thermomètre de l'appareil de M. Bernard peut se loger dans le second orifice du bouchon en caoutchouc et fournir ainsi la température de l'intérieur de la fiole après l'attaque; sans cette précaution, et simplement par l'usage du bouchon à un seul orifice, on obtient des résultats très satisfaisants.

Parmi les pièces du calcimètre Bernard, figurent deux petits tamis métalliques. Le premier à maille d'un millimètre sert, lors de la prise d'échantillon, à éliminer les cailloux et graviers dont l'action immédiate sur la végétation est négligeable; la terre fine qui passe est séchée au soleil ou mieux au fourneau si on ne dispose pas d'une étuve. On soumet à l'épreuve volumétrique la terre ainsi préparée et on prend comme proportion de calcaire dans le sol celle que le calcimètre dévoile sans jamais rien écraser. Si la terre est suspecte, il est avantageux de recommencer en opérant cette fois sur la poussière qui a traversé le second tamis à maille fine. Bien entendu lorsque le coefficient du calcaire augmente avec la ténuité, c'est-à-dire avec la faculté d'assimilation par les racines, la nature du carbonate est beaucoup plus mauvaise.

Il est toujours instructif de surveiller l'allure lente ou rapide de dégagement. Une attaque prompte indique un calcaire friable ou divisé, dangereux en somme. Quelquefois et même à la suite d'un début assez vif, le dégagement se ralentit et continue avec une lenteur agaçante, sans qu'on puisse prévoir, comme pour les cas ordinaires, si le dénouement est proche. Dans ce cas, le terrain « dolomitique » renferme des quantités appréciables de carbonate magnésien, substance très dure, très réfractaire à l'action des acides à froid. Peu

importe, car la magnésie, soit par sa nature intrinsèque, soit par sa résistance aux agents externes, n'a sur la vigne aucune influence nuisible.

Non moins commode que précis, le calcimètre Bernard se démonte très vite, se loge dans une boîte à compartiments et se remonte sans difficulté en quelques minutes. Il comporte un vase à réaction et des jauges de rechange, ce qui n'est pas superflu, car un expérimentateur un peu actif consomme pas mal de ces fragiles accessoires (1).

*Calcimètre Trubert* (fig. 10). — Cet appareil, d'une très grande simplicité, se compose d'un flacon à

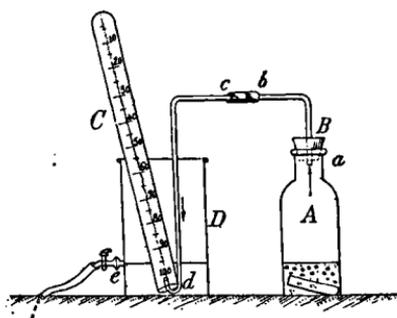


Fig. 10. — Calcimètre Trubert.

réaction A assez grand (400 centimètres cubes environ) destiné à recevoir le calcaire et la jauge *j* garnie de son acide, d'un tube abducteur *ab* traversant le bouchon B et raccordé par un caoutchouc *bc* à un tube à crochet *cd*; enfin

de la cloche à gaz C que nous connaissons déjà, ainsi que la cuve D.

Supposons la cuve remplie d'eau jusqu'à l'orifice latéral débouché, la cloche pleine d'eau et le bouchon B muni des tubes *abcd*. Ayant introduit dans le flacon le marbre ou la terre, ainsi que la jauge suffisamment

(1) Nous conseillons même à ceux qui font un fréquent usage de cet excellent instrument d'avoir toujours chez eux, avec une provision de fioles et de jauges, une boule mobile de rechange. Nous recommandons aussi de placer dans la caisse quelques accessoires très utiles : petits entonnoirs en carton, spatule, pinceau, potence s'adaptant sur la boîte pour suspendre la

garnie de réactif, nous bouchons le flacon en appuyant sur B ou le relevant de telle sorte que le niveau du liquide dans le crochet *d* corresponde exactement à celui de l'ouverture. L'excès d'air s'étant éliminé, coiffons le crochet avec la cloche et, saisissant le flacon A par la couronne du goulot, faisons basculer l'acide sur la terre ou le marbre. En s'échappant, le gaz carbonique refoule dans la cloche un volume d'air égal au sien ; les bulles affluent dans la cloche, d'abord très vite, puis plus lentement malgré l'agitation, et l'eau déplacée s'écoule librement. Quand il ne se dégage plus de bulles dans la cloche, l'opération est finie. On dégage la cloche du crochet et on fait la lecture avec les précautions mentionnées au chapitre II.

Après l'arrivée de la dernière bulle gazeuse, alors que l'opération est close, il se peut que le niveau dans le tube abducteur soit inférieur à celui de l'orifice sans que pour cela le gaz atteigne la courbure. Dans ce cas on pourra ajouter à la valeur observée une demie ou un tiers de division.

Tout ce que nous avons dit au sujet de l'emploi des tares et des précautions à prendre s'applique au calcimètre Trubert à peu de chose près. Il faut avoir grand soin que toute la matière pulvérulente soit intégralement ramassée au fond du flacon, parce que dans le dispositif Bernard l'acide peut lécher les parois jusqu'au goulot, tandis que le réactif ne mouille que la base du flacon Trubert.

Pour les deux appareils les coefficients sont les

---

balance, papier de verre pour dérouiller la règle et les brucelles, toujours prêts à s'oxyder en présence des vapeurs acides, pétrole vaseliné pour enduire la règle, enfin un tournevis pour démonter et nettoyer au besoin le calcimètre. On dosera l'acide au moyen d'une petite pipette graduée que la boîte contient à présent pour le titrage de l'acidité des moûts.

mêmes (1) ; peut-être avec le dernier l'opérateur jouit-il de plus d'indépendance dans le dosage d'acide à employer.

Nous reviendrons plus loin sur d'autres applications du calcimètre Trubert.

**Calcarimètre de M. Cléménçot.** — Cet instrument, très pratique, présente *a priori* l'avantage que ses pièces accessoires, non pas construites exprès, mais conformes aux types courants du commerce peuvent aisément être remplacées en cas d'accidents. Son principe est aussi très ingénieux.

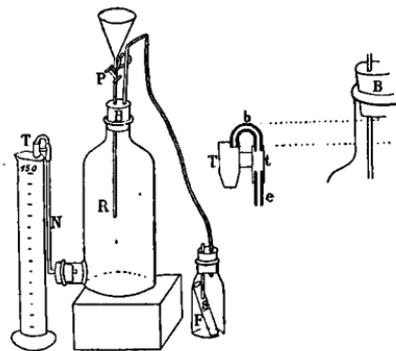


Fig. 11. — Calcarimètre Cléménçot

La réaction s'opère dans une fiole F de 90 centimètres cubes, obtu-

rée par un bouchon traversé par un tube. Après chargement de la fiole, on insinue le tube dans un caoutchouc aboutissant à travers le bouchon B au *flacon récepteur* R (fig. 11).

Celui-ci présente une capacité d'environ 1 litre ; il est bitubulé ; le bouchon B de la tubulure supérieure possède deux trous : l'un pour l'arrivée du gaz, l'autre donnant passage à un tube assez long surmonté d'un entonnoir. Une pince P pressant le caoutchouc de raccord permet d'interrompre ou rétablir à volonté la communication entre l'entonnoir et le tube.

(1) Il nous semble toutefois avoir constaté une infime différence en moins dans la valeur absolue des tares, en opérant comme M. Trubert, peut-être parce que le gaz est plus franchement saturé de vapeurs d'eau. Quoi qu'il en soit, les proportions demeurent rigoureuses.

A la tubulure inférieure du flacon s'adapte un tube N en forme de siphon qui constitue la partie originale de l'appareil ; son extrémité s'appuie contre un segment de tube T.

Avant de relier la fiole F avec le flacon R, on remplit d'eau ce dernier par l'entonnoir en desserrant la pince P jusqu'à ce que le liquide découle par le siphon. Nous représentons celui-ci à part (fig. 11) : il se compose de deux segments, *b* et *e*, raccordés par un caoutchouc *t* : T et *t* sont solidarisés par un bouchon en liège. En déplaçant légèrement *b* on peut assurer le parfait contact du bec d'écoulement avec le tube T et disposer le sommet *b* ainsi que le bec, à un niveau inférieur au bouchon mais supérieur à l'origine du goulot.

Ceci posé, le flacon étant plein et le siphon amorcé, on ajuste le caoutchouc sur le tube de dégagement de la fiole : si le siphon se désamorçe, ce qui arrive quelquefois, on ajoute un peu d'eau par l'entonnoir qui doit toujours contenir du liquide. Dès que l'eau affleure au bec sans se creuser en ménisque, on place sous le siphon l'éprouvette graduée (divisée par centimètres cubes, d'une capacité de 150 centimètres cubes). On provoque alors la réaction ; le gaz en se dégageant presse à l'intérieur du flacon et force l'eau à s'écouler par le siphon. On lit le volume recueilli dans l'éprouvette.

En somme l'opérateur, toutes les dispositions étant réglées, doit se préoccuper simplement d'agiter sans cesse la fiole qu'il fera bien de baigner dans un verre d'eau fraîche. L'écoulement s'arrête une fois l'opération finie. Pas de correction. L'éprouvette à moitié pleine peut être conservée comme « témoin »

Les résultats sont-ils comparables ? Oui certes, sous

la condition d'un siphon bien réglé et amorcé, d'une opération conduite rapidement. Sont-ils proportionnels, si on traite des poids gradués de calcaire pur ? Il y a des divergences peu importantes en pratique et qu'on peut même éviter en calculant par approximation.

Ignorant la température aussi bien que la pression, doser le calcaire d'une terre de richesse inconnue. Prenons un poids de marbre tel qu'il fournisse un résultat très proche de 100 ; pesons 43 centigrammes et employons 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique ; nous recueillons 93<sup>es</sup>,5. Avec 46 centigrammes nous aurions eu 100. Pesons 46 centigrammes de terre, traitons-les par 2 centimètres cubes et demi d'acide : résultat 52. C'est le pourcentage approché. Prenons maintenant un poids de terre à peu près double de façon à obtenir un dégagement voisin de 100 : par exemple, 91 centigrammes ; niveau dans l'éprouvette, 107. Taux correspondant, 54 p. 100. Dans ce cas particulier, un tarage et une opération auraient suffi à la rigueur.

Avec l'appareil Cléménçot il est avantageux que la poudre de marbre employée soit broyée et tamisée très finement. Les poids des tares donnant le point 100 dépendent de la pression et de la température comme pour les appareils précédents, mais sont notablement plus forts en valeur absolue. Cette circonstance, bonne à retenir, n'influe en rien sur les résultats.

*Dosage du calcaire par le procédé Saporta.* — Le titrage du calcaire par cette méthode peut rendre de bons services aux agriculteurs qui n'ont pas un trop grand nombre d'échantillons à examiner. Elle n'exige comme matériel qu'un bon densimètre gradué de 1,100

à 1,200 (1), un matras jaugé de 200 ou de 240 centimètres cubes, quelques accessoires faciles à trouver, un petit thermomètre gravé sur tige; comme réactif, elle n'emploie que l'acide chlorhydrique commerciale.

Diluons d'eau l'acide ordinaire jusqu'à ce que, la température étant de 15°, le densimètre plonge jusqu'au trait supérieur de l'échelle marqué 1,100; la lecture est supposée faite au haut du ménisque. Si la température du mélange acide égale 20° par exemple, l'instrument devra s'enfoncer jusqu'à la division 1,098; si elle est de 10°, on cherchera à atteindre 1,102. En général 5 degrés du thermomètre équivalent à 2 divisions déplacées sur la tige. Cette opération de mélanges et d'épreuves successives étant très longue, on fera bien de préparer à la fois plusieurs litres d'acide chlorhydrique qui d'ailleurs se conserve en vase bouché.

Ceci posé, lorsque l'on incorpore à un volume connu de cette solution une quantité déterminée et point trop considérable de carbonate de chaux, la densité de la liqueur s'accroît, une fois l'attaque terminée, à raison du chlorure de calcium dissous et malgré le gaz carbonique retenu. En particulier, l'expérience prouve que si 200 centimètres cubes d'acide dilué reçoivent 41<sup>gr</sup>,6 de carbonate calcaire, soit pur, soit mélangé de sable ou d'argile, la densité finale du mélange s'élève à 1,200 après la correction de température et que, pour les doses inférieures, la proportion se maintient entre les poids de calcaire et les gains de densité.

Pour procéder à une épreuve on pèse soit 41<sup>gr</sup>,6 de la terre à examiner tamisée et desséchée, soit 50 grammes suivant que le matras jaugé contient 200 ou 240 centi-

---

(1) Lequel servira également au viticulteur pour la pesée de ses moûts les plus riches.

mètres cubes. On rince celui-ci avec un peu d'acide à 1,100 et on le remplit jusqu'au trait de jauge, en essuyant l'excédent. Si le laboratoire est trop chaud ou trop froid, on place le matras dans une cafetière pleine d'eau fraîche ou tiède de façon à ramener à 15° le contenu du matras au moment où on le garnit.

On introduit la terre dans un grand flacon d'au moins un litre et, au moyen d'une baguette, on fait couler l'acide sur la terre en modérant l'affusion s'il se dégage trop de mousse. Avoir soin qu'aucune goutte d'acide ne s'écoule en dehors du flacon, ni du matras. Quand l'effervescence tumultueuse a cessé, on bouche le vase à réaction et l'on attend qu'une couche liquide à peu près claire se soit formée au-dessus du lit de sable fin et de boue qui occupe le fond. Cette couche relativement limpide est soutirée au moyen d'un orifice latéral percé dans la paroi du vase, à quelque distance au-dessus du fond; la liqueur, avant d'être éprouvée à l'aréomètre et au thermomètre, achève de se dépouiller en vase clos. Pour plus de précaution, les premières parties provenant du soutirage sont recueillies dans le matras et reversées dans le flacon.

Complètement clarifié, le liquide est versé dans une éprouvette dans laquelle on plonge l'aréomètre; si le ménisque affleure la division  $1,100 + n$ , la terre contient  $n$  o/o de calcaire. Si la température est différente de 15°, on corrige comme précédemment; à 20° on ajoutera 2 millièmes aux indications brutes.

Les résultats sont généralement exacts avec un demi-centième ou un centième d'écart en trop. Lorsque la terre est très riche en principes solubles, les divergences s'accusent un peu plus.

Comme vase à réaction, se servir d'un bocal à goulot étroit ou d'un flacon A (fig. 12) d'une capacité suffisante,

dans la paroi duquel on aura fait pratiquer une ouverture circulaire, entreprise dont un vitrier adroit peut parfaitement se tirer. Cet orifice s'obture au moyen d'un bouchon en caoutchouc *a* du modèle de ceux des petits alambics Salleron. Un premier tube de verre traverse le bouchon; il se raccorde à un second tube de même diamètre par un tuyau de caoutchouc *c* que serre à volonté une pince de blanchisseuse *d*. On introduit la terre à essayer dans le flacon par l'orifice inférieur débouché en se servant d'une carte de visite repliée en gouttière. Ceci fait, on remet le bouchon et on pince le caoutchouc. Après la réaction, en desserrant la pince on provoque l'écoulement du liquide clair *B*.

Si l'opérateur est pressé de se resservir du flacon à réaction encore humide des lavages, il doit en essuyer l'intérieur au moyen d'un linge sec, d'un bouchon de papier buvard ou d'un écouvillon à verre de lampe.

Il importe que l'acide chlorhydrique employé soit sensiblement exempt d'acide sulfurique. Il est facile de constater expérimentalement la pureté du réactif en le traitant par un excès de poudre de marbre. La liqueur doit conserver sa limpidité, ce qui dénote l'absence de sulfate calcique insoluble.

**Assimilabilité du calcaire.** — Il semble à première vue, et on l'a cru longtemps, que la chlorose doive proportionner ses effets temporaires ou destructifs au

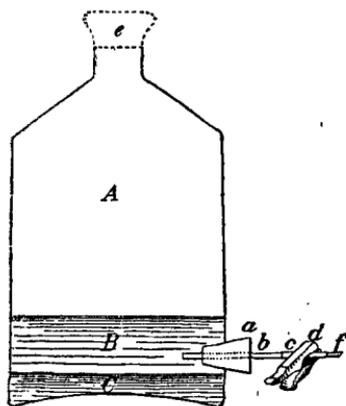


Fig. 12. — Vase à réaction.

pourcentage brut du calcaire dans les terres, tout au plus avec quelques perturbations incapables de troubler la régularité générale du phénomène. Malheureusement pour les agriculteurs, le problème est beaucoup plus complexe et semble même insoluble en thèse rigoureuse. Toutefois il peut se traiter utilement par approximations successives.

Un sol dont la richesse en calcaire ne dépasse pas 15 0/0, nous le savons, peut toujours recevoir du *Riparia* et, à plus forte raison, tous les hybrides franco-américains ou les américains purs moins sensibles encore à la chlorose. Il est clair que là où le carbonate de chaux est peu abondant, les racines ne peuvent en absorber des quantités dangereuses.

Mais au delà de ce taux, c'est l'inconnu. Faut-il planter du *Riparia*, faut-il recourir à d'autres cépages moins répandus, plus chers, plus difficiles à multiplier, à greffer, nourrissant moins bien le greffon, et surtout produisant moins de fruits? Et le porte-greffe étant choisi, ne convient-il pas encore, s'il est à l'extrême limite des conditions de tolérance, de l'associer à un greffon capable de guérir ou, du moins, de ne pas aggraver la tendance chlorosante du pied? Notez bien que pour le choix du greffon le vigneron n'est pas toujours libre. Sous peine de risquer de coûteuses écoles, il doit se limiter aux anciennes variétés cultivées dans la région, en éliminant celles qui produisent trop peu, ne s'accommodent pas des conditions locales, ou se montrent trop vulnérables en face des maladies anciennes ou nouvelles.

La chlorose, en somme, est le produit de trois facteurs principaux : 1° le taux brut de calcaire que nous savons facilement mesurer ; 2° l'humidité du sol ; 3° l'assimilabilité de calcaire.

L'humidité du sol est le facteur extérieur de la chlorose. Nous en avons déjà dit un mot : son influence est souvent si importante que certains agriculteurs, au début des replantations américaines, en faisaient la cause exclusive du mal, opinion exagérée mais non absolument fausse.

Jusqu'à ces dernières années, les agronomes pour évaluer l'humidité d'une terre en pesaient un échantillon de 100 grammes, qu'ils soumettaient à la dessiccation, et pesaient de nouveau. La perte de poids rapportée à 100 grammes fournissait la fraction requise.

M. Houdaille, professeur de physique à l'école d'agriculture de Montpellier, et qui s'est fait une spécialité de l'étude de phénomènes provoquant la chlorose, a fait observer avec raison dans une note à l'Académie des Sciences (1) l'insuffisance de ce coefficient un peu brutal. En tant qu'elle se rattache à la chlorose l'humidité d'un sol doit être définie la proportion du volume d'eau existant dans un volume donné de terre au volume total des interstices du même échantillon. Plus cette fraction augmente, plus le sol s'enrichit, en eau : si elle atteignait l'unité, le sol serait saturé de liquide et ne saurait en recevoir davantage. Il faut remarquer l'analogie de cette définition avec celle qui sert en hygrométrie pour exprimer l'humidité de l'air  $e = \frac{f}{F}$  ; l'état hygrométrique est le rapport de la tension réelle de la vapeur d'eau à la tension maxima dans les mêmes conditions.

Au moyen d'une sonde, on prélève un certain volume de terre ; on dose le poids ou volume d'eau contenu dans cet échantillon ; on le rapporte à 100 centimètres cubes soit  $\frac{v}{100}$  ce nombre.

---

(1) *Comptes rendus*, 1894.

On divise le poids de la terre sèche de l'échantillon par son volume primitif : c'est la densité apparente du sol  $\delta$ .

Enfin, soit  $D$  la densité réelle des matériaux ou particules constitutives de la terre; le vide  $\frac{V}{100}$  est égal en centimètres cubes pour 100 au rapport  $\frac{D - \delta}{D}$ .

Lorsque le rapport  $\frac{\rho}{V}$  croît au-delà d'une certaine limite, même lorsque le sol n'est pas très calcaire, il est à craindre que le chlorose ne se déclare.

M. Houdaille cite à l'appui de ses théories plusieurs exemples parmi lesquels nous choisirons les suivants :

Dans les collections de l'école d'agriculture de Montpellier, le *Berlandieri*, le porte-greffe connu pour le moins calcifuge, faiblit dans une première terre à 41 p. 100 de calcaire au plus et prospère dans une autre terre voisine à 38 p. 100, en apparence à peine moins mauvaise. Mais, dans le second sol, le rapport  $\frac{\rho}{V}$  à 0<sup>m</sup>,50 de profondeur ne dépasse pas 0,57, tandis que, dans le premier, il atteint presque l'unité : 0,88.

Enfin, indépendamment de la teneur brute en carbonate de chaux, et de l'humidité susceptible d'être emmagasinée par la terre, il y a un troisième élément dont il faut tenir lieu : l'assimilabilité du calcaire. Cette fonction intrinsèque se présente naturellement sous un jour très complexe, car elle peut tenir à trois circonstances bien différentes. État de division du calcaire. Nature plus ou moins attaquable de celui-ci. Présence d'une certaine quantité d'argile agissant à la façon d'une colle et « enrobant » les grains de calcaire, comme disent les pharmaciens, de façon à les empêcher plus ou moins d'être dissous par les réactifs peu énergiques comme l'acide carbonique du sol.

Tous les calcimètres contiennent des tamis de différentes mailles. Si la terre est suspecte à raison de sa teneur élevée, il est bon de la soumettre à un tamisage fin et d'étudier la poussière qui traverse les mailles. Quelquefois la teneur en calcaire peut augmenter ; alors la terre est plus dangereuse qu'elle ne paraissait tout d'abord. Le plus souvent la différence est à peu près nulle. D'autres fois on constate une légère amélioration.

Pour un agronome qui avant tout se préoccupe des questions pratiques, il importe très peu de savoir si le défaut d'assimilabilité d'un carbonate de chaux donné tient à la dureté propre à la variété de calcaire (la marne à rognon, la craie sont attaquées infiniment plus vite que les variétés de calcaire cristallisé et surtout que les calcaires bitumineux) (1) ou bien provient de la présence de l'argile. Le principal, l'essentiel pour lui est de constater l'allure de l'attaque, de recommencer avec une autre terre aussi analogue que possible et dont les aptitudes viticoles soient jugées et enfin de comparer les deux épreuves.

Fait avec soin, le titrage d'une terre au calcimètre Bernard par les procédés ordinaires peut fournir des renseignements relatifs, mais utiles, surtout quand l'observateur possède l'habitude des essais de ce genre.

*Mesure de l'assimilabilité du calcaire par l'attaque aux acides faibles.* — On peut objecter avec raison que l'acide chlorhydrique, même dilué, agit trop rapidement et trop brutalement. Trop rapidement d'abord, parce qu'il fait dégager un tel afflux de gaz carbonique que le récipient, suivant le modèle, se remplit ou

---

(1) Expériences réalisées par M. Houdaille.

se vide jusqu'au niveau définitif, en quelques secondes sans permettre de suivre nettement les phases de la réaction, intéressantes à guetter cependant. Trop brutalement ensuite, parce que le chlorure de calcium formé, sel extrêmement soluble, met sans cesse à nu la surface attaquée en s'éliminant dans la liqueur, que dans la nature, les terres ne sont pas soumises à des agents si énergiques et que les calcaires ne supportent jamais que des attaques lentes, faibles, susceptibles d'être arrêtés par des obstacles que l'acide chlorhydrique renverse instantanément.

Donc des acides faibles, engendrant des sels de chaux peu solubles, donnant lieu à une attaque lente et limitée, agiront assez doucement pour permettre de suivre les phases de corrosion et surtout présenteront le grand avantage d'imiter le fonctionnement des agents naturels. M. Houdaille, qui a sérieusement étudié les phénomènes de ce genre au moyen de son calcimètre enregistreur, a fixé son choix, après de nombreux essais, sur l'acide tartrique proposé déjà antérieurement par M. de Mondésir.

Quoiqu'il n'entre pas dans notre plan de décrire des appareils trop délicats, de prix trop élevés, et qu'en fait de méthodes de précision, poursuivies dans des laboratoires officiels, nous aimions mieux indiquer les résultats et résumer les recherches qu'exposer le mécanisme des instruments d'investigation, nous allons parler du calcimètre de M. Houdaille parce qu'ayant reçu quelques simplifications, il est destiné à se vulgariser.

Le *calcimètre enregistreur* se compose de quatre parties (fig. 13).

1° *Le flacon à réaction.* — Capacité 125 centimètres cubes. Porté par un plateau oscillant. L'ayant rebouché

après introduction de la terre et de la jauge à réactif, on déclanche le mouvement d'horlogerie qui provoque et entretient l'agitation. L'attaque commence et le mélange conserve toujours son homogénéité.

2° *Le réfrigérant et le réservoir d'accession du gaz.* — Un tube de caoutchouc relie le flacon au serpentin réfrigérant en cuivre rouge qui aboutit lui-même au

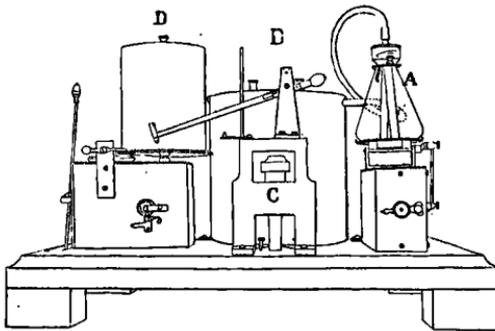


Fig. 13. — Calcimètre enregistreur Houdaille.

réservoir d'accumulation d'un litre de capacité, et de là au manomètre. La température du réfrigérant est fournie par un thermomètre à mercure et un bouchon à vis permet, après chaque opération, de revenir au zéro, en laissant échapper le gaz.

3° *Le manomètre et le style inscripteur.* — Les branches du manomètre sont inégales. La plus étroite (1 centimètre de diamètre) reçoit le gaz qui, pressant sur le mercure, le fait monter dans la seconde branche de 3 centimètres de diamètre. Alors le flotteur en bois, guidé dans sa course par trois petites pointes d'acier, se soulève, entraînant la tige articulée et la plume. Les pièces du levier inscripteur peuvent être réglées pour la plus grande commodité des opérations.

4° *Le cylindre inscripteur.* — Il tourne autour d'un axe vertical commandé par un mouvement d'horlogerie qui lui fait compléter sa révolution en 200 secondes. Il porte, enroulée sur lui, une feuille en papier quadrillé. Un levier d'arrêt permet de disposer le point de départ à l'origine du tracé. Avant de procéder à l'expérience, on s'assure que les traits tracés par le style, immobile sur le cylindre tournant, se recouvrent exactement d'une révolution à l'autre.

Cette condition étant remplie, on procède à une tare en introduisant dans le flacon à réaction 500 milligrammes de calcaire pur, 5 centimètres cubes d'eau pure, enfin, dans la jauge, 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur à 22° Baumé étendu de son volume d'eau distillée. Les deux mouvements d'horlogerie étant supposés montés, on déclanche celui du cylindre, puis celui du plateau oscillant, la pression du gaz libéré déplace le style qui trace sur le cylindre une certaine courbe gauche qui finit par se transformer en un cercle horizontal. Alors l'opération est terminée. On arrête les mouvements, on remet au zéro en laissant échapper le gaz de l'accumulateur. On enlève la feuille de papier du cylindre; déroulée, elle donne une courbe dont les abscisses figurent les temps et les ordonnées les volumes gazeux dégagés proportionnels aux poids (1) de calcaire

(1) Les tares ne peuvent servir que pour la température d'expérience, soit 15° par exemple, sinon on corrige les indications brutes en tenant compte de la température  $t$  et de la tension maxima de la vapeur d'eau à  $t^{\circ}$  suivant la formule

$$\text{tare à } 15^{\circ} = \text{tare à } t^{\circ} \times \frac{1}{1 + a(t - 15)} \times \frac{760}{760 + F - f}$$

dans laquelle  $f$  figure la tension maxima à 15° telle que le donnent les tables et  $F$  la tension à  $t^{\circ}$ . Il faut remarquer que dans le calculmètre de M. Houdaille au lieu d'étudier les volumes dégagés à la pression du laboratoire, on examine les accroissements de pression que provoque en vase clos l'addition à un volume fixe d'une dose de gaz variable. Mais, en vertu de la loi de Mariotte, la proportionnalité subsiste.

attaqué. C'est l'ordonnée maxima finale résultant de la déviation extrême qui fixe sur la tare.

Le calcimètre de M. Houdaille peut naturellement servir, en recommençant l'expérience sur 500 milligrammes de terre fine et le même volume que ci-dessus de réactif dilué, à indiquer la teneur brute du calcaire d'un sol donné. Il suffit de mesurer l'ordonnée maxima de la comparer à celle de la tare. Mais l'emploi principal de l'instrument présente bien plus d'intérêt.

Attaquons nos 500 milligrammes de terre supposée assez calcaire et suspecte par une solution tartrique : 2 grammes et demi dans nos 10 centimètres cubes d'eau. Les résultats sont beaucoup plus lents à se manifester qu'avec l'acide chlorhydrique.

Pour les terres renfermant moins de 22 p. 100 de carbonate de chaux, le dégagement total fourni par l'acide tartrique ne diffère presque pas de celui obtenu avec l'acide chlorhydrique. De pareilles terres chlorosant peu les vignes, une pareille confusion n'offre pas grands inconvénients.

Au delà du taux précité, la proportion du calcaire attaquant à l'acide tartrique au calcaire total, figure une fraction inférieure à l'unité dont la valeur absolue est utile à connaître. Plus la fraction se rapproche de 1, plus le calcaire est assimilable et pire est sa nature, parce qu'il se présente dans le sol sous une forme plus divisée.

Par exemple voici deux terres : l'une A constituée par un tuf quaternaire poreux renferme 87 p. 100 de calcaire ! l'autre B, formée d'alluvions quaternaire, n'en contient que 59 p. 100, soit un tiers en moins. Pourtant la première supporte à la rigueur le *Riparia* et porte d'assez beaux *Rupestris du Lot*, tandis que dans la seconde le *Riparia* abandonne la lutte et le même *Rupestris* ne

s'implante et ne nourrit des greffons qu'après avoir surmonté de pénibles épreuves.

L'étude comparative des deux terres au calcimètre enregistreur montre que le rapport d'attaque pour A arrive à 0,71, ce qui est considérable, mais qu'il atteint pour B le coefficient énorme de 0,91. En outre, le rapport de saturation, c'est-à-dire du volume de l'humidité au volume du vide disponible est de 30 p. 100 dans le premier échantillon, de 67 p. 100 dans le second. On voit clairement que l'intervention de ces deux facteurs modifie les conditions apparentes primitives au point de les renverser, comme le témoigne l'expérience de la plantation.

Le coefficient du rapport d'attaque tient à la division du calcaire dans le sol, mais la vitesse spécifique d'attaque dépend de la texture intime de ce calcaire. Pour estimer ce facteur, on étudie le tracé obtenu avec l'acide tartrique, et l'on recherche quel est le nombre de secondes nécessaire et suffisant pour obtenir un dégagement égal au tiers du dégagement total obtenu précédemment avec l'acide chlorhydrique, on divise le nombre de milligrammes de calcaire rongé par le nombre de secondes ; seulement on double le quotient pour le rapporter à un gramme de terre.

Soit une terre à 69,6 p. 100 ou 696 p. 1000 ou  $348/500$  de calcaire, donc, *a priori*, très mauvaise ; je prends le tiers de ce chiffre 348 ; résultat : 116, et je recherche, en m'aidant du graphique, le nombre de secondes employées à l'attaque ; je trouve 5"1. Je divise  $116 \times 2$  ou 232 milligrammes par 5"1 et je trouve 45 milligrammes et demi détruits par seconde pendant le premier tiers de l'attaque.

D'autre part, la même terre renfermant 696/1000 de calcaire, en multipliant par cette fraction 45 milligrammes

et demi, j'obtiens la vitesse d'attaque spéciale au sol qui apporte une nouvelle et très intéressante donnée relative aux aptitudes culturales. Le produit est  $31^{\text{mg}},7$ . Cette terre, provenant des Charentes, ne peut supporter aucun cépage américain connu. D'une façon générale, et suivant M. Houdaille, une vitesse d'attaque de la terre supérieure à 20 dénote une chlorose meurtrière, de 20 à 10 une chlorose intense, de 10 à 2 une chlorose variable. Au-dessous de ce taux et surtout de 1, l'affection n'est pas à redouter.

Pour toutes ces expériences, il est avantageux que la terre fine soit délayée à l'éther sulfurique qu'on trouve dans toutes les pharmacies, puis desséchée au bain-marie. On pourra recueillir alors, par distillation, une partie de l'éther et on achèvera la dessiccation à l'étuve ou au fourneau.

Peut-on profiter des indications fournies par M. Houdaille et répéter ces expériences, avec un peu moins de précision peut-être, mais au moyen d'un appareil moins délicat et surtout moins coûteux ? M. Houdaille incline vers l'affirmative, et nous-même avons essayé avec un plein succès de répéter ses expériences avec le calcimètre Trubert.

Soit donc une terre à étudier ; éprouvons-la d'abord à l'acide chlorhydrique, conformément aux règles indiquées dans ce chapitre, nous trouvons un taux de 44,7 p. 100 de calcaire. La terre est donc suspecte. La tare, dans les conditions de l'expérience, étant supposée égale à 4,35,  $0^{\text{gr}} 95$  de terre traités à l'acide chlorhydrique dilué, auraient rempli exactement les 100 centimètres cubes de la cloche. Précipitons ces  $0^{\text{gr}} 95$  au fond du flacon à réaction ; versons par dessus 2 à 4 centimètres cubes d'eau pure et disposons dans la jauge 2 grammes d'acide tartrique dissous dans un

volume d'eau suffisant pour compléter à peu près à 10 centimètres cubes le liquide total introduit dans le flacon. Disposons sur la table d'expérience une montre à galopouse ; notons d'avance l'heure choisie pour commencer l'expérience, et toutes choses étant préparées, au moment précis où l'aiguille de la galopouse atteint le trait 60 faisons basculer la jauge ; l'attaque commence ; quelques secondes après, imprimons de la main gauche une nouvelle secousse au flacon et au premier quart de minute, inscrivons vite de la main droite le numéro de la division atteinte dans la cloche ; continuons de même, notant les niveaux à chaque quart de minute et agitant une fois entre chaque observation. Bientôt le dégagement gazeux se ralentit au point de nous permettre d'espace nos observations et nos secousses, d'abord de trente secondes en trente secondes, puis enfin de minute en minute, enfin de cinq en cinq minutes. Au bout d'une demi-heure environ, souvent plus tôt, aucune bulle ne monte plus. Lisons le taux définitif dégagé par l'acide tartrique : par exemple 74,5. Tel est le rapport d'attaque, plutôt élevé dans ce cas particulier ; la terre sans être des pires, paraît dangereuse.

Au moyen des chiffres que nous aurons notés et d'une feuille de papier quadrillé ou même de papier rayé ordinaire, nous pourrons construire une courbe figurative dont les abscisses seront les temps (10 à 12 millimètres de longueur par minute) et dont les ordonnées seront les dégagements gazeux (1 millimètre de longueur par centimètre cube).

A l'inspection de la courbe, ou sans avoir besoin de la tracer, au moyen d'une interpolation très simple, nous constatons que le premier tiers de la cloche a été rempli en 75 secondes de temps ; la vitesse spécifique d'attaque est donc à peu près de  $145/75$  et ramenée au

gramme de calcaire de  $145/75 \times 1000/435$  soit, 4,4, nombre qu'on peut obtenir plus simplement en divisant 333 par 75, ou généralement la constante 333 traduisant des milligrammes par le nombre des secondes observées entre le début de l'attaque et le moment où l'eau, dans la cloche affleure entre la division 33,5 et la division 34, ce qui correspond à peu près au volume net de 33,3. Le chiffre 4,4 multiplié par la fraction représentant le taux de calcaire par unité, 0,46 donne enfin la vitesse d'attaque de la terre à peu près = 2 coefficient à peine défavorable (1).

*Magnésie et humus.* — Nous réunissons dans un même paragraphe quelques indications relatives à deux substances, dont le rôle n'offre cependant aucune analogie parce que l'une et l'autre, par leur abondance dans une terre, peuvent provoquer des erreurs en sens inverse sur les aptitudes intimes de cette même terre.

Dégageant de l'acide carbonique comme le calcaire sous l'influence des acides forts, le carbonate magnésien  $\text{CO}^3\text{Mg}$  pourrait être confondu avec lui. Or, l'expérience a démontré depuis longtemps que, malgré l'analogie de ses propriétés avec celles du calcaire, le carbonate de magnésie ne nuit en rien à la vigne. Ce fait tient probablement à la compacité extrême de la

---

(1) La commodité de l'appareil Trubert peut être accrue par l'emploi de certains dispositifs très simples que nous signalons ici pour en avoir fait bon usage sans pour cela les imposer aux agronomes. Citons : une petite planchette pour régler les hauteurs respectives du flacon et de la cuve ; un petit parallépipède en bois pour maintenir l'horizontalité du tube d'écoulement de la cuve, lequel a besoin d'appui, alourdi qu'il est par le caoutchouc qu'on lui adapte. Ce caoutchouc se bouche au moyen d'une baguette en verre qui arrête l'écoulement. Enfin un petit plateau en bois avec échancrure sert d'appui à la cloche, soit lorsqu'elle est placée sur le tube à crochet, soit lorsqu'elle repose directement sur le fond de la cuve, lors de la lecture. L'opérateur, dont les mains sont libres, a tout loisir pour procéder aux observations et prendre des notes.

« dolomie » (mélange de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie) que les réactifs les plus puissants, n'attaquent qu'avec une lenteur extrême.

Nous avons dit qu'au calcimètre Bernard la différence ressortait nettement. Au calcimètre Trubert, il est facile de compter les bulles ou de noter la marche de l'accumulation du gaz dans la cloche ; lorsque l'afflux d'abord rapide se ralentit brusquement, l'attaque du calcaire est terminée et la décomposition de la magnésie se poursuit à son tour.

Ainsi, prenons une terre supposée magnésienne ; avec de la poudre de marbre, fixons la tare, soit 435 milligrammes ; pesons 435 milligrammes de cette terre et traitons-les par 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique étendu. Le dégagement commence tumultueusement ; en moins d'une demi-minute nous atteignons 59 ; ensuite les bulles montent avec une telle lenteur que pour arriver au taux de 91 sans pouvoir le dépasser il nous faut attendre *une heure*.

En somme l'attaque par l'acide chlorhydrique des terrains dolomitiques, ressemble beaucoup comme allure à l'épreuve des terres calcaires ordinaires par une liqueur tartrique. Des graphiques presque parcellés pourraient être dressés ; mais ils ne présenteraient pas un grand intérêt pour l'agronome, que le dosage ou la nature d'un élément indifférent en somme, ne sauraient préoccuper.

Quant à l'appareil Cléménçot, il met très bien en relief la différence du calcaire et de la dolomie. En opérant adroitement, on constate dans le premier cas un écoulement au filet jaillissant avec violence du tube d'appui ; dans le second cas, un écoulement goutte à goutte bien distinct. En recueillant d'abord la totalité de l'eau déversée dans l'éprouvette, puis répétant l'ex-

périence en ne recevant que la fraction déversée en filet, et en comparant les deux résultats on peut, au moyen de certaines précautions, connaître approximativement le taux de calcaire magnésien. Malheureusement l'examen de ces procédés allongerait trop le présent chapitre.

Certains terrains, au rebours des sols dolomitiques, provoquent la chlorose avec plus de facilité que l'étude attentive de leur contenu en calcaire ne porterait à le croire. Le phénomène se manifeste toujours dans des fonds très riches, et il est à croire que la fertilité tend parfois à exalter plutôt qu'à diminuer la tendance à la chlorose. Cela tient à ce que l'humus, substance noirâtre, complexe, formée par l'accumulation des organes végétaux décomposés, engendre de l'acide carbonique par la combustion lente de son carbone.

Comme le dosage exact de l'humus est une opération assez délicate, même pour un chimiste de profession, nous n'insisterons pas sur l'influence chlorosante de l'humus, nous contentant de l'avoir mentionnée.

---

## CHAPITRE IV

### Les engrais.

*Exigences de la vigne.* — Dans le courant de chaque année, ou plutôt de chaque cycle végétal, d'un printemps à l'autre, un cep de vigne cultivée voit ses grappes coupées par les vendangeurs, ses feuilles se flétrir, se détacher et disparaître au souffle du vent, enfin son bois surabondant tranché par les ciseaux du tailleur.

Ces organes ainsi supprimés font perdre à l'arbuscule une certaine quantité de matières qu'il devra absorber l'année suivante pour élaborer de nouveau des fruits, des feuilles, des sarments.

Parmi ces composés les uns se trouvent toujours en quantité suffisante à la disposition de la vigne pour être périodiquement assimilés. Ainsi le sol et l'atmosphère fournissent l'eau, l'acide carbonique approvisionnant le végétal, d'où une source inépuisable de carbone. D'autre part, il est bien rare que la terre ne puisse fournir assez de chaux, de magnésie et de fer pour satisfaire aux exigences de la vigne.

Néanmoins sous les ardeurs desséchantes de l'été méditerranéen, sans qu'elle souffre trop du manque d'eau, la vigne gagne à recevoir quelquefois des irrigations estivales bien conduites. Le rendement en fruits

augmente ; les sarments et les feuilles se développent. Il faut payer cet avantage de deux inconvénients : multiplication des herbes, dont la croissance entraîne des labours complémentaires, et risque d'invasion de maladies cryptogamiques. On évite facilement ce dernier en arrosant au début d'une période de mistral. Les vignes de résistance moyenne, comme le Jacquez, se trouvent à merveille de ce régime bienfaisant.

D'autre part, il paraît expérimentalement démontré que le *Riparia* greffé, malgré sa nature essentiellement calcifuge, accepte volontiers d'un chaulage modéré dans certains terrains absolument privés de calcaire. L'emploi des scories de déphosphoration dont nous parlerons plus loin permet de satisfaire à ces modestes exigences.

Nous dirons deux mots, dans un prochain chapitre, du rôle probable et de l'emploi du fer en viticulture.

Restent trois éléments ou substances dont la vigne a besoin :

- 1° L'azote. Celui qui compose les  $\frac{4}{5}$  de notre atmosphère dans son état libre est un gaz inerte, inassimilable ;
- 2° Le phosphore sous forme d'acide phosphorique plus ou moins saturé de chaux ;
- 3° Le potassium ou mieux la potasse.

Dans des expériences du plus vif intérêt et désormais classiques en agriculture, M. Müntz estime qu'un hectare de vignes plantées dans le Médoc, dépendant du célèbre cru de Château-Lafite et produisant

44 hectolitres 44 litres de vin,

a fourni en outre

243 kilogrammes de marc de pression.

24 kilogrammes de marc de chapeau.

12 kilogrammes de râfles.

le tout à l'état sec

1 566 kilogrammes de feuilles sèches.  
1 755 kilogrammes de sarments secs <sup>1</sup>.

Or, les produits de décomposition des feuilles ne sont pas toujours perdus pour la terre ; les sarments peuvent dans une certaine mesure être utilisés ; les marcs retournent au vignoble directement ou par voie détournée. Il n'y a d'irréremédiablement perdu pour l'exploitation que le vin.

Dans le nord de la France la production spécifique par hectare est faible, et les pieds de vigne sont nombreux et serrés (10 à 12.000). Il s'ensuit que la proportion des matières enlevées, mais susceptibles de resserrer est très considérable : celle des substances à remplacer périodiquement par voie d'emprunt très minime au contraire.

Dans les vignobles du sud-est, les rapports, sans se renverser, se modifient sensiblement à cause du poids plus considérable des fruits et du petit nombre relatif des pieds (4.000 à l'hectare), qui n'est pas compensé par leur vigueur individuelle.

L'analyse d'un poids connu de chacune des matières indiquées au triple point de vue de l'azote, du phosphore, du potassium renseigne enfin sur la valeur absolue de la déperdition par hectare.

Tous les composés azotés se détruisant à une température suffisamment élevée, l'azote se dose à l'état libre.

Le phosphore pouvant toujours être ramené sans difficulté à l'état d'acide phosphorique ou de phosphate,

---

(1) Ces chiffres n'ont rien d'absolu ni de constant, même pour un vignoble donné ; nous ne les citons qu'à titre d'exemple.

on est convenu en agriculture de faire abstraction de l'eau et des bases avec lesquelles il s'unit en formant des combinaisons très complexes, et de compter l'acide phosphorique sous forme anhydre  $P^2O^5$ , sans avoir besoin pour cela de le soumettre effectivement à cette forme.

Quant au potassium, on le suppose aussi sous forme combinée d'oxyde anhydre  $K^2O$  sans chercher, bien entendu, à le ramener à cet état.

Ainsi lorsque M. Müntz a trouvé que dans la propriété de Guilhermain, commune de Mauguio (Hérault), un hectare planté en vigne absorbait, l'année de l'expérience, 74 kilogrammes d'azote, plus 4 kilogrammes dispersés dans le vin, il s'agit du gaz ramené à la forme libre et inerte.

En ce qui concerne l'acide phosphorique les chiffres correspondants sont 17 et 2. Cela signifie qu'un hectare de vignes de Guilhermain produit, une dose de phosphore équivalente à  $17 + 2$  ou 19 kilos d'anhydride phosphorique, terme de comparaison.

Pour la potasse la perte annuelle se cote par 56 et 11 kilogrammes.

On voit par ces indications que les quantités d'azote, acide phosphorique, potasse perdues à jamais lors de la cueillette des raisins sont minimes à côté des doses absorbées par le développement des feuilles et sarments, et que, par suite, une récolte exceptionnelle n'accroît guère la déperdition normale, surtout en potasse.

En outre, les vins fins sont un peu plus riches en azote et acide phosphorique que les vins communs.

*La potasse dans le sol des vignobles.* — On trouve

de la potasse en abondance dans les roches primitives ainsi que de l'alumine, ces deux bases à l'état de silicates complexes cristallisées, et solubles seulement dans des réactifs minéraux d'une violence extrême comme le fluorure d'ammonium. Transportées et désagrégées, ces roches donnent naissance à des argiles (silicate d'alumine hydraté) qu'accompagne toujours plus ou moins la potasse, tantôt sous sa forme primitive insoluble, tantôt sous forme plus ou moins assimilable, suivant le degré plus ou moins profond de décomposition du minéral. La transformation ne s'opère qu'avec une extrême lenteur.

Au moyen du puissant réactif que nous avons mentionné et de procédés de séparation délicats et compliqués, MM. Berthelot et André sont parvenus à dissoudre et à rassembler toute la potasse contenue dans un échantillon de terre donnée, en obtenant pour la première fois des résultats comparables. Ils sont parvenus à des chiffres énormes : plusieurs grammes par kilogramme de terre.

Mais dans cette importante proportion, quel est le taux de la potasse utilisable pour les racines des végétaux comme la vigne par exemple. On a proposé de se baser sur le *quantum* de potasse attaquée à l'eau régale. En admettant que la dissolution par l'eau régale fournisse des résultats toujours identiques avec une même terre, il est permis de se demander si le pouvoir absorbant du végétal, quelle que soit son énergie, peut se comparer avec la force dissolvante d'un agent aussi brutal que l'eau régale. Quoi qu'il en soit, les résultats varient de 2 à 9 millièmes.

Enfin si l'on se base sur le taux de la potasse simplement soluble dans l'eau après lavage de la terre on obtient des résultats confus, variables et sans portée ;

une terre qu'on croit lavée à fond peut encore abandonner de la potasse (1).

Il résulte de notre bref résumé que dans la plupart des terrains il existe une provision inépuisable de potasse, mais dont la faculté d'assimilabilité est impossible à évaluer. Les analyses du sol ne peuvent pas apprendre grand'chose au sujet de l'alimentation des vignes sur ce sol. Seule l'expérience peut renseigner l'agriculteur et lui indiquer s'il faut suppléer aux réserves enfouies par un apport artificiel de potasse.

Par contre les sols purement crayeux ou les sables, les grès exclusivement siliceux sont très pauvres en potasse et auront toujours besoin du concours des engrais potassiques.

*Engrais chimiques à base de potasse.* — On emploie, pour enrichir le sol en potasse, tous les sels de potasse plus ou moins purs, tous les résidus contenant cette base, ou même les minéraux renfermant de la potasse immédiatement soluble, pourvu que l'acide du sel n'ait, par lui-même, aucune valeur intrinsèque, qu'aucune matière nuisible ne souille le résidu ni le minéral. Par exception, le nitrate de potasse dérive d'un acide cher, l'acide nitrique ; il n'en est pas moins employé à l'occasion parce que l'azote nitrique, comme nous le verrons plus loin, constitue un engrais des plus utile.

Quelle que soit sa forme, la potasse se répand dans les vignobles au printemps. Les pluies subséquentes se chargent de la dissoudre.

Sans que les chiffres n'aient rien d'absolu une

---

(1) Les résultats les moins divergents s'obtiennent, paraît-il, en étudiant les matières entraînées par le lavage de la terre avec une solution à 1 p. 100 seulement d'acide citrique (M. Dehérain).

moyenne de 74 kilogrammes à l'hectare pour une fumure bisannuelle ou de 100 kilogrammes pour une fumure trisannuelle sera en général suffisante et même surabondante. Ces chiffres se rapportent à la dose utile, mais, naturellement, le poids brut d'engrais à employer se trouve être plus considérable suivant la richesse de l'engrais.

Le chlorure purifié a pour formule  $KCl$ , c'est-à-dire que  $2 \times 75$  ou 150 parties de ce sel correspondent théoriquement à 94 parties d'oxyde anhydre  $K^2O$ . Mais comme le sel du commerce contient des impuretés le taux utile n'atteint pas le coefficient  $94/150$  et en pratique on le cote à 50 p. 100. Il faudra employer donc 150 ou 200 kilogrammes de chlorure de potassium par hectare.

Le sulfate de potasse des chimistes se note  $SO^4K^2 = 174$ . Sa richesse théorique  $94/174$  serait donc un peu plus faible que celle du chlorure. Dans le commerce des engrais on admet toujours, à cause des impuretés, un taux moyen de 50 p. 100. Il est donc indifférent de substituer à un certain poids de chlorure de potassium le même poids de sulfate de potasse. Toutefois aux cours actuels, le chlorure ne coûte que 22 francs les 100 kilogrammes et le sulfate 28 francs, et il semble qu'il y ait avantage à employer le premier.

Quant au carbonate de potasse, il est beaucoup plus cher : 51 francs les cents kilos. Malgré l'élévation de sa richesse théorique : 68 p. 100 correspondante à la formule  $CO^3K^2$  et même de sa richesse pratique 62 p. 100, la potasse fournie par ce sel revient à un prix trop élevé : 82 centimes par kilogramme au lieu de 56 centimes (sulfate) et 45 (chlorure).

Dans les sols assez calcaires et facilement drainés l'emploi du chlorure n'offre aucun inconvénient et l'a-

agriculteur profite du léger avantage du prix. Mais dans les terres très pauvres en calcaires ou non susceptibles de se ressuyer aisément le chlorure peut produire des effets nuisibles. En effet, placez de la terre calcaire dans un entonnoir dont le col, obstrué simplement par un tampon, laisse passer les liquides ayant filtré à travers la terre ; arrosez d'abord d'eau pure ; recueillez le *filtratum* ; il ne précipitera pas par l'acide oxalique ni par les carbonates de soude ou d'ammoniaque. Au lieu d'eau pure versez sur la terre une solution de chlorure de potassium, et renouvelez l'expérience : vous constaterez un précipité ; il s'est formé un sel de calcium soluble : le chlorure. Une partie de la chaux du sol a donc été mobilisée et perdue, ce qui peut avoir des inconvénients si la réserve de chaux est par trop infime. En outre le chlorure de calcium, à moins qu'il ne s'élimine par les eaux de drainage, présente d'assez graves inconvénients au point de vue de la végétation des vignes et entrave la nitrification.

Cet inconvénient n'est pas à redouter avec le sulfate ni même avec le carbonate.

Il serait très intéressant pour un agriculteur de pouvoir titrer volumétriquement la potasse des engrais. Par malheur nous ne connaissons aucun procédé permettant cette épreuve et la méthode de dosage par le chlorure de platine, sans être bien compliquée, exige un matériel spécial et l'emploi d'un réactif assez coûteux. Nous n'en indiquerons que le principe. Lorsque dans une solution concentrée de sel potassique on verse une solution également concentrée de chlorure platinique  $\text{PtCl}_4$ , la plus grande partie du potassium se précipite sous forme insoluble de chloroplatinate de potassium jaune orangé  $\text{PtCl}_4\text{K}_2$ . Néanmoins il reste un peu de chloroplatinate dans la liqueur et pour en parfaire

la séparation on ajoute une certaine quantité d'alcool éthéré. Tantôt le précipité est jeté sur un filtre, lavé à l'alcool, puis séché, détaché du filtre et pesé tel quel; tantôt il est réduit par la formiate de soude. Celui-ci met en liberté le platine métallique qui est isolé enfin par lavage, décantation et évaporation (1).

*L'acide phosphorique dans le sol des vignobles.*

— Ce corps très stable constitue le terme extrême de l'oxygénation du phosphore en présence de l'eau; libre, il répond à la formule  $PO^4H^3$ ; il est tribasique, ce qui complique déjà le rapport qui le relie à son anhydride  $P^2O^5$ . Mais, en outre, les trois atomes d'hydrogène ne jouent pas le même rôle, loin de là; le premier se caractérise par la violente énergie de son activité; le second possède un caractère moins net; le troisième remplit des fonctions très effacées et à certains égards ne peut même être considéré comme un hydrogène acide.

Dans la nature, l'acide phosphorique n'existe pas à l'état libre, forme sous laquelle il est extrêmement soluble; il se rencontre habituellement saturé par le calcium, tantôt partiellement, tantôt en totalité. Dans le premier cas, ou bien le sel formé participant en quelque sorte de la nature de l'acide conserve sa solubilité, ou bien la récupère sous l'influence de réactifs tels que le citrate ammoniacal; dans le second cas, le sel de calcium est tout à fait insoluble dans l'eau pure, mais

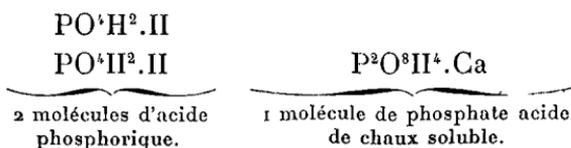
---

(1) Ce procédé présente cela d'avantageux qu'un petit poids de potasse, 94 parties, correspond à un poids énorme de chloroplatinate (488 parties) et à un poids encore assez notable de platine métallique en poudre (197 parties).

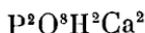
Il est clair que, quelle que soit leur nature, les résidus de platine doivent être précieusement mis de côté et peuvent plus tard être traités pour régénérer le métal ou le chlorure. Un bon chimiste peut donc retrouver en vue de nouvelles expériences la presque totalité du métal précieux qu'il avait dépensé à la suite d'un premier essai.

immédiatement soluble dans les acides forts et enfin lentement attaquant par les acides faibles. Ces derniers, agissant avec lenteur mais procédant de même que les acides énergiques, arrachent du calcium au sel saturé et le ramènent à l'état de phosphate acide.

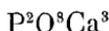
Il est à noter que le calcium, type des métaux bivalents, au lieu de remplacer simultanément dans une molécule unique les deux atomes d'hydrogène vraiment fonctionnels, se substitue à deux hydrogènes actifs appartenant à deux molécules différentes.



Deux des hydrogènes restant peuvent être remplacés par un atome de calcium et l'on a le phosphate



soluble dans le citrate. Enfin la substitution étant complète, l'on réalise le phosphate insoluble.



De plus, avec l'oxyde de fer et l'alumine, l'acide phosphorique engendre des phosphates ferriques et aluminiques également insolubles.

Pour solubiliser et doser l'intégralité de l'acide phosphorique d'une terre, il faut employer un réactif énergétique, comme par exemple l'acide nitrique, puis, dans les liqueurs de lavage précipiter par l'acide molybdique diffusé dans l'acide nitrique. Ce réactif entraîne absolument tout le phosphore sous forme de phosphomolybdate complexe et insoluble. L'acide phosphorique

étant ainsi séparé, on le remet en liberté et on le dose par un des procédés que nous décrirons plus loin (1).

On trouve, comme pour la potasse, des nombres bruts sans grande signification, car ils dénotent simplement que la terre contient une réserve de phosphore disponible seulement à la suite d'une longue série d'années sous l'influence de l'eau, du gaz carbonique, des acides du sol. La dose moyenne s'étend de 1 à 2 grammes d'acide phosphorique par kilogramme de terre ; elle s'abaisse à moins d'un gramme et descend même jusqu'à un demi-gramme dans les terrains schisteux ou provenant des gneiss ou granits décomposés. Au contraire l'acide phosphorique abonde relativement dans les terrains volcaniques (2 ou 3 millièmes) et surtout dans les alluvions de la Durance et le diluvium de la Méditerranée (de 4 à 5 p. 1000) (M. Dehérain).

En traitant la terre par l'acide acétique (laisser digérer à froid pendant vingt-quatre heures, laver, filtrer, évaporer, reprendre par l'acide nitrique), on n'entraîne qu'une petite partie de l'acide phosphorique, mais c'est la fraction accessible aux racines des plantes, celle qui intéresse le plus l'agronome.

Une proportion d'un tiers de gramme et au delà par kilogramme laisse présumer que la terre est assez riche pour n'avoir pas besoin d'engrais artificiels phosphatés. La vigne, du reste, n'exige pas beaucoup en fait d'acide phosphorique dont il lui faut seulement une petite provision pour le bon aouêtement de ses sarments. On a remarqué aussi la bonne qualité des vins récoltés dans

---

(1) La composition des phosphomolybdates varie suivant les conditions de l'expérience. Ce procédé peut servir à isoler le phosphore, non à le doser. Aussi n'indiquons-nous pas de formules qui ne seraient d'aucun usage.

les sols riches en acide phosphorique comme les terrains voisins d'anciens volcans.

En cas de doute, le viticulteur consultera lui-même sa vigne sur ses exigences en comparant une rangée témoin laissée non fumée ou fumée sans phosphore à une autre rangée traitée comme la première avec les phosphates en plus.

*Engrais phosphatés. Analyse.* — Actuellement lorsqu'on veut alimenter en acide phosphorique une vigne à qui ce principe fait défaut, on a recours aux scories de déphosphoration ou aux superphosphates.

Les premières résultent de l'épuration de fontes destinées à être converties en acier. Il s'élimine un produit complexe, lourd, d'aspect noirâtre assez bien doué en acide phosphorique, fer, manganèse, silice et surtout très riche en chaux. L'agriculteur l'emploie à l'état de poudre fine ; sans cette trituration, les scories seraient difficilement assimilables ; outre leur apport en acide phosphorique, elles amendent de la façon la plus heureuse les terrains exclusivement siliceux.

Quant aux superphosphates, ils résultent du traitement par l'acide sulfurique des phosphates fossiles ou minéraux. Ceux-ci sont constitués en majeure partie par du phosphate tribasique de chaux, mélangé d'autres phosphates à base de fer et d'alumine, le tout souillé, suivant les gisements, par de la silice, de l'argile et surtout par du carbonate de chaux. A l'état naturel, les phosphates minéraux constituent une masse dure compacte, ne cédant rien à l'eau et hors d'état d'être absorbée par les racines des plantes.

Par l'adjonction d'une dose convenable d'acide sulfurique, le carbonate de chaux est transformé en sulfate, et il s'établit une lutte entre le phosphate qui

tend à conserver sa chaux, son oxyde ferrique, son alumine et l'acide sulfurique qui s'efforce de les lui arracher. De là résulte un mélange complexe d'acide phosphorique soluble dans l'eau et immédiatement assimilable, de phosphate acide de chaux également prêt à être entraîné, de phosphate acide moins assimilable, enfin de phosphate tribasique inattaqué; en revanche, tout l'acide sulfurique neutralisé ou épuisé par le phosphate, par le carbonate se transforme en sulfates ferreux, alumineux, calcaire. A l'industriel de calculer la dose d'acide nécessaire et suffisante pour bien désagréger le phosphate sans le transformer en pâte et pour opérer avec économie.

L'équilibre résultant, dont nous n'avons signalé que les traits principaux, ne subsiste pas : avec le temps certains produits primitivement solubles repassent à l'état insoluble; les phosphates de fer et d'alumine notamment se reconstituent; ce phénomène porte le nom de *rétrogradation*. Néanmoins un phosphate rétrogradé ne retrouve jamais son immunité primitive; et, quoique non miscible à l'eau pure, il s'incorpore à des réactifs peu énergiques.

On admet que la valeur agricole et commerciale d'une scorie, d'un superphosphate, d'un engrais phosphaté quelconque dépend de son plus ou moins de solubilité non dans l'eau pure, mais dans le citrate ammoniacal qu'on appelle plus brièvement le citrate, parce que le citrate dissout l'acide phosphorique rétrogradé qu'on juge apte à être immédiatement sucé par les racines. Au surplus, le même réactif, lorsqu'on analyse une terre, peut aussi servir à absorber et séparer l'acide phosphorique assimilable (les résultats, il faut le dire, sont un peu plus faibles qu'avec l'acide acétique).

Lorsqu'on dit qu'un superphosphate, par exemple,

est à 13/15, cela signifie qu'il renferme sous forme combinée de 13 à 15 p. 100 de son poids d'anhydride phosphorique entraîné par le citrate. Ilâtons-nous d'ajouter que, d'après l'avis des agronomes les plus autorisés, la fraction d'acide phosphorique, que respecte le citrate, n'est pas prodiguée en pure perte dans le sol, mais elle ne s'incorpore que peu à peu, avec lenteur, suivant les circonstances.

Quel est le rôle du citrate ammoniacal ? Comme les tartrates avec lesquels ils présentent une analogie des plus étroites, les citrates alcalins, absorbant les sels à base d'oxyde de fer et d'alumine, les retiennent sous forme spéciale soluble, non modifiable par certains réactifs habituels du fer et de l'aluminium, qui cessent de produire aucun effet.

Pour préparer le réactif, on dissout 40 grammes de cristaux d'acide citrique cristallisé dans 50 centimètres cubes d'ammoniaque pure à 22 degrés Baumé ; après refroidissement, on complète les 100 centimètres cubes avec de l'ammoniaque.

Pour doser l'acide phosphorique d'un engrais phosphaté, on commence par entraîner au moyen du citrate tout l'acide phosphorique utilisable, puis, dans la liqueur de lavage supposée claire, on rassemble, au moyen du chlorure de magnésium dissous, tout le phosphore sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien insoluble



La chose est très simple si le superphosphate est dépourvu de sels magnésiens solubles dans l'eau. Mais le plus souvent le contraire a lieu et la présence de ces matières jointes à l'influence de l'excès d'ammoniaque du citrate risquerait de produire avant le filtrage un

précipité phosphaté, qui se mêlerait au résidu inattaqué et diminuerait ainsi la richesse réelle. Il convient d'éliminer d'abord les sels de magnésie.

Ayant tamisé le produit, on en pèse 2 grammes qu'on dépose dans un mortier en verre; on ajoute environ 20 centimètres cubes d'eau distillée et l'on délaie avec le pilon sans écraser. Après une minute de repos, on décante sur un filtre sans plis; on recommence plusieurs fois en opérant toujours rapidement, puis on achève de broyer la matière et on la projette sur le filtre au moyen de la pissette. Le *filtratum* par les lavages successifs doit être amené à un volume voisin de 100 centimètres cubes.

D'autre part, on jette le filtre dans un ballon et on l'arrose d'environ 80 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque. Au bout de quelques heures on filtre, on lave, en recueillant dans un matras jaugé de 100 centimètres cubes.

En prélevant au moyen d'une pipette 50 centimètres cubes de chacune des deux liqueurs et les ajoutant on réalise un mélange correspondant à 1 gramme de matière. Pour les raisons expliquées plus haut, cette mixture n'est ordinairement pas claire, mais cela n'a aucun inconvénient, car ce trouble ne fait que devancer le précipité qui se forme par addition d'une quantité suffisante de liqueur magnésienne. Il convient d'agiter avec une baguette en verre, sans toucher pour cela les parois; on laisse reposer pendant plusieurs heures, car le dépôt se forme avec lenteur.

Les chimistes recueillent ce précipité sur un filtre, le lavent à l'eau ammoniacale, le dessèchent et le calcinent pour le peser finalement sous forme de pyrophosphate de magnésic, mais les agronomes peuvent adopter l'une ou l'autre des deux méthodes volumétriques suivantes.

*Dosage volumétrique de l'acide phosphorique.* — *Premier procédé.* — Recueillir d'abord le précipité et le laver à l'eau fortement ammoniacale, comme il vient d'être dit, avec 15 ou 20 centimètres cubes de liquide. Éliminer ensuite l'ammoniaque qui humecte le précipité, non pas par un lavage à l'eau pure qui dissoudrait une partie du phosphate formé, mais par l'alcool (15 ou 20 centimètres cubes).

Le filtre encore humide est ensuite introduit avec son contenu dans le flacon du calcimètre Trubert et traité par l'hypobromite de soude. L'azote se dégage ; 14 parties d'azote correspondent à 71 parties d'acide phosphorique anhydre. Il est plus simple, pour éviter tout calcul, de comparer le volume d'azote dégagé lors de l'essai à celui que fournit un poids connu de chlorure d'ammonium pur, sachant que 53,5 de chlorure d'ammonium répondent à 14 d'azote ou 71 d'anhydride phosphorique. Nous nous expliquerons plus loin sur les dosages d'azote à l'hypobromite.

*Second procédé.* — On dissout le précipité dans le vase même où il s'est formé, et après décantation de la couche liquide, avec une quantité suffisante d'eau acidulée d'acide acétique à 2 p. 100. La dissolution est portée à l'ébullition au bain-marie.

Ceci fait, on trempe une baguette en verre dans une solution de ferrocyanure de potassium (ou prussiate jaune de potasse) et l'on dépose un certain nombre de gouttes de cette liqueur jaune sur une assiette de porcelaine blanche. Ensuite on verse lentement dans la liqueur bouillante, retirée du feu, une solution d'acétate d'urane contenue dans une burette graduée. Lorsqu'on juge que la réaction s'avance, on trempe une baguette en verre dans la solution phosphorée addi-

tionnée d'urane et l'on touche une des taches jaunes en changeant de goutte à chaque essai. Tant que l'urane ne s'est pas combiné avec tout le phosphore, la tache conserve sa couleur, mais dès que l'absorption est complète, le ferrocyanure vire au marron par l'urane devenu surabondant. On note le volume dépensé au moment précis du changement de teinte ou plutôt on constate deux limites inférieure et supérieure correspondantes à deux épreuves successives. Si elles se rapprochent suffisamment, on se contente d'une moyenne ; sinon on recommence sur un nouvel échantillon en dépensant goutte à goutte la liqueur d'urane dès qu'on a franchi la limite inférieure déjà observée.

De temps à autre on remet sur le feu la liqueur phosphatée qu'on éprouve de manière qu'elle ne se refroidisse pas (1).

Les mêmes méthodes peuvent servir à doser la magnésie dans les sols. On attaque une quantité suffisante de terre par l'acide chlorhydrique pur ; quand l'attaque est complète, on neutralise par l'ammoniaque, puis on précipite la chaux par le carbonate d'ammoniaque. Filtrant et lavant, on recueille la magnésie dans la liqueur ; ajoutant du phosphate soluble de soude ou d'ammoniaque, on entraîne la magnésie sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. 84 parties de carbonate de magnésie dans la terre répondent à 14 parties d'azote ou 71 parties d'acide phosphorique.

*L'azote dans le sol des vignobles.* — Deux mé-

---

(1) La liqueur d'urane se prépare en dissolvant à peu près 32 grammes d'urane dans un litre d'eau. Elle se dose au moyen d'une solution de phosphate d'ammoniaque  $\text{PO}^4 (\text{AzH}^4)\text{H}^2$ , sel inaltérable à 100° non hygrométrique, dont les solutions se conservent à merveille. 115 parties de ce sel correspondent à 71 parties d'anhydride phosphorique.

thodes trop difficiles à pratiquer pour un agriculteur parce qu'elles exigent un matériel encombrant et très coûteux, ainsi que l'habitude des manipulations délicates, permettent aux chimistes du métier de doser l'azote total d'une terre. Tantôt on s'arrange de manière à détruire tous les composés organiques sans exception et interceptant l'eau et l'acide carbonique produits, on recueille l'azote à l'état libre ; tantôt, et cette méthode est la plus généralement usitée, on amène tout l'azote du sol à l'état d'ammoniaque par calcination au moyen de la chaux sodée et l'on arrête cette ammoniaque en faisant barboter les produits gazeux dégagés dans une solution acidulée dont on apprécie le titre avant et après l'expérience. Nous ne rappelons ces deux principes que pour mémoire.

L'azote contenu dans le sol, on le reconnaît bien vite, peut adopter l'une des trois formes suivantes :

1° *Azote nitrique*. — Les terres arables contiennent des nitrates et des nitrites comme le démontre l'analyse élémentaire des eaux de drainage. M. Dehérain a introduit un échantillon de terre de 50 kilogrammes dans un grand pot de terre vernissée, percé d'un trou inférieur recouvert lui-même d'un lit de cailloux de manière à simuler un drain. Exposé à l'air libre, le vase reçoit la pluie et l'on recueille les écoulements dans de grands flacons pour les analyser après concentration. On multiplie la dose trouvée par le rapport de la superficie d'un hectare à la surface horizontale du pot de terre. L'auteur que nous avons cité a trouvé un maximum de 152 kilos et un minimum de 45 kilos d'azote nitrique par hectare et par an.

Tous les sels dérivés de l'acide nitrique  $AzO^3H$  et de l'acide nitreux  $AzO^2H$ , éminemment solubles et assimi-

lables, se forment à chaque instant, dans la terre, sous l'influence de ferments spéciaux (travaux de MM. Schlœsing et Müntz).

2° *Azote ammoniacal*. — N'existe dans les terres qu'à l'état de doses insignifiantes. Se forme par absorption des traces d'ammoniaque contenues dans l'air, et sous l'action de certains ferments aux dépens de l'azote organique. Par contre, paraît susceptible de s'évaporer dans l'atmosphère, dans certaines conditions, sans qu'on puisse prévoir la compensation des gains et des pertes, et sous l'action des ferments internes, perd sa forme pour se convertir en nitrites et nitrates. Constitue en somme un terme de passage, et, quoique soluble, d'une assimilabilité douteuse ou nulle.

3° *Azote organique*. — Non immédiatement soluble et partant non absorbable, mais pouvant le devenir par une évolution, tantôt rapide, tantôt très lente. Provient de la décomposition des débris organiques qui s'accumulent sur et dans le sol : feuilles, herbes, végétaux inférieurs, insectes, vers...

Certains cryptogames appartenant à la classe des algues et des mousses d'une part et les plantes de la famille des légumineuses, d'autre part, fixent l'azote de l'air sous forme organique.

Quelle que soit son origine, l'azote organique, transformé d'abord par les ferments en azote ammoniacal, puis de cet état transitoire en azote nitrique, au moyen d'autres ferments, enrichit la terre et lui communique la fertilité. Pour qu'une terre soit donc féconde, il faut qu'elle dispose d'une notable réserve organique, ce qui est le cas de tous les terrains de sédiments, ou simplement inférieurs — et même des terres quelconques tapissées de végétation, et enfin que la nitrifi-

cation s'opère d'une manière satisfaisante dans son sein.

La marche de cette évolution s'accomplit très mal dans les terres acides, dites de bruyère, et parfaitement bien, au contraire, dans les terres riches en carbonates de chaux, parce que cette base emmagasine immédiatement l'acide nitrique produit et que le ferment, comme tous les êtres de ce genre, est gêné par l'accumulation de ses propres produits. Avec les terres très fortes la nitrification n'est pas bien active; mais une bonne aération la favorise, ainsi qu'une humidité modérée (50 grammes d'eau par exemple par kilogramme de terre). Ce n'est pas pour rien que nos pères avaient préconisé l'avantage des labours ou travaux intelligents qui pouvaient, par leur fréquence, suppléer à une fumure. Une terre bien remuée s'aère, profite de l'appel d'humidité qui s'établit dans les couches superficielles desséchées aux dépens des couches internes encore imprégnées d'eau. Un arrosage modéré produirait, et mieux encore, le même effet. Ajoutons que le ferment nitrique s'engourdit pendant l'hiver (au-dessous de 5°) et travaille principalement en été pendant la période de la végétation; la température de 37° lui est très avantageuse.

Quant aux matériaux offerts à son activité, ils varient par kilogramme de terre de l'énorme chiffre de 10 grammes (terreaux de maraîchers) au taux plus que modeste de 0<sup>gr</sup>,5 (terres maigres d'Auvergne). La moyenne pour les bonnes terres flotte de 1 à 2 grammes.

Pour apprécier la fertilité d'un sol en azote, un dosage d'azote total ne fournit que des renseignements insuffisants quoique non dépourvus d'intérêt. On ne peut davantage s'éclairer par le dosage très simple et très rapide de l'azote nitrique, parce que la richesse nitrique n'est pas un coefficient absolu, pour une terre donnée

mais variable suivant les saisons, les circonstances, l'état des travaux, etc.

L'agronome aurait bien la ressource de se livrer à une série d'expériences comparatives sur des échantillons prélevés à différentes époques de l'année dans le même vignoble, mais il est plus simple, et relativement plus rapide, d'essayer l'effet des fumures azotées sur une rangée de souches, tandis qu'une ou plusieurs rangées voisines resteront sans fumures ou, du moins, sans engrais azotés.

*Engrais azotés.* — Ils se divisent en trois catégories correspondant aux trois états sous lesquels l'azote se présente.

1° Ceux qui sont constitués d'azote nitrique. Par exemple, le nitrate de soude commercial et le nitrate de potasse. Ce dernier agit aussi naturellement comme engrais potassique ; son efficacité étant double, son prix est aussi beaucoup plus élevé.

Les engrais chimiques à base d'azote nitrique s'emploient au printemps, immédiatement avant le début du travail de la végétation. Leur effet est rapide, mais très passager parce que le nitrate vu sa solubilité s'infiltre rapidement dans le sol. Leur emploi se trouve tout indiqué dans les terres à nitrification malaisée, comme les sols dépourvus de carbonate de chaux ou à sous-sols argileux peu perméables qui s'opposent à son entraînement. S'emploie au taux de 400 kilogrammes par hectare et par an dans les vignobles à grande production du Midi, à dose moindre dans le Nord.

2° Ceux à base d'ammoniaque. Ils doivent fournir des provisions aux microbes nitrificateurs et s'utiliser ainsi après transformation. Donc le sulfate d'ammoniaque conviendra surtout aux terres calcaires. Il produira des

effets moins transitoires que le nitrate, mais dont l'effet ne saurait durer bien longtemps. En somme, il ne vaut pas le nitrate de soude. 300 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque équivalent à 400 kilogrammes de ce dernier.

3° Les engrais dits organiques, comme le sang desséché, la corne, le cuir... Se transforment d'abord en sels ammoniacaux, puis en nitrates et constituent, de la sorte, une précieuse réserve pour les sols aptes à la nitrification. D'après MM. Müntz et Girard, une même terre douée d'une activité moyenne nitrifie :

Très vite : le sang, la corne, la viande, le guano ;

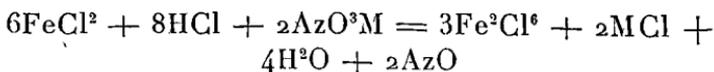
Lentement : le cuir torréfié, les déchets de laine, les poudrettes ;

Très lentement : les débris de cuir non torréfiés dont l'emploi semble presque inutile.

*Analyse volumétrique de l'azote.* — L'azote des terres et des engrais est susceptible d'être recueilli soit sous forme libre, soit sous forme de combinaison simple et définie, dans chacun des trois états sous lesquels la viticulture l'utilise. Seulement, dans chacun de ces trois cas, le procédé d'analyse varie, de sorte qu'aucune des trois méthodes n'est absolument générale,

1° *Azote nitrique.* — On se sert d'un procédé simple et rapide dû à M. Schløesing.

Lorsqu'une solution bouillante de chlorure ferreux renferme des nitrates, il se produit une réduction conformément à l'équation suivante :



(1) Dans cette équation la lettre M désigne un métal alcalin comme le sodium ou le potassium.

et il se dégage du bioxyde d'azote ou oxyde azotique, gaz presque parfait, insoluble dans l'eau qu'il suffit de recueillir dans une cloche. Le volume fourni par un

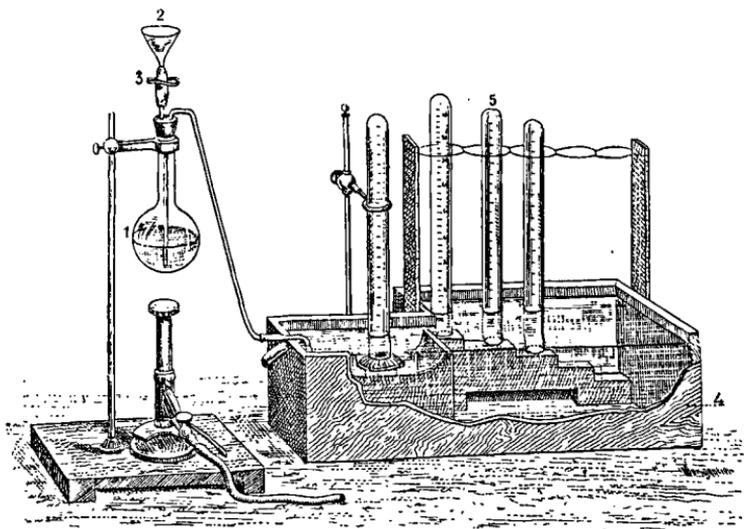


Fig. 14. — Dosage de l'azote nitrique par le procédé Schlœsing.

poids donné d'engrais est comparé avec celui que donne un poids égal de nitrate sodique pur.

On enseigne en chimie élémentaire que le bioxyde d'azote offre la curieuse propriété d'absorber immédiatement les moindres traces d'oxygène ou d'air pour se condenser en fumées rouges d'hypoazotide  $AzO^2$ . Aussi convient-il de réaliser la transformation du nitrate et l'adduction du gaz à l'abri de l'air.

A cet effet, on emploie l'appareil suivant (fig. 14).

A, ballon de 150 centimètres cubes. Son bouchon de caoutchouc est percé de deux trous : l'un pour le tube abducteur, l'autre pour un tube droit relié à un entonnoir B par l'intermédiaire d'un caoutchouc. Ce dernier est pressé par une pince C qui s'oppose abso-

lument à toute introduction d'air quand on n'appuie pas sur les branches.

D, cuve à eau disposée pour recevoir la cloche à gaz E.

On commence par préparer une certaine quantité de solution de chlorure ferreux en dissolvant peu à peu à chaud 200 grammes de clous dans l'acide chlorhydrique ordinaire. Quand l'attaque est complète, on dilue jusqu'à parfaire le litre. La liqueur très altérable ne se conserve bien qu'en présence d'un petit excès de fer ; on peut aussi la garder dans un flacon bien bouché qu'on retourne et dont on immerge le col dans l'eau.

On introduit dans le ballon A d'abord 40 centimètres cubes de cette solution ferreuse, puis 40 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, et l'on fait bouillir jusqu'à ce que la vapeur d'eau ait expulsé l'air.

A ce moment on verse dans l'entonnoir B, avec une pipette, 5 centimètres cubes d'une solution titrée de nitrate de soude pur contenant 6<sup>gr</sup>,6 de ce sel par litre, et on coiffe le tube de la cloche pleine d'eau.

On desserre très légèrement la pince et on laisse tomber dans le liquide bouillant quelques gouttes de solution nitrée, en ayant soin d'en laisser couler assez peu pour que l'ébullition ne soit pas interrompue. On recommence avec les mêmes précautions jusqu'à vider presque l'entonnoir. On rince alors trois fois avec un peu d'eau pure qu'on fait descendre dans les mêmes conditions, toujours goutte à goutte. Les bulles gazeuses qui ont afflué dans la cloche dès l'arrivée des premières parties du nitrate cessent de monter. On dégage la cloche ; on laisse rentrer l'air dans le ballon et on éteint le feu. Il ne reste qu'à noter le niveau dans la cloche.

Souvent, dans le courant de l'analyse, il tend à se

produire une absorption de l'eau de la cuve. Un chauffage très régulier s'impose ; si l'eau aspirée retombait dans le ballon, l'opérateur perdrait sa peine ; il peut éviter cet inconvénient en pinçant à propos le caoutchouc qui relie les deux parties du tube abducteur.

En recommençant avec 5 centimètres cubes d'une dissolution à 66 grammes par litre de l'engrais chimique à essayer, on recueille un autre volume gazeux toujours moindre. La comparaison de cette nouvelle lecture à la première déjà faite permet de juger le taux de richesse (1).

La disposition que nous avons brièvement décrite et que notre figure explique parfaitement est susceptible d'être un peu simplifiée quand on opère avec un matériel réduit et portatif, par exemple avec celui du nécessaire Trubert. On emploie alors un ballon plus petit (90 centimètres cubes seulement) supportant un entonnoir biseauté qu'on ferme à volonté par une baguette en verre à bout conique. Comme ce bout est entouré d'une bague en caoutchouc, l'obturation est parfaitement suffisante.

Deux tubes, l'un simplement coudé, l'autre coudé et muni d'un crochet, conduisent d'abord l'air et la vapeur d'eau dans la petite cuve à niveau constant et plus tard dirigent le bioxyde d'azote sous la cloche. Vu la médiocre contenance de la cuve, il convient d'en renouveler fréquemment le liquide qui s'échauffe très vite, et plus tard de refroidir le gaz recueilli. A cause de la faible longueur du tube, il convient aussi de veiller avec soin sur les risques d'absorption.

---

(1) Il est avantageux pour la précision des résultats d'obtenir avec l'engrais, des dégagements aussi grands que possible et peu différents des tares.

On opère avec 30 centimètres cubes seulement de liqueur ferreuse, autant d'acide chlorhydrique et avec 5 centimètres cubes d'une solution contenant 6<sup>gr</sup>,6 par litre du nitrate essayé.

2° *Azote ammoniacal.* — Lorsqu'un composé dissous à base d'ammoniaque se trouve en présence d'hypobromite de soude, l'intégralité de l'azote ammoniacal se dégage à l'état libre et, ce, même à la température ordinaire.

On prépare une solution de soude caustique, contenant environ 125 grammes par litre de cette base. Dans cette lessive supposé refroidie; on verse 25 centimètres cubes de brome et l'on agite : on obtient ainsi une liqueur jaunâtre que la lumière altère assez vite et qui ne se conserve pas plus de quelques jours dans l'obscurité. Il est donc prudent de ne préparer ce réactif qu'au fur et à mesure des besoins en réduisant proportionnellement les doses indiquées.

On dissout dans l'eau un poids connu de sel ammoniacal et on introduit intégralement cette solution dans le calcimètre Trubert disposé comme pour les expériences déjà mentionnées. Seulement on emploie pour l'hypobromite une jauge spéciale d'une capacité beaucoup plus grande puisqu'elle doit contenir 20 centimètres cubes de ce réactif. Lorsque le flacon est rebouché et l'égalité des niveaux obtenue dans le tube abducteur, on recouvre le tube de la cloche et on incline le flacon de façon à déverser peu à peu le contenu de la jauge dans la solution ammoniacale et on agite un peu. L'azote s'échappe instantanément; lorsque la jauge s'est vidée et que l'agitation ne produit plus d'effervescence, on dégage la cloche et on fait la lecture suivant les prescriptions indiqués. Le mélange

contenu dans le flacon doit encore conserver une coloration jaune très nette.

Comme on voit, l'opération est des plus simples. A la différence de l'acide carbonique, l'azote est peu soluble dans l'eau et d'ailleurs les liquides employés, par leur contact avec l'air, se sont saturés de ce gaz.

Il n'en est pas moins avantageux de faire réagir autant que possible des volumes liquides sensiblement égaux et contenant des doses peu différentes d'azote ammoniacal. Pour les tares nous pèserons 25 centigrammes de chlorure d'ammonium ou chlorhydrate d'ammoniaque pur  $\text{AzH}^+\text{Cl}$  qui fourniront dans la cloche de 55 à 56 divisions (1). Théoriquement 30<sup>es</sup>,8 de sulfate d'ammoniaque sans mélange devraient produire le même effet; nous adopterons le chiffre rond de 30 centigrammes et nous corrigerons le volume observé en le multipliant par le facteur 308/300. Pour les engrais de composition inconnue, nous procéderons par tâtonnements en recherchant l'obtention d'un dégagement d'azote peu différent de celui de la tare du jour.

En traitant à l'hypobromite le précipité ammoniacomagnésien ayant entraîné soit toute la magnésie d'un échantillon de sol, soit tout l'acide phosphorique d'une terre ou d'un engrais, nous pourrions calculer le taux de ces deux éléments sachant que 14 parties d'azote correspondent à 71 parties d'acide phosphorique anhydre ou 84 parties de carbonate magnésien.

Ces règles étant très abstraites, nous allons les éclaircir par un exemple.

Deux grammes de superphosphate ont été lavés au citrate. Ce dissolvant a entraîné une certaine quantité

---

(1) On les diffuse, s'ils ne le sont déjà, dans 10 centimètres cubes d'eau et on dilue le tout à 30 centimètres cubes. Avec les 20 centimètres cubes de l'hypobromomètre le volume total atteint 50 centimètres cubes.

d'acide phosphorique qu'on a rassemblée sur un filtre à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Traités à l'hypobromite, le filtre et son contenu ont donné 50 centimètres cubes d'azote, alors que la tare fournie par 25 centigrammes de chlorure d'ammonium pur était de 55 centimètres cubes.

Le chlorure  $\text{AzII}^4\text{Cl}$  renferme  $\frac{259}{1000}$  de son poids d'azote; la proportion d'azote d'une dose de chlorure telle qu'elle eût dégagé les 50 divisions aurait été

$$\frac{259}{1000} \times 25 \times \frac{50}{55} = 5,89$$

le centigramme étant l'unité. Multiplions par le facteur  $\frac{71}{14}$  nous trouvons, toujours en centigrammes 29,86 ou, en chiffres ronds, 30. Donc nos 2 grammes de superphosphates contiennent 30 centigrammes d'anhydride phosphorique. Leur richesse est donc de 15 p. 100.

S'il se fût agi de la magnésie renfermée dans 2 grammes de terre, le même chiffre 5,89 eût été multiplié par le nombre entier 6 ou  $\frac{84}{14}$  et nous aurions conclu que 2 grammes de terre contiennent 35<sup>es</sup>,34 de carbonate de magnésie, soit un pourcentage de 17  $\frac{2}{3}$ .

3° *Azote organique.* — La méthode Kjehldal, pratiquée au moyen de l'appareil du même nom permet, après avoir transformé l'azote organique en azote ammoniacal, de le doser sous cette forme. Elle exige l'élimination préalable des nitrates. Quoique le procédé Kjehldal rende de grands services aux chimistes, nous jugeons que l'instrument, à cause de son prix assez élevé, à raison de son volume et de son poids considérable, ne saurait convenir aux amateurs pour l'usage

desquels nous écrivons ces lignes, et c'est pourquoi nous ne le mentionnons qu'en passant, non sans faire ressortir son utilité dans les laboratoires agronomiques complets.

On introduit dans un petit ballon, comme celui du nécessaire chimique, un poids connu de matière tel qu'il renferme de 6 à 7 centigrammes d'azote; on ajoute 16 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré pur et une petite quantité soit de sulfate de cuivre déshydraté (2 grammes environ), soit de mercure métallique (1 gramme), soit d'oxyde jaune de mercure (50 centigrammes). On dispose dans le col du ballon une petite boule en verre destinée à s'opposer à une évaporation exagérée et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition en maintenant le ballon incliné. Au bout d'un certain délai, qui varie d'une demi-heure, à une heure l'attaque est parachevée, circonstance dont on juge en constatant la limpidité de la liqueur.

On laisse refroidir le mélange et on le neutralise par l'incorporation ménagée d'une liqueur concentrée de soude caustique dont il ne faut pas dépenser un excès. On se débarrasse aussi du mercure introduit en ajoutant un petit cristal de sulfate de fer (cette précaution complémentaire est inutile avec le sulfate de cuivre calciné).

C'est cette liqueur sensiblement neutre que l'on chauffe avec une base fixe dans l'appareil Kjehtdal pour en expulser l'ammoniaque et l'absorber dans une liqueur acidulée dont on connaît le titre à l'avance. L'ammoniaque chassée par la base, puis condensée dans la liqueur, en affaiblit le titre et du déchet observé on déduit la quantité d'ammoniaque formée ainsi que le taux d'azote primitif.

Faute de serpentín Kjehtdal, l'azote peut tout simple-

ment être dosé directement par l'hypobromite, en introduisant dans le flacon du calcimètre la liqueur neutralisée.

*Engrais complets. Applications. Analyses.* — Le vigneron, dans la plupart des cas, fertilise ses souches par apport de substances procurant au végétal soit l'ensemble des éléments requis, — azote, acide phosphorique, potasse — soit au moins deux de ces éléments.

Le fumier de ferme constitue le type le plus parfait des engrais complets. Employé à la dose de 20 000 kilogrammes par hectare, il fournit 60 kilogrammes d'azote, autant d'acide phosphorique, 100 kilogrammes de potasse et alimente ainsi le vignoble pour un laps de trois ans, si l'on suppose que la terre, tout en rendant les principes utiles des vins, marcs et sarments, récupère ceux accumulés dans les feuilles. Une expérience séculaire montre que le fumier de ferme convient principalement aux sols argileux, mauvais nitrificateurs.

Dans le midi de la France, on fume souvent la vigne avec du crottin de mouton qui fournit aussi à lui seul les trois éléments indispensables. Basons-nous encore sur une application trisannuelle de 3 à 4 kilogrammes par cep ou de 15 000 kilogrammes à l'hectare ; nous fournirons assez de potasse, mais trop d'acide phosphorique et d'azote. Il vaut mieux réduire la dose à 9 000 kilogrammes seulement (un peu plus de 2 kilogrammes par pied), ce qui suffit en azote et en acide phosphorique, et compléter en même temps l'insuffisance de la potasse par l'apport de 120 kilogrammes de sulfate.

On nomme tourteaux le résidu de l'expression des graines oléagineuses ; ils conviennent très bien aux sols légers et perméables dans lesquels la nitrification fonctionne à souhait, par exemple dans les sables litto-

raux du golfe du Lion. Les tourteaux, suivant leur nature, cotent de 5 à 7 p. 100 d'azote, de 3 à 1 p. 100 d'acide phosphorique, enfin de 1 à 2 p. 100 de potasse. 2 à 3 000 kilogrammes de tourteaux répandus tous les trois ans sur un hectare, l'alimentent largement en azote et phosphore, mais non en potasse; aussi convient-il d'ajouter alors 150 kilos de sulfate.

Dans la pratique agricole, les engrais complets, tourteaux ou autres substances, doivent toujours se vendre avec garantie de composition. Les cours du jour renseignent sur les valeurs respectives du kilogramme d'azote, d'acide phosphorique et de potasse.

---

## CHAPITRE V

### Météorologie viticole.

Dans ce chapitre, qui sera le plus court du présent ouvrage, nous ne comptons parler ni des innombrables préjugés locaux, généralement bizarres, quelquefois justes, sur lesquels les viticulteurs s'appuient, soit pour prédire le temps, soit pour régler leurs procédés culturaux, ni des lois plus générales, mais encore trop vagues qu'essaie de formuler la science moderne. Nous n'aborderons qu'un sujet bien modeste, quoique utile encore, celui des instruments de mesure et d'observations, après quoi nous effleurerons la question des gelées.

*Baromètres.* — Les baromètres dont la définition, le principe, les détails de construction ne nous arrêteront pas, peuvent se ranger en trois catégories, très inégalement connues et répandues : 1° baromètres à mercure ; 2° baromètres métalliques ; 3° baromètres absolus.

Au point de vue scientifique et pour des observations précises, le baromètre à mercure est de beaucoup préférable. Son principal ou, pour mieux dire, son unique défaut, réside dans son prix élevé. En outre, les modèles qui se rattachent au type Fortin présentent

l'inconvénient bien léger de nécessiter une manœuvre courte, mais délicate, à chaque observation, pour amener, en tournant la vis, le zéro à coïncider avec la pointe.

Depuis bien longtemps, les physiciens et les constructeurs se sont efforcés de remédier à ce désavantage, tout en laissant l'échelle fixe. Autrefois, on construisait des baromètres dont la cuvette était très large relativement au tube. Pour les pressions fortes, le mercure, remontant dans le tube, évacuait presque la cuvette et il ne subsistait dans la partie centrale de celle-ci qu'une énorme goutte que la tension superficielle maintenait globulaire. Si, au contraire, la pression de l'air s'affaiblissait beaucoup, la goutte s'étalait au loin sans changer d'épaisseur, à cause de l'écartement des parois. En effet, l'expérience démontre et le calcul établit que sur un plan horizontal bien poli, propre et très large, une goutte de mercure qu'on augmente sans cesse en lui ajoutant du métal, après avoir perdu la forme sphérique, s'étend sans s'écraser en conservant invariablement son épaisseur primitive.

Tout récemment, un constructeur, M. Tonnelot, a tourné la difficulté d'une manière encore plus simple. Le diamètre de la cuvette est dix fois plus considérable que celui du tube : le rapport des surfaces est naturellement de cent. Qu'on suppose un abaissement réel de pression de 1 centimètre, mesuré au type Fortin ; le niveau de métal dans le tube Tonnelot baissera d'une longueur apparente inférieure à 1 centimètre parce que le niveau extérieur de la cuvette se sera haussé d'un  $1/100$  de centimètre ou  $1/10$  de millimètre, à raison du mercure repoussé du tube dans la cuvette. En cas d'ascension, la cuvette se vide un peu et il se produit une petite dénivellation extérieure qui s'ajoute invisiblement à la hausse apparente de l'intérieur du tube. En

somme, la hausse ou baisse apparente est toujours égale aux  $99/100$  de la hausse ou baisse réelle et, pour tenir compte de cette petite perturbation, il suffit d'inscrire les millimètres de la graduation, non pas avec leur vraie valeur, mais avec les  $99/100$  de leur longueur mathématique.

Tous les baromètres comportent une erreur de capillarité, dérivant de la médiocre largeur du tube. Comme il s'agit d'une correction constante, fonction du diamètre intérieur, certains constructeurs, comme dans le modèle Tonnelot, gravent la graduation en conséquence, en abaissant le zéro fictif au-dessous du zéro réel. Bien entendu, les lectures du niveau doivent être faites en visant l'ombilic du ménisque mercuriel et non le cercle de raccordement.

Les baromètres métalliques du type Richard, enregistrent les observations d'une façon continue ; ce sont des instruments délicats, chers, mais assez précis. Quant aux anéroïdes, tout le monde sait que dans ces appareils une boîte métallique élastique dans laquelle on a fait le vide, se contracte ou se dilate suivant les variations de pression, entraînant une aiguille mobile sur un cadran. Assez médiocre en somme, la précision des anéroïdes décroît avec leur prix ; les savants ne peuvent les utiliser qu'au sacrifice de réglages minutieux et fréquents, de corrections indispensables qui enlèvent à ces appareils presque tout l'avantage de la simplicité apparente de leurs indications. Cependant les physiciens estiment, qu'après tout, un anéroïde, dont la marche a été bien étudiée au préalable, peut rendre certains services.

Dans les anéroïdes les corrections dues à la température se font par des tables empiriques. Pour les baromètres à mercure, la formule est plus simple. Quand il

s'agit de ramener à zéro une colonne observée à la température ordinaire, on divise par 8 la température exprimée en degrés, on traduit en millimètres et l'on retranche de la hauteur brute observée. Dans le cas d'une température de  $24^{\circ}$ , la correction est de  $24/8$  ou 3 millimètres et ainsi de suite.

Il existe un modèle de baromètre fondé sur des principes bien différents et qui donne des indications tout à fait indépendantes de la température : c'est le *baromètre absolu* de MM. Hans et Hermary. Deux thermomètres sont disposés parallèlement sur une même planchette : l'un, à mercure, n'est influencé que par la température, l'autre, contenant de l'air, est influencé à la fois par la température et la pression. De la combinaison des deux lectures on peut déduire la connaissance de la pression, et cela sans calcul, au moyen d'un procédé purement mécanique consistant à fixer d'abord une griffe mobile vis-à-vis de l'extrémité de la colonne mercurielle, puis à déplacer un fil lié à la griffe jusqu'au contact de l'index liquide enfermant la masse d'air. Une aiguille invariablement liée au fil transmet les indications sur un cadran. L'emploi du baromètre absolu ne s'est pas répandu dans la pratique, et c'est dommage, car il constituait un appareil à la fois bon marché, précis, élégant et peu dérangementable.

En définitive, la solution la plus pratique pour l'agriculteur est de disposer d'un baromètre à mercure parfaitement purgé d'air, auquel il ajustera, s'il y a lieu, un curseur ou règlette mobile graduée en millimètres et destinée à indiquer les millimètres au-dessus de 700. On disposera une fois pour toutes ce curseur d'après les indications d'un instrument type ou d'après les observations officielles publiées par les journaux en se rapportant à la localité la plus voisine. Tenir compte

de la différence d'altitude et, dans tous les cas, corriger la température comme nous l'avons indiqué.

Un pareil instrument, non seulement renseignera le propriétaire sur les circonstances favorables ou non aux soutirages, lesquels doivent toujours s'opérer par de fortes pressions, mais encore rendra de grands services lors des analyses pour les tares des volumes gazeux. Celles-ci changent en valeur absolue avec la pression et la température ; elles peuvent se déterminer *à priori* lorsqu'on retrouve une température et une pression sous lesquelles on a déjà opéré.

On peut encore se faire une idée de la pression du jour, sans baromètre aucun, lorsque l'on dispose d'un excellent thermomètre à mercure, gradué aux environs de 100° en dixièmes de degré, c'est-à-dire de précision à peu près comparable à celle de l'ébulliomètre Salleron dont il sera question plus tard. On remplit l'instrument d'eau distillée ; on chauffe jusqu'à ébullition et l'on note la température indiquée par le thermomètre lorsque le réservoir de ce dernier étant plongé dans l'eau ou la vapeur, la colonne mercurielle reste immobile. Chaque dixième de degré d'écart au-dessus ou au-dessous de 100° équivaut à 2<sup>mm</sup>,7 de chute ou d'accroissement de pression par rapport au taux moyen de 760 millimètres. Par exemple, si le thermomètre s'arrête à 99°,6 la pression est de 760<sup>mm</sup> — 4 × 2<sup>mm</sup>,7 ou 749<sup>mm</sup> environ. L'approximation suffit en vue des expériences volumétriques qui ne demandent pas une excessive précision.

**Girouettes.** — Il est bien peu d'exploitations agricoles, surtout dans le Midi, qui ne soient munies d'une girouette. Si l'on en installe une, la plus grande difficulté consiste à orienter avec précision la croix des quatre points cardinaux. Trop souvent on se fie aux indi-

cations de la boussole sans avoir égard à la déclinaison. Bien que le tracé d'une méridienne ne constitue pas un problème fort difficile, nous pouvons signaler des méthodes pratiques encore plus simples, quoique moins précises et sans prétentions scientifiques.

Aujourd'hui les cartes d'état-major sont dans toutes les mains. Reportez sur la carte, s'il ne l'est déjà, le bâtiment à munir d'une girouette. Tracez sur une feuille de papier calque deux axes rectangulaires et faites coïncider le sommet de l'angle avec le point en question. Cette condition étant remplie, orientez votre papier de manière que les axes soient exactement parallèles à ceux de la carte ou aux bords du cadre. Les deux lignes marqueront pour l'emplacement choisi les deux directions nord-sud et est-ouest. Suivez-les sur la carte : il est bien rare que l'une d'elles ne passe pas par ou près quelque point inscrit sur la carte, suffisamment éloigné et toutefois visible du faite sur lequel se dresse la girouette. Vous n'avez qu'à tourner la branche correspondante de votre rose des vents sur l'objet en question : pic aigu de montagne, clocher, ferme isolée, château, petit village suffisamment écarté.

Il existe d'ailleurs pour rectifier une direction approximative un procédé bien simple à la portée de tout le monde ; il suffit d'observer le point de l'horizon derrière lequel se couche le soleil aux deux équinoxes de printemps et d'automne et d'aligner dans cette direction la branche correspondant à l'ouest.

*Thermométrie. Hygrométrie.* — Quoique la thermométrie joue un rôle capital en agriculture, nous abrégerons ce sujet, car la description des instruments serait un pur hors-d'œuvre. Recommandons l'enregistreur Richard; instrument précis qui fonctionne bien, ou pour

ceux qui préfèrent les thermomètres à liquides, les appareils à maxima et à minima de Rutherford qu'on dispose sur une même planchette. Le thermométrographe joue à lui seul ce double rôle, mais son exactitude laisse à désirer.

Ce matériel se place au nord à l'ombre et sous l'abri d'un mur.

Si l'on n'a besoin ni d'indications continues, ni de température maxima ou minima, et qu'on tienne à doser l'humidité atmosphérique en même temps qu'à connaître le degré de température de l'air, on consultera le thermomètre sec du psychromètre. L'autre pièce sera un thermomètre ordinaire dont le réservoir, enveloppé de mousseline, s'humectera par l'exsudation d'un ballon disposé supérieurement et plein d'eau. On sait que l'évaporation, en produisant du froid, fait baisser le thermomètre mouillé et que l'état hygrométrique est inversement proportionnel à la différence de température indiquée par les deux instruments. Cette différence faible lorsque l'air étant presque saturé l'évaporation se ralentit, augmente lorsque l'air est sec et l'évaporation active.

A défaut de ce procédé indirect, on peut recourir à l'hygromètre à cheveu et à cadran qui fournit directement, à la simple lecture, des nombres empiriques. Seulement cet appareil, assez délicat, ne peut être logé en plein air et doit être suspendu dans une chambre à température peu variable.

Combiné avec celui de l'hygromètre, l'emploi du thermomètre peut très utilement renseigner le vigneron sur le plus ou moins d'opportunité du traitement contre le *mildew*. Pour se développer, ce champignon exige une température minima de 20° à 22°, jointe à une certaine humidité. Si l'air est sec ou si le thermomètre se

maintient au-dessous de la limite indiquée, rien n'est à craindre et le cultivateur peut ne pas traiter. Mais il est urgent de le faire si, l'air étant humide, le thermomètre dépasse la limite indiquée.

Dans le sud-ouest un relèvement thermométrique survenu après une période pluvieuse, des alternatives de beau temps avec des brouillards et des pluies avertissent le vigneron de l'imminence du *black-rot* (M. Cazaux-Cazalet).

L'agronome mesure la tranche de pluie tombée pendant un certain laps de temps au pluviomètre de Rousseau. Un entonnoir reçoit l'eau météorique et l'amène dans un tube vertical gradué de telle manière que chaque centimètre baigné équivale à 1 millimètre de pluie. Comme on peut estimer le niveau à 1 millimètre d'eau près, la chute peut être appréciée en dixièmes de millimètre. N'oublions pas, par parenthèse, qu'il ne convient pas d'accuser les instruments lorsque deux d'entre eux, installés à quelques centaines de mètres l'un de l'autre, donneront des résultats différents, car des expériences rigoureuses ont démontré l'existence de divergences très sensibles pour un écart bien inférieur ou pour une dénivellation d'un petit nombre de mètres.

*Gelées.* — Pour éviter le reproche qu'on serait en droit de nous faire de nous arrêter sur des développements théoriques, au lieu de fournir des renseignements pratiques utiles, nous allons effleurer la question des gelées. Tous les agriculteurs savent distinguer deux variétés de cet accident qui se produit toujours naturellement au moment du minimum diurne, le matin, un peu avant le lever du soleil.

1° Les *gelées à glace*, vulgairement dites *gelées noires*.

Elles proviennent du refroidissement de l'air qui amène la congélation des liquides contenus dans les jeunes tissus de la vigne et par suite la destruction de ces tissus. Lorsque cette circonstance se produit, la lutte devient impossible. Seulement la théorie indique et l'expérience démontre l'efficacité des abris, des enceintes, des échelas qui gênent la circulation des courants d'air glacés. En plein champ et dans les grands vignobles, rien à faire.

Ces lignes résument l'opinion générale reçue en agriculture. Toutefois quelques praticiens professent des sentiments différents. Selon eux, le dommage ne se produit pas au moment même de la congélation, mais à l'instant du dégel, lorsque les rayons du soleil levant font brusquement fondre la glace produite. Dans ce cas, l'allumage des feux immédiatement avant le lever du soleil et la formation de nuages qui intercepteraient, jusque vers 10 ou 11 heures du matin, l'éclairage et le réchauffement directs, produiraient un effet bienfaisant.

2° Les *gelées blanches* proviennent de l'excès du rayonnement nocturne des organes végétaux, à travers un ciel trop pur, vers les couches glacées de la haute atmosphère. Plus les bourgeons sont gonflés, plus elles sont dangereuses. De là résultent les avantages des variétés à débourrement tardif, des procédés de taille, des pratiques de badigeonnage ou submersion qui enrayent le débournement. On peut aussi diminuer artificiellement le pouvoir émissif du bourgeon en le barbouillant d'un lait de chaux, en le saupoudrant d'une poussière blanche comme plâtre, chaux pure ou soufrée.

Les terrains bas et humides rayonnent moins, il est vrai, mais les bourgeons, sursaturés d'eau, sont beaucoup plus délicats et en somme l'expérience démontre

l'immunité relative des terrains secs des coteaux. Tous les paysans savent qu'il n'est pas prudent de labourer les vignobles pendant la période où les gelées sont à redouter.

- En définitive, toutes les recettes qu'on a imaginées et que nous venons d'énumérer n'agissent qu'avec une efficacité relative et reviennent fort cher. Si les nuages artificiels ne préservent pas toujours les vignobles, du moins ils sont économiques.

Dans le but de guetter l'instant où il doit provoquer leur apparition, l'agriculteur dispose un thermomètre dans un emplacement bien découvert, exposé au froid ; si le ciel est très clair, il va consulter l'instrument. Celui-ci porte un trait rouge correspondant à la température de  $+ 2^{\circ}$  ; si l'alcool affleure au trait rouge, il procède à l'allumage. Pour ceux qui se défient de leur propre vigilance ou du zèle de leurs employés il existe aussi des thermomètres avertisseurs à sonnerie électrique. Les uns purement métalliques, s'ils ne sont pas paresseux à l'état de neuf, présentent les inconvénients de tous les mécanismes qui supportent forcément les injures de l'air ; ils s'encrassent de poussières et par suite se détraquent aisément. D'autres échappent à cet inconvénient ; ce sont des appareils de liquides et réservoirs clos, modifications des thermomètres ordinaires. On installe un circuit électrique muni d'une sonnerie disposée dans une chambre du bâtiment d'exploitation ; le circuit n'est interrompu que par le thermomètre, et, en temps normal, la sonnerie ne joue pas. Si le thermomètre disposé en plein vignoble, dans une situation bien choisie, vient à baisser jusqu'à la température dangereuse, le contact s'établit et l'agriculteur averti allume ses foyers préparés d'avance.

Ce sont des caisses remplies de résine, très connues

dans la région bordelaise et vulgarisées aussi ailleurs sous le nom de foyer Lestout, du nom de leur inventeur. Leur combustion, très lente, développe un épais nuage de fumée goudronneuse qui intervenant comme un écran, s'oppose à tout rayonnement. On dispose au préalable ces foyers de 10 en 10 mètres sur surface de vignoble en calculant leur distribution suivant la topographie du vignoble, le régime des vents, le sens des courants d'air.

Mais si la température de l'atmosphère tombe au deçà d'une certaine limite, les fumées ne sauraient, par elles-mêmes, réchauffer l'air glacé et la protection des foyers devient inefficace. Tout au plus, comme nous l'avons dit, leur rôle devient utile lorsque le soleil dans tout son éclat réchauffe l'air outre mesure.

L'installation de la sonnerie électrique, des fils et du thermomètre avertisseur présente des avantages plus apparents que réels. Jamais un instrument, si bien construit qu'il soit, n'avertira aussi intelligemment qu'un bon veilleur, parce que celui-ci, non content de suivre de l'œil la colonne thermométrique, constatera au simple aspect du ciel l'imminence ou l'absence du danger et ne donnera l'alarme que dans un cas tout à fait urgent. Règle-t-il trop haut le point critique de son instrument, le viticulteur risque d'éprouver de fausses alertes; le règle-t-il trop bas, il s'endort dans une trompeuse sécurité. Nous avons déjà parlé de l'inconvénient des thermomètres métalliques; ceux constitués de liquides emprisonnés dans un tube ont un autre défaut; le courant électrique, décomposant l'alcool, altère l'instrument. Enfin l'on doit comprendre que l'installation au centre d'un domaine et dans la saison des travaux d'un circuit électrique aérien, gêne une exploitation tant soit peu active, que travailleurs,

animaux, instruments aratoires, véhicules de toute sorte risquent à chaque instant de détériorer ou même de briser les fils.

Cependant ces inconvénients très réels ne nous paraissent pas insurmontables. Aux constructeurs de les atténuer par des perfectionnements.

---

## CHAPITRE VI

### Les remèdes.

Aucun chapitre de notre ouvrage ne se prêterait mieux que celui-ci à l'exposition du parallèle, auquel nous avons déjà fait une allusion générale dans notre avant-propos, entre l'extrême simplicité de la culture ancienne de la vigne, comparée avec l'excessive difficulté qu'éprouve aujourd'hui le propriétaire quelquefois à sauver son vignoble, très souvent à conserver sa récolte, malgré de très lourds sacrifices pécuniaires. Nous pourrions aussi faire observer que l'oïdium, est jadis venu d'Amérique, importé par les collectionneurs de vignes exotiques, que l'anthraxnose, le *mildew*, le *black-rot* dérivent de la même provenance, que la chlorose n'affectait presque pas les anciens cépages et que ces fléaux divers, naguère inconnus, résultent de la culture en Europe des cépages naturellement propres aux États-Unis. Peut-être eût-il mieux valu, dès le début du phylloxéra, procéder à des traitements d'extinction sur les points contaminés et interdire ensuite sévèrement toute importation exotique. Quoi qu'il en soit, il faut prendre son parti de la situation actuelle et, à présent que l'invasion de fléaux d'origine étrangère est un fait accompli, il convient de lutter par les procédés les plus efficaces et les plus économiques.

Le nombre immense des remèdes rend leur classification assez difficile. Nous les diviserons d'abord, faute de mieux, en deux grandes catégories. Les uns sont destinés à entretenir la vie même du précieux arbuste ; ils doivent presque toujours être appliqués à plusieurs reprises ; ils sont imposés par la nature physique ou chimique du sol et produisent leurs effets d'une manière invisible, soit sur des organes cachés comme les racelles, soit à l'intérieur même de la souche. Les autres s'appliquent sur les organes externes ; leur emploi, d'ailleurs facultatif, dépend des circonstances atmosphériques.

Malgré la divergence apparente de leurs effets, nous rangerons dans la première classe le sulfure de carbone qui, débarrassant les racines françaises des phylloxeras, rend la vie à la souche et le sulfate de fer qui reconforte les ceps américains.

Quant aux remèdes de la seconde classe, ils diffèrent, suivant qu'ils s'adressent à des insectes ou à des cryptogames.

*Remèdes internes. Sulfure de carbone.* — La formule du sulfure de carbone  $CS_2$  rappelle tout à fait celle de l'anhydride carbonique  $CO_2$  ; la substitution du soufre et l'oxygène dans cette dernière molécule en modifie les propriétés suivant les règles ordinaires applicables à l'ensemble des types chimiques. A un gaz liquéfiable se substitue un liquide volatil ; le gaz carbonique est assez pesant, les vapeurs de sulfure sont plus lourdes encore, le premier asphyxie au delà d'une certaine dose ; le second agit plus énergiquement à proportion moindre ; le tout pour la raison que l'atome de soufre pèse le double du poids de l'atome d'oxygène.

L'air qui contient seulement  $1/200$  de vapeur de

sulfure de carbone empoisonne les insectes en moins de vingt-quatre heures. On n'ignore pas que les entomologistes tuent les insectes qu'ils capturent, sans leur faire subir le supplice de l'épingle, en les introduisant simplement dans des boîtes métalliques à l'intérieur desquelles ils laissent tomber une goutte de sulfure.

D'après les recherches déjà anciennes de M. Gastine, si au moyen du pal sulfureux que nous décrirons plus loin, on injecte avec les précautions voulues et à une certaine profondeur, 20 grammes de sulfure de carbone dans un terrain moyennement humide, qu'il soit perméable, sableux, en un mot propice à la diffusion, ou de nature argileuse plus réfractaire, les vapeurs émises par le liquide progressent pendant trois jours, et s'avancent uniformément jusqu'à un rayon de près d'un mètre, puis perdent du terrain parce que la réserve centrale s'épuise, de sorte qu'au bout de quatre jours le rayon de diffusion n'est plus que de 30 centimètres, et que toute trace du sulfure primitif a disparu le septième jour. On reconnaît, par parenthèse, la présence de vapeurs dans la terre, en les puisant au moyen d'un tube aspirateur et en les arrêtant par une solution alcoolique de potasse qui les absorbe. Suivant M. Boiteau, une dose moitié moindre de sulfure, 10 grammes, agirait à une distance maxima proportionnellement plus faible et égale seulement à 30 ou 35 centimètres. C'est sur cette donnée que se base la règle encore en vigueur aujourd'hui : deux trous d'injection au moins ou trois au plus par mètre carré de vignoble, de façon que deux foyers voisins ne se trouvent jamais à plus de 70 centimètres l'un de l'autre.

Dans un terrain par trop sec, le sulfure profite des fentes du sol pour s'éliminer en pure perte et s'échapper

dans l'atmosphère sans pour cela imprégner l'ensemble de la masse.

Par contre, dans un terrain trop humide, privé d'air par cela même, le sulfure s'évapore mal et tend à glisser dans les couches inférieures où son accumulation est inutile, sinon nuisible.

Ainsi le sol doit être moyennement ressuyé, ameubli aussi par des labours réitérés préalables. Toutefois, un labour trop récent exagérerait les pertes et, une fois l'injection faite, il convient d'attendre quelques jours pour ne pas troubler par des façons malencontreuses la régularité de la diffusion des vapeurs. Si cette dernière condition est réalisée, la destruction du phylloxera devient certaine; mais, l'année suivante, sous peine de voir ses vignes reprises de nouveau, l'agriculteur doit traiter encore. Le remède, en un mot, n'agit que pour le présent, comme l'inondation du reste.

Les quantités de sulfure à dépenser par hectare, oscillent de 250 à 400 kilogrammes, suivant les circonstances. Aux approches de ce dernier taux, il convient de répartir la dose en deux applications, dont la seconde attaque des points restés négligés à la suite de la première. Lorsqu'elles sont encore vigoureuses, les vignes résistent très bien à des injections considérables; lorsqu'elles sont affaiblies, elles redoutent des quantités minimales de sulfure et peuvent succomber. Raison de plus pour ne jamais se laisser gagner par l'insecte et traiter avec régularité.

En pratique, le taux de sulfure distribué varie de 6 à 10 grammes par trou d'injection, à raison de 25 ou 30000 trous à l'hectare. Des schémas très complets, tracés par M. Gastine, guident le propriétaire et lui permettent de régler sur le terrain sa distribution de sulfure.

Soit par exemple une vigne du Médoc dont les éléments sont les suivants :

Distance entre les ceps . . . . .	1 <sup>m</sup> ,33	} Les ceps sont indiqués par des croix de Saint-André.
Distance des ceps dans les lignes.	1 <sup>m</sup>	

Ce qui correspond à 7518 ceps à l'hectare et 1<sup>m</sup><sup>2</sup>,33 de surface par cep.

Les trous, marqués par de petits cercles noirs, sont disposés dans les rangées entre les vignes, dans l'interligne devant les ceps, à 0<sup>m</sup>,35 de distance, et à l'intersection des diagonales, 3 trous par mètre; 4 par souche. Enfin les hachures indiquent comment est protégé un cep pris au hasard.

La dose par trou étant de 6 à 12 grammes, la consommation de sulfure par hectare variera de 180 à 360 kilogrammes dans les présentes conditions.

Nous n'avons pas le loisir de nous expliquer sur les conditions de transport et de maniement du sulfure, sur son inflammabilité, sa pesanteur spécifique, son inaptitude à se mêler à l'eau, son pouvoir dissolvant sur les corps gras. Cependant nous figurerons (p. 148) et décrirons brièvement le pal injecteur, type « Excelsior » fabriqué par M. V. Vermorel et qui n'est autre qu'un perfectionnement du pal Gastine.

Il existe de nombreux modèles d'appareils de ce genre. Tous se composent essentiellement d'une tige inférieure à pointe fine destinée à s'enfoncer dans le sol, et d'un réservoir supérieur à liquide. Un piston, normalement maintenu soulevé par un ressort à boudin, en s'abaissant sous l'effort de l'ouvrier, chasse un certain volume de liquide qui jaillit à l'extérieur par un petit orifice voisin de la pointe. Abandonné ensuite à lui-même, le piston remonte automatiquement en aspi-

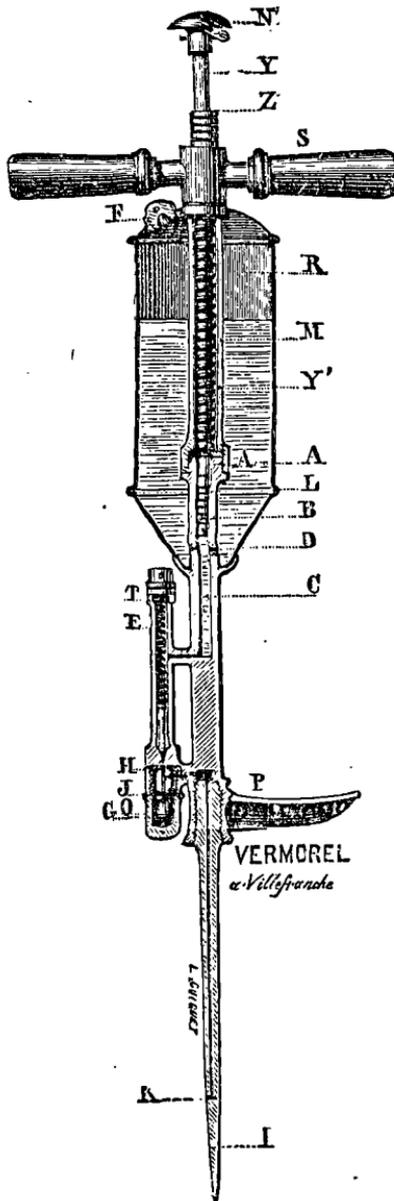


Fig. 15. — Pal Excelsior.

rant, hors du réservoir, la provision nécessaire au coup suivant.

Le récipient R, en laiton, est rempli au préalable de sulfure de carbone par le moyen de l'orifice F qu'on rebouche ensuite. L'ouvrier, s'aidant des manettes S et de la pédale P, enfonce la tige I dans le sol jusqu'à pénétration suffisante (30 centimètres au minimum au-dessus de K). Il presse la tige Y par l'intermédiaire du bouton N; le piston A descend, bouche le récipient R, chasse devant lui un certain volume liquide qui, triomphant de la résistance de l'obturateur O, s'échappe latéralement par le petit trou K. Le ressort à boudin M agit à son tour pour faire remonter le piston; l'obturateur O se referme et le liquide se précipite de nouveau dans la chambre de dosage par les trous

d'aspiration qui se débouchent de rechef.

Chaque coup de piston est calculé pour l'expulsion de 10 grammes de liquide, mais des rondelles en cuir dont les épaisseurs ont été fixées d'avance, et qu'on enfonce en Z sur la tige Y permettent de modérer le jeu de l'appareil. Chaque rondelle affaiblit le dosage de 1 gramme. Dans la figure ci-dessus, le pal garni de 5 rondelles enfilées ne projetterait plus que 5 grammes par coup de piston.

Ajoutons, pour terminer, que le pal sulfureux, en l'absence de vignes françaises à préserver chaque année, ou de vignes américaines à faible résistance à traiter tous les trois ans, trouve néanmoins son utilité dans une exploitation importante comme agent destructeur des vers gris et autres parasites souterrains. Chaque année, les pépiniéristes ne manquent pas de désinfecter au sulfure l'emplacement qui doit recevoir des boutures destinées à prendre racine.

*Chlorose et sulfate de fer.* — Plantés dans un sol qui ne leur convient pas, certains végétaux, l'expérience journalière le démontre, jaunissent sensiblement. La chlorose des souches qui peut amener la mort du pied, n'est que l'exagération de ce mal dont la vieille vigne française, franche de pied, n'était pas complètement exempte. Autrefois cet accident, atteignant surtout les arbres fruitiers, sans causer les vives inquiétudes que provoque aujourd'hui le dépérissement des ceps, alarmait déjà les agriculteurs et surtout les jardiniers. Les études, les expériences de MM. Eusèbe et Arthur Gris et Margueritte-Delacharlonny remontent déjà à plus d'un demi-siècle. Ces agronomes essayèrent de guérir la chlorose en arrosant le végétal au moyen d'une dissolution de sulfate de fer — vitriol vert du commerce — ou sulfate ferreux dans la nomenclature chimique

moderne  $\text{SO}^4 \text{Fe} + 7 \text{H}^2\text{O}$ . Dans la plupart des cas, ce procédé produisit de bons effets, mais il se produisit assez d'échecs ou de succès très relatifs pour que l'action relative du sulfate ferreux restât obscure, mal expliquée. Les très nombreuses expériences subséquentes que fit tenter la fatale propension à la jaunisse des vignes américaines, loin de contribuer à éclaircir la question, la rendirent moins nette qu'auparavant.

Avant ces dernières années, on avait à peu près renoncé à l'emploi des cristaux de sulfate de fer au pied de la souche. Il eut fallu pouvoir appliquer le remède à la veille d'une neige ou forte pluie qui dissolvant le sel ferreux accumulé dans la cuvette, l'eut diffusé dans le sol et mis à la portée des racines, ou bien encore, pour produire le même effet, arroser copieusement la souche, ce qui n'offrait guère de facilité dans les vignobles méridionaux où l'eau ne surabonde précisément pas (les terres submersibles reçoivent généralement des vignes françaises). Nous pouvons citer des exemples de domaines où des kilogrammes de vitriol vert enfouis aux pieds de chaque cep malade n'ont produit aucun effet sérieux. Surtout à l'état humide, le sulfate est extrêmement altérable ; et, même secs, les cristaux se recouvrent promptement d'une couche de rouille superficielle qui garantit l'intérieur des fragments, mais aux dépens de l'assimilabilité. Quoi qu'il en soit, faute de dissolvant convenable, ou par insuffisance d'action, ce qui est encore plus probable, le remède était tombé dans un entier discrédit.

Faute de mieux sans doute, on atténuait souvent la chlorose par un procédé très simple et infiniment moins coûteux, inventé, croyons-nous, par M. Paul Narbonne. Prenez du sulfate de fer en petite quantité ; dissolvez-le dans un grand excès d'eau, remplissez de cette disso-

lution étendue un de ces pulvérisateurs dont on se sert partout aujourd'hui pour combattre le *mildew*. Ceci fait, aspergez en plein été avec ce liquide une vigne jaunissante et inspectez-la de nouveau au bout de quelques jours. Partout où chaque gouttelette est venue s'abattre sur le limbe des feuilles, un petit cercle vert s'est constitué. Attendez encore un peu : vous verrez les cercles grandir, former la « tache d'huile », se joindre et peu à peu envahir le limbe entier. Le végétal reverdit et revient même à la santé si sa vitalité n'est pas encore compromise.

Ce procédé n'offre qu'un inconvénient, assez facile du reste à éviter ; il faut une dissolution extrêmement étendue, un kilogramme de sulfate de fer par hectolitre d'eau, voire même un demi-kilogramme. Sans cela on brûlerait le parenchyme.

Quel phénomène se passe alors ? Certains savants prétendent qu'en aspergeant ainsi on restitue à la chlorophylle le fer qui lui est nécessaire pour son existence ; d'autres, et le distingué chimiste M. Armand Gautier est de ce nombre nient complètement le rôle du fer dans la chlorophylle.

Quoi qu'il en soit l'efficacité des aspersion est passagère et n'est pas rigoureuse ni absolue.

*Procédé Rassignier.* — La question de la chlorose, ainsi à demi-résolue, tourmentait beaucoup, il y a quelques années, les viticulteurs français parce que, à cette époque les porte-greffes peu sujets à cette maladie coûtaient encore fort cher, et surtout parce qu'une fois l'immunité phylloxérique du *Riparia* une fois prouvée on avait multiplié ce cépage dans les terrains les plus variés, sans s'inquiéter de son adaptation et qu'il répugnait beaucoup aux vigneronns d'arracher leurs souches

jaunes pour recommencer, sur nouveaux frais et avec une coûteuse perte de temps, la reconstitution d'un vignoble.

Enfin, en 1891, un viticulteur d'Olonzac chef-lieu de canton de l'arrondissement de Saint-Pons (Hérault), le docteur Rassiguier, indiqua le véritable remède contre le chlorose. La découverte de M. Rassiguier présente cela d'intéressant qu'elle résume dans ses avantages le *desideratum* que le vigneron doit souhaiter pour ses remèdes. Bon marché et vulgarité de la matière première, dosage très facile, procédé d'application bien simple et à l'époque de l'année la plus favorable aux travaux supplémentaires, frais de main-d'œuvre réduits au minimum, tout est réuni.

On dissout 25 à 30 kilos de sulfate de fer commercial dans un hectolitre d'eau et il n'est pas même indispensable ni que le vitriol soit exempt de rouille, ni que les proportions soient rigoureuses. Un travailleur taille comme à l'ordinaire la vigne malade, ou, si le propriétaire trouve la saison trop prématurée par la taille définitive, se contente de rabattre le bois jeune, d'*espoudassa* (comme on dit en Languedoc). Immédiatement après l'opération, la promptitude en pareil cas étant la seule condition requise, une femme ou enfant portant un pot de terre ou un seau de bois rempli du liquide ferreux, trempe dans ce liquide un balai, un pinceau grossier ou même un chiffon enroulé au bout d'un bâton et barbouille copieusement non seulement les plaies fraîches, mais tout l'ensemble de la souche. A la rigueur, d'après des expériences scientifiques faites dans la banlieue de Montpellier par M. Guillon, il suffirait d'enduire la seule superficie des coupes pour arriver à un résultat presque aussi bon; mais, outre que le prix modique du sulfaté de fer (5 à 6 francs les cent

kilos) rend la dépense négligeable, le travailleur risque d'oublier certaines plaies de taille, s'il se borne à humecter celles-ci seules, et il vaut mieux qu'il n'épargne aucune partie du bois. Sans compter que la liqueur à base de fer, en imprégnant l'écorce de la souche, détruit une foule de larves destinées plus tard à se transformer en insectes nuisibles (1).

Bien d'autres sels de fer ont été essayés par M. Guillon, mais aucune n'a donné d'aussi excellents résultats que le vitriol vert qui a d'ailleurs pour lui l'avantage de sa vulgarité et de son bon marché.

L'année suivante, la souche repousse verdoyante ou moins jaune, ce qui est déjà beaucoup. Après avoir répété deux ou trois fois le traitement Rassignier, s'il n'a pas amené du premier coup la guérison complète, on obtient une amélioration définitive qui dispense de toute application nouvelle, la vigne étant guérie pour toujours.

Hâtons-nous de dire que, de même que les soins médicaux les plus intelligents et les plus actifs ne peuvent rendre la santé à un moribond ni quelquefois même prolonger la vie, s'il s'agit d'une affection chronique parvenue à sa dernière période d'évolution, de même le sulfate de fer ne peut sauver une souche absolument rabougrie de chlorose. L'année suivante, la souche ne repousse plus. On accuse le procédé Rassignier et quelquefois on attribue l'échec à une dose trop forte. Il est possible, après tout, qu'un traitement fait avec une liqueur d'une excessive concentration donne le coup de grâce à une vigne aux trois quarts morte, ce qui ne présente pas grand inconvénient; mais il est à

---

(1) Répété plusieurs années de suite, le traitement Rassignier détruit à la longue l'écorce du cep, opération d'assainissement très favorable à la bonne conservation de l'arbuste.

peu près certain que l'on ne risque pas d'éprouver d'accidents si la solution, tout en étant presque saturée, ne contient pas de cristaux en dépôt. C'est la présence de ceux-ci qui paraît, dans certains cas, avoir amené quelques cas de brûlures.

Il nous reste à nous expliquer brièvement l'importance de l'époque du traitement. Pour cela, nous nous écarterons, en apparence seulement, de notre sujet, et résumerons les récentes expériences de MM. Houdaille et Guillon à l'école d'Agriculture de Montpellier.

Lorsque, au printemps, on taille une souche la plaie « pleure », c'est-à-dire laisse suinter abondamment un liquide. Ce phénomène est l'indice d'une pression intérieure, dirigée de bas en haut, c'est-à-dire des racines vers les pousses du végétal. Rien n'est plus facile, du reste, que de mettre en évidence l'existence de cette poussée au moyen d'un manomètre à air libre ajusté avec précision sur le sarment. Le mercure de la petite branche refoulé s'élève sensiblement dans la grande branche verticale. Tout le monde sait que si on examine au microscope la coupe d'un sarment de vigne, on la voit criblée d'une foule de petits trous qui figurent la section droite des vaisseaux ou tubes étroits allongés dans le sens de l'axe. Dans ces canaux microscopiques la pesanteur se fait à peine sentir, mais en revanche les forces capillaires déploient une énergie surprenante et tirent avec force le liquide aspiré par les racines, puis diffusé dans le tronc.

A mesure que la belle saison s'avance, le phénomène s'atténue et peut même être masqué par le pouvoir évaporant des feuilles; enfin, à l'automne, après de nombreuses alternatives déterminées par l'humidité, plus ou moins grande du sol, il s'arrête tout à fait, et même une absorption se produit. C'est alors le moment

de pratiquer le badigeonnage ; le sulfate de fer, quelle que soit son action, est absorbé et pénètre dans les tissus. Sous le climat de Montpellier, la théorie et la pratique fixent la date favorable à la fin d'octobre, à peu près à l'époque où les feuilles commencent à tomber, sans pourtant que la chute soit complète. Novembre, et surtout le début de ce mois conviennent encore, mais passé les premiers jours de décembre, l'absorption est nulle et l'opération perd son utilité au point de vue de la chlorose. Ailleurs que dans les plaines du Languedoc la règle peut se modifier conformément au climat, mais la défeuillaison avertira toujours l'agriculteur.

L'humidité du sol survenant au courant de cette période interrompt le repos de la végétation, et renverse la tendance à la succion dont il faut profiter. Evitez donc de traiter après une pluie, et surtout après une tiède ondée. Fait curieux, l'influence du soleil n'est pas favorable non plus.

MM. Guillon et Houdaille ont parfaitement remarqué que l'imbibition de la liqueur ferreuse est tout d'abord lente, qu'elle ne s'opère avec activité qu'au bout d'une demi-heure et qu'elle dure assez longtemps. Si le ciel est couvert, la solution n'a pas eu le temps de s'évaporer, et le végétal en profite ; sinon, il faut ajouter à la liqueur ferreuse un peu de glycérine, qui se mêle à l'eau et au vitriol sans réagir sur ce dernier, mais qui, vu son pouvoir hygroscopique, maintient la plaie humide. Que le viticulteur ne s'inquiète pas de ce supplément de dépense : à la condition de ne pas être achetée chez un parfumeur, la glycérine commerciale est d'un prix très minime.

Nous l'avons déjà dit, l'action incontestablement bienfaisante du sulfate de fer sur la chlorose reste

inexplicable. On a dit autrefois que la chlorose était due à l'absence de fer dans le sol et que le végétal souffrait parce qu'il était privé de cet élément. Or il est parfaitement démontré aujourd'hui, et c'est M. Coutagne qui a mis ce fait en lumière qu'il existe des sols déplorablement chlorosants, et cependant très riches en fer (1). D'autre part, on a incinéré et analysé des tiges et des feuilles de vignes bien portants et des souches chlorosées. M. Joulie d'abord et M. Gastine ensuite ont reconnu, dans le premier cas, 0,403 p. 100 d'oxyde ferrique, et, dans le second, 0,779 p. 100, c'est-à-dire presque le double.

Les vignes souffrantes ne renferment pas plus de chaux que les vignes bien portantes, mais elles accusent un déficit en potasse, soude, magnésie, acide sulfurique. Alors, s'est-on dit, le sulfate de fer n'agit que comme producteur d'acide sulfurique; contentons-nous d'employer ce dernier agent. Expérience faite, le remède n'a pas réussi. Le problème, des plus curieux, n'arrêtera pas bien longtemps encore les chimistes agronomes; il est probable qu'une étude de chimie micrographique tranchera la question. Des recherches déjà entreprises dans ce sens ont permis de constater que dans les sarments traités, le sulfate terreux amenait une notable diminution dans le nombre de cristaux à base de chaux probablement en mobilisant cette base pour le plus grand bénéfice de la santé du végétal.

*Remèdes externes anticryptogamiques. Soufre.* — Avant l'apparition, en France, du phylloxera, le soufre

---

(1) Cette circonstance se présente en Provence, au sud d'Aix, dans la haute vallée de l'Arc. Certaines vignes américaines ont grand'peine à subsister dans des terrains ultracalcaires, bien entendu, mais de couleur rouge vif.

constituait presque à lui seul le médicament spécial aux vignes; depuis lors hélas! bien d'autres substances sont venues s'ajouter à cette drogue dont l'emploi, fort simple, avait converti les vigneronns les plus arriérés. Effectivement le soufre, non seulement prévient l'*oïdium*, mais le guérit lorsqu'il est appliqué à temps. Ce serait grossir inutilement ce volume que de parler de l'emploi de cette substance, du mode et des époques de traitement; enfin, il faut bien le dire, la question de la découverte du remède de l'*oïdium* est si controversée que nous ne saurions, sans embarras, décerner la palme de l'invention à tel ou tel agronome.

Aujourd'hui, on emploie pour lutter contre l'*oïdium*: 1° le soufre sublimé provenant, comme le dénote ce terme chimique, de vapeurs brusquement condensées en poudres impalpables sans passage à l'état liquide. Produit très pur; 2° le soufre trituré dont le nom indique assez la nature. Son emploi est aussi très commode et son prix moins élevé. Il ne contient que des traces de substances étrangères. Enfin 3° certaines poudres sulfureuses ou soufres commerciaux dont le prix est beaucoup plus bas parce que le soufre se trouve associé à des matières étrangères inertes. Lorsque la composition de ces produits est garantie et que le consommateur paie proportionnellement à la richesse réelle, il n'y a aucun désavantage à s'en servir.

Par lui-même le soufre est inerte, mais à l'air humide, sous forme divisée, il s'oxyde, passe à l'état de gaz anhydride sulfureux  $\text{SO}_2$ , qui détruit les spores du cryptogame, *Oidium Tuckeri*.

La valeur d'un soufre impur ne peut être estimée qu'à la suite de manipulations chimiques assez complexes exigeant un laboratoire bien monté.

*Cuivre, mildew et black-rot.* — Ces deux dernières maladies, la seconde surtout, ne se guérissent pas toujours par les sels de cuivre lorsque le traitement a été appliqué trop tard, alors que le fléau a déjà commis des ravages apparents. Toutefois, il paraît démontré : 1° que les substances autres que les sels de cuivre, comme par exemple le lysol, n'ont produit aucun effet appréciable ; 2° que, par des traitements préventifs intelligents, et surtout pratiqués de très bonne heure, on se garantit très bien du *mildew* et même du *black-rot*, sauf dans certaines années trop mauvaises à invasions foudroyantes, où cependant les remèdes produisent un effet bienfaisant des plus appréciables sinon absolu.

Comme le *mildew*, le *black-rot* est un champignon microscopique. Le premier, scientifiquement appelé *Peronospora vitis*, attaque les feuilles qu'il détruit et fait tomber desséchées. Par suite, les raisins souffrent tant à cause de l'absence même de ces organes que par désalimentation, la souche épuisant toute sa vigueur à reformer des feuilles. Quelquefois le *Peronospora* s'en prend aussi aux raisins, et naturellement alors le mal est pire. Quant au *black-rot*, son invasion est autrement foudroyante que celle du *mildew* ; il débute sur les feuilles sous forme de pustules noires dont l'apparition avertit le vigneron de traiter *au plus tôt*, car, peu de jours après, les raisins, envahis à leur tour, pourrissent avec rapidité. Les spores du cryptogame conservent leur vitalité d'une année à l'autre, ce qui facilite l'infection.

Les temps humides, brumeux, tièdes, favorisent *mildew* et *black-rot* ; les chaleurs sèches, les vents froids, produisent au contraire un effet bienfaisant. Dans le Midi, les coups de mistral arrêtent des ravages déjà

entamés, et, survenant à propos, économisent bien des frais et des déboires. La « bouillie du bon Dieu », disait un jour devant nous un agronome, est le plus efficace et le moins coûteux de tous les remèdes.

Il y a une vingtaine d'années, le *mildew*, naturellement importé d'Amérique, fit ses débuts dans la région viticole de Bordeaux. On observa bientôt une faible atténuation de ses ravages dans les vignes munies d'échalas sulfatés, et cette remarque éclaira sans doute les premières recherches de M. Millardet, de Bordeaux, qui proposa de lutter contre le *mildew* au moyen de sulfate de cuivre. Quelques traces de sels cuivriques infusés dans une culture de spores cryptogamiques s'opposent à leur germination, comme il est facile à s'en assurer par des observations microscopiques.

*Sulfate de cuivre. Bouillies. Verdet.* — Aucun sel de cuivre n'est plus répandu que le sulfate, employé depuis longtemps dans l'art tinctorial sous le nom de « vitriol bleu ». C'est un des plus jolis composés de nos laboratoires ; il se présente sous la forme de gros cristaux transparents ou translucides d'un beau bleu. Ces cristaux, par l'étude de leurs facettes, se rattachent au système clinorhombique, le moins simple des sept types. Exposés à l'air sec, ils perdent un peu de leur transparence et se recouvrent sur certains points d'efflorescences blanchâtres. Desséchés à l'étuve, ils se délitent, se transforment en une poudre blanche assez semblable à de la farine (1). Humectée d'eau, la poudre blanche bleuit sur-le-champ.

Dans l'industrie on prépare très aisément le sulfate

---

(1) Qu'on emploie dans les analyses d'azote organique pour ramener en présence d'un énorme excès d'acide sulfurique, cet azote à la forme ammoniacale.

de cuivre en traitant le métal par l'acide sulfurique  $\text{SO}^4\text{H}^2$ . Un atome de cuivre se substitue aux deux atomes d'hydrogène et l'on réalise le composé  $\text{SO}^4\text{Cu}$  qui n'est autre que la poudre blanche, amorphe, de tout à l'heure. Comme en pratique la réaction se produit toujours en présence de l'eau, 5 molécules de celles-ci s'unissent à la molécule de sulfate de cuivre pour former le composé cristallin bleu  $\text{SO}^4\text{Cu} + 5\text{H}^2\text{O}$ , le seul dont nous ayons à nous occuper. A la température ordinaire, si l'air est sec, une partie de l'eau de cristallisation s'élimine à la longue, ce qui se traduit, comme nous l'avons dit, par un effleurissement; mais cette transformation, purement accidentelle, très limitée, reste insignifiante pour le chimiste agronome.

Poudre blanche et cristaux bleus se fondent dans l'eau en la teignant en azur plus ou moins pâle. Mais, à raison de la compacité des cristaux, de leur densité considérable, de leur solubilité assez médiocre, rien n'est si malaisé, même avec le concours de l'eau tiède que de venir à bout de dissoudre les fragments de vitriol bleu et il est indispensable d'avoir recours à l'artifice que nous avons signalé au chapitre 1 du présent ouvrage.

Une pareille liqueur reste indifférente vis-à-vis du verre, du grès, de la porcelaine, du bois qu'elle n'altère pas non plus; mais elle ronge, en se modifiant elle-même, le fer et le zinc. Ce phénomène que tous les viticulteurs ont appris à connaître, trop souvent aux dépens de leurs arrosoirs, dérive des lois générales de la chimie; la combinaison  $\text{SO}^4\text{Fe}$  (sulfate ferreux) se forme en dégageant plus de chaleur que  $\text{SO}^4\text{Cu}$ ; dès lors, en l'absence de toute énergie extérieure l'équilibre ne peut exister, le fer se substitue au cuivre dans le

sulfate et ce dernier métal se dépose en couche mince à la place du fer disparu. Théoriquement, le cuivre et le plomb devraient rester inaltérés ; en pratique ils le sont un peu, à cause de certains phénomènes secondaires, mais ne souffrent pas beaucoup.

Lorsqu'on diffuse du sulfate de cuivre, 5 grammes par exemple dans une très grande quantité d'eau distillée pour fixer les idées, la liqueur bien que limpide renferme en sus du sulfate inaltéré de l'acide sulfurique libre et de l'oxyde de cuivre d'abord dissous, mais qui se précipite à la longue. Il se produit un phénomène de dissociation ou d'équilibre chimique encore insuffisamment connu, mais qui se relie aux proportions d'oxyde lentement précipité et d'acide sulfurique mis en liberté. Toute solution cuivreuse, et plus généralement toute liqueur métallique saline, est dans ce cas.

Si, au lieu d'eau chimiquement pure, on se sert d'eau même limpide, tirée des puits, sources ou rivières, la complexité du phénomène s'accroît beaucoup car les sels dissous dans l'eau, sulfates, bicarbonates, chlorures, etc., dérangent encore l'équilibre en superposant leur propre influence. Une solution dite simple de sulfate de cuivre dans l'eau commune, étendue à peu près dans la proportion mentionnée contient du cuivre à la fois sous forme soluble et sous forme insoluble. Si l'on vient à en asperger la vigne au moyen d'un pulvérisateur, instrument agricole qu'il n'entre pas dans notre objet de décrire, la partie soluble produit un effet immédiat et la partie insoluble s'attachant aux feuilles demeure comme une provision pour l'avenir que consomment peu à peu la pluie, la rosée, les agents atmosphériques.

Dans la solution « simple » de sulfate de cuivre, il y a toujours une certaine proportion d'acide sulfurique mis

en liberté. Agent très corrosif comme l'on sait, ce dernier corps produit de cruelles brûlures et nuit à la végétation tout autant que le *mildew*. Il s'ensuit que les solutions à doses faibles, mais non infimes, celles qui seraient les plus faciles à composer et à titrer, présentent de graves inconvénients et qu'il faut s'en tenir à des liqueurs diluées à 500 grammes de vitriol bleu au plus par hectolitre d'eau. On a proposé et employé quelquefois avec succès des solutions plus étendues encore à 300 grammes seulement.

Les solutions simples, dont nous avons cru devoir parler en premier lieu, malgré la commodité séduisante de leur préparation et de leur dosage (qui n'est en somme qu'un pur préjugé), n'ont jamais pu réussir à se faire adopter franchement dans la pratique agricole. Il faudrait que le propriétaire préparât lui-même une série de dilutions soigneusement graduées de sulfate commercial dans l'eau de sa ferme et essayât ensuite l'action de tous ces mélanges sur les feuilles. Il se fixerait naturellement à la dose maxima susceptible de ne causer aucun dommage.

Dans la première période d'essai, on avait cru faire merveille par l'emploi de l'eau céleste. On sait depuis longtemps que lorsque dans la solution bleu pâle d'un sel cuivrique on verse un peu d'ammoniaque caustique ou carbonatée, la nuance se fonce fortement et l'on obtient une liqueur d'un azur splendide connue sous le nom d'eau céleste (1). La composition de l'eau céleste est assez compliquée et nous n'abuserons pas de la patience de nos lecteurs pour l'exposer.

Il y a une douzaine d'années on crut, dans le monde

---

(1) Les bocaux bleus qui resplendissent le soir aux devantures des pharmaciens sont remplis d'eau céleste.

viticole, avoir trouvé dans cette matière le remède idéal propre à garantir la vigne contre le *mildew*. Le viticulteur dissolvait d'abord son sulfate de cuivre, un kilogramme par exemple, dans une quantité suffisante d'eau, chaude si possible, pour hâter la fusion ; puis après dissolution intégrale et refroidissement complet, il ajoutait une certaine proportion (un litre et demi) d'ammoniaque liquide, la teinte bleue s'avivait et il ne restait plus qu'à diluer le mélange d'eau ordinaire de façon à compléter l'hectolitre. Sans être bien difficile à appliquer, la formule de préparation risquait d'embrouiller un agriculteur ; aussi M. Audouy, l'inventeur de l'eau céleste, avait-il approuvé l'usage de préparations concentrées, préparées d'avance, très riches en cuivre et en ammoniaque dont il suffisait de prélever une certaine quantité qu'on étendait ensuite d'eau jusqu'à parfaire l'hectolitre, pour obtenir la solution destinée aux traitements.

Ce procédé, tout séduisant qu'il paraît au premier abord, présentait dans la pratique de graves défauts. Le liquide des bonbonnes pour économiser les frais de transport se préparait très concentré. Aussi se formait-il des dépôts qui affaiblissaient d'autant en cuivre et en alcali le liquide surnageant. Mais surtout, en combinant sa formule, l'auteur n'avait pas songé à l'influence décomposante de l'eau, au delà d'une certaine limite de dilution. Composé d'addition, de structure variable et mal équilibrée, l'eau céleste noyée dans un excès d'eau fournit du sulfate basique de cuivre, composé verdâtre insoluble, difficilement assimilable, inerte vis-à-vis du *mildew* et du sulfate d'ammoniaque. Ce dernier se dissocie, suivant la règle générale et d'autant plus rapidement que l'ammoniaque s'élimine sans cesse par évaporation dans l'atmosphère et il se

forme des traces d'acide sulfurique qui occasionnent des brûlures. L'eau céleste pas plus que la solution simple n'échappait au grave inconvénient de la causticité.

La difficulté ainsi posée est à moitié résolue car pour éviter tout accident il nous suffira de substituer à l'ammoniaque, base volatile, une base fixe capable de retenir l'acide sulfurique. Ce but peut être atteint au moyen de la chaux et de la soude.

Dès l'apparition du début du *mildew*, M. Millardet, le savant professeur de la Faculté de Bordeaux, proposa une recette pour corriger la causticité de la solution cuivrique et ce procédé s'emploie encore couramment aujourd'hui, sauf une sensible réduction dans la dose primitive. On ajoute à la solution cuivrique une certaine quantité de lait de chaux, c'est-à-dire d'eau tenant en dissolution de la chaux hydratée et en suspension un mélange d'hydrate et de calcaire, la chaux étant toujours carbonatée. Il se produit un mélange variable suivant les proportions explorées et contenant : 1° du sulfate de cuivre inaltéré, soluble ; 2° du sulfate de chaux très peu soluble ; 3° du carbonate et de l'hydrate de cuivre, combinaisons complexes et insolubles ; enfin 4° au besoin un excès de chaux dont la présence est absolument incompatible avec celle du sulfate de cuivre.

Comment constater la présence d'un excès ou d'un défaut de sel de cuivre ? Par un procédé bien simple et à la portée d'un vigneron ; tant qu'il y aura dans la bouillie un excès de sulfate cuivrique intact, un papier bleu de tournesol trempé dans le mélange rougira faiblement au lieu que l'influence d'un sel de chaux, après élimination complète du cuivre, humectera le papier sans en modifier la couleur. Au contraire, un papier primitivement rouge bleuira par un excès de chaux et

conservera sa nuance par la prédominance du cuivre.

Suivant l'avis général, il importe que la bouillie agisse pour le présent et fournisse une réserve en vue de l'avenir. Pour remplir ce double but, il importe que la bouillie renferme un assez faible excès de sulfate de cuivre non décomposé et qu'elle rougisse le papier bleu de tournesol; quant aux autres composés cuivriques insolubles, carbonates basiques, hydrates, ils seront dissous à la longue par les agents atmosphériques. L'essentiel est que le précipité projeté sur les feuilles soit parfaitement adhérent; mais, plus tard, nous reviendrons sur cette question essentielle.

A défaut de tournesol, il existe d'autres procédés très simples pour s'assurer de la présence du cuivre sous forme dissoute. Nous savons déjà que l'ammoniaque avive très nettement le bleu pâle des liqueurs cuivriques; il suffit donc d'éprouver à l'ammoniaque quelques gouttes de liquide clair surnageant au précipité, mais cette épreuve n'est concluante qu'à la condition d'éliminer toute trace de bouillie. Dans ces mêmes solutions claires le composé chimique jaune connu sous le nom de ferrocyanure de potassium ou prussiate jaune de potasse (1) donne une coloration marron caractéristique. Enfin il existe un moyen beaucoup plus simple et à la portée de tout le monde de faire la même constatation: il suffit de tremper dans la liqueur un clou de fer ou tout autre objet de ce métal. Renferme-t-elle des traces de cuivre, celui-ci se dépose à l'état métallique parce que le fer se dissout à sa place.

Suivant l'âge de la vigne, l'époque de l'année, la

---

(1) Que le terme scientifique de ferrocyanure et l'expression vulgaire et usuelle de prussiate n'épouvante pas le lecteur. Le réactif dont il s'agit n'a aucun rapport avec le poison foudroyant nommé cyanure de potassium ni avec l'acide prussique ou cyanhydrique; c'est un sel absolument inoffensif.

situation du vignoble ou l'intensité présumée de l'attaque (nous le répétons, une fois que le mal s'est déclaré il est trop tard, et le remède ne prévient plus que les invasions ultérieures), la bouillie bordelaise se prépare avec 2 ou 3 kilogrammes de sulfate de cuivre par hectolitre de mélange final. Plus pauvre, elle perdrait de son efficacité ; plus riche, elle occasionnerait trop de frais, le plus souvent en pure perte. Pour la dose de chaux à dépenser, la question du prix importe peu, mais il faut tenir compte de la neutralité du mélange qu'il est bon de dépasser à la vérité, mais de très peu, en faveur du cuivre, et encore plus d'un agronome de mérite (M. Pierre Viala, entre autres) conseille l'obtention d'une liqueur absolument neutre au tournesol. Le poids moléculaire du sulfate de cuivre  $\text{SO}_4\text{Cu} + 5\text{H}_2\text{O}$  est 250 ; suivant la théorie ces 250 parties, pour être converties en sulfate de chaux, exigeraient 56 parties seulement de chaux vive  $\text{CaO}$ . Mais il faut tenir compte de bien des éléments : la chaux vive qui provient, comme on sait, de la calcination dans les fours du carbonate de chaux, contient normalement les impuretés du calcaire soumis à la cuisson et des traces d'acide carbonique retenu ou récupéré. La chaux vive, quoique dégageant une chaleur énorme par son contact avec l'eau, ne se dissout que faiblement et pour la majeure partie, reste en suspension à l'état de lait. Ce lait de chaux absorbe aussi bien vite le gaz carbonique de l'air. En fin de compte, pour être certain d'une attaque complète du sulfate, il faut doubler au moins la dose et compter par molécule de sulfate de cuivre 125 parties au lieu de 56 ; soit, pour 2 ou 3 kilos de vitriol, 1 kilo et demi ou 1 kilo de chaux grasse (1).

---

(1) On nomme chaux grasse la variété de chaux la moins impure.

On fera fondre d'abord le sulfate de cuivre dans les conditions que nous connaissons, puis on ajoutera le lait de chaux obtenu en « éteignant » la chaux dans quelques litres d'eau. On mêlera et on complètera l'hectolitre. Il faut encore avoir soin de verser la chaux dans le sulfate et de ne pas faire l'inverse sous peine de voir prendre naissance des oxydes noirs inattaquables par les agents atmosphériques et inefficaces à raison même de ce fait.

Parallèlement à l'emploi de la bouillie bordelaise, s'est répandu l'usage d'une autre recette que nous appellerons simplement bouillie au carbonate de soude parce qu'elle a été tour à tour désignée sous le nom de bouillie bourguignonne, berrichonne, dauphinoise... et que devant cette multiplicité d'appellations géographiques nous sommes fort embarrassés pour désigner nos préférences (1). On dissout le sulfate dans l'eau aux mêmes doses que ci-dessus et l'on traite la liqueur claire par une autre solution également claire de carbonate de soude. Théoriquement, il ne devrait pas se dégager d'acide carbonique et il devrait se précipiter du carbonate de cuivre. En réalité la liqueur mousse, trahissant ainsi une perte notable de gaz carbonique et les imperceptibles flocons bleu pâle qui nagent dans la liqueur sont constitués par un mélange d'hydrate et de sous-carbonate complexes.

Il est du plus vif intérêt d'étudier au double point de vue pratique et scientifique les avantages respectifs des deux recettes. Parlons d'abord en faveur de la bouillie

---

(1) On cite comme inventeur ou comme propagateur de la bouillie carbonatée MM. Peyrboire d'une part et Masson de l'autre. Comme le premier de ces agronomes a présidé le comice de Cadillac (Gironde), le mélange par lui préconisé, si l'on ne consultait que le patriotisme local, pourrait s'appeler bouillie bordelaise tout aussi bien.

bordelaise. On peut partout se procurer de la chaux presque sans dépense : de ce chef, économie assez notable. Les taches de bouillie que le pulvérisateur projette sur les feuilles apparaissent très nettement et et peuvent même, si l'opération a été bien faite, modifier la nuance de l'aspect ordinaire du vignoble vu à distance : le contrôle du travail devient donc fort aisé. Enfin la bouillie bordelaise se conserve plusieurs jours sans altération.

Il n'en est pas de même de la bouillie à la soude. Le lendemain du jour où elle a été préparée, elle verdit et le précipité en changeant de couleur devient aussi plus lourd, plus compact. Examiné au microscope, il dévoile une structure à demi cristalline et apparaît sous la forme de grains presque arrondis dont la faculté d'adhérence est des plus médiocres. Il est inutile d'ajouter que ces granulations vertes et dures sont insensibles aux agents chimiques de l'atmosphère et s'assimilent assez mal. Le dommage n'est cependant pas irréparable et l'on peut restituer à la bouillie ses propriétés utiles au moyen d'un petit supplément d'ammoniaque liquide (1 litre par hectolitre de préparation) (1)

A la différence de la bouillie bordelaise, les taches que laisse la bouillie sodique se discernent assez mal de loin, et il faut, pour vérifier la perfection du travail

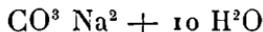
---

(1) Lorsqu'on traite le sulfate de cuivre par le carbonate de soude, le précipité bleu qui se forme instantanément est, comme nous l'avons dit, constitué d'oxyde de cuivre, d'acide carbonique et d'eau, le tout en diverses proportions. Au bout de quelques heures, la dissociation s'accroît ; ces composés, même au sein de l'eau, tendent à se déshydrater, c'est-à-dire à se dessécher chimiquement et à se polymériser, c'est-à-dire à s'agglomérer en molécules de plus en plus riches en atomes de cuivre, de moins en moins aisées à désagréger. Cette transformation particulière découle des règles très générales étudiées à fond par M. Henry, professeur de chimie à Louvain.

Cependant l'ammoniaque, agent très puissant, redissout les sels basiques verts.

de l'ouvrier, un examen de détail. Cette infériorité est, en revanche, largement compensée par deux avantages sensibles qu'il est juste d'exposer à présent. Si la chaux n'est jamais complètement pure et si elle dissout à peine dans l'eau, en revanche le carbonate de soude du commerce, connu sous le nom de carbonate Solvay, ne contient que des traces d'impuretés et se diffuse sans peine dans l'eau. Donc dosage facile, fluidité parfaite, sécurité à l'égard des engorgements du pulvérisateur. A 2 ou 3 kilogrammes de vitriol bleu fondu, on ajoute 1 kilogramme ou 1 kilogramme et demi de sel de soude en dissolution (la moitié) et tout est dit ; on peut même aussi sans inconvénients déverser directement le carbonate en poudre dans la liqueur de cuivre et bien brasser le tout ; au bout de quelques secondes, le dégagement gazeux cesse et le mélange est parfait.

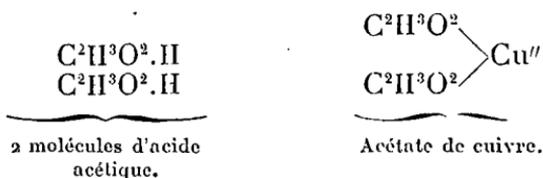
A défaut de carbonate Solvay, on peut employer à la préparation de la bouillie des cristaux de soude du commerce qu'il est plus facile de se procurer. Mais les cristaux présentent un double inconvénient. Leur prix est plus élevé que celui de la poudre et il en faut, pour produire le même effet chimique, prendre une proportion plus considérable que du carbonate véritable. Celui-ci répond sensiblement à la formule théorique  $\text{CO}^3\text{Na}^2$  et 106 parties décomposent 250 parties de sulfate de cuivre cristallisée. Les cristaux sont au contraire composés de 106 parties de carbonate sodique unies à 10 molécules, soit 180 parties d'eau.



Autrement dit, dans 3 kilogrammes de cristaux il entre presque 2 kilogrammes d'eau dont l'inutilité est absolue. Comme les cristaux s'effleurissent à l'air, c'est-à-dire perdent une partie de l'eau qu'ils retiennent

lorsqu'on les retire des eaux mères pour les analyser, leur richesse est, en général, un peu supérieure. On peut compter néanmoins, pour ne pas compliquer les dosages, 3 kilogrammes de cristaux pour 2 de sulfate de cuivre, les proportions restant les mêmes si on a des raisons pour forcer les doses.

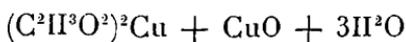
Parallèlement aux deux recettes dont nous venons de parler s'est développé l'usage d'une troisième qui compte de nombreux et chauds partisans. Nous voulons parler du verdet. Prenons deux molécules d'acide acétique monobasique disposant chacune d'un hydrogène ; éliminons ces atomes d'hydrogène au profit d'un atome unique de cuivre bivalent et nous réalisons l'acétate de cuivre ou verdet neutre.



Ce sel est soluble et uni à une molécule d'eau de cristallisation constitue le verdet neutre ou « cristaux de Vénus » dont on pourrait se servir en vue du traitement contre le *mildew* parce qu'il se fond très aisément dans l'eau et qu'en dissociant en solution étendue comme le sulfate de cuivre, il dégage de l'acide acétique inoffensif au lieu d'acide sulfurique corrosif. Ainsi on évite les brûlures résultant de l'inévitable dégagement d'acide sulfurique si on force un peu la concentration pour procéder à un traitement énergique. Mais d'autre part, et toujours comme avec le sulfate pur, la fraction non décomposée est encore trop considérable, et la provision de cuivre provisoirement insoluble déposée sur les feuilles disparaît trop vite. Donc

peu de réserve pour l'avenir et prix beaucoup trop considérable.

Ce double inconvénient s'évite de la façon la plus heureuse par l'emploi du verdet gris? Est-ce un mélange d'oxyde de cuivre et d'acétate neutre? Est-ce une combinaison de ces deux principes? Peu importe, car dans la pratique le verdet gris se comporte comme un mélange.



Les pains de verdet constituent des masses amorphes compactes, très dures. Ils sont extrêmement difficiles à fondre ou, pour mieux dire, à désagréger et on doit les faire macérer un ou deux jours à l'avance dans l'eau, avant d'étendre le liquide au degré voulu et de s'en servir (1). Enfin, on obtient un dépôt insoluble, quoique très fin, baigné par une liqueur d'acétate de cuivre neutre. On ajoute de l'eau de façon que 1 kilogramme de verdet corresponde à 1 hectolitre et on traite. Malgré tout, le prix du verdet commercial (à peu près 130 francs les 100 kilogrammes) est si élevé que le traitement revient encore cher, quoique les partisans du verdet emploient avec succès 1 kilogramme de cette drogue pour 2 de vitriol ordinaire (2). Le verdet présente encore un désavantage bien minime à la vérité; les taches qu'il produit sur les feuilles s'aperçoivent difficilement.

On est en droit de se demander si : 1° des pluies copieuses survenant après des traitements cuivrés

---

(1) On ne peut chercher pour gagner du temps à traiter le verdet par l'eau chaude qui décomposerait la partie soluble en expulsant une bonne partie de l'acide acétique.

(2) 2<sup>e</sup> kilos de sulfate cristallisé contiennent à peu près 512 grammes de cuivre métallique et 1 kilo de verdet 340 grammes seulement.

coûteux ne compromettent pas le travail déjà fait et n'obligent pas le propriétaire à refaire ses aspersions ; 2° si l'emmagasinement progressif continu dans le sol de sels de cuivre ne risquent pas d'en compromettre à la longue la fertilité.

Cette double question, M. Aimé Girard se l'est posée et a tranché la première par ses expériences sur des plants de pommes de terre. On sait que cette solanée subit les attaques d'un champignon analogue au *mildew* et se combattant par des procédés identiques. M. Girard a disposé dans des pots une série des plantes de pommes de terre ; les feuilles ont ensuite été aspergées avec différents bouillies cupriques. Après quoi on a recueilli juste la moitié des feuilles et dosé le cuivre adhérent à cette première récolte. Ceci fait, au moyen d'un appareil d'arrosage convenablement disposé, l'agronome inondait ses plantes d'une pluie artificielle douce ou violente ou enfin torrentielle. A la fin de l'orage en miniature on dosait de nouveau le cuivre resté en dépôt sur les feuilles et on comparait le second résultat au premier.

Les expériences ont été faites pour plusieurs préparations, et chaque fois avec trois sortes de pluie de force graduée. D'abord les chutes torrentielles produisent un balayage mécanique lequel, comme on pouvait s'y attendre, nettoie la surface. Cette exception réservée, les résultats les moins bons affectent la bouillie bordelaise, les meilleurs concernant la bouillie cupro-sodique ou le verdet délayé dans l'eau. Nous donnerons donc la préférence à ces deux agents et ajouterons que les agriculteurs tenant absolument à l'usage de la bouillie bordelaise peuvent s'en servir très bien à la condition d'y ajouter un peu de mélasse, comme on l'a souvent proposé d'ailleurs.

Quant au second point, M. Aimé Girard a comparé des plantes cultivées dans des conditions identiques dans deux parcelles. L'une servait de témoin; l'autre avait été arrosée à saturation de bouillie très concentrée et se trouvait contenir 1 500 kilos de cuivre par hectare, plus que n'en fourniraient des traitements anticryptogamiques prolongés sans relâche pendant des siècles. Pourtant l'analyse des plantes cultivées sur le sol ainsi gorgé n'a décelé de cuivre qu'à l'état de traces infinitésimales.

L'inconvénient des méthodes actuelles de préparation des bouillies anticryptogamiques résulte, d'une part, de la cherté relative du verdet, ou, si on emploie le sulfate de cuivre, de la nécessité d'un double dosage et d'un mélange. Les industriels n'ont pas manqué d'exploiter cette difficulté — que nous nous gardons bien au reste de nier — et, pour l'éviter, ils ont mis en avant des bouillies « à poudre unique », dont il suffit de diffuser un poids donné dans un certain volume d'eau pour obtenir immédiatement un mélange utilisable. Théoriquement, comme au point de vue pratique, la préparation d'une composition de ce genre n'offre rien d'irréalisable. Mais par malheur les fabricants de ces bouillies ne se font pas faute de commettre des fraudes éhontées. Ainsi un de leurs « trucs » consiste à incorporer dans leurs poudres une de ces matières colorantes bleues que la chimie moderne extrait du goudron de houille et fournit aujourd'hui presque pour rien. L'agriculteur qui fait fondre le produit dans l'eau, à l'aspect de cette belle teinte azurée, est tenté de croire qu'elle provient naturellement d'un sel de cuivre dissous et juge avec trop de faveur une matière non pas certes inefficace, mais d'une teneur réelle en cuivre médiocre et, par suite, d'une valeur véritable inférieure au prix d'achat.

Ceci nous amène à consacrer quelques lignes à l'analyse des produits anticryptogamiques dérivés du cuivre. Le sulfate de cuivre du commerce est généralement assez pur. Néanmoins, il renferme quelquefois du sulfate de fer  $\text{SO}_4\text{Fe} + 7\text{H}_2\text{O}$  dont la valeur est presque dix fois moins élevée. Fait assez curieux, les deux sels métalliques ne sont pas isomorphes, c'est-à-dire qu'aux yeux du chimiste cristallographe la forme de leurs cristaux diffère, mais par un phénomène de tolérance, chacun des deux vitriols peut, en prenant l'état solide, s'incorporer une certaine proportion de l'autre, sans pour cela modifier sa propre apparence. Naturellement une petite quantité de vitriol vert ne change guère ni l'aspect ni la nuance du vitriol bleu, et, si l'on fait fondre le tout, l'addition passe inaperçue. Mais vient-on à ajouter quelques gouttes d'ammoniaque liquide, la liqueur, si elle ne renferme que du sulfate de cuivre, bleuit fortement en restant limpide, tandis qu'avec le sulfate de fer il se forme un abondant précipité nuance rouille très facile à reconnaître.

La couleur bleue provoquée par l'ammoniaque sert aussi à étudier la permanence des taches de cuivre déposées sur les feuilles de vigne à la suite des traitements. Néanmoins il vaut encore mieux laver le limbe avec quelques gouttes d'eau acidulée et procéder à un essai au ferrocyanure de potassium qui dans les solutions renfermant du cuivre provoque l'apparition d'un nuage marron.

Somme toute, sous peine de perdre son aspect si caractéristique, le sulfate de cuivre commercial ne peut être fraudé intentionnellement ou accidentellement d'une bien grande proportion d'impuretés et le propriétaire est parfaitement sûr de n'être pas trompé en achetant son cuivre sous cette forme. Dans une bouillie à poudre

unique le dosage du métal, en relation avec le pouvoir utile de la drogue, s'opère par voie d'électrolyse. On fait passer un courant électrique dans un poids connu de matière dissoute et ce jusqu'à décomposition complète; on recueille le cuivre sur une électrode tarée, qu'on pèse de nouveau après l'opération. L'accroissement de poids indique la proportion de cuivre déposée. Ce procédé, très difficile et exigeant un outillage de laboratoire assez compliqué, concerne aussi le verdet. Dans ce dernier cas, il faut également se rendre compte de la richesse du verdet en acide acétique. On fait gonfler la pâte dans l'eau et on la fait bouillir avec une certaine proportion d'acide phosphorique ou sulfurique qui déplacent tout d'abord partiellement une notable partie de l'acide acétique; mais comme ce dernier, volatil à la température de l'ébullition, s'élimine, la décomposition se poursuit jusqu'à ce que, finalement, en vertu des lois de Berthollet, l'expulsion de l'acide acétique soit complète. On le dose ensuite alcalimétriquement dans le distillat.

Quelle que soit la nature, simple ou complexe, de la dissolution ou bouillie à employer, après l'avoir rendue homogène autant que possible, on la déverse dans des pulvérisateurs à dos d'homme ou bien dans des appareils à grand travail, soit montés sur roues, soit portés par une bête de somme. On a discuté et longtemps encore on discutera sur les mérites respectifs des pulvérisateurs à dos d'homme, à bât, à grand travail. La besogne accomplie par ces derniers n'est pas toujours irréprochable, paraît-il : avec des souches dont la végétation est peu avancée il se dépense inutilement du liquide; si la frondaison, au contraire, est luxuriante, l'instrument, ayant peine à se frayer un passage, asperge insuffisamment les feuilles et surtout risque de négli-

ger les raisins disposés à l'intérieur de l'arbuste. En revanche l'économie de main-d'œuvre n'est pas niable, et le pulvérisateur à grand travail rend de bons services au début de l'été ou bien dans un cas urgent.

Dans les modèles actuels, le liquide, après son introduction dans le réservoir, est soumis à l'action d'une pompe foulante énergique. On emmagasine ainsi une provision d'air comprimé qui se détendant insensiblement, projette au dehors les gouttelettes de bouillie.

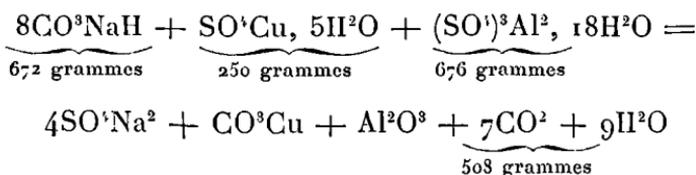
Avec le pulvérisateur ordinaire à dos d'homme, l'ouvrier pour obtenir la pression indispensable à l'expulsion du liquide est obligé de pomper de temps à autre et il faut bien convenir que pareille manœuvre, en fatiguant l'ouvrier risque d'enlever au travail accompli un peu de cette perfection intelligente à laquelle n'atteindra jamais le travail de la meilleure des machines.

C'est dans ce but, c'est-à-dire pour enlever au travailleur toute préoccupation étrangère, ménager ses forces et lui permettre de s'occuper uniquement de bien mouiller tous les organes de la vigne qu'on a inventé et mis en pratique une bouillie évitant l'emploi d'une pompe. Dans un pulvérisateur construit d'une manière spéciale et rempli d'eau on projette un paquet de poudre sèche et on referme. Attaquée par l'eau, la poudre se fond, dégage un certain volume gazeux qui, comprimé en vase clos, chasse le liquide, jusqu'à épuisement du réservoir qu'on recharge ensuite avec une nouvelle dose.

Il est facile de composer une poudre jouissant de la propriété exigée. Il suffit de mélanger intimement du sulfate d'alumine et du bicarbonate de soude avec du sulfate de cuivre, tous sels solubles. D'abord les deux sulfates d'alumine et de cuivre se transforment immé-

diatement en sulfate de soude, composé très stable et « exothermique » en libérant une forte proportion d'acide carbonique; ce dernier peut bien absorber un peu de cuivre, mais refuse absolument de s'incorporer l'aluminium. Du cuivre se précipite, partie à l'état d'hydrate, partie à l'état de carbonate, en compagnie de toute l'alumine. Le gaz dégagé s'accumule dans la liqueur, dans l'espace resté libre et comprime fortement le mélange.

Supposons que la capacité du récipient soit de 10 litres, le coefficient de traitement fixé au taux moyen de 2 kilos et demi de vitriol à l'hectolitre. Admettons d'autre part que le bicarbonate employé soit chimiquement pur et que le cuivre se précipite à l'état de carbonate théorique  $\text{CO}^3\text{Cu}$ , deux suppositions inexactes mais qui se compensent mutuellement, la réaction est la suivante :



Comme 500 grammes de gaz carbonique occupent sous la pression ordinaire à peu près 250 litres, il semblerait *a priori* que la compression à 25 atmosphères d'une pareille masse, dans un récipient tel que nous l'avons indiqué, dût présenter de graves dangers. Mais la réaction se produisant en vase clos l'excès de pression du gaz libéré entrave bientôt le phénomène qui s'arrête spontanément lorsque la limite est atteinte. De plus, MM. Las Molles, Fréchon et de la Faye, inventeurs du procédé, ont modifié les doses et agrandi le récipient. La capacité de celui-ci a été accrue à 23 litres;

on ne le remplit d'eau qu'à moitié. Dans les 12 litres de liquide on incorpore un paquet de 844 grammes de mélange contenant 181 grammes de sulfate de cuivre, 325 de sulfate d'alumine, 338 de bicarbonate ; la pression initiale équivaldrait théoriquement à une dizaine d'atmosphères sans l'influence de la dissociation. Mais à mesure que le mélange saturé de gaz est expulsé la décomposition se poursuit et entretient la pression qui, au moment de l'évacuation du réservoir atteint encore 3 atmosphères.

Loin d'être complet, notre long entretien relatif aux solutions et aux bouillies n'a mentionné qu'en passant les mélanges sucrés à base de mélasses et a complètement passé sous silence les bouillies cupriques savonneuses si prônées aujourd'hui. Ces recettes sont bonnes *a priori*, car elles fournissent toutes deux des précipités renfermant le cuivre sous forme presque insoluble, très adhérente, faiblement retenue par des acides sans vigueur, non corrosifs. Leur emploi n'est au fond qu'une question de commodité et d'économie.

Nous n'avons pas parlé de l'emploi des poudres. Dès qu'il fut question de combattre le *mildew*, un grand nombre de viticulteurs proposèrent une solution séduisante par sa simplicité ; c'était de mélanger tout bonnement au soufre une certaine proportion de sels de cuivre de manière à combattre à la fois les deux fléaux sans accroissement de main-d'œuvre. Malgré la commodité de leur emploi, les poudres se sont montrées inférieures à leur rôle, comme agents préservatifs uniques du moins, car il y a au contraire tout avantage à les employer concurremment aux liquides pour seconder ceux-ci dans leur rôle bienfaisant. Le grand écueil à éviter dans la constitution d'un mélange pulvérulent est le défaut d'adhérence ; si le soufre agit vite et peut ensuite

disparaître sans inconvénient, il n'en est pas de même des sels cuivriques qui doivent rester collés sur le limbe des feuilles ou sur les organes fructifères. Les meilleurs résultats ont été encore obtenus avec la sulfostéatite cuprique de M. de Chefdebièn. Dans cette mixture artificielle on incorpore 10 p. 100 de sulfate de cuivre dans un grand excès de talc (silicate de magnésie naturel), matière minérale très adhérente quoique inerte.

Un bon viticulteur agira sagement en mélangeant d'un quart ou d'un cinquième de sulfostéatite le soufre trituré ou sublimé, dont il saupoudre périodiquement ses vignes encore humides de rosée.

*Sels de mercure.* — Le mercure appartient à la même famille chimique que le cuivre, mais son poids atomique est beaucoup plus élevé ; donc, suivant la règle générale dont nous avons parlé au chapitre premier, la toxicité de ses sels doit surpasser à poids égal celle des composés cupriques. Aussi l'année dernière, à la suite de tentatives coûteuses, fréquentes et parfois inefficaces en vue de combattre le *black-rot* dans le sud-ouest, en est-on venu à proposer l'emploi du chlorure mercurielle ou sublimé corrosif  $HgCl^2$ .

Les plus chauds partisans de ce remède voudraient voir les viticulteurs procéder à deux traitements : l'un d'hiver consistant à badigeonner les souches, l'autre estival, qu'on renouvellerait au besoin et qu'on pratiquerait au pulvérisateur sur les parties vertes. Quelques grammes de sublimé par hectolitre, 50 grammes suivant les plus exigeants, suffiraient très bien. Des expériences précises prouvent en effet la toxicité pour les cryptogames de dilutions « homéopathiques » au 1/100 000 ; donc il serait puéril de nier qu'un traitement mercuriel bien fait puisse être efficace.

D'autre part, les recherches de savants éminents, M. Gayon entre autres, démontrent qu'il n'y a pas la moindre crainte à éprouver relativement à la présence du mercure dans le vin. Chacun sait que le contre-poison antimercuriel le plus efficace est l'albumine ou plus généralement les substances albuminoïdes qui insolubilisent le mercure. Or les raisins en contiennent des doses sensibles. Pas de traces non plus du dangereux métal dans les marcs ni les rafles.

Néanmoins, nous condamnons rigoureusement l'emploi des sels de mercure dans les vignobles, mais pour une raison toute autre. Une ferme n'est pas un laboratoire. On ne peut conserver dans une habitation, laisser manier par des ouvriers, répandre, gaspiller, à proximité des fontaines ou abreuvoirs, un poison foudroyant dont on ne peut se méfier parce qu'il est incolore, inodore, insipide. Mieux vaut chercher un autre antiseptique ou perfectionner l'emploi de ceux déjà connus que de risquer d'affreux accidents (1).

*Anthracnose. Traitements d'hiver et d'été.* — Pour la description et les effets de cette maladie nous renvoyons aux ouvrages d'ampélographie. On la prévient par des badigeonnages au sulfate de fer en solution sulfurique. Le sulfate est d'abord dissous dans l'eau chaude à raison de 50 kilogrammes par hectolitre ; on additionne d'un litre d'acide et on barbouille la souche avec un pinceau trempé dans cette épaisse solution, qui ne se conserve pas plus d'un jour sans cristalliser.

---

(1) Tout au plus, à notre avis, les traitements mercuriels deviendraient possibles si l'on forçait les droguistes à dénaturer le sublimé corrosif par des drogues colorées à odeur et saveur fortes ou même infectes. Encore formulons-nous d'expresses réserves sur l'innocuité des traitements à l'égard des ouvriers chargés de pulvériser la bouillie mercurielle.

Grâce à ce traitement peu coûteux, on détruit beaucoup d'insectes ; et comme l'époque favorable est la fin de février ou le début de mars, la végétation de la souche s'en trouve retardée ce qui est un avantage considérable en vue des gelées.

On guérit l'antracnose attaquant les vignes pendant l'été en mélangeant de chaux le soufre destiné aux traitements ordinaires contre l'oïdium.

*Lutte contre les insectes. Echaudage.* — Nous nous écarterions de notre sujet si nous décrivions les méthodes souvent trop coûteuses hélas ! par lesquels les vigneronns font la chasse aux insectes destructeurs de la feuille et de la récolte. En agriculture, il faut, autant qu'on le peut, atteindre pendant l'hiver les insectes dissimulés sous les écorces à l'état de larve et les détruire plutôt que de les capturer dans la belle saison lorsqu'ils ont déjà commencé leurs ravages.

Le moyen le plus simple de « stériliser » une souche consiste à l'asperger d'eau bouillante, car de l'eau simplement très chaude ne suffirait pas à cause du refroidissement forcé qu'entraîne pour le liquide le contact avec le cep (1). Nous allons décrire un dispositif qu'on emploie tout spécialement contre les larves de la redoutable pyrale, mais qui reste impuissant à l'égard de la cochylis et de l'altise.

Comme l'eau chaude, transportée au loin dans des vases, au mois de février, perdrait rapidement son calorique, il est indispensable que le foyer de chaleur soit mobile et relativement léger pour pouvoir être

---

(1) Il est clair que l'opération de l'échaudage perdrait beaucoup de son efficacité si on déversait le liquide chaud sur une souche humectée par les pluies d'hiver. Le choix d'un temps sec est nécessaire, pour que la brûlure superficielle produise son effet.

déplacé à volonté au milieu des vignes à échauder. Et même de graves inconvénients s'attachent au procédé dit « à la cafetière » qui consiste à recueillir le liquide brûlant dans des vases de métal qu'on vide ensuite sur la souche après un trajet d'un petit nombre de mètres. Pour parer à cet inconvénient, l'eau est conduite toute bouillante de la chaudière à la souche par.

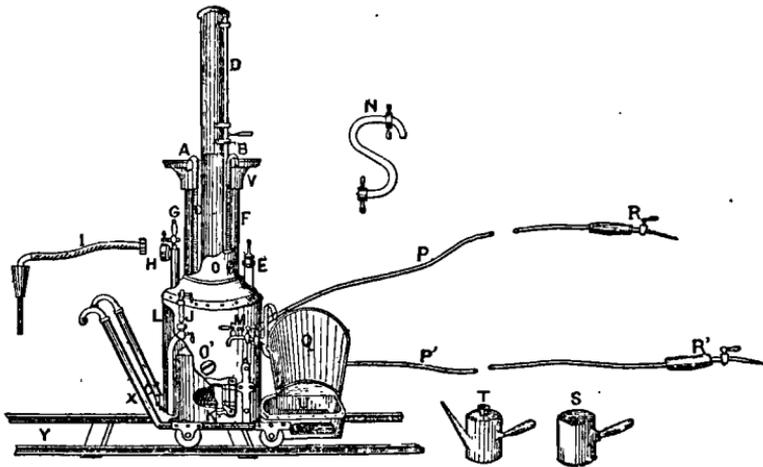


Fig. 16. — Échaudeuse sur rails (modèle Bourdil).

des tuyaux en caoutchouc qui préservent le liquide du froid extérieur. Enfin un dispositif que nous décrirons ne permet l'évacuation de l'eau que lorsqu'elle a dépassé 100°.

Le transport de l'échaudeuse se fait à bras d'homme, au moyen de brancards. Tout récemment on a essayé de monter l'appareil sur rails volants du système Decauville, comme dans le modèle figuré ici.

Décrivons à présent l'instrument. La combustion, dont les produits s'échappent en B, s'opère dans le foyer A; la chaudière, contiguë au foyer, s'alimente par C. Le liquide descend froid jusqu'en D; puis, après

réchauffement, s'échappe par l'orifice E, qu'on garnit de deux caoutchoucs distributeurs pour amener l'eau jusque sur le cep sans contact avec l'air extérieur.

En E le niveau de l'eau est un peu supérieur au niveau F de l'eau dans la chaudière. De la sorte, l'eau soumise à une légère surpression par rapport à l'atmosphère ambiante dépasse quelque peu la température de 100°, ce qui remplit le but que s'est proposé le constructeur. Un tube figuré en G laisse rentrer l'air dès que la pression baisse légèrement dans la chaudière, et, désamorçant, le siphon E s'oppose à l'écoulement à l'extérieur d'eau non bouillante. Le tube G a encore une autre utilité ; il déverse dans l'alimentation l'excès d'eau chaude lorsque le robinet conduisant aux caoutchoucs est fermé. D'ailleurs la chaudière comporte, bien entendu, une soupape de sûreté

Des robinets spéciaux permettent aux ouvriers d'échauder au besoin à la cafetière.

La quantité d'eau bouillante indispensable à une souche s'élève à plusieurs litres. La dépense de liquide est donc considérable et il ne faut pas oublier que les eaux, même limpides, contiennent toujours des sels dissous (carbonates, etc.), que précipite l'ébullition. Donc, un nettoyage fréquent de la chaudière s'impose absolument, et il importe beaucoup que cette pièce soit facilement démontable, pour être délivrée de la croûte interne qui la souille.

*Substances insecticides.* — Les unes, de nature gazeuse, asphyxient ; les autres liquides agissent par corrosion ; on a également proposé l'emploi des poudres.

Qu'on allume une mèche soufrée d'une vingtaine de grammes, qu'on la jette sur le sol à côté d'une souche, et qu'on recouvre l'ensemble d'une cloche ou récipient

quelconque, on immerge momentanément cette souche dans une atmosphère asphyxiante mortelle pour les larves cachées sous l'écorce, inoffensive pour les bourgeons si l'opération n'est pas trop longue (une dizaine de minutes).

Avec un sol trop humide qui condense les vapeurs sulfureuses, très solubles dans l'eau comme on sait, le résultat est médiocre, et beaucoup de pyrales survivent (1). Du reste, selon les expériences poursuivies récemment près de Montpellier par un entomologiste, M. Valery-Mayet, assisté d'un chimiste, M. Lagatu, l'ébouillantage constituerait, en somme, un procédé de destruction infiniment plus rapide que le clochage.

Pour distribuer les liquides corrosifs destinés à purger les souches d'insectes, on se sert soit d'un pinceau plus ou moins primitif, soit du pulvérisateur Las Molles et Fréchou à réservoir en verre. On a préconisé et employé sans succès absolu, ni échec complet une solution d'acide sulfurique à 10 p. 100 dans l'eau, ou une dilution d'acide nitrique au même taux, cette dernière appliquée en badigeonnage au pinceau.

Nous croyons, avec M. Coste-Floret, que ces procédés gagneraient beaucoup en efficacité si on ajoutait à la liqueur acidulée quelques gouttes de pétrole. Le pétrole dissoudrait l'enveloppe cireuse qui protège les insectes et, amenant ainsi un contact plus intime entre l'acide et les organes de l'animal, rendrait l'attaque du réactif sensiblement plus dangereuse.

Si en hiver l'agriculteur n'a pas su se préserver ou si les circonstances sont trop mauvaises, ou enfin l'invasion inattendue, il aura à repousser des agressions

---

(1) Nous venons de faire observer que l'échaudage perd aussi de son efficacité si les souches sont détrempées.

estivales. Il pulvérisera ses vignes pendant la nuit pour détruire le ver gris (noctuelle) avec un mélange de sulfure de potassium et de savon noir dilué dans un grand excès d'eau (1), et essaiera de venir à bout des altises avec un liquide plus complet à base de savon noir et de pétrole (2).

Nous avons fait allusion aux poudres insecticides. Le pyrèthre, excellent, mais cher, s'emploie, non sous cette forme, mais sous celle de décoction. Mêlée au soufre à une proportion de 10 p. 100, la naphthaline sert à combattre la cochyliis. Pour être enfin complet, nous mentionnerons l'emploi de la chaux vive contre les escargots. La bave que secrètent ces mollusques en se combinant avec la chaux « éteint » celle-ci et provoque chez l'animal une sensation de brûlure qui le force à rétrograder.

---

(1) Sulfure de potassium 500 grammes ; savon noir 500 grammes ; 1 hectolitre d'eau.

(2) Savon noir 3 kilogrammes ; pétrole 5 litres ; alcool 1 litre ; un hectolitre d'eau.

---

## CHAPITRE VII

### La vinification.

*Constitution du raisin.* — Tel qu'on le coupe sur la souche le raisin se compose d'un pédoncule ligneux ou *rafle* supportant une série de grains ou fruits.

De nuance vert clair, la rafle ne constitue jamais le 4 o/o de la masse totale de la grappe, même dans le Gamay de Bourgogne, le mieux doué de cet égard, et quelquefois elle équilibre à peine 2 o/o du poids des fruits (exemple, le Cabernet-Sauvignon de la Gironde). Il est clair que l'accident de la coulure a pour effet d'accroître dans de larges proportions le poids relatif de la rafle.

Sphériques comme dans l'Aramon, ovoïdes comme dans la Clairette, les fruits présentent des teintes très variables, non seulement suivant les variétés culturales, mais suivant l'activité des rayons solaires et l'orientation de la grappe. La gamme s'étend du jaune tendre, pur ou lavé de vert jusqu'au violet foncé presque noir. De là deux grandes divisions bien tranchées : les raisins blancs et les raisins noirs, reliés néanmoins par quelques types intermédiaires comme le Terret-Bourret gris du Bas-Languedoc (1).

---

(1) Dans les langues germaniques, l'expression est « raisin bleu ». Cet adjectif nous semble plus logique que celui de « noir » pour désigner les fruits foncés.

Ecrasez un raisin noir : la peau en se déchirant livrera passage à la pulpe. Celle-ci, généralement, est peu colorée, sauf dans le cas particulier des fruits dits teinturiers, d'origine européenne ou exotique, caractérisés par une pulpe rouge foncée. La classe des raisins noirs peut donc se subdiviser à son tour en deux catégories.

M. Armand Gautier a étudié les matières colorantes rouges du raisin et reconnu la complexité de leur composition, d'autant que dans une même variété divers composés chimiques très voisins s'associent généralement ensemble. Les principes en question ne se dissolvent pas dans l'eau, mais dans l'alcool pur ou étendu. Par exception, l'eau s'assimile ceux qu'on retire des raisins teinturiers dont le jus frais conserve, après filtration, sa nuance pourpre. Lorsqu'un ampélographe croise deux variétés différentes, suivant l'expression de M. Gautier, l'hybridation semble se poursuivre jusque dans les molécules chimiques elles-mêmes tellement les caractères intimes des principes colorants des types extrêmes se retrouvent combinés dans le type moyen (1).

De même que tout le monde est familiarisé avec les diverses nuances propres à chaque cépage, de même nul n'ignore l'énorme différence de volume des grains de raisin suivant les espèces. En moyenne, suivant MM. A. Girard et Lindet, un grain de raisin pèse de 1 gramme à 1<sup>er</sup>,5. La dernière place est occupée par le minuscule Pinot noir de Champagne (0<sup>er</sup>,78), et la palme revient à l'énorme Aramon du Languedoc (3<sup>er</sup>,65) capable de rivaliser avantageusement avec certaines variétés de petites prunes.

---

(1) D'après M. Gautier, les pigments des cépages colorés se rattachent à la famille des phénols polyvalents de la série aromatique.

Ecrasé, le raisin laisse échapper du jus, mais il n'est pas un propriétaire qui ne sache parfaitement que des poids ou volumes égaux de fruits d'une même variété fournissent, suivant les années de récoltes, des quantités de jus bien différentes (le maximum surpasse d'un tiers le minimum). Les écarts, naturellement, s'accroissent bien davantage si l'on poursuit des expériences sur divers cépages. Du reste, la règle est simple : peu de jus, bon vin ; beaucoup de jus, vin médiocre.

Trois parties principales se remarquent dans un grain de raisin entr'ouvert : la peau, la pulpe et les pépins. Chacun sait combien varie l'épaisseur de la peau ; aussi forme-t-elle tantôt le 6 o/o, tantôt plus du dixième du poids de l'ensemble du grain. La proportion de la masse des pépins change bien davantage et oscille de 2 à 7 o/o. La pulpe forme la meilleure partie du poids du grain 87 o/o : son importance ne s'élève jamais beaucoup au-dessus de cette moyenne (Picpoul de la région méditerranéenne), ni au-dessous (Chenin noir de l'ouest)

*Principe sucré du raisin.* — Lorsque l'on déguste un raisin fraîchement cueilli sur la souche, on trouve, sans grande réflexion, que dans la saveur du fruit se superposent deux goûts bien distincts, l'un sucré l'autre acidulé. Le premier l'emporte dans les raisins trop mûrs ; le second — tout le monde le sait — domine dans les grappes encore vertes. Les deux impressions juxtaposées produisent la sensation la plus agréable lorsqu'elles se balancent et que le fruit est mûr à point sans excès.

Ce n'est pas toutefois à la saccharose ou sucre de canne ou de betterave que le raisin mûr doit sa douceur. Parfaitement identique à la matière qu'on retire sans

peine du miel, et un peu plus difficilement de tous les fruits de nos jardins, le « sucre de raisin » est doué d'une saveur plus fade que la saccharose. Par une coïncidence fortuite sa composition chimique brute représente du carbone, plus de l'eau : six atomes du premier, six molécules de la seconde, et se note  $C^6H^{12}O^6$ . Des recherches déjà anciennes ont prouvé que la glucose (du grec *γλυκος*, doux) ne diffère de la mannite  $C^6H^{14}O^6$  que par deux atomes d'hydrogène en moins, celle-ci étant un alcool hexavalent, la glucose est sa première aldéhyde (1) et possède en outre, cinq fois répétées, les propriétés alcooliques.

Il existe deux variétés de glucose : la première que nous continuerons à désigner sous ce nom, et une seconde identique à l'autre par ses caractères chimiques, son goût, la plupart de ses propriétés physiques, mais distincte cependant au point de vue optique.

Pour remplir le but que nous nous sommes imposé, nous sommes forcés d'expliquer cette différence. Les vibrations, qui selon la science moderne déterminent les phénomènes lumineux, s'opèrent à la façon des mouvements du même ordre, mais infiniment plus grossiers, qui agitent une corde de violon que l'on excite; elles se déploient perpendiculairement à leur sens de propagation, de même que la corde tremble sous l'impression transversale de l'archet. En pratique, l'archet tourne au gré du musicien et les vibrations sans varier de fréquence, sans que la hauteur du son et modifie, s'orientent dans diverses directions. En optique il en est ainsi pour la lumière naturelle mais pour expliquer la lumière « polarisée », il faut se figurer que les

---

(1) La molécule d'une aldéhyde dérive simplement de celle d'un alcool par soustraction de deux atomes d'hydrogène arrachés par un atome d'oxygène étranger.

vibrations, au lieu de se produire dans tous les sens se balancent uniquement dans l'un des plans passant par le rayon lumineux, comme lorsque l'archet est complètement immobile en continuant la comparaison choisie. Faisons passer notre corde vibrante au travers d'une rainure pratiquée dans une lame; si la rainure est parallèle au plan de vibration, le mouvement se propagera tel quel au delà de la lame, comme si elle n'existait pas. Sinon le tremblement s'affaiblira et cessera même tout à fait lorsque la direction de la rainure sera perpendiculaire à celle des vibrations. Le plan passant par la corde et la fente dans ce cas particulier figurera le plan de polarisation qu'on considère en optique et dans lequel les vibrations de la lumière polarisée n'agissent plus.

Lorsque la lumière polarisée traverse certains cristaux ou pénètre dans certaines dissolutions, le plan de polarisation se dévie peu à peu et tourne autour du rayon comme si les vibrations lumineuses se tordaient. L'observateur, qui après étude préalable d'un rayon lumineux polarisé (1), l'examine une seconde fois après la traversée d'une substance « active », constate une déviation dirigée tantôt vers la droite (sens des aiguilles d'une montre), tantôt vers la gauche (sens d'une vis qu'on desserre).

La glucose ordinaire est « dextrogyre » en dissolution; c'est-à-dire tourne à droite le plan de polarisation; l'autre variété tourne à gauche et a reçu pour ce motif le nom de « lévulose » (*lævus*, gauche, en latin). Un mélange à parties égales de glucose et de lévulose une

---

(1) Les physiciens transforment la lumière naturelle en lumière polarisée au moyen d'un prisme de Nicol dit « polariseur » formé de cristaux de spath d'Islande assemblés de manière à ne laisser filtrer qu'un rayon polarisé dans un certain azimut. Un second Nicol, l'analyseur, pareil au premier, mais disposé rectangulairement, arrêtant toute vibration, provoque l'obscurité.

fois dissous dans l'eau n'agit plus sur la lumière polarisée et constitue le sucre interverti.

La glucose et la lévulose coexistent simultanément dans le jus de raisin suivant les recherches anciennes de Buignet et les travaux plus récents de M. Bouffard, de MM. Gayon et Dubourg. Dans les raisins verts, la glucose domine, et l'étude optique du jus montre que le plan de polarisation se tourne à droite; cette tendance s'affaiblit de plus en plus au fur et à mesure du progrès de la maturité; l'équilibre s'établit, mais pour se rompre ensuite définitivement en faveur de la lévulose. Cette évolution explique un fait bien connu: les vins ordinaires sont presque dénués de pouvoir rotatoire, tandis que les vins de raisins secs et certains vins blancs provenant de raisins très mûrs dévient légèrement à gauche la lumière polarisée. Enfin, quelques raisins de vignes américaines, comme le Jacquez, l'Elvira, le Noah, renferment, à maturité normale, dans l'ensemble de leur jus, une plus forte proportion de lévulose, mais nous n'insistons pas sur cette anomalie, sans importance à l'heure actuelle où presque personne ne recourt aux anciens producteurs directs importés d'Amérique.

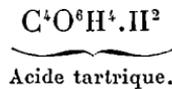
*Principes acides du raisin.* — Quant à la saveur franchement aigre des raisins verts, aigrelette des raisins mûrs, elle est principalement due à la présence de deux acides organiques: l'acide malique et l'acide tartrique. A mesure que le fruit mûrit, il absorbe de la potasse qui sature peu à peu une partie, mais une partie seulement de l'acidité.

L'acide malique (1) est un proche parent de l'acide

---

(1) De *malum* « pomme, fruit ». Très abondant dans les pommes et les poires, l'acide malique se retrouve en grande quantité dans le cidre, où son rôle est essentiel.

tartrique. Ces deux substances se retrouvent associées, non seulement dans les raisins, mais dans la plupart des fruits. Tous les deux sont bibasiques et les formules demi-brutes dérivent aisément l'une de l'autre.



L'acide tartrique ne diffère donc de son congénère que par un atome d'oxygène en plus dans sa molécule.

L'un et l'autre composé peuvent tous deux engendrer avec une base comme le potasse, par exemple, des sels neutres ou des sels acides. Dans ce dernier cas, un seul atome des deux hydrogènes actifs, comme on le sait, est substitué.

Mais, devant un mélange des deux acides, qu'arrive-t-il? *A priori*, et suivant les lois normales de la chimie, en présence d'une petite quantité de base, chaque acide devrait se contenter d'une fraction convenable de celle-ci, destinée à saturer exclusivement, dans un certain nombre de molécules de chaque espèce, l'hydrogène basique le plus puissant. Il devrait se produire, en quantités inégales mais comparables, du tartrate acide de potasse et du malate acide de potasse avec un grand excès de l'un et l'autre des acides libres. Mais comme le tartrate acide de potasse est presque rigoureusement insoluble, il s'élimine de la réaction au fur et à mesure qu'il se crée en rompant l'équilibre à peine produit. Bref, le potassium se porte presque uniquement sur l'acide tartrique qui passe à l'état de bitartrate potassique.



tandis que l'acide malique reste libre.

*Étude de la richesse saccharine des moûts.* — Un bon dégustateur réussit, dans une certaine mesure, à juger de la saveur plus ou moins aigre ou sucrée d'un raisin, mais il faut pouvoir apprécier scientifiquement ces deux qualités, et de nombreuses méthodes fondées sur divers principes ont été imaginées dans ce but. Elles présentent beaucoup d'importance ; leur étude théorique et pratique nous semble indispensable. En effet, le sucre engendre l'alcool, qui communiquant au vin la force, la générosité, assure sa conservation. De l'acidité du moût dépend la solidité ultérieure de la boisson fermentée. L'acidité enfin et la vinosité combinées contribuent à 'fixer le « bouquet » sans lequel le vin ne serait qu'une plate mixture alcoolique.

Si on exprime un raisin, il en découle un jus ou moût, incolore ou rosé, dont la nature est en corrélation assez intime avec celle plus complexe du fruit, pour qu'en pratique, il soit possible d'être renseigné sur la dernière par l'examen plus facile de la liqueur. Suivant la variété de raisin, le moût est plus ou moins mucilagineux. Très souvent on peut se dispenser de le filtrer à travers un linge, un papier, ou de le tamiser à la passoire de cuisine ; d'autres fois (par exemple avec le cépage méridional appelé Carignan), la précaution que nous mentionnons s'impose comme indispensable.

Ce jus renferme une proportion de sucre assez considérable et surtout assez forte, vis-à-vis des matières non sucrées comme les acides ou les sels minéraux pour que sa densité soit très supérieure à celle de l'eau, jamais moindre que 1,040 et atteignant quelquefois 1,100. On peut admettre, sans risquer de beaucoup se tromper, que l'excès de densité par rapport au nombre

1,000, soit le chiffre des décimales, est proportionnel au poids de sucre contenu dans l'unité de volume. On éprouvera donc le jus avec un densimètre gradué de 1,000 à 1,100, ou, dans certains cas très rares, relatifs à des jus exceptionnellement sucrés, avec un densimètre allant de 1,100 à 1,200. Si l'on se pique de précision, on consultera le thermomètre et l'on corrigera à raison d'une unité de l'ordre du millième ajoutée à la densité brute par écart de 5° C au-dessus de 15°, et au-dessous d'une demi-unité seulement.

*Exemple.* — Un moût marque 1,070 à 25°. Le chiffre juste est 1,072.

On peut aussi avoir recours à un procédé aréométrique, moins exact, moins scientifique, entaché d'empirisme, mais très répandu à cause des indications pratiques qu'il fournit. On immerge dans le jus un aréomètre Baumé dont le modèle est très petit, et peut se transporter dans un étui de poche qui sert aussi d'éprouvette. La tige (fig. 20) est divisée en degrés dont l'interprétation n'aurait aucun sens, à moins de consulter des tables si, par un singulier hasard, le degré Baumé du moût ne donnait des indications immédiates et assez approchées sur la richesse alcoolique du vin obtenu avec le moût. On apprend bien vite qu'un moût de densité 1,075 fournit, après fermentation *complète*, un vin de 10 degrés d'alcool, mais il est peut-être plus commode pour un vigneron de savoir que 10° Baumé d'affleurement dans le moût correspondent à 10° d'alcool dans le vin fait bien réussi. On admet que la concordance des degrés Baumé et des degrés alcooliques se poursuit pour des moûts plus riches ou plus pauvres que la moyenne de 10°, quoique l'erreur devienne sensible dans des cas extrêmes. On fera sage-

ment, pour ne pas se réserver de déception, de corriger d'un bon dixième en moins la richesse alcoolique présumée déduite de l'inspection des tables (densimètre) ou de l'épreuve à l'aéromètre Baumé, à cause de l'évaporation de l'alcool pendant la fermentation tumultueuse, du peu de sucre intact que contiennent toujours les vins faits surtout encore jeunes, et du sucre brûlé en pure perte par les fermentations secondaires, triple élément de déchet qu'on évite dans les expériences de laboratoire, mais qu'on ne saurait éliminer dans la pratique des celliers. Un moût de 11° Baumé se transformera par exemple en un vin de 10° au plus.

L'observation de la densité constitue un moyen rapide, commode et néanmoins assez exact de se rendre compte de la richesse saccharine. Cependant les chimistes et quelquefois les agronomes ont besoin de procédés plus précis encore, leur permettant par exemple de serrer de près l'évolution de la dose de sucre dans les différents organes du fruit, ou suivant les phases de la maturation. Alors intervient l'emploi de la liqueur de Fehling.

Ayant fait dissoudre séparément dans l'eau distillée 130 grammes de soude caustique, 80 grammes de potasse, 105 grammes d'acide tartrique et 40 grammes de sulfate de cuivre cristallisé, on mélange et l'on complète le litre toujours à l'eau distillée (1) : on obtient ainsi une liqueur d'un beau bleu limpide. Si dans quelques centimètres cubes de ce mélange maintenu bouillant on verse une solution étendue soit de glucose, soit de lévulose, le cuivre est « réduit » à l'état d'oxydure rougeâtre insoluble ; le liquide, devenu finalement

---

(1) Recette fournie par l'illustre Pasteur.

incolore, ne précipite plus en marron par le ferrocyanure de potassium.

On dissout 4<sup>gr</sup>,75 de sucre de canne ordinaire dans un peu d'eau aiguisée d'acide chlorhydrique ; on chauffe pendant quelques minutes, presque jusqu'à ébullition. Si l'on étend d'eau fraîche jusqu'à parfaire le litre à

15° (les doses peuvent être réduites en restant proportionnelles), 10 centimètres cubes de cette solution type renferment 5 centigrammes de sucre interverti.

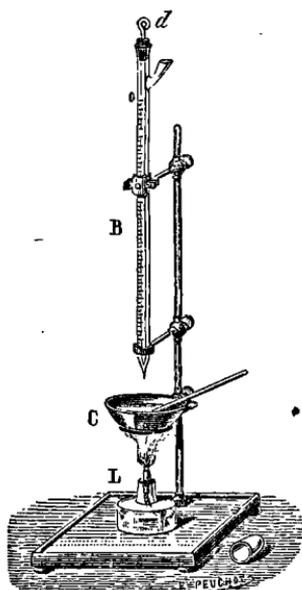


Fig. 17. — Dosage du sucre par la liqueur de Fehling.

On prélève 10 centimètres cubes de la liqueur de Fehling et on les verse dans une capsule qu'on chauffe tandis qu'on incorpore goutte à goutte la solution sucrée disposée dans une burette graduée (fig. 17). Un nuage rougeâtre se forme et la couleur bleue s'affaiblit. Pour juger de terme de la réduction, on plonge, entre chaque addition de sucre, l'extrémité d'une baguette de verre

bien propre dans le liquide bouillant et on touche une goutte de prussiate jaune préparé d'avance sur une assiette blanche. Tant qu'il se forme un trouble marron, l'élimination du cuivre est imparfaite et il faut ajouter du sucre ; dès que le ferrocyanure ainsi éprouvé reste jaune, le terme est dépassé. On obtiendra ainsi deux limites qu'on pourra réserrer au besoin par une nouvelle expérience. Si l'on a dépensé plus de 10 centimètres cubes de liqueur sucrée, la liqueur de Fehling

est trop forte et doit recevoir un petit supplément d'eau qu'on calculera aisément. Il est bon que les liqueurs cuivriques et sucrées se correspondent volume à volume. Sinon on corrigera après chaque épreuve.

Pour essayer un moût de raisin, on prendra d'abord sa densité à l'aréomètre, ce qui donnera une valeur approchée à sa composition. Supposons-la voisine de 250 grammes par litre de sucre interverti. On prélèvera 20 centimètres cubes de moût qu'on « déféquera » avec 3 ou 4 centimètres cubes de liqueur de sous-acétate de plomb (1). Filtrant, ajoutant les eaux de lavage au *filtratum* et diluant d'eau distillée, on complètera le litre. La dilution correspondra, à peu près à la liqueur type de 5 centigrammes de sucre par 10 centimètres cubes, dont il faut toujours chercher à se rapprocher. On remplira la burette du moût ainsi étendu et on versera dans 10 centimètres cubes de liqueur de Fehling chaude jusqu'à exacte réduction du cuivre (2).

Ce procédé scientifique et très exact n'offre aucune difficulté pratique. Lorsqu'on veut l'utiliser pour doser le sucre dans un organe particulier du fruit, la rafle ou la pulpe par exemple, on isole une provision suffisante de rafle ou de pulpe, qu'on pèse et qu'on épuise par l'eau bouillante. On étudie le liquide filtré. Même remarque pour le facteur acidité.

---

(1) L'excès de sel de plomb s'élimine sans peine par un peu de carbonate de soude.

(2) Par exemple, on dispose d'une liqueur de Fehling dont 10 centimètres cubes exigent pour être réduits 10<sup>cm<sup>3</sup></sup>,3 de solution glucosique. Un moût ayant été 50 fois dilué, la réduction du même volume de liqueur bleue se termine après une dépense de 5<sup>cc</sup>,6. Le moût contient donc en centigrammes par litre  $50 \times 5 \times 100 \times \frac{103}{96}$  ou 26.825 centigrammes ou 268 grammes au litre en chiffres ronds.

*Dosage de l'acidité des moûts. Méthode volumétrique liquide.* — Tous les acides complexes ou non, soit libres, soit partiellement saturés qui se trouvent diffusés dans un litre de moût, renferment réunis un certain poids  $p$  d'hydrogène basique ou actif. On considère la dose pondérale soit d'acide tartrique T, soit d'acide sulfurique S, qui contient précisément ce poids  $p$  d'hydrogène. Ce nombre figure l'acidité par litre ; il s'exprime en grammes. Ainsi un moût dont un litre sature exactement autant de liqueur de soude que le font 9<sup>sr</sup>,8 d'acide sulfurique a une acidité sulfurique de 9<sup>sr</sup>,8, et, par suite, une acidité tartrique de 15 grammes, parce que 9<sup>sr</sup>,8, d'acide sulfurique contiennent autant d'hydrogène basique, 0<sup>sr</sup>,2, que 15 grammes d'acide tartrique.

On trouve, en somme, un grand avantage pratique à exprimer l'acidité en acide tartrique, à cause du tartrage éventuel à la cuve qui a précisément pour but de relever un défaut d'acidité. Aussi adopterons-nous de préférence cette notation. D'ordinaire, l'acidité d'un moût, ainsi exprimée, varie de 8 à 15 grammes.

L'acide carbonique contenu dans le moût ou dans un organe quelconque de la grappe n'entre pas en compte dans le calcul de l'acidité, vu sa volatilité et sa faiblesse.

Pour mesurer l'acidité d'un moût peu coloré, on en prélève exactement 10 centimètres cubes qu'on introduit dans un verre à essai avec deux ou trois gouttes de teinture de phtaléine. On remplit une burette d'une solution de soude titrée et l'on verse d'abord assez vite, puis goutte à goutte, la soude dans le moût jusqu'à ce que la teinte rose qui se manifeste bientôt dans le voisinage des points de chutes pour se dissiper ensuite par l'agitation envahisse toute la liqueur.

La saturation est complète ; il ne reste qu'à faire la lecture (1) (fig. 52).

Comme on voit le procédé est très simple pour celui qui a quelques notions de chimie pratique mais il est un peu délicat pour une personne non exercée. Les constructeurs ont prévu cette difficulté et ils l'ont résolue par deux systèmes différents, très pratiques chacun dans leur genre.

Parlons d'abord de l'acidimètre de M. Roos (fig. 18).

Une tige A, vissée dans le couvercle de la boîte J, supporte une burette spéciale B divisée en centimètres cubes et dixièmes. Elle est terminée à sa base par un caoutchouc K et un tube effilé C (2). Le caoutchouc contient une boule en verre servant de robinet. On garnit la burette jusqu'au zéro avec de la liqueur alca-

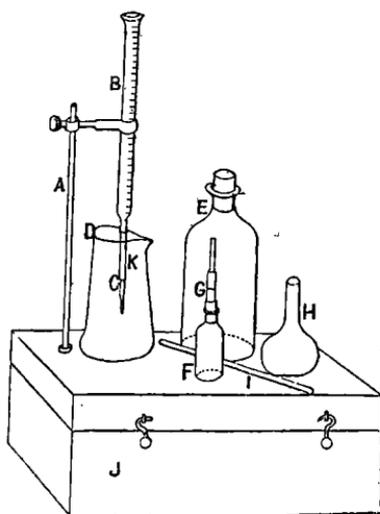


Fig. 13. — Acidimètre Roos.

(1) Le praticien pourra se servir d'une liqueur de soude sensiblement équivalente à celle que les chimistes appellent décime, en pesant grossièrement 8 grammes de matière, dissolvant et portant au litre. Il la titrera avec 10 centimètres cubes d'une liqueur tartrique fraîche à 15 grammes au litre ; soit  $10\text{cm}^3,8$  le volume de soude amenant la neutralisation. Si ensuite 10 centimètres cubes de moût sont neutralisés par  $8\text{cm}^3,7$  de cette même soude, l'acidité du moût est représentée en acide tartrique au litre par  $15\text{ grammes} \times \frac{87}{108}$  ou 12 grammes.

(2) Une petite sphère de verre un peu forcée dans un tube de caoutchouc qui la presse suffisamment s'oppose au passage des liquides ; mais quand on appuie à travers le caoutchouc sur la boule avec les doigts, celle-ci reste invariable, tandis que le caoutchouc, se déformant, laisse découler le contenu de la burette dans le tube C.

ine titrée extraite de la carafe E, puis on remplit de moût jusqu'à ce qu'elle déborde la fiole jaugée H de 100 centimètres cubes. Ainsi mesuré, le moût est transvasé dans le vase à réaction D de 400 centimètres de capacité, additionné de phénophtaléine puisée à l'aide du compte-goutte G dans la fiole I. Enfin on laisse couler la liqueur alcaline de la burette dans le moût jusqu'à neutralisation ; à mesure que l'acidité du moût se détruit par l'addition d'alcali, on agite avec la baguette en verre I pour homogénéiser le mélange.

La liqueur de soude est préparée de telle manière que chaque centimètre cube neutralise 1 décigramme d'acide tartrique. De cette façon, au terme de l'opération, le viticulteur, qui a opéré sur un dixième de litre de moût, n'aura qu'à compter les centimètres cubes et dixièmes dépensés pour avoir ses résultats en grammes d'acide par litre. Avec 9<sup>cc</sup>,7 extraits de la burette le taux d'acidité du moût est 9<sup>gr</sup>7, d'acide tartrique par litre.

Rien de plus simple, comme on voit, que le manie-  
ment de l'acidimètre Roos. On opère sur un volume  
considérable et le jaugeage de la prise d'échantillon se  
réduit à son maximum de simplicité. Seule la prépa-  
ration de la liqueur titrée de soude réclame l'inter-  
vention d'un spécialiste.

Si l'acidimètre Roos peut s'installer dans la première  
cave venue, le tube acidimétrique inventé et propagé  
par M. Dujardin permet d'opérer facilement au milieu  
même du vignoble, tant ce petit appareil est transpor-  
table. Il se compose de deux ampoules réunies par un  
tube cylindrique gradué. L'ampoule supérieure B (fig. 19)  
est munie d'un orifice qu'on peut fermer hermétiquement  
par un bouchon de caoutchouc ; l'ampoule inférieure  
sert de récipient. On la remplit du moût à essayer  
jusqu'au trait A, base de la graduation, gravé un peu

au-dessus du col. Puis on ajoute à la liqueur une solution sodique titrée, préparée d'avance par le constructeur; et telle qu'elle neutralise exactement, volume à volume, une solution tartrique à 10 grammes par litre. Lorsque la dose de réactif est suffisante sans excès, on lit en face du niveau final la richesse acide traduite en grammes d'acide tartrique par litre. Après chaque addition on bouchera le tube et on le renversera pour parfaire le mélange.

Au début comme au terme de cette courte opération, nous conseillons à l'œnologue d'attendre toujours que le liquide ait fini de ruisseler le long des parois, soit pour choisir le point de départ, soit pour faire une lecture définitive, et de suivre la règle du contact du ménisque. La seconde convention que nous avons déjà citée (voir chapitre II) est trop connue pour que nous insistions; quant au premier précepte, son observation nous paraît indispensable. Peut-être aussi fera-t-on bien de faire bouillir, puis refroidir les moûts s'ils ne sont pas bien frais. En se conformant à ces précautions et à celles

que recommande le constructeur dans son « mode d'emploi », on obtiendra des résultats exacts et comparables entre eux. Nous pouvons certifier par nos constatations personnelles qu'un simple vigneron peut parfaitement manier utilement le tube acidimétrique. La précision, moins grande qu'avec l'emploi des burettes, peut atteindre, mais non dépasser un quart de gramme par litre.

Il nous reste à éclairer le lecteur sur l'usage simple et avantageux de la solution alcoolique de phtaléine du phénol. Plaçons-nous par exemple, dans le cas du tube

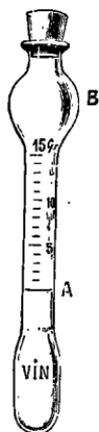


Fig. 19. —  
Tube acidimétrique de Salleron.

Dujardin. Après avoir rempli celui-ci de moût jusqu'au niveau A, nous ajoutons soit avec la pipette, soit en inclinant doucement le flacon débouché, une ou deux gouttes de teinture alcoolique de phtaléine. Celle-ci, insoluble, dans l'eau surnage en filets blanchâtres ou adhère aux parois. Sans nous en préoccuper versons alors la liqueur alcaline jusqu'au trait 4 ou 5 ; ordinairement le moût conservera la pureté de sa nuance blanche ou rosée ; quelques gouttelettes pourpres se formeront bien, mais l'agitation du tube les fera instantanément disparaître. En recommençant à déboucher, reverser de l'alcali, reboucher et renverser le tube ; nous obtiendrons des nuances moins roses, puis grisâtres et de plus en plus sales. Nous continuerons avec précaution jusqu'à ce qu'enfin l'ensemble adopte une teinte rouge assez analogue à celle de la piquette ordinaire. C'est le terme de l'opération. Avec un peu d'habitude il est impossible de le laisser échapper, car toujours la nuance pourpre, avant d'envahir définitivement l'ensemble du liquide homogène, se manifeste d'abord dans les couches supérieures au contact de la soude récemment versée, pour disparaître ensuite par l'agitation, assez vite au début, plus lentement ensuite.

Certains moûts dits teinturiers, naturellement rouges ne fournissent aucun résultat net avec la phénophtaléine dont le virage est masqué par la présence des matières colorantes. Mais la nature même de ces principes permet de se passer d'indicateur. Si nous ajoutons progressivement de la soude à un moût coloré, nous le voyons devenir rouge terne, puis violacé, puis enfin vert, quel que soit l'excès d'alcali. La transition du violet au vert s'effectue par un virage passager au noir pur qui correspond sensiblement au point de neutralisation. Un mélange violet contient encore un

reste d'acide ; un mélange verdâtre renferme déjà de l'alcali en excès. En inclinant le tube, nous amènerons dans l'ampoule supérieure une couche mince de liquide dont il sera facile d'estimer par transparence la couleur exacte en disposant le tube au-dessus d'une surface blanche.

Dans les verres à essai ordinaires des laboratoires ou dans la fiole à réaction de l'appareil Roos, le mélange du moût avec l'alcali progressivement incorporé s'opère encore plus vite et facilement qu'à l'intérieur du tube ; on évite bien des tâtonnements. Il est toujours avantageux, si l'on s'attaque à un moût coloré, de placer une surface blanche (feuille de papier) au-dessous du liquide à neutraliser.

*Méthode volumétrique gazeuse.* — Tout le monde connaît le bicarbonate de soude ou « sel de Vichy ». Les pharmaciens débitent cette substance sous forme de poudre blanche entremêlée de grumeaux très friables que les personnes sujettes aux maladies d'estomac absorbent délayée dans du vin. Celui-ci perd sa couleur, vire au violet sale ou même au verdâtre et des bulles gazeuses se dégagent qui font mousser le liquide comme de l'eau de Seltz. Le bicarbonate est décomposé par le vin parce que les matières qui contribuent à donner à cette boisson un caractère acide s'emparent de la soude et libèrent l'acide carbonique ; d'autre part si on mélange de l'acide tartrique dissous à ce même bicarbonate, un phénomène identique se produit (c'est même par ce moyen qu'on fabrique en petit l'eau de Seltz artificielle). Enfin avec le moût de raisin les mêmes causes amènent aussi les mêmes résultats.

MM. A. Trubert et A. Bernard ont expérimenté, chacun de leur côté, et au moyen de leurs appareils

calcimétriques respectifs, la mesure de l'acidité des moûts par le dégagement gazeux que produisent ces moûts au contact du bicarbonate de soude. Comme leurs instruments, leurs méthodes diffèrent légèrement entre elles. Nous nous efforcerons de les exposer de notre mieux, en toute impartialité, en indiquant les petites précautions que nous a suggérées notre expérience personnelle. L'un de ces agronomes a également soulevé au sujet de cette intéressante méthode volumétrique au bicarbonate une question de priorité dans la discussion de laquelle nous ne saurions entrer. Aussi renverrons-nous le lecteur à l'examen des pièces originales (1).

1° *Mesure de l'acidité des moûts et calcimètre Trübert.* — Le flacon, les tubes, la cloche et la cuve étant disposés comme pour une expérience calcimétrique, on procède à une tare. On introduit dans le flacon, au moyen soit d'une pipette jaugée, soit d'une burette, 20 centimètres cubes d'une solution d'acide tartrique pur à 10 grammes d'acide par litre; ou bien on pèse, à la balance de précision, 20 centigrammes d'acide tartrique pulvérisé qu'on précipite dans le flacon et qu'on arrose de 20 centimètres cubes d'eau pure pour les dissoudre. La force de la liqueur correspond à peu près à celle d'un moût ordinaire. On dépose ensuite dans le flacon A à l'aide de brucelles une jauge en verre *j* contenant de 30 à 40 centigrammes de bicarbonate en s'arrangeant de manière que le liquide L occupant le fond du flacon ne puisse mouiller le sel.

Ceci posé, on bouche le flacon, on règle la tension

---

(1) Voir *Revue de Viticulture*, numéros du 12 juin et du 31 juillet 1897, différents numéros du *Progrès Agricole* postérieurs à cette date et les *Mémoires de l'Académie de Mâcon* pour cette même année.

de l'air, comme nous l'avons indiqué dans le chapitre III, on dispose la cloche sur l'orifice du tube à crochet, et, maniant le flacon par la couronne du goulot, on le secoue de façon à faire basculer la jauge et agiter le liquide. L'attaque est immédiate : des bulles gazeuses se dégagent par le crochet *d* ; on continue de secouer, les bulles s'espacent de plus en plus, et enfin on reconnaît que l'opération est finie lorsqu'une agitation prolongée pendant quelques secondes ne déplace plus le niveau liquide à l'extrémité du tube abducteur, ou, à plus forte raison, provoque une légère absorption.

Il est inutile d'expliquer comment doit s'opérer la lecture du volume gazeux, nous le savons déjà.

On recommence avec une nouvelle dose de bicarbonate et 20 centimètres cubes du moût à essayer qu'on aura préalablement fait bouillir, pour arrêter la fermentation et expulser l'acide carbonique déjà formé, puis refroidir complètement (1).

Le quotient du second résultat par le premier, multiplié par 10, fournit l'acidité du moût exprimée en grammes d'acide tartrique par litre. Supposons une tare de 60 centimètres cubes et un dégagement de 69,5 correspondant au moût ; ce dernier possédera une acidité équivalente à  $\frac{10 \times 69,5}{60}$ , ou 11,5 grammes d'acide tartrique par litre.

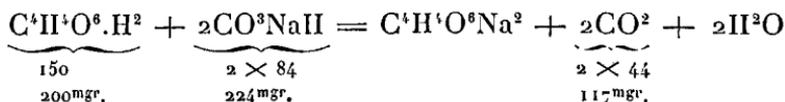
Une seule tare suffit pour toute une série d'opérations et peut même servir pendant toute une journée de dosages. En valeur absolue, la tare, comme pour le carbonate de chaux, varie avec la température et la pression du jour, mais elle change aussi avec la nature

---

(1) Dans ce but, retirer du feu le ballon contenant le moût encore bouillant ; le boucher et le soumettre à l'action d'un filet d'eau fraîche coulant sans cesse.

même du bicarbonate employé, la forme et les dimensions absolues du vase à réaction. Nous le répétons, ces changements étant proportionnels, n'ont pas d'importance. Il faut avoir soin d'effectuer toujours une série complète d'essais aux dépens d'une même provision de sel de Vichy pulvérisé, rendue homogène, et non renouvelée, et en conservant le même matériel. Si, avant l'épuisement de la provision, et sans avoir changé le flacon A, on retrouve les mêmes conditions de pression et surtout de température sous lesquelles on a précédemment opéré, on peut, sans inconvénient aucun, reprendre comme base la tare ancienne.

Répondons à présent à quelques-unes des objections que nous avons entendu formuler au sujet du dosage au bicarbonate. En pratique, le sel du commerce est toujours d'une pureté satisfaisante (2), mais quelques traces de matières étrangères importent peu puisqu'on opère invariablement avec un sensible excès de réactif. En effet, 20 centimètres cubes de liqueur tartrique à 10 grammes par litre contiennent 200 milligrammes d'acide tartrique, qui décomposent 224 milligrammes seulement de bicarbonate.



Comme chaque centimètre cube de gaz carbonique pèse sensiblement 2 milligrammes, il devrait se dégager 58 ou 59 centimètres cubes de gaz sec à 0°, et plus encore si l'on tenait compte de la température et de la vapeur d'eau qui sature l'intérieur de la cloche. En réalité,

---

(2) Comme la plupart des matières formées par précipitation au sein d'un liquide.

toutes corrections effectuées, on recueille une quantité moindre parce qu'une partie du gaz est retenue par l'eau ou le moût du flacon. L'essentiel est qu'avec un volume identique de liqueur, une dose à peu près égale de bicarbonate et une acidité exactement moitié moindre, on recueille dans la cloche un volume gazeux moitié moindre aussi. Or, c'est ce qui se produit toujours.

Le viticulteur n'a pas à peser son bicarbonate ; il peut même, sans la moindre difficulté, juger à vue d'œil de la quantité de sel à employer. L'essentiel pour lui est de ne guère dépasser 45 à 50 centigrammes ; et, d'autre part, avec du bicarbonate commercial acheté chez un droguiste, nous avons encore réussi avec 25 centigrammes. La marge est satisfaisante, ce nous semble. Si le chimiste d'occasion, dépourvu de balance, se défie de lui-même au point de ne vouloir puiser sa poudre de bicarbonate au moyen d'une petite cuiller de capacité convenable, qui l'empêche de se faire préparer d'avance par le premier pharmacien venu un certain nombre de prises de 35 centigrammes. Le même pharmacien pourra de même préparer des paquets de 1 ou 2 grammes d'acide tartrique dont les cristaux, parfaitement purs, se conservent indéfiniment lorsqu'on les tient à l'abri de l'humidité. Ces paquets, au moment des tares, seront dissous dans l'eau bouillie jusqu'à parfaire 100 ou 200 centimètres cubes, suivant le cas (1). On peut enfin préparer ou se faire préparer d'avance une solution acidulée inaltérable, d'acide sulfurique par exemple (6<sup>gr</sup>,53 par litre) ou d'acide oxalique (8<sup>gr</sup>,4 par litre) équivalente à la liqueur tartrique à 10 grammes.

---

(1) L'ébullition précipite les traces de bicarbonate de chaux que contiennent souvent les eaux.

Nous avons voulu tenter de faire des expériences d'acidimétrie semblables aux précédents en nous servant du matériel de M. Bernard. Introduisant dans la fiole à réaction de son calcimètre 20 centimètres cubes de liqueur tartrique ou de moût, nous disposons les 40 centigrammes de bicarbonate, non dans la jauge ordinaire de l'instrument, beaucoup trop longue pour cet emploi, mais dans une jauge construite exprès, à fond plat et très courte (4 à 6 centimètres au plus). L'opération, conduite comme un dosage ordinaire de calcaire, grâce à la bonne disposition d'un appareil aussi simple que commode, permet d'obtenir très vite des résultats excellents.

*2° Mesure de l'acidité des moûts au calcimètre Bernard.*

— Se basant sur ses propres expériences, M. Bernard repousse le procédé que nous venons de signaler rapidement, et préconise une manière d'opérer un peu différente que nous ne croyons pas devoir omettre de mentionner.

D'abord au lieu de conserver le bicarbonate à l'état sec, M. Bernard confectionne à froid, avec de l'eau distillée ou de pluie, une solution de cette matière à 90 grammes de sel de Vichy au litre. Il est bon que la liqueur soit préparée depuis quelque temps. Avec une pipette jaugée de 10 centimètres cubes divisée en dixièmes on en puise 4 centimètres cubes qu'on introduit dans la jauge ordinaire à chaque essai volumétrique.

Les tares et les déterminations s'opèrent toujours sur 20 centimètres cubes, soit d'acide, soit de moût. Seulement les tares s'effectuent à l'acide sulfurique décimormal (4<sup>gr</sup>, 9 par litre).

Supposons après expérience la tare égale à 37 centi-

mètres cubes. Un moût donne un dégagement de 50 unités; la différence de 50 — 37 ou 13 est multipliée par le facteur constant 0,115. Résultat 1,495, soit 1,5, 4<sup>es</sup>,9 + 1<sup>er</sup>,5 = 6<sup>es</sup>,4. Telle est l'acidité du moût traduite en acide sulfurique, selon la convention que préfère M. Bernard; l'acidité tartrique serait égale alors à 6<sup>es</sup>,4 × 1,53 ou voisine de 9<sup>es</sup>,8.

*Distribution du sucre dans le raisin.* — Soit qu'on ait recours au titrage à la liqueur de Fehling, ou qu'on se contente des indications un peu générales de l'aréomètre, on constate des différences assez considérables dans la richesse saccharine des raisins mûrs. L'étude de ces variations présente un vif intérêt. Lorsqu'un raisin fournit beaucoup de jus, ce jus est généralement aqueux.

Ainsi, toutes choses égales d'ailleurs, le minimum de richesse sucrée de la pulpe correspond à l'Aramon du Midi, cépage à grand rendement et gros fruit (14 p. 100 du poids de la pulpe). A l'opposé, se place le Pinot noir de Champagne dont les petites baies renferment jusqu'à 23,5 p. 100, presque le quart de l'ensemble de principes doux. Les raisins de Sauterne approchent beaucoup de cette même limite 22 p. 100 et le chiffre le plus ordinaire ne s'écarte guère de 20 p. 100. On voit que l'Aramon se range tout à fait à part. Ces observations ont été faites, sur la récolte de 1893, par MM. Girard et Lindet. En 1894, ces mêmes savants ont repris la question et constaté dans les cépages du nord de la France un déchet considérable de sucre; la perte relative atteignait dans certains cas le tiers ou la moitié du taux antérieur.

Si le *mildew* fait son apparition au printemps dans une vigne, il produit une sorte de coulure qui amène les

mêmes effets que ce dernier accident : diminution du jus par rapport au poids total de la grappe et, chose bizarre, augmentation exactement corrélative du principe sucré. Deux raisins de même poids, l'un malade, l'autre sain, fournissent : le premier, une petite quantité d'un jus assez riche, l'autre un volume supérieur d'un jus plus aqueux (M. Roos).

Si, au contraire, l'invasion du *mildew* est tardive, les raisins, mûrissant incomplètement, ressemblent par leur composition aux grappillons à verjus.

- La rafle, il n'est pas besoin de le dire, est à peine sucrée. C'est au moment de la véraison que le sucre y est le plus abondant « comme si, dirigée vers cette pulpe qui ne peut la loger assez vite, la matière sucrée s'arrêtait en attente dans le canal d'alimentation que la rafle constitue » (MM. Girard et Lindet). Au fur et à mesure des progrès de la maturité normale d'un grain de raisin bien portant, le sucre n'envahit pas uniformément l'ensemble du globe, mais s'accumule d'abord à la périphérie pour de là s'insinuer à l'intérieur. On a même formulé à ce sujet une règle pratique. Un raisin a parachevé l'évolution de sa maturité, lorsqu'en dégustant séparément d'abord le cœur du grain, puis les couches adjacentes à la peau, on trouve partout une douceur uniforme.

Aussi les agronomes qui voulurent étudier la richesse saccharine des moûts ruisselant des raisins plus ou moins pressés, en fonction de l'énergie de la pression, sont-ils arrivés à des résultats discordants qui tiennent sans doute à ce qu'ils n'ont pas tous opéré dans des conditions identiques. Le fruit est-il comprimé modérément : les couches moyennes cèdent les premières un jus qui peut être égal, ou inférieur, ou supérieur à celui que fera dégoutter un écrasement plus énergique.

*Distribution de l'acidité dans le raisin.* — Maintenant que nous connaissons les matières qui, associées, tendent à donner au raisin une réaction acidulée et que nous savons exprimer avec exactitude cette qualité, en nombres concrets, il est temps de passer en revue les différents organes du fruit à l'égard de l'acidité, comme nous l'avons fait pour le sucre.

La pellicule des grains est ordinairement pauvre en acides. Les matières colorantes qui la teignent en l'absence d'acide virent au violet ou à l'orangé, suivant leur nature.

Sensiblement neutre dans les années sèches, presque dépourvue de principes sucrés, comme nous savons, la rafle ne contient jamais beaucoup de matières acides. L'acide malique libre l'emporte sur l'acide tartrique libre et ces deux substances réunies prennent le dessus dans certains cépages de Bourgogne sur la crème de tartre, au lieu qu'en Champagne, dans la Gironde, dans le Midi méditerranéen, c'est le contraire qui se produit.

Quant à la pulpe, c'est-à-dire au moût, la richesse paraît supérieure dans la Haute-Bourgogne et le Midi, inférieure en Gironde et en Basse-Bourgogne.

Il est un élément d'acidité assez important malgré sa proportion infime ; il ne figure que dans les seuls pépins à raison de 1 p. 100 de leur poids seulement. C'est l'acidité volatile qui après fermentation, détermine le bouquet du vin. Cent kilogrammes de grappes entières donnent une quantité de ces acides correspondante à 9 grammes d'acide sulfurique pour l'Aramon qui fournit un vin relativement commun et plat et à 48 grammes pour le Pinot de Bourgogne qu'on cultive dans les grands crus. On ignore encore la nature des principes chimiques qui contribuent par leur action commune à engendrer l'acidité volatile.

**Principes accessoires des raisins. Tanin. Huile. —**

Au lieu de nous égarer dans l'exposition assez délicate de la structure intime du tanin, d'expliquer la relation qui l'unit à l'acide gallique, nous préférons définir ce même tanin par ses caractères extérieurs les plus saillants. Notons sa saveur caractéristique, dite « astringente », son affinité remarquable pour les tissus animaux frais qu'il rend imputrescibles, insolubles et transforme en cuir, la faculté qu'il possède de brunir au contact des alcalis et de l'oxygène de l'air en absorbant ces deux principes et se décomposant. Le tanin est un peu soluble dans l'eau ; sa réaction est faiblement acide. Il paraît en exister plusieurs variétés.

Nous mentionnerons, sans insister d'ailleurs, la présence du tanin dans les rafles, les pépins, les peaux et surtout dans les peaux des raisins noirs. A cet égard les cépages de l'Yonne tiennent la tête et la Folle blanche des Charentes occupe le dernier rang.

Quand nous aurons cité une matière résineuse brune voisine du tanin, contenue à dose très faible dans les rafles et les pépins et qui communique peut-être aux vins nouveaux son goût un peu âpre, il ne nous restera plus qu'à signaler la matière grasse des pépins. Ceux-ci, macérés avec de l'éther, abandonnent par l'évaporation de ce véhicule une huile d'une extrême finesse de goût. D'un kilogramme de pépins on peut retirer au moins 40 et au plus 90 grammes d'huile.

**Fermentation alcoolique des liqueurs sucrées. —**

Nous avons mentionné l'existence des ferments au chapitre premier. Certains d'entre eux, pour les besoins de leur alimentation, absorbent le sucre fermentescible et le restituent transformé en alcool, tandis qu'il se dégage de l'acide carbonique dont une petite quantité

est retenue par le liquide réagissant, et la majeure partie expulsée sous forme d'infimes bulles qui viennent crever à la surface. Lorsque l'affluence des bulles est telle que le liquide mousse à la façon d'une liqueur qui bout ou d'un calcaire qu'on attaque par un acide, la fermentation est dite « tumultueuse » ; c'est la période active du phénomène ; elle est précédée et suivie d'une phase tranquille qui peut se prolonger durant des journées et des semaines entières.

Il est donc connu de toute antiquité, et les personnes les plus étrangères aux sciences ne l'ignorent pas, que les liqueurs sucrées en fermentation engendrent deux principes : 1° le premier (alcool) qui rend la boisson spiritueuse ; 2° le second (gaz carbonique) qui la fait piquante et acidule et qui s'accumulant dans les cuves remplies de raisins écrasés constitue une atmosphère asphyxiante, impropre à la combustion.

Prenez des poids de sucre variables : dissolvez-les dans des volumes identiques et assez grands d'eau distillée. Ensemencez ces solutions avec de la levure de bière ; disposez vos échantillons dans des flacons fermés, munis d'un tube abducteur débouchant à l'intérieur d'une cloche à gaz, comme dans l'appareil Trubert ; si la température du laboratoire est tiède sans excès de chaleur, l'opération se terminera en quelques jours. Cela fait, au moyen d'un procédé physique ou chimique quelconque, dosez l'alcool contenu dans le liquide. Si l'opération a été bien conduite, auquel cas le sucre disparaît entièrement, les quantités d'alcool sont proportionnelles aux poids de sucre employés ; autrement dit, le même poids de sucre engendre toujours le même poids d'alcool ; il faut fournir 100 grammes de sucre pour obtenir 50 grammes d'alcool.

Si, en même temps, on mesure les volumes d'acide

carbonique dégagés, on reconnaît que, dans des circonstances identiques de température et de pression ces volumes s'accroissent sensiblement comme les doses primitives de sucre et finales d'alcool. Il s'ensuit que l'on peut dans une liqueur sucrée, un moût de raisins par exemple, doser le sucre par fermentation. On doit seulement reprocher à ce procédé assez exact d'exiger beaucoup de temps (un ou deux jours) ainsi qu'une température favorable et bien constante (25° environ) et l'emploi de la levure de bière (1).

*Produits accessoires de la fermentation.* — Les savants ont cru pendant fort longtemps que le poids du sucre disparu équivalait, comme dans les véritables réactions chimiques, à la somme des poids de l'alcool et de l'acide carbonique obtenus. C'est l'illustre Pasteur qui a démontré que ces deux substances, tout en constituant les termes principaux de la réaction, n'en étaient pas les seuls résultants. Si on pèse au préalable la glucose soumise à l'expérience et que par des procédés de dosage rigoureux on évalue les poids des produits engendrés, on reconnaît un déchet sensible qu'on peut être d'abord tenté d'attribuer soit à une évolution incomplète, soit à des phénomènes d'évaporation, mais

---

(1) Quand, en pratique, on opère avec le flacon et la cloche de l'appareil Trubert, il faut tenir compte du gaz retenu par le liquide soumis à l'expérience. On ne se trompera guère en ajoutant au volume recueilli dans la cloche exprimé en centimètres cubes, autant de centimètres cubes qu'on en aura versé sous forme de liquide dans le flacon à réaction. Par exemple, si 30 centimètres cubes de liquide ont fourni un dégagement apparent de 80 divisions, on totalisera 80 + 30, ce qui fera 110. Au moyen des tables, on corrige ensuite ce volume de la triple influence de la température, de la pression et de l'humidité. Résultat net : 96. On divise ce nombre par le facteur constant 2,3 commun à toutes les expériences. Le quotient — 40 dans le cas présent — donne le poids en centigramme du sucre générateur. Il faudra toujours, ou bien opérer sur un petit volume avec 40 centigrammes de glucose au plus qui suffisent déjà pour remplir complètement la cloche, ou étendre le moût d'une bonne proportion d'eau bouillie et filtrée.

qui s'accuse encore nettement quand, à force de soins, on élimine toute cause d'erreur. C'est qu'en sus de l'alcool et du gaz carbonique il se forme toujours dans la fermentation vineuse deux produits dont l'influence n'est pas négligeable : l'acide succinique et la glycérine.

Le premier de ces corps se nomme ainsi parce qu'il a été retiré autrefois du succin ou ambre jaune. C'est un acide bibasique à deux hydrogènes actifs de la formule  $C^4H^4O^4$ .  $H^2$ , qui offre une certaine analogie avec le symbole des acides malique et tartrique. Même nombre d'atomes de carbone et d'hydrogène ; basicité identique, la différence ne porte que sur l'oxygène du noyau. La théorie montre et l'expérience justifie qu'en ajoutant d'abord à la molécule de l'acide succinique un premier atome d'oxygène on obtient l'acide malique, et, en y joignant un second atome, on tombe dans l'acide tartrique. Comme les acides malique et tartrique pré-existants auxquels il vient s'ajouter après coup, l'acide succinique doit entrer dans la constitution des vins dans lesquels sa présence a été effectivement constatée.

Il en est de même de la glycérine et cette découverte, dans certains cas, a rendu service aux fraudeurs en leur indiquant un moyen très économique de masquer le mouillage, combiné ou non avec le vinage, par addition de glycérine qui, s'ajoutant à celle contenue naturellement dans le vin, force l'expert et risque par suite de dérouter un novice. En moyenne la glycérine naturellement formée dans un vin équivaut au douzième seulement du poids de l'alcool.

Chimiquement la glycérine, comme nous l'avons dit, est le type des alcools trivalents ; elle tient le milieu par ses caractères entre l'alcool ordinaire et les sucres et se présente sous forme d'un liquide douceâtre, sirupeux, très soluble et peu volatil.

Comme on le voit, la science en analysant les résultats de la fermentation par la levure de bière du jus sucré s'est avancée par approximations successives. Il existe même à côté des termes principaux et secondaires obtenus des sous-produits dont l'étude nous entrainerait trop loin et s'écarterait absolument du cadre d'une étude que nous avons l'ambition de rédiger sous une forme plutôt pratique que théorique.

*Les levures.* — Nous savons déjà que les ferments sont des végétaux inférieurs se propageant par bour-

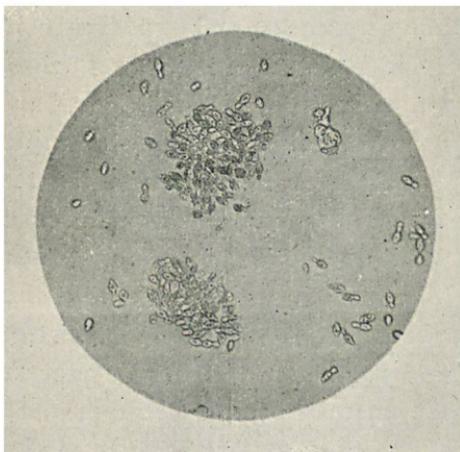


Fig. 20. — Levure apiculée (*Saccharomyces apiculatus*).

gonnements. Il en existe d'assez nombreuses variétés dont les unes sont favorables, les autres indifférentes, les autres enfin nuisibles.

Les grains de raisin, tout le monde a pu l'observer, sont recouverts, à partir de la période de maturité, mais pas avant, d'une sorte de velouté ou pruine. Dans ce velouté qu'il est facile d'enlever en touchant le grain du doigt se trouvent, tout prêts à se développer, les

germes de deux levures : le *Saccharomyces apiculatus* et le *Saccharomyces ellipsoïdeus*.

La levure apiculée (fig. 20) est commune à tous les fruits acidulés qui, écrasés, ou tout simplement meurtris, peuvent entrer en fermentation et fournir une boisson alcoolique de goût plus ou moins agréable. Mais c'est la seconde variété, levure elliptique (fig. 21)

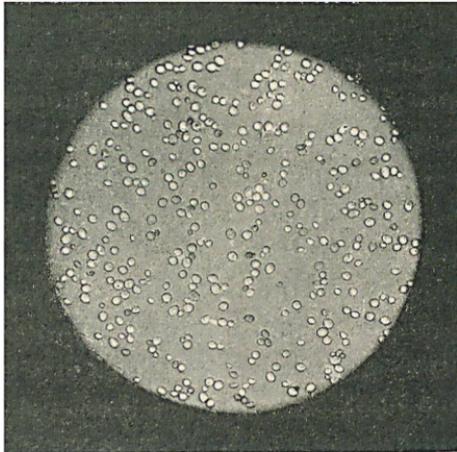


Fig. 21. — Levure elliptique (*Saccharomyces ellipsoïdeus*).

qui donne au jus de raisin transformé ses plus précieuses qualités organoleptiques.

Quelles sont les conditions pour que les deux variétés de levures ci-dessus dénommées, et surtout la levure elliptique, agissent vite et bien ?

Pour que les ferments opèrent dans des circonstances les meilleures possible, la transformation du sucre en alcool, il faut que leur multiplication soit rapide parce qu'une levure jeune agit toujours avec plus d'énergie qu'une vieille et parce que les germes, indifférents ou nuisibles, périssent écrasés sous la concurrence vitale. La multiplication elle-même est

favorisée ou entravée par trois circonstances relatives à la température du moût, à son acidité, à son aération.

*Influence de la température sur la fermentation.* —

Dans les régions septentrionales de la culture de la vigne, en Bourgogne, par exemple, ou même sous des latitudes plus basses lorsque les froids sont précoces et les vendanges tardives, il arrive quelquefois que les raisins précipités dans la cuve ne manifestent aucune tendance à entrer en fermentation. Il ne faut pas croire alors la vinification manquée, ni se désespérer. De simples paysans intelligents savent très bien qu'alors le remède est facile ; on puise du moût, on le transvase dans un chaudron qu'on expose à la chaleur du foyer, et on déverse sur les fruits écrasés le moût en ébullition. La fermentation ne tarde pas alors à s'allumer et se poursuit régulièrement jusqu'à obtention d'un vin souvent très bien réussi. En pareil cas, l'essentiel est de provoquer un bon départ, car la chaleur développée par la production du phénomène suffit à son entretien. Dans ses expériences de laboratoire, M. Gayon, de Bordeaux, évalue, terme moyen, à 12 ou 15° centigrades l'élévation de température produite sur la vendange par le phénomène de la fermentation. Ce taux, bien entendu, concerne un cas idéal : une vendange renfermée dans des parois minces, absorbant peu de chaleur et non conductrices.

En Algérie, au contraire, les vendanges, hâtées par des températures torrides, se font souvent au milieu des lourdes chaleurs d'août, pendant que souffle le sirocco. Alors les raisins fermentent à peine cueillis, à peine froissés, mais l'ébullition, tumultueuse au début, se ralentit bientôt dans les cuves. Le vin obtenu reste doux de goût, sujet à bien des maladies, par cela

même de conservation difficile et de plus sa force alcoolique ne s'accorde pas avec la richesse glucométrique élevée des raisins qu'on a cueillis.

Ces deux faits, purement expérimentaux, s'expliquent très facilement par les découvertes modernes. Les ferments pour se développer et fonctionner convenablement ont besoin d'une température modérée.

Si le froid se fait sentir, les *Saccharomyces* ne se multiplient pas et, en l'absence de leur travail, le moût reste trouble et douceâtre. Mais un réchauffement même temporaire suffit à entraîner la fermentation, parce que celle-ci, comme une transformation chimique exothermique, dégage de la chaleur qui entretient le phénomène, de même qu'une bougie continue à brûler après l'extinction de l'allumette qui a primitivement enflammé la mèche.

Prenons, suivant les conventions ordinaires de la thermochimie le gramme pour unité concrète de poids. La molécule de glucose  $C^6H^{12}O^6$  ou  $6 \times 12 + 12 + 6 \times 16$  ou enfin 180 sera représenté par 180 grammes, Ces 180 grammes, en fermentant, dégageront 32 calories, c'est-à-dire 32 fois la quantité de chaleur nécessaire et suffisante pour élever de  $1^\circ$  la température de 1 kilogramme d'eau. M. Bouffard, professeur à l'École d'agriculture de Montpellier, a trouvé un nombre un peu moindre en opérant en petit dans des circonstances aussi voisines que possible des conditions pratiques ordinaires, avec un moût à 130 grammes de sucre par litre. On comprend du reste l'extrême difficulté des déterminations de ce genre.

Dans les caves enfin, la mauvaise conductibilité de l'enveloppe du récipient suffit à protéger le moût une fois réchauffé contre l'envahissement du froid externe.

Si, par contre, la chaleur est trop forte, les levures

utiles commencent bien leur besogne tout de suite et même avec une vive énergie. Mais alors l'élévation de température provenant du début du phénomène, au lieu de combattre l'influence rafraîchissante de l'air ambiant et des vases vinaïres, comme dans le cas précédent, concourt à accroître l'envahissement de la chaleur. Evaluée au thermomètre, la température de la masse arrive bientôt à dépasser 35° ou 40°.

Qu'arrive-t-il dans ces conditions ? Jusqu'à 37° ou 38° les ferments alcooliques fonctionnent de moins en moins bien, mais enfin survivent et, si la température vient à s'abaisser, se remettent à l'œuvre et réparent le temps perdu. En même temps les ferments secondaires commencent à entrer en activité et sous leur influence le sucre se dépense en pure perte. A partir de 40° les levures utiles disparaissent et naturellement, quel que soit le refroidissement ultérieur, ne sauraient se remettre à l'œuvre. Alors se développe librement, un ferment qui sous le climat tempéré de la France agit rarement, mais qui fonctionne en Algérie : le ferment mannitique. Le sucre du moût se transforme partiellement en mannite, sorte de matière douceuse constituant un alcool supérieur hexavalent et dangereux pour la conservation du vin. En même temps, pendant que les éléments d'acidité fine (crème de tartre) disparaissent, il se forme des acides volatils, lactique et acétique, qui ne contribuent pas à améliorer la saveur déjà peu agréable du vin produit, ni à en assurer la conservation.

Une autre théorie légèrement différente de la précédente, nullement inconciliable avec elle, a été aussi mise en avant ; la levure ordinaire à des températures un peu trop élevées souffrirait et, devenue malade, sécréterait des produits toxiques pour elle-même. L'in-

fection croîtrait avec la chaleur, sans qu'il fût besoin d'invoquer la présence ou l'intervention d'organismes étrangers.

Il importe donc essentiellement que la température des récipients, quels qu'ils soient, au sein desquels s'opère la fermentation reste modérée et comprise entre les deux limites de 28° et de 32°. De 32° à 37° il n'y a pas péril en la demeure; en prenant certaines précautions et surtout en faisant ultérieurement refroidir, la marche de la fermentation momentanément gênée peut reprendre et fournir encore des résultats passables. Mais aux approches de 40° le mal commis peut être irréparable.

Si les raisins sont froids ou tièdes, c'est-à-dire si un thermomètre plongé dans la masse des fruits récemment cueillis n'accuse pas plus de 20 ou 25°, tout va bien et le propriétaire ne saurait concevoir aucune inquiétude relative à la bonne marche de la fermentation subséquente car même avec les 12 à 15° d'élévation ultérieure théorique de température (M. Gayon), les températures dangereuses ne seront jamais atteintes surtout dans des circonstances normales de déperdition de chaleur.

Tout le monde sait que la couleur noire jouit de la propriété d'absorber les rayons solaires. Aussi dans le pays à climats chauds, ou ailleurs, à la suite d'étés brûlants, les raisins foncés, s'ils sont mal garantis par les feuilles, s'échauffent considérablement. MM. Müntz et Rousseau, dans le cours de leurs expériences poursuivies en 1896 au Mas Déous (Pyrénées-Orientales), ont observé des températures de 40°, bien supérieures à celles de l'air ambiant, sur des grappes baignées par les rayons solaires. Naturellement, avec un ciel serein l'échauffement est plus vif qu'avec un ciel nuageux.

Voilà des conditions déplorable *a priori*. Est-ce à dire qu'elles soient impossibles à éviter ? Non, car, d'après les mêmes auteurs, la fraîcheur des raisins, surtout des raisins non abrités, est très sensible le matin, s'abaisse de plusieurs degrés au-dessous de celle de l'air ambiant et cela d'autant plus franchement que le rayonnement nocturne est favorisé par la pureté du ciel. La même circonstance peut donc amener tour à tour des effets absolument opposés. Si l'on pouvait vendanger pendant la nuit, les résultats seraient parfaits, mais, vu l'impossibilité d'une semblable pratique, le vigneron des pays chauds doit se contenter de commencer la cueillette de très bonne heure et de l'interrompre, si c'est possible, pendant les trop lourdes chaleurs de l'après-midi.

On a proposé de forcer la vendange à se refroidir en l'étalant dans un local frais et même de l'arroser d'eau de puits froide, ce qui constituerait une belle et bonne fraude.

Mais les inventeurs et les propriétaires ont surtout rivalisé d'ingéniosité pour empêcher une trop vive élévation de température à l'intérieur de leurs vases vinaires. Le trop grand nombre même de ces dispositifs, dont quelques-uns sont très curieux, trahit la difficulté de la solution pratique ; une bonne méthode eût tout de suite pris franchement le dessus et son emploi se fût immédiatement généralisé. Il nous faudrait allonger outre mesure ce chapitre, si nous décrivions tout au long le principe et à plus forte raison les détails de construction des appareils expérimentés ; aussi, conformément à l'esprit de ce livre, limiterons-nous aux renseignements généraux, sans aborder les applications.

Nous n'avons à apprendre à personne que la ferment-

tation des raisins écrasés s'opère, soit dans des barriques, soit dans des cuves, soit dans des foudres.

Avec le premier procédé aucune élévation de température nuisible n'est à redouter. La masse soumise à la fermentation est relativement faible et, au contraire, la surface extérieure libre plutôt considérable; aussi tant par rayonnement que par simple conductibilité, il se dégage beaucoup de chaleur, surtout dans une cave bien fraîche. Par malheur, cette méthode, en usage dans des régions où la qualité du vin est excellente et la quotité de la récolte plutôt faible, ne saurait être pratiquée dans les pays à grande production. En outre dans des contrées comme le Bordelais où on se sert souvent de barriques pour la fermentation, on a rarement à lutter contre son excès de chaleur.

En employant les foudres pour faire bouillir la vendange, il convient de refroidir celle-ci peu d'heures après son introduction, si les raisins ont été cueillis chauds, car le maximum se manifeste spontanément au bout d'une quarantaine d'heures. Dans le cas contraire, on peut surseoir à l'opération, mais jamais on ne doit laisser le moût dépasser 35° ou 36°, de peur qu'il n'atteigne la température dangereuse de 38°. Praticqué trop tard, le refroidissement ne présente aucune utilité; on évite, il est vrai, les mauvaises fermentations, mais on subit un fort déchet en alcool. Il n'y a bien entendu aucun inconvénient à commencer la réfrigération à une température plus basse et même à 30°.

Après avoir minutieusement étudié, au double point de vue théorique et pratique l'influence de la température sur la fermentation dans les foudres, MM. Müntz et Rousseau ont, pour parer aux inconvénients qu'ils ont fait ressortir, recommandé un réfrigérant fort simple, fort bien conçu, mais pratique seule-

ment pour les exploitations considérables à cause de son prix élevé. Cet appareil (fig. 22) se compose de deux séries de tubes horizontaux en métal épais, juxtaposés au nombre de 19 dans chaque série. Des obturateurs mobiles assurent la communication d'un tube au tube voisin. Le moût parcourt tout un faisceau, puis au moyen d'un tuyau de raccord pénètre dans l'autre. Pendant son trajet, naturellement fort long, la large surface

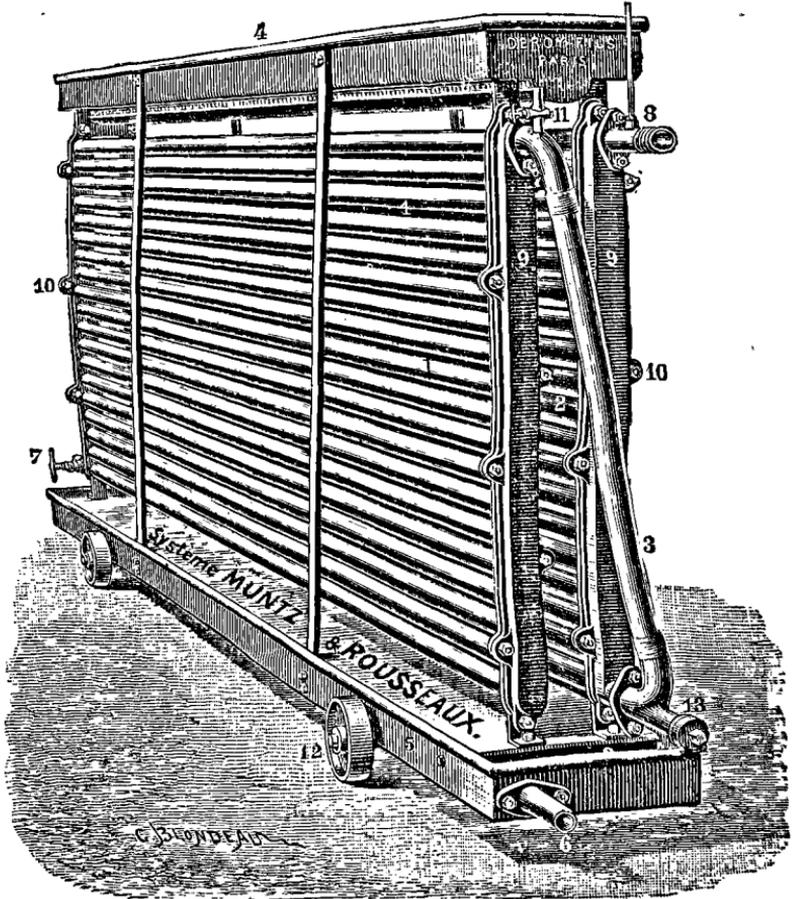


Fig. 22. — Réfrigérant Muntz et Rousseaux.

posés au nombre de 19 dans chaque série. Des obturateurs mobiles assurent la communication d'un tube au tube voisin. Le moût parcourt tout un faisceau, puis au moyen d'un tuyau de raccord pénètre dans l'autre. Pendant son trajet, naturellement fort long, la large surface

externe des tubes bons conducteurs contribue déjà au refroidissement que complète un filet d'eau fraîche ruisselant sans interruption sur des toiles enveloppant les tubes.

Construites en maçonnerie et à moitié enfouies sous terre, les cuves ordinaires de nos climats, très convenables pour le Midi de la France, présenteraient pour l'Algérie l'inconvénient grave de perdre avec une extrême difficulté la chaleur qu'elles gagneraient lentement, il est vrai. Les premiers viticulteurs de cette colonie s'imaginaient réaliser de meilleures conditions en organisant des celliers bien profonds à l'abri des courants d'air. L'expérience moderne a constaté qu'on obtenait au point de vue de la fraîcheur des résultats préférables en visant à une large aération et surtout en faisant usage de cuves métalliques à surface externe très conductrice et à mince paroi (1). Ces cuves, en tôle émaillée, inattaquables chimiquement, au lieu d'être noyées dans la maçonnerie, sont simplement soutenues de façon que l'air extérieur les baigne. On les refroidit au moyen de toiles d'emballage bien adhérentes, qu'on arrose au pulvérisateur. Le sirocco se charge de les dessécher ensuite et l'évaporation rapide de l'eau produit un sensible abaissement de température.

En dehors de l'Algérie, il est bon de pouvoir, dans certains cas exceptionnels ou lors de certaines années défavorables, empêcher un moût de s'échauffer outre mesure, sans avoir recours à un dispositif permanent. La plupart du temps, un simple soutirage suffira et le

---

(1) On a tout intérêt à donner à ces cuves des dimensions limitées (125 hectolitres par exemple). Pour les capacités trop fortes la superficie externe, tout en augmentant en valeur absolue, diminue par rapport à la masse interne et on perd en partie le bénéfice de la conductibilité.

moût, légèrement refroidi et vivifié par son passage à l'air, sera renvoyé dans la cuve ou pompé dans un nouveau récipient. Mais il faut pouvoir juger de l'opportunité de cette opération, ou, lorsqu'on a fait construire un réfrigérant, décider l'utilité plus ou moins stricte de son emploi.

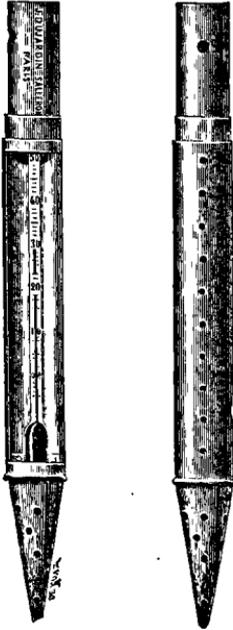


Fig. 23. — Thermomètre Sabouraud.

C'est dans ce but qu'il est toujours intéressant, quelquefois nécessaire de connaître la température régnant à l'intérieur des vases à fermentation. Dans cette masse spongieuse bouillonnante toutes les couches ne sont pas également chaudes; de plus, il faut pouvoir faire pénétrer partout le thermomètre, et, quand on le retire pour l'examiner, obtenir la température exacte de la couche étudiée sans qu'elle soit influencée par celle des parties voisines traversées nécessairement par l'appareil.

Le moyen le plus simple, celui qu'on a tout d'abord proposé, consiste à placer le thermomètre à l'intérieur d'un solide roseau, comme dans une gaine. Il n'est pas difficile d'enlever un fragment du roseau, puis au moment de tenter l'expérience, de rajuster le morceau coupé en le serrant à l'aide d'une ficelle. Il faut enfoncer le roseau ainsi garni, le retirer au bout de plusieurs heures, desserrer la ficelle, et procéder bien vite à la lecture du thermomètre (1).

(1) Nous recommandons pour cet emploi les thermomètres médicaux

Encore que ce tour de main soit commode et pratique, les vignerons d'aujourd'hui, qui veulent étudier scientifiquement la fabrication de leurs vins, disposent de deux procédés plus perfectionnés.

1° Le thermomètre inventé par le colonel Sabouraud et que fabrique la maison Salleron. C'est un thermomètre à maxima, protégé par une gaine métallique

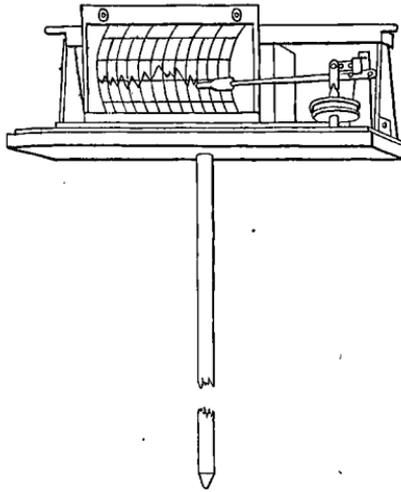


Fig. 24. — Thermomètre enregistreur Houdaille et Roos.

pouvant s'adapter au bout d'un bâton. Il indique la plus haute température atteinte dans l'ensemble des couches traversées par le thermomètre, quelle que soit l'influence des autres milieux plus froids (fig. 23).

2° Le thermomètre enregistreur de MM. Houdaille et Roos. Il se compose d'un réservoir inférieur qu'on plonge dans la vendange en fermentation, d'un tube

---

dits « à fièvre ». Leur extrême fragilité les rend délicats à manier, mais, en revanche, ils sont bon marché, sensibles au dixième de degré, et signalent avec précision la température maxima subie; leur échelle quoique très limitée, s'étend justement dans le voisinage des températures critiques proches de 37°, les seules utiles à connaître.

mince d'une certaine longueur et d'une boîte supérieure émergeant au dehors et analogue à celle des anéroïdes : le tout métallique. L'ensemble est rempli d'alcool pur, non mélangé d'air ; en se dilatant ou se contractant, l'alcool déforme la boîte et déplace un style inscripteur (voy. fig. 24).

*Influence de l'aération.* — Mettant à part la question de température, deux autres circonstances jouent leur rôle dans le départ, la marche, la reprise d'une fermentation satisfaisante.

Certains organismes ou microbes sont aérobies, c'est-à-dire ne peuvent se passer pour vivre d'une certaine proportion d'oxygène. Il en est ainsi pour le ferment du vin. Tiède sans excès, le moût pour bien fermenter doit aussi être aéré. Toutes les pratiques anciennes ou nouvelles qui ont pour but de saturer d'air la vendange et les moûts présentent leur utilité ; telles sont la décharge des tombereaux à la pelle, le foulage par les pieds des ouvriers, ou l'écrasement mécanique. Un moût hésite-t-il à fermenter, on le pompe et on le refoule dans le récipient ; la levure, soumise d'ailleurs à un rafraîchissement des plus bienfaisants, se rajeunit au contact de l'air et, revivifiée, se remet au travail.

Lorsqu'on précipite la vendange dans une cuve, il ne tarde pas à se former, dès que la fermentation débute, deux zones ou couches distinctes superposées : le moût et le chapeau. En effet à la surface du moût ou partie inférieure liquide, flotte une masse spongieuse composée des raffles et des pellicules soulevées par la force ascensionnelle des bulles de gaz carbonique, qui de l'intérieur remontent à la surface. Autant le contact de l'air est favorable au moût avant et au début de la fer-

mentation, autant il présente d'inconvénients en ce qui concerne le chapeau parce qu'il provoque le développement du *Mycoderma aceti*, organisme dont l'effet est de brûler l'alcool pour le transformer en vinaigre. Le vin formé risque donc de s'aigrir ou tout au moins de contenir des germes dangereux pour l'avenir.

Avec les barriques ou les foudres, avec les cuves fermées, le chapeau n'étant pas exposé à l'air, un tel inconvénient ne saurait se produire. Il en est tout autrement pour les cuves ouvertes : aussi a-t-on recommandé des dispositifs assez coûteux pour empêcher le chapeau de rester trop longtemps au contact de l'oxygène dans une cuve trop large. Tantôt on a préconisé des filets destinés à maintenir submergée la masse flottante ; tantôt on a recommandé de faire écouler le moût par la base de la cuve comme pour un décuvage et de le faire retomber sur le chapeau au moyen d'une pompe foulante. Dans ce dernier cas, le moût s'aère, ce qui l'améliore comme nous savons et, comme il est toujours plus froid que le chapeau, la température du récipient est homogénéisée.

On a constaté par des expériences concluantes la grande supériorité des fermentations dites à chapeau submergé, ce qui est tout simple, puisque les ferments, bons ou mauvais, s'accumulent principalement à l'intérieur du chapeau. On peut d'ailleurs arriver à de bons résultats avec des cuves profondes, étroites, à ouverture supérieure peu large, ou, si l'on est obligé d'utiliser des cuves à grande surface, en recouvrant les planches de bâches en toiles.

Une fois la fermentation presque achevée, le contact de l'air devient inutile, puis enfin nuisible. Les ferments alcooliques ont épuisé leurs forces et une aération exagérée provoquerait le développement de germes

dangereux trop vivaces pour que les premiers puissent lutter contre eux.

*Influence de l'acidité.* — Pour se développer et vivre les mêmes ferments exigent une certaine acidité. Aussi une bonne vendange doit-elle être suffisamment acide et c'est dans ce but qu'on recommande expressément au viticulteur de titrer l'acidité de ses moûts. Exprimée en grammes d'acide tartrique par litre de moût, l'acidité nécessaire doit égaler ou surpasser :

8 grammes dans le cas général ;

10 grammes s'il s'agit de raisins d'hybrides Bouschet ;

12 grammes s'il s'agit de fruits de Jacquez.

Et il n'y a aucun inconvénient à ce que ces limites soient franchies.

On peut parvenir à ce but essentiel par trois voies ou méthodes différentes :

1° Vendanger à maturité convenable et point trop avancée. Il faudra naturellement se résigner à un petit sacrifice sur le degré alcoolique final ;

2° Ajouter à la vendange des grappillons verts. Ceux-ci sont naturellement très nombreux sur certains cépages comme le Carignan, et divers agronomes ont fait valoir l'avantage qu'on trouverait à en provoquer la naissance sur n'importe quelle variété au moyen d'un pincement pratiqué sur un petit nombre de rameaux à fruits ;

3° Vendanger mûr, ce qui fait progresser la richesse saccharine du fruit et, par suite, la richesse alcoolique du vin ; puis, dans ce cas, suppléer à l'insuffisance de l'acidité par l'addition au moût d'acide tartrique en quantité telle que l'on dépasse le minimum exigé (1).

---

(1) Exemple : un moût n'accuse qu'une acidité tartrique de 7<sup>gr</sup>,5 au litre.

Le propriétaire, suivant les circonstances, et suivant la nature des produits qu'il vise à obtenir, recourra à celui ou ceux des procédés qu'il jugera le plus avantageux, d'autant que ces moyens ne s'excluent pas mutuellement. Le premier est seul admissible pour les vins de choix.

Ajoutons qu'un excès de chaleur est encore plus nuisible à la fermentation d'un moût dénué d'acidité qu'à un liquide bien doué sous ce rapport.

*Composition du vin jeune.* — Au bout de quelques jours de fermentation, le soutirage fournit un liquide coloré, trouble, mousseux, dont la saveur est tout à la fois âpre, douceuse et alcoolique.

D'abord la fermentation a transformé en alcool la presque totalité du sucre primitif. Grâce à la présence de ce nouvel élément, les matières colorantes des peaux de raisin ont été dissoutes, mais le tartrate acide de potasse préexistant dans le jus tend à s'en séparer, aux dépens de la limpidité du liquide, parce qu'il est moins soluble dans l'eau alcoolisée que dans l'eau pure. Néanmoins le vin nouveau en conserve un excès dont le goût se fait d'autant plus sentir qu'il n'est plus combattu, comme dans le moût, par la douceur de la glucose. Ce n'est pas que celle-ci ait complètement disparu; comme jamais le phénomène de la fermentation, quelque bien conduit qu'il soit, ne s'opère dans un vase vinaire comme dans un flacon de laboratoire, il reste un peu de sucre non transformé; enfin l'acide carbonique, qui ne cesse de prendre naissance, sature l'ensemble. Les ferments, épuisés, ne donnent plus signe de vie.

---

On veut la remonter à 9 grammes. On ajoutera 18,5 d'acide tartrique par litre, soit 150 grammes par hectolitre.

C'est le moment de décuver en séparant le vin nouveau du marc auquel il a emprunté tous les principes utiles, et dont il ne peut plus rien retirer d'avantageux. Au contact de l'air, l'acide carbonique s'échappe en partie; les levures, vivifiées, se rajeunissent; les impuretés s'éliminent en majeure partie, et, dans un récipient nouveau, tenu dans un local frais, la fermentation reprend, avec lenteur cette fois, mais dans de bonnes conditions. Entre les diverses affinités chimiques et les agents organisés il se produit un équilibre passager qui tend, si l'on peut s'exprimer ainsi, vers une limite « asymptotique ». La fermentation fonctionne jusqu'aux froids de l'hiver avec intensité décroissante.

*Egrappage. Vinification en blanc.* — Nous avons supposé dans tout ce qui vient d'être dit que la vendange, simplement foulée, avait été soumise en bloc à la fermentation tumultueuse, puis au bout d'un séjour plus ou moins long dans les cuves où foudres, séparée en marc et en vin nouveau, qui parachevait sa lente évolution dans de nouveaux vases.

Bien que fréquemment suivie, cette manière de procéder comporte de nombreuses exceptions. On supprime souvent en effet quelques-uns des éléments de la grappe ou on modifie la marche spontanée du phénomène de fermentation. Quelquefois même ces changements de procédés s'imposent nécessairement.

La plus simple des modifications est la pratique de l'égrappage. Elle consiste à séparer les rafles des grains et à faire bouillir les fruits seuls. Des torrents d'encre ont été déversés au sujet de cette manière de faire le vin. On a dit que la présence des rafles n'apportait qu'un supplément d'eau et des traces de tanins, que leur absence ne diminuait ni la spirituosité du vin fait, ni

son acidité, que les vins obtenus avec des raisins égrappés présentaient plus de moelleux. A quoi les adversaires du même usage ont répliqué que la conservation des vins provenant des fruits seuls laissait parfois à désirer. Personne n'a été convaincu. L'égrappage complique l'outillage des celliers et nécessite une manœuvre spéciale, mais il est certain que l'élimination des rafles permet de diminuer le nombre ou, à nombre égal, la capacité des vases vinaires, la vendange occupant bien moins de place lorsqu'elle est dépouillée du ligneux.

Si l'on foule un raisin noir non teinturier, il en suinte un jus presque incolore, de même que si le raisin eût été blanc ou gris. Seulement, dans ce dernier cas, le jus conserve sa nuance pâle quelle que soit l'intensité de la pression, tandis qu'un fruit à peau foncée, soumis à un écrasement exagéré, laisse à la fin découler un moût rosé. Cette remarque joue un rôle essentiel dans la vinification en blanc si répandue aujourd'hui dans le Midi, pratiquée d'ailleurs un peu partout, et dans laquelle on ne soumet à la fermentation que le suc des raisins privé de toute la partie solide.

Bien que toujours soumis à un criblage grossier, le moût qui découle des pressoirs ne présente aucune transparence. Les débris de pulpe qui le souillent le rendent opalin et la filtration complète à travers une toile serait une opération irréalisable, pour ainsi dire, de durée indéfinie, car les mucosités bouchent rapidement les pores des tissus que le liquide ne peut désormais traverser. De plus, provenant de raisins noirs, le moût est sensiblement coloré en rose. On pourrait éviter cet inconvénient en ne pressant que très modérément, mais les exigences des manœuvres de vendange et celliers obligent souvent de violer cette précaution.

On tourne alors la difficulté. Depuis fort longtemps on a remarqué que certains composés chimiques dans lesquels entre l'acide sulfureux, et l'acide sulfureux lui-même, empêchent absolument le travail des ferments. On n'aura donc qu'à faire absorber au moût une certaine dose de gaz ou de composé sulfureux et à l'introduire dans un récipient où il se dépouillera peu à peu de ses impuretés. Le jus, étant clarifié et débarrassé de l'excès de gaz sulfureux entrera en fermentation et se transformera lentement en vin blanc. De plus, l'acide sulfureux, agent oxydant détruira les couleurs rouges végétales et dépouillera le moût de sa nuance rosée.

Cet arrêt de la fermentation par l'acide sulfureux se nomme mutage ou soufrage. Un mutage trop peu énergique retardera à peine la fermentation et la clarification ou le « débourbage », pour citer l'expression technique, n'aura pas le temps de se produire. A l'inverse un mutage trop violent rendra le moût inactif durant plusieurs semaines; l'inconvénient n'est pas majeur au surplus, car il suffit d'un soutirage ou d'une aération bien conduite pour expulser l'excès de gaz. Quelquefois, enfin, le simple contact de l'air réoxyde les matières colorantes et fait apparaître de nouveau la nuance rose primitive.

Connait-on des données pratiques permettant de régler le soufrage à un degré convenable? Admettons avec beaucoup de viticulteurs qu'un repos de vingt-quatre heures suffira; on emploiera par litre de moût traité 100 à 200 milligrammes de gaz sulfureux, donc 10 à 20 grammes par hectolitre, c'est-à-dire qu'on utilisera la combustion de 5 à 10 grammes de soufre, puisque l'anhydride sulfureux  $\text{SO}_2$  contient juste la moitié de son poids en soufre. La Compagnie des Salins du

Midi dans ses vastes usines à vins blancs d'Aigues-Mortes et de Cette emploie des mèches soufrées dont chacune représente en grammes un atome de soufre (32 grammes) et dépense approximativement deux mèches par chaque demi-muid de moût (5 hectolitres et demi) (1).

Lorsqu'il ne fabrique du vin blanc qu'en médiocre quantité, l'ouvrier de cave arrive assez facilement, par routine, à répartir d'une façon convenable sa dose de gaz sulfureux et de soufre. Dans la fabrication en grand, le tour de main devient beaucoup plus difficile. Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé des « muteuses » ou « mutoises » permettant un dosage rigoureux.

Ces appareils laissent encore à désirer et de leur propre aveu les inventeurs en sont encore à la période des tâtonnements. Toutefois, nous décrirons le dispositif de MM. Thomas et Roos que M. Ferrouillat, au congrès viticole de Toulon a déclaré supérieur en pratique à tous les autres (fig. 25).

A est un cylindre, en cuivre, comme toutes les autres pièces, qu'on introduit dans la trappe du foudre et que maintient un rebord. La partie inférieure de A est repliée en dedans de façon à laisser un espace

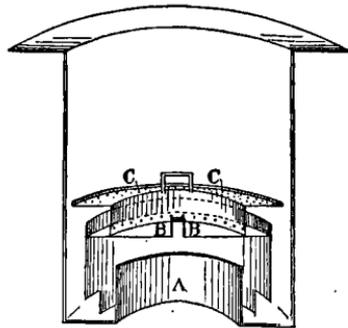


Fig. 25. — Muteuse de MM. Thomas et Roos.

(1) Nous employons cette expression empruntée au langage courant du Languedoc, malgré son absurdité. On appelle, en effet, demi-muid une barrique de 550 litres ou son contenu en vin, alors que le muid du pays équivaut à 700 litres.

annulaire qu'on remplit de moût. On coiffe alors le cylindre intérieur d'un couvercle à poignée C portant un crochet destiné à recevoir le soufre qu'on vient d'allumer. Les produits de la combustion se dégagent dans le foudre ou s'insinuant par les trous du couvercle, barbotent dans le moût qui absorbe l'intégralité du gaz sulfureux. Quand la combustion est finie, on retire la pièce C et on la remet dans la situation indiquée sur la figure au-dessus du cylindre B dont le contour est crénelé et la base supérieure perforée d'une cheminée centrale. Le moût qu'on injecte ensuite dans le cylindre A retombe dans le foudre par l'échancrure centrale après avoir entraîné par son passage tout le moût saturé de gaz.

L'essentiel est que les produits de la combustion ne puissent s'infiltrer par l'extérieur du cylindre A. A cet effet on lute au plâtre ce cylindre sur le foudre ou bien l'on place sous le rebord externe un caoutchouc en forme de « pneu » que le poids de A maintient comprimé. Cette condition étant remplie, le dosage du réactif est rigoureux et rien ne se perd.

*Avantages de la vinification en blanc.* — En l'absence de la meilleure partie des germes qui, résidant principalement sur la peau du raisin, ont été éliminés par le débourbage, et d'autre part, à cause de l'arrêt que subissent les ferments sous l'influence de l'acide sulfureux, la fermentation ne débute souvent dans les vins blancs qu'après un soutirage à l'air qui revivifie les germes, et quelquefois même ne s'allume que sous l'influence de levures étrangères par mélange avec un moût en travail. Même dans de bonnes conditions, elle avance toujours lentement, mais s'accomplit avec une remarquable perfection, car on a observé qu'à égalité

de richesse en sucre un vin fait en blanc titrait en moyenne presque un degré d'alcool de plus que le même vin fait en rouge.

La fermentation en blanc constitue une ressource précieuse pour les pays chauds parce qu'alors le jus a largement le temps de se refroidir et que le départ de la fermentation et la fermentation elle-même s'opèrent par des températures modérées. Enfin les raisins blancs qui d'ailleurs absorbent moins la chaleur que les noirs toutes choses égales d'ailleurs, présentent l'avantage d'une maturité très tardive qui reporte la cueillette à une époque où la chaleur s'est adoucie.

Grâce à la vinification en blanc, et pour les raisons énumérées on peut obtenir des produits encore passables avec des fruits rouges malades, *mildewés*, terreux ou en partie pourris. Si le propriétaire ne jouit pas d'une installation permettant de faire en blanc une grande partie de sa vendange ou s'il ne veut pas « déroutir » ses fûts, il se rapprochera du moins des conditions précédentes en fabriquant du vin rosé, en laissant fermenter le jus seul après expression des grappes. Enfin dans les années simplement défavorables, pour peu que la qualité des raisins apparaisse médiocre (vendanges pluvieuses par exemple), le bon viticulteur réduira à douze ou vingt-quatre heures la durée de la cuvaison qu'il n'a aucun avantage d'ailleurs à prolonger au delà de trois jours, même dans les circonstances les plus heureuses. Quant aux marcs fermentés provenant de raisins suspects, leurs produits doivent être soigneusement logés à part.

*Mutage à l'alcool.* — Nous avons fait remarquer dans le premier chapitre du présent résumé que bien des transformations chimiques étaient limitées, c'est-

à-dire que les produits résultant de la réaction entravaient peu à peu celle-ci et qu'enfin survenait une certaine position d'équilibre où l'évolution prenait fin. Bien qu'à proprement parler la fermentation ne soit pas un phénomène chimique, mais physiologique, la règle ci-contre s'applique parfaitement. Abstraction faite des produits secondaires, il se forme dans le vin nouveau de l'alcool et de l'acide carbonique ; l'acide carbonique s'élimine assez facilement, mais l'alcool, sauf une faible fraction qui s'évapore en pure perte, reste dissous dans la liqueur. A mesure que celle-ci s'enrichit en alcool, la vie devient de moins en moins facile pour le ferment et il arrive un moment où l'excès d'alcool lui rend l'existence impossible. Alors le vin cesse de fermenter violemment.

Les expériences des chimistes modernes les plus compétents ont prouvé que l'équilibre s'établissait assez rapidement d'une façon approchée, entre composés capables de réagir l'un sur l'autre, mais qu'il n'arrivait quelquefois à sa limite définitive qu'au bout d'un temps extrêmement long. Pour la fermentation, il en est à peu près de même, car depuis des siècles, on savait parfaitement qu'à la suite de l'arrêt du phénomène d'ébullition, au bout de quelques jours de cuvage, il se produisait, d'une façon intermittente, suivant les conditions, une imperceptible fermentation qui ne cessait, pour ainsi dire, qu'après des années et dont l'action favorable bonifiait le vin et lui communiquait son bouquet.

Quoi qu'il en soit, un moût, pour si élevée que soit sa richesse saccharine, ne peut engendrer une liqueur contenant plus de 16 à 17 p. 100 d'alcool en volume. Et même le vin, provenant des raisins extrêmement sucrés, présente toujours, surtout s'il est jeune, une,

saveur douceuse très caractéristique. Il se forme en très peu de temps une assez notable proportion d'alcool qui engourdit ou détruit les levures, de sorte que les dernières fractions du sucre non encore transformé ne sauraient fermenter et restent intactes à moins que les phénomènes secondaires n'interviennent.

Un pareil fait qu'on savait reconnaître et utiliser, sinon expliquer scientifiquement, servait et sert encore de base à l'opération du mutage pour l'obtention des vins doux et mousseux, des muscats. Ajoutez une certaine quantité d'eau-de-vie ou mieux d'alcool à 90° à du moût tout frais ; il conservera sa douceur, devenant incapable de fermenter, ou, du moins, il ne fermentera que très tardivement, très incomplètement avec une excessive lenteur. On obtiendra une liqueur à la fois très sucrée et suffisamment alcoolique.

En faisant bouillir du moût frais jusqu'à concentration de moitié, par exemple, la liqueur ne devient spiritueuse qu'avec le temps, mais au bout d'un laps suffisamment long, elle pourra acquérir une vinosité très notable.

Nous sommes forcés, par le défaut de place, de ne pas même aborder un sujet d'intérêt très vif, celui des vins sucrés, mousseux ou alcoolisés, et malgré son actualité et ses conséquences pratiques, nous abrégons ce que nous avons à dire relativement aux levures sélectionnées.

*Fermentation par les levures étrangères.* — Il y a quelques années, on avait proposé l'emploi de levures sélectionnées provenant de raisins de premier choix, ramassées dans des vignobles de renom. Ces levures, recueillies, élevées, multipliées, étaient ensuite ajoutées à des fruits plus communs, et, grâce à leur vigueur,

prenant le dessus sur les colonies indigènes, fonctionnaient seules et donnaient lieu à des vins qui devaient se montrer merveilleux, grâce à leur analogie avec les crûs générateurs des levures. Peut-être quelques enthousiastes ont-ils trop prôné la nouvelle découverte dont il a fallu beaucoup rabattre. Mais il est résulté de la discussion des tentatives beaucoup plus pratiques en vue de généraliser d'anciennes méthodes employées par certains vigneronns bien avant les travaux des microbiologistes modernes.

Prenez, avant le début de la cueillette, une petite quantité de fruits mûrs à point, parfaitement sains, écrasez-les et faites-les fermenter à part dans d'excellentes conditions de température, de propreté, d'aération, etc. Une fois la fermentation de la petite masse bien mise en activité, mélangez votre vendange de sélection avec les premiers produits tout frais de votre vendange ordinaire. Les bonnes levures, maîtresses de la place, prendront franchement le dessus tout de suite et la fermentation marchera dans d'excellentes conditions. Vous aurez alors de quoi ensemercer une nouvelle qualité de raisin et ainsi de suite. Cette manœuvre aussi simple que peu coûteuse peut amener d'excellents résultats, sans risques d'aucune sorte, et s'emploie aussi avec avantage pour vivifier des moûts stérilisés par le gaz sulfureux en léger excès.

*Épuisement des marcs. Piquettes.* — Qu'on ne s'attende pas à nous voir décrire ici le mécanisme et les fonctions des pressoirs de divers modèles. Nous dirons seulement que l'analyse chimique la plus rigoureuse signale encore la présence de beaucoup de vin dans le marc le mieux pressé et que, d'autre part, un écrasement exagéré présente, au point de vue de

la finesse des produits, de forts graves inconvénients.

Cent kilogrammes de vendange fournissent en moyenne de 10 à 15 kilogrammes de marc emprisonnant de 7 à 10 litres de vin.

Autrefois, on essayait d'entraîner ce vin par émiettage et macération dans l'eau. Mais cette pratique, qualifiée de barbare par les spécialistes contemporains, est aujourd'hui abandonnée. Le marc, au contraire, doit être parfaitement tassé, et c'est par infiltration d'eau qu'on doit chercher à l'épuiser. Pénétrant dans la masse, l'eau commence à refouler le vin, qui recule devant elle comme devant un piston; le premier vin déplacé chasse à son tour celui des couches contiguës et ainsi de suite jusqu'à ce que la poussée atteigne les dernières couches qui évacuent librement leur vin au dehors. L'écoulement se produit et l'on recueille du vin *parfaitement pur* jusqu'au moment où l'eau, à force de cheminer, a traversé le marc. Alors un affaiblissement assez brusque se produit et il n'arrive plus que de l'eau rougie, puis de l'eau pure. L'opération est finie, mais pour réaliser ces conditions théoriques, il faut que le marc, bien homogène en lui-même, soit disposé de manière que l'eau ne puisse se glisser de préférence le long des parois, mais chemine également suivant toutes les tranches horizontales ou verticales.

Faut-il opérer *per ascensum* ou *per descensum* suivant l'expression des anciens chimistes. Le second moyen paraît le plus naturel; c'est aussi le plus employé, mais ce n'est pas le meilleur. On tasse le marc dans une cuve et un ouvrier, muni d'un arrosoir à pomme, irrigue jour et nuit la surface du marc. A l'intervention de l'homme on substitue maintenant un dispositif mécanique bien simple. Renfermée dans un réservoir supérieur convenablement disposé et alimenté, l'eau s'écoule par

un tuyau aboutissant dans l'axe d'un « tourniquet hydraulique » qui, sans jamais s'arrêter, fait pleuvoir à la surface du marc l'eau de lavage (1).

Personne n'ignore que le vin est plus léger que l'eau à cause de l'alcool et malgré l'extrait qu'il renferme. Aussi le déplacement dont nous parlons s'opère-t-il bien mieux quand on fait pénétrer l'eau par la base du gâteau de marc en la forçant à remonter en chassant l'alcool devant elle.

Lorsque la piquette qui découle est trop aqueuse soit à la fin de l'opération, soit parce que le marc n'a pas été assez pressé contre les parois et que le liquide s'est glissé sans profit le long de ces parois, on peut l'enrichir en le faisant repasser sur du marc frais (2).

Il est très facile d'organiser des récipients et de combiner un tuyautage propre à une opération de ce genre. On prend, par exemple, suivant les indications de M. Rougier, quatre fûts défoncés verticaux dont chacun est muni d'un double fond troué. La partie supérieure d'un tonneau communique avec la partie inférieure du tonneau suivant, au-dessous du double fond et, en outre, chaque fût possède un tuyau horizontal de dégagement. Les communications peuvent être interceptées à volonté ou munies de grilles. On remplit les quatre tonneaux de marc émietté et l'on fait arriver l'eau par le tuyau vertical correspondant au premier tonneau. Les fermetures sont organisées de telle manière que le piston liquide descend à l'extérieur, puis remonte à l'intérieur de chaque fût et finalement la piquette s'écoule par l'ajutage libre du quatrième. Quand on juge le pre-

---

(1) On peut employer aussi à cet usage le jet d'un pulvérisateur à combattre le *mildew*.

(2) Il est utile de ne laver le marc qu'après un court ensilage qui l'enrichit en alcool par un complément de fermentation.

mier tonneau épuisé, on le recharge de marc neuf et on lui fait jouer à son tour le rôle d'exutoire, en entonnant par le second et ainsi de suite.

On admet qu'un marc est lavé sans excès par son volume d'eau.

Enfin, dans ces dernières années, des novateurs plus hardis ont préconisé un système curieux et fort économique qui épargnerait complètement l'usage des pressoirs. MM. Roos et Sémichon se sont basés sur l'expérience de laboratoire suivante (fig. 26). Deux flacons et un récipient sont disposés à des niveaux inégaux ; le flacon supérieur est rempli d'eau qui arrive par siphonnement à la base d'un second flacon plein de vin. Le contenu de celui-ci se déverse lentement par un second siphon, dans le réservoir inférieur qu'on aperçoit à gauche de la figure.

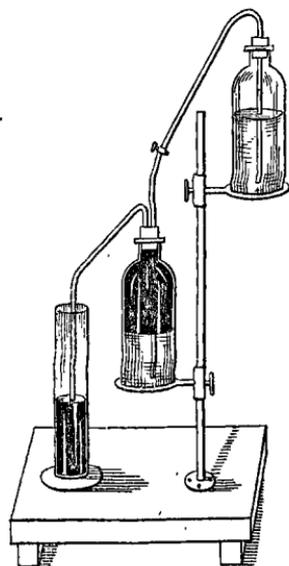


Fig. 26. — Déplacement du vin par l'eau.

On constate que, si l'on opère dans de bonnes conditions, le vin est purement et simplement soulevé par l'eau qui le refoule et que la zone de mélange ne s'étend que sur une faible épaisseur. L'expérience ayant porté sur un flacon de 3 litres rempli de vin à 10°4 d'alcool (nous indiquerons plus loin la signification de cette donnée), on a pu en retirer 2 litres 8 de vin parfaitement pur.

Suivant l'opinion des auteurs cités plus haut, on pourrait obtenir de bons résultats pratiques en entassant, au sortir du récipient en fermentation, le marc non pressé mais bien foulé, dans des batteries de cuves dis-

posées à peu près comme le recommande M. Rougier ; mais plus grandes et en plus grand nombre (au moins six et jusqu'à huit et neuf). Le marc serait beaucoup mieux épuisé qu'avec le pressurage le plus énergique et l'on éviterait complètement les inconvénients que présentent les vins de presse : âpreté, défaut de transparence, présence de mauvais germes, etc.

C'est à l'expérience dans les celliers à prononcer sur la valeur de ce « tour de main » qui nous a paru trop intéressant pour être passé sous silence. Quoi qu'il en soit, une quantité d'eau limitée qu'on retrouverait à la fin de l'opération, sous forme de piquette, permettrait théoriquement d'épuiser un poids de marc aussi grand qu'on voudrait.

---

## CHAPITRE VIII

### Le vin.

Ce huitième et dernier chapitre fournirait à lui seul la matière d'un fort volume. Heureusement pour notre tâche de vulgarisateur, des renseignements complets ne nous paraissent pas indispensables. Nous laisserons tout à fait de côté dans l'ensemble de la chimie œnologique tout ce qui n'intéresse pas directement le propriétaire curieux de contrôler la valeur de ses produits, et dans le champ non moins vaste de la technologie, tout ce qui éveille mieux l'attention du praticien que celle du savant, en insistant plutôt sur les principes servant de bases aux applications que sur les applications elles-mêmes. De même les faits secondaires céderont la place aux théories générales.

*Degré. Sa définition dans les mélanges d'eau et d'alcool.* — On appelle par définition « degré » d'une boisson fermentée quelconque, eau-de-vie, vin, bière, cidre, etc., le nombre de centièmes en volume d'alcool pur ou absolu qu'on peut extraire de 100 volumes de cette boisson, le tout mesuré à 15° centigrades. Si de 100 centimètres cubes d'eau-de-vie, par exemple, je puis retirer 40 centimètres cubes d'alcool, l'eau-de-vie pèsera 40°. Si de 100 litres de cidre, je parviens à isoler

7 litres d'alcool absolu, je dirai que le cidre pèse 7°.

L'élimination complète de l'eau et des substances autres que l'alcool, et l'isolement rigoureux de ce dernier constitue, même pour un chimiste, une opération longue et minutieuse, irréalisable en pratique. Aussi cherche-t-on simplement à obtenir un mélange artificiel contenant tout l'alcool, ce qui est l'essentiel, plus une quantité d'eau pure suffisante pour reproduire le volume primitif, parce que les propriétés physiques de ces mixtures binaires sont précisément fonction de leur richesse alcoolique, de leur degré si l'on veut, et qu'en étudiant celles-là, on peut connaître celles-ci, comme les savants, depuis Gay-Lussac, ont pu le juger en diluant dans l'eau distillée des quantités variables et connues d'alcool absolu.

On peut, comme première approximation, assimiler les eaux-de-vie fraîchement distillées et non additionnées de substances étrangères à des combinaisons d'eau pure et d'alcool. Le rôle des éthers et des sels peut être négligé.

*Mesure du degré par la densité. Alcoomètre légal.* — La densité de l'eau pure est égale à l'unité; celle de l'alcool absolu est de 0,794. Le poids spécifique d'un mélange de ces deux substances sera intermédiaire entre ces deux extrêmes, et décroîtra avec la richesse alcoolique, sans d'ailleurs que la proportionnalité soit régulière.

Gay-Lussac avait bien construit pour l'observation du degré par la densité des tables spéciales, et propagé l'emploi très commode de l'alcoomètre centésimal, mais ces instruments, suffisants pour les besoins commerciaux, laissaient à désirer comme rigueur scientifique au point que des experts de la valeur de

M. Armand Gautier préféraient estimer les poids spécifiques des alcools dilués par la méthode de laboratoire dite « du flacon » et consulter ensuite les tables.

Actuellement, et même pour des recherches de précision, on peut avoir recours en toute confiance aux alcoomètres légaux, qui, immergés simplement dans la liqueur, en indiquent la richesse jusqu'au dixième de degré, ce qui, en pratique, est plus que suffisant, souvent même inutile. Mais cette exactitude ne s'acquiert qu'au prix de précautions assez minutieuses dont nous parlerons bientôt.

Il existe cinq modèles d'alcoomètres légaux dont chacun convient à une catégorie de liquides. On se procurera, selon les besoins du cellier, soit le jeu complet qui permet de mesurer toutes les forces alcooliques depuis l'eau distillée jusqu'à l'alcool absolu, soit le ou les numéros correspondants à la moyenne des liquides spiritueux qu'on est appelé à examiner. Ainsi, le viticulteur de l'Armagnac choisira pour peser ses eaux-de-vie l'instrument gradué de 40 à 60. L'alcoomètre légal, dont l'emploi obligatoire a force de loi dans les transactions, peut servir aussi à contrôler les alcoomètres du commerce, dont l'emploi n'est que toléré, par exemple ceux qui sont annexés aux alambics à peser les vins. On aura avantage à disposer de préférence du modèle 0 — 20°, parce que toute liqueur alcoolique dont le titre ne s'intercale pas entre ces limites, peut être amenée à ne pas dépasser 20° égaux, par une addition convenable d'eau distillée à 15°.

---

(1) Ainsi un propriétaire veut contrôler un alcoomètre non légal qui lui sert pour ses eaux-de-vie et il ne possède que l'alcoomètre légal de 0° à 20°. Il commencera, pour plus de simplicité, par se placer dans des conditions telles que les liquides et les instruments soumis à l'expérience soient à 15° centigrades. Si la saison ne s'y prête pas, si même il ne peut trouver aucun local où règne la température de 15°, il se procurera en été un bon

**Précautions et corrections spéciales à la lecture des alcoomètres.** — En notant le point d'affleurement des alcoomètres, qui indique immédiatement le degré, il est très essentiel de faire abstraction du ménisque. Si l'on se basait sur la première division supérieure mouillée par le liquide, on se tromperait et l'on jugerait la liqueur trop riche. Se servant, bien entendu, d'une éprouvette en verre et non en métal, il faut

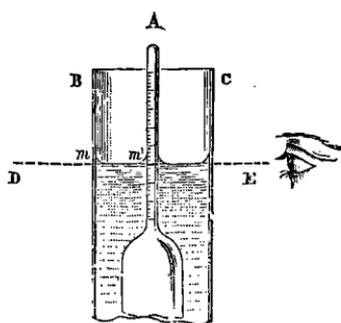


Fig. 27. — Lecture de l'alcoomètre.

incliner la tête, baisser les yeux un peu au-dessous de la surface libre, puis les relever jusqu'à ce qu'on aperçoive le niveau central liquide sous forme d'une ligne droite. L'intersection de cette ligne avec la tige du flotteur définira le véritable point d'affleurement (fig. 27).

Une autre difficulté dont on ne se méfie pas toujours assez, c'est d'obtenir la parfaite propreté de la tige. Ne la touchez jamais avec les doigts, même parfaitement lavés, comme nous l'avons recommandé au chapitre II

---

sceau d'eau fraîche, en hiver une masse d'eau attédiée pour y faire tremper liquides et instruments. Il pèsera l'eau-de-vie à l'alcoomètre ordinaire : soit 45° le résultat. Supposons le disposant d'une pipette jaugée de 20 et d'un matras jaugé de 100 centimètres cubes, il prélèvera 20 centimètres cubes d'eau-de-vie avec la pipette, les introduira dans le matras et diluera à l'eau distillée jusqu'à parfaite les 100 centimètres cubes. S'étant assuré que la température du mélange est bien de 15°, il recommencera l'épreuve à l'appareil légal. Celui-ci devra marquer juste 9°. Si la différence est faible, l'alcoomètre peut convenir pour contrôler la force d'une eau-de-vie s'approchant de 45°. En tout cas, il sera bon de refaire plusieurs fois l'expérience en partant d'une liqueur au degré maximum qu'on ait intérêt à connaître et l'amenant par dilution d'abord modérée aux taux ordinaires, puis par dilutions plus copieuses à des degrés très bas, mesurables à l'instrument contrôlé. Prenant une petite table, on réussira à obtenir des résultats justes avec un instrument médiocre.

pour les aréomètres en général ; maniez-la avec précaution par le petit bouton qui la termine supérieure-ment, si vous ne pouvez saisir la carène, et essuyez-la au préalable avec un papier buvard imbibé d'éther, d'alcool pur ou beaucoup mieux de quelques parcelles d'alcali caustique qui enlèvent parfaitement les moindres traces de matières grasses. Pour juger de l'impérieuse nécessité de cette précaution, essayez successivement la même liqueur d'abord avec l'alcomètre propre, mais non essuyé à la soude, puis après l'application de l'alcali et vous serez surpris de la divergence des résultats, surtout dans les liquides un peu faibles comme les vins distillés.

Aux températures usuelles élevées, la chaleur, dilatant le mélange sensiblement plus que le verre du flotteur, en affaiblit la densité et augmente en pure apparence la richesse alcoolique. Au contraire, s'il fait froid, la contraction du liquide le fait paraître plus pauvre qu'il n'est réellement. On convient d'opérer à 15° centigrades, et, dans le cas contraire, de noter avec un bon thermomètre, parfaitement propre, ce qui est très essentiel, la température du liquide et d'effectuer une correction d'après des tables. L'omission de cette formalité indispensable causerait de graves erreurs, surtout quand on étudie des liquides médiocrement ou peu spiritueux.

Ainsi à 24° centigrades, l'alcomètre marque 12° centésimaux ; le titre réel n'est que 10°,4. Une eau-de-vie éprouvée à 25° centigrades accuse 65° d'alcool ; sa vraie richesse ne doit se coter que 61°,6. Dans le premier cas cité, la perte absolue est plus faible, mais le déchet relatif considérable. Par contre, un distillat à l'alambic Salleron dénote 10° d'alcool et 10° de température ; le vrai titre est 10°,6.

Nous reproduisons les tables de correction à la fin du volume. Le lecteur verra qu'elles sont à double entrée et que le véritable degré alcoolique se lit à l'intersection de deux colonnes dont l'une est relative au degré apparent observé, et l'autre aux indications du thermomètre (1).

*Pesée des vins aux alambics Salleron.* — On ne saurait apprécier directement à l'alcoomètre la force spiritueuse d'une boisson usuelle comme la bière, le cidre ou le vin, parce que la présence des matières extractives empêche de les considérer comme de simples mélanges hydro-alcooliques. Il faut au préalable éliminer ces matières, et pour cela on distille un volume connu de liquide V en condensant soigneusement les vapeurs dégagées jusqu'à ce qu'on soit certain d'avoir recueilli tout l'alcool. Suivant les circonstances, on arrête l'opération lorsque le « distillat », composé d'alcool et d'eau entraînée avec celui-ci, équivaut approximativement au quart, au tiers, à la moitié du volume primitif V et l'on complète soit V, soit  $\frac{V}{2}$  avec une certaine quantité d'eau distillée qu'on ajoute au liquide

(1) Lorsqu'on a observé des nombres complexes qui ne figurent pas dans les tables, on procède par interpolation simple ou double. Voici un exemple de cette dernière opération :

Alcoomètre 14°,6	Thermomètre 19°,5	
Négligeant la première décimale et forçant la seconde,		
on trouve d'abord pour 14° et 20°C. le chiffre brut.		13°,1
Auquel il faut ajouter pour 0°,6 d'alcool en plus sensiblement.		» 6
Pour 0°,5C. en moins à peu près $\frac{0,2}{2}$ ou . . . . .		» 1
Total approché . . . . .		13°,8

Souvent la fraction thermométrique est négligeable et il est plus simple de la forcer au nombre entier supérieur qui servira à corriger le nombre entier des degrés d'alcool auquel on ajoutera les dixièmes intacts.

condensé. On applique alors l'alcoomètre à ce mélange artificiel qui est juste aussi riche que la boisson primitive (cas de V), ou deux fois plus riche (cas de  $\frac{V}{2}$ ).

Remarquons bien qu'il n'y a aucun inconvénient, après avoir versé dans la chaudière le volume V de vin par exemple, d'y ajouter de l'eau ou de la soude, parce que les substances fixes ne passent pas à la distillation et que la proportion d'eau vaporisée et condensée dans

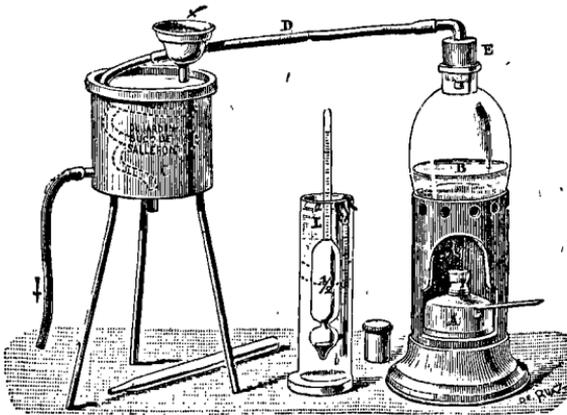


Fig. 28. — Alambic Salleron (petit modèle).

le récipient importe très peu. L'essentiel est de ne pas laisser échapper d'alcool.

La maison Salleron-Dujardin, de Paris, fabrique depuis longtemps des alambics appropriés au pesage des vins. Il en existe plusieurs modèles, mais les deux plus petits (ceux de 28 et de 40 francs), nous paraissent seuls convenables pour les viticulteurs. Tous deux (fig. 28 et 29) sont composés d'une lampe à alcool A, d'une chaudière B (en verre ou en cuivre), d'un bouchon ou chapiteau E, d'un tuyau abducteur D qui amène les vapeurs à l'intérieur du réfrigérant C, d'où elles sont condensées dans l'éprouvette L. Celle-ci sert

encore à mesurer, au début comme à la fin, le volume  $V$  et, ainsi que l'indique la figure à la double épreuve simultanée à l'alcoomètre et au thermomètre.

Il y a deux manières d'opérer, avons-nous dit : tantôt on verse dans la chaudière deux contenus d'éprouvette et on attend d'avoir recueilli dans cette même

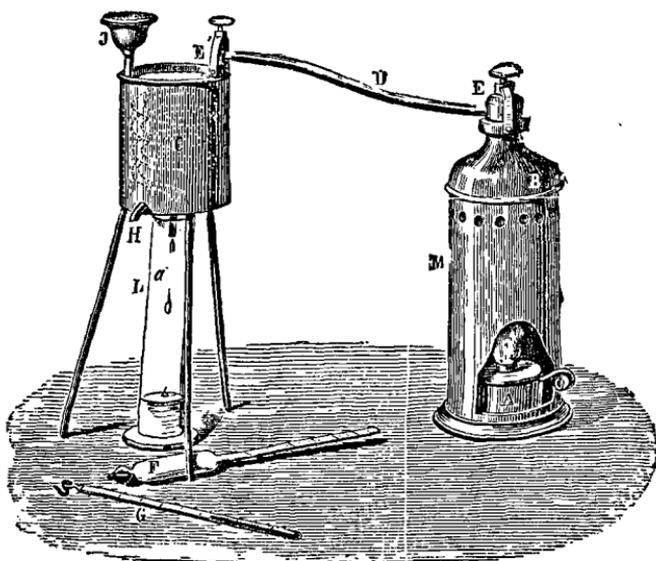


Fig. 29. — Alambic Salleron (grand modèle).

éprouvette servant de récipient un demi, deux tiers ou trois quarts de mesure pour éteindre le feu, arrêter la distillation et compléter jusqu'au trait avec de l'eau pure (méthode de  $\frac{V}{2}$ ) ; tantôt on ne soumet à l'épreuve qu'un volume dont on a recueilli une proportion convenable et qu'on reconstitue avec de l'eau (méthode de  $V$ ). Chaque façon de procéder a ses partisans (1).

(1) Les mesures se font en amenant le ménisque visé horizontalement à être tangent au trait de jauge. On se sert de l'entonnoir du réfrigérant pour introduire le vin dans la chaudière et l'on rince le tout avec quelques

Dans la première on obtient un liquide artificiel deux fois plus alcoolique que le vin naturel, ce qui facilite la lecture de l'aréomètre et élimine certaines causes d'erreur ; dans la seconde l'opération dure bien moins longtemps et le chimiste agriculteur ne risque pas, en forçant son feu pour aller plus vite, de faire déborder de la mousse ou du vin en ébullition jusque dans le serpentín. Au reste, d'une façon générale, il est prudent de ménager la chauffe, surtout au début.

Nous n'avons plus rien à dire au sujet des pesées du distillat qui fourniront tantôt un titre double, tantôt le titre exact, toutes corrections faites, car nous avons déjà longuement mentionné les précautions à prendre. Toutefois le principe capital de la méthode repose sur l'entraînement total de l'alcool pur et partiel de l'eau, à l'exclusion de toute autre substance. Lorsqu'un vin sera légèrement piqué, c'est-à-dire qu'une fraction de son alcool se sera transformée en acide acétique, comme ce dernier est volatil, il distillera et se retrouvera en partie dans l'éprouvette. L'alcoomètre ne pourra donc fournir de résultats irréprochables. Mais on évite facilement cet inconvénient en ajoutant au vin avant de le faire bouillir une petite quantité d'une base quelconque fixe (potasse, soude, chaux, magnésie) caustique ou carbonatée, propre à retenir l'acide acétique dans le résidu.

Il est clair que la moindre déperdition de vapeurs

---

gouttes d'eau pour entrainer le vin adhérent à l'éprouvette ou au fond de l'entonnoir. Dans les deux méthodes il n'est pas besoin que l'éprouvette soit sèche pour recevoir le distillat, mais, avec la méthode  $\frac{V}{2}$ , une fois la première mesure de vin intégralement introduite, il faut enlever les ringures avant de jauger pour la seconde. En tout cas et au préalable, on lave l'éprouvette avec le vin et la chaudière avec de l'eau. Il ne faut jamais laisser séjourner dans une chaudière en métal les résidus du distillation.

alcooliques risque d'autant plus de fausser les résultats que la proportion d'alcool pur dans les vins est en définitive assez médiocre. On ne saurait trop prendre de précautions contre cette grave cause d'erreur. Donc on s'assurera de l'étanchéité parfaite de la double jointure qui suit la chaudière et précède le serpent. Les vapeurs une fois parvenues à ce dernier, il faut une condensation irréprochable. Dans ce but, au commencement même de l'ébullition, et dès que la première goutte perlera à l'orifice du serpent, on remplira le réfrigérant d'eau *fraîche* s'il ne l'est déjà et on la renouvelera *constamment*. On peut s'éviter la fatigue et l'ennui de cette affusion incessante en disposant supérieurement une fontaine remplie d'eau froide avec laquelle on fera circuler un filet d'eau ininterrompu dirigé de l'entonnoir au trop-plein, comme l'indique la figure 33. Sans compter que si le froid agit énergiquement sur les vapeurs du serpent, l'opérateur recueille un liquide dont la température est voisine de 15°, ce qui facilite l'usage des tables de correction, et voisine aussi de celle du vin mesuré, ce qui est une condition à réaliser. Bref, on fera choix d'eau de puits à basse température, on la dépensera à profusion, et toutes les fois qu'on le pourra, en été, on placera dans le réfrigérant des fragments de glace.

Si l'on tient à obtenir une bonne détermination, il vaut mieux prolonger l'opération — toujours assez longue — quelques minutes de plus, et recueillir au moins le tiers du vin mesuré (cas des liquides faibles) ou presque la moitié (vins généreux).

*Appareil simplifié Trubert.* — A défaut de l'alambic Salleron dont la construction plusieurs fois perfectionnée ne laisse rien à désirer, on peut employer à

la pesée des vins par distillation le matériel du nécessaire Trubert.

On se sert de la lampe, du ballon dont on fait usage pour doser les nitrates, et, comme réfrigérant de la cuve du calcimètre. On adapte au col du ballon un bouchon en caoutchouc dont l'unique orifice porte un tube métallique coudé et l'on condense l'alcool et l'eau dans un flacon de 60 centimètres cubes noyé dans l'eau de la cuve, mais obturé par un bouchon à deux trous dont l'un donne passage au serpentín métallique raccordé au tube abducteur, l'autre à un tube droit en laiton pour le dégagement de l'air.

Le flacon peut, à la rigueur, servir pour les mesure initiale et finale, mais mieux vaut avoir recours à un petit matras à col étroit.

A la condition de disposer d'un robinet d'eau bien fraîche maintenant la cuve pleine à déborder, ou de fermer celle-ci et d'y faire nager des fragments de glace, les opérations sont rapides et suffisamment précises.

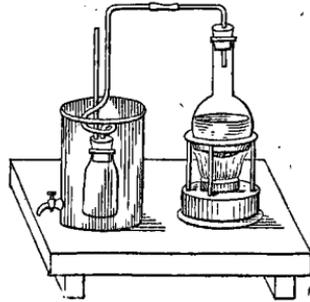


Fig. 30. — Dosage de l'alcool par le matériel Trubert.

*Autres principes pour doser l'alcool dans les vins.*

**Réfringence. Pouvoir capillaire.** — En somme, l'alambic constitue le seul moyen pratique et officiel de titrer l'alcool dans les vins et nous recommanderons aux agronomes intéressés d'apprendre à se servir de cet instrument, mais nous ne pouvons ne pas signaler d'autres procédés tendant au même but. Dans un mélange alcoolique bien d'autres propriétés que la densité sont fonction de la richesse et presque indépen-

dantes de la présence des matières solides dissoutes.

Le premier procédé, d'une précision remarquable, et de plus très rapide, a été mis en usage par le docteur Riegler, savant allemand. Il consiste à mesurer le pouvoir réfringent du vin sans le distiller. Bien que très prompte, l'opération exige l'emploi d'appareils coûteux et dont seuls peuvent se servir les praticiens habitués aux instruments de physique. Aussi nous contentons-nous de le mentionner en passant.

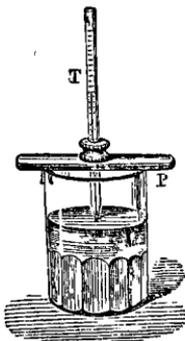


Fig. 31. — Liquomètre de Musculus.

Quant au second moyen, il est de nature à séduire les agronomes par sa simplicité. Il consiste à étudier l'ascension du vin dans un tube capillaire de diamètre convenable, sachant que cette ascension croit avec la force alcoolique. Une planchette horizontale s'appuie sur un verre ordinaire contenant le vin à éprouver; elle supporte le tube qu'on abaisse jusqu'à effleurement du niveau par la pointe inférieure (fig. 31). Aspirant par l'embouchure supérieure, on remplit le tube partiellement; puis, retirant la bouche, on examine les positions du niveau par rapport à la graduation inscrite sur le tube.

Malheureusement la tension superficielle du vin, considéré dans cette expérience comme un pur mélange d'eau et d'alcool, varie un peu avec la composition de l'extrait dissous et change sensiblement suivant la proportion plus ou moins grande des principes sucrés. En outre, la tension superficielle n'est fonction de la composition chimique du mélange essayé que si, à force de soins minutieux de propreté, on élimine absolument l'influence perturbatrice des matières étrangères, comme poussières, corps gras... etc. Ces précautions à prendre

n'embarrasseront pas un savant, mais ôtent toute valeur pratique à la méthode capillaire. Celle-ci présente encore un inconvénient assez grave : suivant les règles de la physique moléculaire, la tension superficielle et par suite la hauteur de la colonne soulevée change d'abord très notablement si l'on part de l'eau pure pour expérimenter des liquides faiblement alcooliques, mais bientôt cette sensibilité se ralentit. Donc la méthode supposée parfaite en pratique ne se montrera sensible que pour les piquettes et nullement pour les vins un peu généreux. Pour être juste on ne saurait contester au liquomètre l'avantage du bon marché et de la rapidité de ses indications plus ou moins approchées.

. *Dosage de l'alcool dans les vins par la méthode ébullioscopique. Appareil Malligand. Appareil Salzeron-Dujardin.* — A défaut des deux méthodes précédentes qui pour des raisons opposées ne sauraient être recommandées, il en existe une troisième, l'ébullioscopie, dont l'emploi est extrêmement répandu et se vulgariserait encore plus si le prix des instruments venait à s'abaisser, sans pour cela que leur exactitude en souffrit.

Tout le monde sait que, par définition, l'eau pure bout à 100° sous la pression ordinaire de 760 millimètres de mercure ; dans les mêmes conditions l'alcool sans mélange bout à 78°. Un mélange d'eau et d'alcool bouillira à une température intermédiaire, d'autant plus voisine de 100° que la mixture est plus pauvre en alcool et d'autant plus basse qu'elle est plus riche. A chaque proportion déterminée correspond un point d'ébullition bien fixe et *vice versa* ; ainsi 10 p. 100 d'alcool en volume dénotent 92°, 7. Comme pour la tension superficielle, l'abaissement résultant d'un même accroissement

de taux d'alcool est beaucoup plus sensible dans les liqueurs faibles. Quant aux matières extractives dissoutes dans les vins comme la glycérine, les sels..., elles modifieront sans doute un peu le phénomène, mais pas d'une façon appréciable, et dans une première approximation on peut faire abstraction de leur présence et considérer le vin comme un simple mélange d'eau et d'alcool.

Croyant qu'un thermomètre à mercure bien sensible, bien gradué et placé au contact du liquide ou de la vapeur, suffisait pour renseigner l'œnologue, les premiers inventeurs de la méthode ébullioscopique n'avaient pas réfléchi à cette circonstance très simple que l'alcool étant plus volatil que l'eau pendant le réchauffement et, à plus forte raison, durant les premières secondes d'ébullition, il disparaissait plus d'alcool que d'eau et que le mélange s'affaiblissait. Cette perte s'accusait de plus en plus et la température d'ébullition remontait forcément. Donc l'observateur était obligé de guetter dans la marche en avant de la colonne thermométrique un point d'arrêt assez difficile à saisir. Aussi les modèles actuels portent-ils au-dessus de la chaudière un manchon réfrigérant qu'on garnit d'eau froide, qui condense les premières vapeurs alcooliques dégagées et les faisant retomber, entretient ainsi la constance de la composition du liquide pendant un temps assez long pour que l'opérateur ait tout loisir de procéder à sa lecture.

Personne n'ignore que l'eau ne bout à 100° que sous la pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer. Comme le baromètre hausse ou baisse suivant les conditions météorologiques ou selon l'altitude locale, il faut au préalable fixer par une expérience préliminaire le « point d'eau » qui ne varie pas sensible-

ment dans l'intervalle d'une même demi-journée et régler l'ébullioscope en conséquence. Pour le point d'eau, bien entendu, le réfrigérant est inutile, mais il faut user d'eau très pure (1).

Dans le monde des courtiers et des négociants en

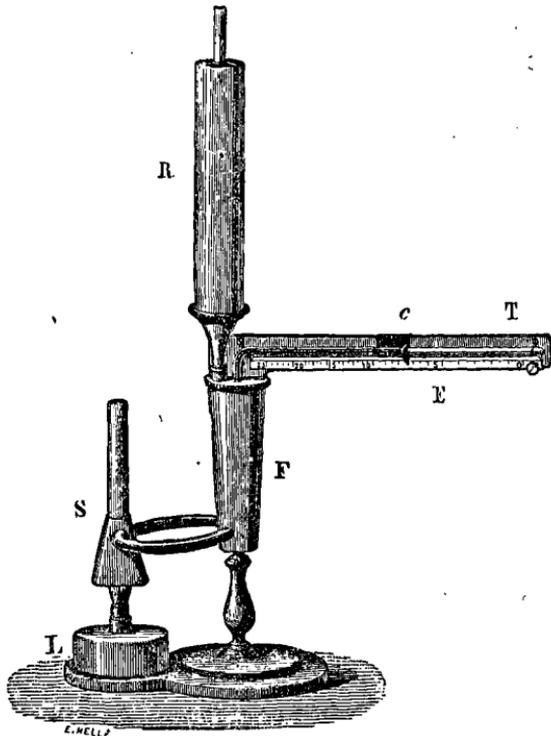


Fig. 32. — Ebullioscope Malligand.

vins qui perdraient un temps précieux à distiller à l'alambic de nombreux échantillons de vins, on se sert toujours d'un ébullioscope très commode portant le nom de M. Malligand, son inventeur. Nous mentionnons et figurons (fig. 32) le Malligand sans le décrire

(1) N'était le phénomène du déplacement du zéro, presque inévitable dans les thermomètres chauffés fréquemment à des températures assez élevées, si l'opérateur disposait d'un baromètre passable, il pourrait se dis-

parce que comme maniement il ne diffère pas de l'ébulliomètre Salleron dont nous allons parler. Il donne des degrés commerciaux, un peu différents des degrés véritables, mais comparables entre eux. Lors-

qu'on éprouve successivement le même vin avec deux bons appareils non dérangés, les indications sont identiques.

L'ébulliomètre Salleron (fig. 33) comporte en sus de la chaudière *c* une lampe à alcool *L*, un réfrigérant annulaire *D* et un thermomètre *T* dont le réservoir plonge dans la chaudière tandis que la tige traversant le bouchon de caoutchouc *t* émerge au dehors. Dans cet appareil, l'étanchéité des joints, la perfection du condensateur sont des éléments utiles, mais non indispensables. De même les mesures de volume ne requièrent pas grande rigueur.

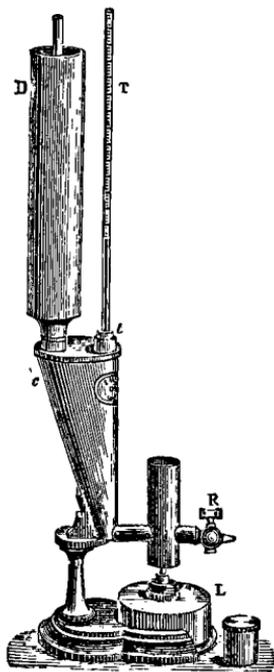


Fig. 33. — Ebulliomètre Salleron.

La chaudière se vide par un robinet purgeur *R* et se remplit par la tubulure correspondant au bouchon *t*. Nous déterminerons le point d'eau ou la tare en introduisant au moyen d'une petite jauge dans l'appareil supposé propre

---

penser de faire le point d'eau en calculant que 27 millimètres d'écart en plus ou en moins sur 760 correspondent aux points d'ébullition 101° et 99° et que dans l'intervalle la proportion subsiste. En tout cas, il pourra être avantageux de noter les pressions réelles raménées à 0° correspondantes à certains points d'eau observés ; plus tard, si on retrouve une pression déjà notée peu de jours auparavant, on peut, en toute confiance, reprendre le point correspondant à cette date.

la quantité voulue d'eau bien pure. Chauffons : quand la colonne mercurielle a cessé de s'élever ; notons le point d'arrêt, soit  $99^{\circ},7$ . Prenons alors la règle renfermée dans la cassette (fig. 34). Desserrant la vis de cette réglette, nous amenons la division  $99^{\circ},7$  en face du double zéro de la graduation ; nous resserrons la vis et la tare est faite une fois pour toutes. Puis faisons écouler par R l'eau bouillie ; enlevons le thermomètre, rinçons avec le vin à éprouver et introduisons finalement une mesure de ce vin. Ayant rempli d'eau froide le réfrigérant et replacé le thermomètre, allumons et guettons le thermomètre ; le mercure stationne à la division  $93^{\circ},1$ . Eteignons et regardons le degré correspondant à la division  $93^{\circ},1$  de la réglette mobile.

Sur l'échelle de droite nous lisons  $8^{\circ},8$ , degré véritable que nous pouvons et devons retrouver à l'alambic, s'il est accompagné de l'alcoomètre légal. A gauche, nous voyons  $8^{\circ},4$  ou  $8^{\circ},5$  degré fictif commercial que le vin accuserait au Malligand. Cette double graduation présente l'avantage de satisfaire à la fois le savant, l'expert et le négociant.

Nous ne pouvons reproduire ici toutes les recommandations du constructeur. Les unes sont relatives à la propreté, bien plus indispensable ici qu'avec l'alambic ; les autres prouvent que l'expérimentateur ne doit pas surmener son ébulliomètre déjà si rapide par des essais trop rapprochés.

Finalement l'ébulliomètre ne saurait convenir à

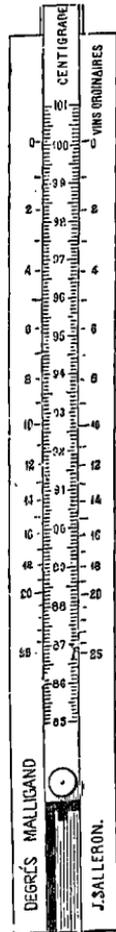


Fig. 31. — Règle de l'ébulliomètre.

l'épreuve des vins trop sucrés. Pour des vins jeunes, légèrement doux ou trop alcooliques, il est prudent de dédoubler le liquide avant de le faire bouillir (1).

*Acidité des vins.* — Nous avons dit que la réaction acide des moûts de raisin provenait de l'influence combinée d'acides libres et de sels acides. La présence de l'alcool engendré par la fermentation dérange cet équilibre et diminue l'acidité en faisant précipiter de la crème de tartre et du tartrate de chaux. En revanche, il se crée de l'acide succinique comme sous-produit de l'évolution et même un peu d'acide acétique aux dépens de l'alcool sous l'influence de ferments accessoires. Bref, le vin nouveau est un produit encore acide, mais il l'est beaucoup moins que le moût générateur.

Fraîchement décuvé ou même déjà vieux, le vin contient, nous le savons, une proportion notable de gaz acide carbonique. En pratique, dans les doses d'acidité, on fait abstraction de l'acide carbonique ou on l'élimine préalablement par une ébullition de quelques secondes.

Nous avons déjà parlé aussi de l'importance pour les moûts d'un taux suffisant d'acidité. Pour le vin fait, la question de l'acidité n'offre pas moins d'intérêt. Un vin raisonnablement acide, un peu vert, un peu fruité au début, a grande chance de se conserver exempt de maladies, et de plus, s'il est convenable, riche en alcool, grâce à l'éthérification lente par celui-ci d'une fraction des principes acides, gagnera en « bouquet » c'est-à-dire en qualité, à mesure qu'il vieillira.

---

(1) Avec le verre gradué amené à l'appareil, le dédoublement peut se faire aussi exactement que possible. Malgré tout, on commet inévitablement une erreur, et le doublement du degré observé lorsque 7°,1 par exemple devient 14°,2 est une seconde cause d'incertitude. Ces inconvénients sont compensés, il est vrai, par la précision de l'échelle aux faibles degrés alcooliques.

Tout comme l'acidité des moûts, l'acidité des vins s'exprime tantôt en acide tartrique, tantôt en acide sulfurique ; tant de grammes de l'un ou de l'autre pour un litre de vin. On passe facilement d'un coefficient à l'autre, soit en multipliant par le facteur 1,53 pour obtenir l'acidité tartrique, soit en divisant par ce même nombre ou multipliant par son inverse 0,653 pour connaître l'acidité sulfurique. En pratique, si l'on ne tient pas à une grande approximation, les facteurs simples  $3/2$  ou  $2/3$  suffisent et le calcul peut se faire de tête. On peut aussi arriver au même résultat sans opération au moyen de la règle acidimétrique de Mathieu. Ajoutons que les chimistes français préfèrent prendre pour unité l'acide sulfurique et la plupart des chimistes étrangers l'acide tartrique.

Nous mentionnerons plus loin les maladies qui proviennent du défaut d'acidité ou plutôt menacent les vins d'acidité incomplète. Un vin peu acide est d'ailleurs souvent sain et droit de goût, surtout s'il possède une dose d'alcool convenable. Au-dessus de 4 grammes en acide sulfurique par litre (6 grammes en acide tartrique), il sera utile d'ajouter 50 à 100 grammes d'acide tartrique supplémentaires par hectolitre ou mieux, s'il s'agit de vin blanc, de l'acide citrique (1). Seulement cette addition n'équivaudra jamais comme résultats utiles au tartrage à la vendange, car l'acide étranger arrivant au sein d'une liqueur faite comme le vin qui tend très lentement vers l'équilibre définitif restera longtemps encore comme surposé à la masse en lui communiquant une âpreté sensible qui ne disparaîtra qu'à la longue.

Tous les procédés qui servent à titrer l'acidité des

---

(1) En pratique, on dissout les cristaux dans un peu de vin chauffé qu'on ajoute ensuite à l'ensemble de la provision.

moûts et tous les instruments correspondants peuvent être appliqués à la recherche du degré d'acidité des vins. Nous n'aurons à revenir sur un sujet déjà épuisé que pour signaler une nouvelle méthode non applicable aux moûts mais très usitée dans les laboratoires œnologiques, pour les vins.

Suivant les indications de Pasteur, on prépare une eau de chaux qu'on titre bien exactement au moyen d'une liqueur sulfurique avec l'acide rosolique pour indicateur. On verse alors dans un tube à essai 10 centimètres cubes du vin à éprouver et, l'eau de chaux ayant été introduite dans une burette graduée, on la laisse découler dans le tube. A l'instant critique où la chaux triomphe de l'acidité du vin un précipité floconneux prend naissance. Un œil exercé en prévoit l'apparition et saisit le passage sans difficulté. Mais un novice risque de ne pas distinguer grand'chose, ou s'il aperçoit le trouble caractéristique, le reconnaît trop tard, après sa première production. L'eau de chaux, chacun le sait, s'altère très facilement en se carbonatant à l'air ; le flacon doit être maintenu soigneusement bouché et il convient d'en vérifier fréquemment le titre. Enfin, il faut, chaque fois qu'on opère, rincer à fond la burette avec la liqueur titrée, laisser perdre tout le contenu et, une fois l'essai terminé, rejeter aussi le restant non employé si l'on ne veut pas procéder immédiatement à une nouvelle expérience. On ne peut travailler que de jour. L'expérimentateur, élevant le tube à essai entre ses doigts allongés, le tourne de temps à autre vers une fenêtre éclairée et étudie ainsi la transparence du liquide qu'il étend d'eau distillée s'il est trop chargé.

*Exemple.* — Une eau de chaux est telle que 10 centimètres cubes d'acide sulfurique décimormal, à 4<sup>es</sup>,9 par

litre, en consomment 24<sup>cc</sup>,5 pour se neutraliser. En recommençant l'expérience avec 10 centimètres cubes d'un vin, on dépense 25 centimètres cubes de cette même eau de chaux jusqu'à production du précipité. L'acidité du vin, exprimée en acide sulfurique, est égale à 4<sup>gr</sup>,9  $\times \frac{25}{24.5}$  ou 5 grammes par litre.

Si, prenant un vin quelconque, vous en tirez l'acidité par les divers procédés connus — méthode Pasteur, méthode Tony Garcin, virage à la phénophtaléine, méthode volumétrique au bicarbonate de soude — vous constaterez le plus souvent des différences très légères, mais parfaitement nettes, entre les résultats successifs. Ce ne sont point là des erreurs expérimentales. La vérité est que le vin est un mélange d'une complexité énorme, contenant des matières à rôles très accentués à côté de substances d'allure moins tranchée. Les unes fonctionnent toujours comme acides, quel que soit le procédé qu'on emploie ou l'appareil qu'on manie ; les autres, suivant les cas, agiront ou resteront neutres.

Par exemple, le virage de la phénophtaléine appliqué à un vin blanc ne fournira pas les mêmes résultats que l'apparition du trouble caractéristique provoqué par l'eau de chaux. et avec un vin rouge, la teinte noire sans trace de violet, ni de vert, que provoque la soude, se manifestera à peine que déjà la liqueur accusera au tournesol une faible, mais perceptible réaction alcaline. Libre au manipulateur-agronome d'adopter le procédé qu'il connaît et pratique le mieux et d'en déduire les conséquences compatibles avec la méthode préférée.

Ajoutons, pour conclure, que ces mêmes divergences ne sauraient dans aucun cas induire en erreur le propriétaire qui veut simplement s'assurer que son vin présente un taux d'acidité rassurant ou constater son insuffisance pour y remédier.

*Extrait sec des vins.* — On nomme extrait sec le résidu qu'abandonne le vin après élimination de l'eau et de l'alcool par évaporation à chaud ou dans le vide. La question de l'extrait, d'importance majeure en œnologie théorique et dans l'analyse des vins commerciaux suspects, ne présente pour nous qu'un intérêt secondaire.

Toutefois un propriétaire désireux d'apprécier l'extrait sec du vin qu'il récolte pourra s'approcher de la vérité en se servant de l'œnobaromètre Houdart, qui n'est autre qu'un densimètre très sensible et extrêmement délicat à manier. Dans aucune expérience, les précautions de lecture et de propreté de la tige, les corrections thermométriques ne jouent un rôle plus essentiel. L'observateur lit l'indication de l'œnobaromètre, reportée au sommet du ménisque, la corrige au moyen des tables si la température du vin diffère de 15° puis, combinant le degré œnobarométrique rectifié avec le degré alcoolique réel, il obtient, au moyen d'une seconde table, le taux de l'extrait en supposant le vin non sucré.

Au besoin, l'œnobaromètre de Houdart peut être remplacé par un alcoomètre sensible, par exemple le type légal propre aux degrés inférieurs, mais alors la lecture doit être faite dans le plan du liquide. Si la température s'écarte de 15°, on recourt aux tables et une fois la correction effectuée, d'autres tables analogues à celles qu'a dressées M. Houdart pour l'emploi de son instrument permettent de déterminer l'extrait sec, directement ou par interpolation.

Notons que la règle œnobarométrique de Houdart dispense de l'emploi des tables et qu'enfin l'extrait sec obtenu par ce procédé plus commode que précis se rapproche plutôt de l'extrait à 100° obtenu par évaporation du vin à cette température que de l'extrait dans le vide.

*Caractères et conditions de stabilité du vin.* — Riche en alcool, un vin se vendra toujours bien, parce que l'alcool étant un antiseptique, le vin en sus des agréments de sa spirituosité, inspirera, au point de vue de sa conservation, une sérieuse confiance. Doué d'une acidité raisonnable, un vin sera également recherché par le commerce comme sain, bien fait et destiné à s'améliorer dans l'avenir. Aussi avons-nous cru devoir, avant tout, parler de la détermination exacte de ces deux éléments essentiels parce qu'ils intéressent singulièrement l'agriculteur désireux de connaître le fort et le faible de ses produits et de les vendre en toute connaissance de cause. Ceci fait, nous allons examiner les caractères et les conditions de stabilité des vins. Ces conditions sont de deux sortes : nous négligerons, comme toujours, les détails et resterons dans les généralités.

1° *Conditions intrinsèques de stabilité.* — On doit regarder le vin comme un assemblage hautement complexe de principes très différents dont l'équilibre mutuel a été grossièrement assuré par la fermentation tumultueuse, comme un milieu parsemé de germes multiples qui, sous l'action de circonstances favorables, ne demandent qu'à éclore. A la suite de la fermentation tumultueuse, la fermentation lente commence pour s'apaiser bientôt à son tour. Pendant un laps de temps qui peut atteindre plusieurs années, les vins se modifient ou « travaillent » avec une lenteur excessive. Généralement à de longues périodes de repos presque complet succèdent des secousses passagères d'activité relative. L'équilibre ne se modifie plus ensuite durant bien des années (en l'absence de toute influence perturbatrice externe) et il faut un temps considérable, pour que le vin, vieilli et usé, se décompose par degrés insensibles.

Un vin très ancien, tel que celui que M. Berthelot a retiré d'un tube en verre scellé à la lampe et associé à des débris antiques n'a décelé à l'analyse aucune trace de sucre. Il renfermait assez de bitartrate de potasse, du tartrate de chaux, de l'acide acétique éthérifié ou non. Il s'était considérablement affaibli en alcool et en acidité totale. Bien entendu, cette préparation d'un autre âge n'avait plus aucun goût.

Mettant de côté les boissons mutées ou additionnées de sucre, les vins jeunes contiennent toujours un peu de glucose non transformée. Les vins faits eux-mêmes en renferment un résidu s'élevant jusqu'à 2 grammes par litre. Quant aux procédés qui permettent de doser ces traces de substances ayant échappé à la fermentation, ils sont un peu minutieux pour être exposés ici. D'ailleurs la douceur d'un vin au point de vue pratique peut s'estimer à la dégustation.

D'autre part, nous avons déjà dit que les vins soumis à une chaleur trop vive pendant la fermentation tumultueuse renfermaient souvent de la mannite, matière qui ne figure nullement dans la constitution d'un vin normalement produit. D'après M. U. Gayon, on peut extraire jusqu'à 20 grammes de mannite d'un litre de vin mal réussi. Une proportion même plus considérable serait sans inconvénient pour la santé du buveur, mais la mannite n'est pas susceptible d'une fermentation subséquente. Quant à son dosage il ne concerne que les chimistes et n'intéresse même pas les propriétaires français soigneux dont jamais les vins ne sont mannités.

Suivant l'auteur que nous venons de citer, la glycérine dans le vin équivaut en moyenne au douzième de l'alcool (en poids). Les mêmes causes qui entravent la production de l'alcool, par exemple une fermentation

à température trop élevée, gênent aussi la création de la glycérine.

Un vin jeune, non mousseux tout le monde le sait, contient une certaine quantité de gaz carbonique, qui s'élimine peu à peu de même que les traces de ce gaz produites par le parachèvement insensible de la fermentation. On trouve aussi dans le vin des acides tartrique et succinique, libre ou combinés, soit avec la potasse, soit avec la chaux. Déjà très peu solubles dans l'eau, le tartrate acide de potasse et le tartrate neutre de chaux le sont encore moins dans les liquides alcooliques. Aussi tendent-ils à s'éliminer peu à peu dans les lies et dépôts en dérangeant sans cesse, comme nous l'avons dit, d'abord fortement, puis plus doucement, l'équilibre de la masse, lequel, à vrai dire, n'est jamais que passer.

A côté de ces éléments facilement séparables, grâce à leur nature gazeuse ou insoluble se trouve un acide simplement volatil : l'acide acétique. Il est bien difficile en effet d'éviter d'une manière rigoureuse, pendant la fermentation du moût, surtout dans les cuves, le développement du ferment acétique dont les effets à très petite dose ne sont pas fâcheux.

Lorsqu'ils ne sont pas saturés par les bases ou lorsqu'ils ne le sont que partiellement, les acides autres que l'acide carbonique s'unissent peu à peu à l'alcool pour former des éthers, mais cette union, à cause de l'énorme excès d'eau et des traces de base que renferme le mélange, ne s'opère qu'avec une lenteur extrême. Aussi les vins n'acquièrent ordinairement leur bouquet qu'après des mois entiers.

Sans doute, il est très avantageux qu'un vin soit riche en acide, mais il est dangereux de laisser se développer l'acidité volatile parce que cet accroissement est

corrélatif d'un travail du ferment acétique qui brûle l'alcool du vin en l'oxydant. Un vin est suspect dès que sa teneur en acidité volatile surpasse 1 gramme par litre en acide tartrique et surtout qu'elle augmente à la suite d'un soutirage. Cette proportion s'applique aux vins de France ; elle peut être doublée pour les vins d'Algérie.

On peut signaler plusieurs moyens de titrer l'acidité volatile d'un vin. Ayant dosé par exemple l'acidité totale dans une première expérience, on fait bouillir le liquide jusqu'à réduction à plus de moitié, ou bien on utilise le résidu resté dans la chaudière après l'épreuve au Salleron. Dans les deux cas, on laisse refroidir le vin bouilli, on ajoute assez d'eau pour rétablir le volume primitif et on recommence l'essai ; la différence des deux résultats fournit l'acidité volatile qu'on peut aussi doser dans le distillat (1). Mais comme les méthodes d'analyse par différence laissent toujours un peu d'incertitude dans l'esprit, il vaut mieux sursaturer tout le vin par une base quelconque en excès et distiller ensuite avec une petite quantité d'acide phosphorique dont la fixité est absolue ; en vertu de cette dernière propriété, il expulse les acides volatils qu'on recueille par une condensation soignée et qu'on dose ensuite directement.

Quant au tanin, cet élément est généralement répandu en suffisante quantité dans les vins rouges ordinaires

---

(1) Lorsque l'on distille, pour le peser, un vin ayant de la tendance à se piquer, il est d'usage d'introduire dans la chaudière un peu de base, potasse, soude, magnésie pour retenir les acides volatils et les empêcher de se mêler au distillat. Alors, bien entendu, on ne peut plus doser ni l'acidité fixe dans le résidu, ni l'acidité volatile dans le liquide condensé. Si l'on veut mener à bien l'une ou l'autre de ces déterminations, il convient de ne rien ajouter au vin et de renoncer à l'épreuve alcoométrique. Ou bien il faut, comme nous le disons plus loin, sursaturer avant de doser l'alcool et redistiller le résidu avec l'acide phosphorique.

provenant de la fermentation des raisins non égrappés, à dose moins forte dans les vins issus de raisins égrappés, encore plus faible dans les vins blancs, surtout s'ils proviennent du nord de la France. Son abondance est une présomption de bonne conservation.

Il est quelquefois utile de se rendre compte, au moins approximativement, de la proportion de tanin contenue dans un vin. A cet effet, M. Trubert conseille de verser 20 centimètres cubes de vin dans la cloche à gaz de son calcimètre ou acidimètre, d'y ajouter 10 centimètres cubes d'une solution alcaline très concentrée, de boucher la cloche et de la retourner. On lit le volume occupé par le gaz (1) et on abandonne jusqu'au lendemain la cloche et son contenu dans un local à température constante. La cloche doit être tenue couchée horizontalement. Le lendemain, on la redresse et, dans cette position, on la débouche sous l'eau. Comme le tanin s'est incorporé de l'oxygène emprunté à l'air emprisonné dans la cloche, il se produit une légère absorption. Le nombre de centimètres cubes représentant la contraction, multiplié par 0,0045 et exprimé en grammes, traduit la proportion de tanin sur les 20 centimètres cubes traités ; on passe au litre.

(1) Ce volume est naturellement un peu trop faible à cause de la compression provoquée par le forçage du bouchon. Aussi M. Trubert, pour éviter cette cause d'erreur, recommande l'emploi d'un bouchon à deux orifices dont un seul est fermé ; on obture ensuite le second et on ajoute 0<sup>cc</sup>,8 au volume primitif observé.

Voici du reste un exemple emprunté à cet auteur :

Volume d'air primitivement emprisonné. . . . .	78 <sup>cc</sup>
Correction . . . . .	0 <sup>cc</sup> ,8
<b>Total. . . . .</b>	<b>78<sup>cc</sup>,8</b>
Volume gazeux restant après absorption, l'égalité des niveaux obtenue . . . . .	71 <sup>cc</sup>
<b>Différence . . . . .</b>	<b>7<sup>cc</sup>,8</b>

$$7,8 \times 0,0045 \times 50 = 18,7 \text{ par litre.}$$

Si nous signalons enfin la présence de l'ammoniaque à l'état de traces dans les vins, ce n'est pas pour engager le viticulteur à la doser, — ce serait une entreprise peu pratique, — mais pour faire remarquer, d'après MM. Müntz et Rousseau, combien la présence de l'ammoniaque à dose relativement élevée (jusqu'à 60 milligrammes par litre) dénote les mauvaises circonstances de la fermentation ayant donné naissance au vin étudié et combien la rareté de cet élément (limite minima, 3 milligrammes) indique, au contraire, une boisson provenant d'une fermentation normale. La teneur en ammoniaque du vin renseignera donc sur sa conservation probable. Un liquide riche en ammoniaque est fatalement destiné à s'altérer; un liquide pauvre en cette base a chance de vieillir heureusement. Dans les mauvaises fermentations, les matières azotées des marcs et des moûts se transforment effectivement en ammoniaque.

2° *Conditions extrinsèques de stabilité.* — Elles peuvent se résumer ainsi : le vin veut du repos et une aération extrêmement modérée.

Dans cette masse, qui par une évolution insensible tend vers un équilibre dont elle se rapproche sans jamais l'atteindre, l'influence de tout changement brusque, et surtout de perturbations répétées, en obligeant le vin à un travail nouveau, sera forcément fâcheux. De plus, la présence d'un excès d'air pourra, dans un milieu où les ferments aérobies préexistent, favoriser leur multiplication, et risquera d'en introduire si le milieu est désinfecté. Tout au plus, dans un vin parfaitement dépouillé de germes, la présence de l'air pur aura-t-elle l'inconvénient de diminuer le bouquet par évaporation des éthers. Ce n'est pas pour rien, a

fait observer Pasteur dans ses célèbres *Etudes sur le vin*, qu'une routine plusieurs fois séculaire a imposé l'usage de récipients en bois pour le logement des vins. Le bois, matière poreuse au premier chef, laisse bien transpirer un peu d'air, mais arrête complètement les germes nuisibles et s'oppose à une évaporation trop active.

Plusieurs métaux usuels s'altèrent avec plus ou moins de facilité au contact du vin; le fer surtout produit un effet déplorable. Dans une cave irréprochable, les seules pièces en cuivre, en bronze, en étain seront admises en contact avec le vin; les parties flexibles des appareils conducteurs se feront en toile, ou beaucoup mieux en caoutchouc. Il sera essentiel de les laver et de les laisser égoutter avant ou après les manœuvres.

Une précaution de propreté extrêmement simple et qui s'applique à toutes les constructions en maçonnerie, à toutes les pièces métalliques fixes ou mobiles, consiste à les « affranchir » au moment de s'en servir pour la première fois avec une solution à 5 p. 100 d'acide tartrique. On conçoit que cette dilution, non seulement agit comme le ferait tout lavage ordinaire à l'eau pure, mais par sa composition acidulée, analogue à celle du vin, détache et s'incorpore les matières capables de s'assimiler à l'occasion au vin lui-même.

Pour les sondes destinées à la dégustation, rien au monde ne vaut le verre, qui est inaltérable de sa nature, facile à nettoyer mécaniquement et laissé toujours voir les impuretés adhérentes à l'intérieur du tuyau.

Dans le cours de son travail, d'abord assez lent, puis insensible, le vin se sépare automatiquement de ses lies qui se précipitent et du tartre qui se dépose sur les parois. Cette matière solide et cristallisée, que le

même vin ne saurait redissoudre, peut être sans aucun inconvénient, et quelquefois avec avantage, laissée dans les vases vinaires pour bonifier un autre vin dont l'état d'équilibre serait différent du premier. Il n'en est pas de même des lies qui contiennent, en compagnie des matières solides éliminées, une foule de mauvais germes. De là l'impérieuse nécessité des « soutirages » qui séparent le vin de la lie qu'il a rejetée lui-même.

Il est bon, répètent tous les auteurs, d'effectuer les soutirages par un vent du nord. Au fond le vent du nord, en pareil cas, importe peu. La vérité est que le vigneron soigneux doit toujours procéder à son soutirage un jour où la pression barométrique sera élevée. Une dépression atmosphérique provoque au sein de la masse un léger phénomène d'aspiration du gaz dissous qui remonte à la surface, entraînant des traces de lie, tandis que, par une forte pression, ces mêmes gaz restent stationnaires, ou même refoulent les lies vers le fond du tonneau.

On fabrique aujourd'hui des pompes de modèles très divers que nous n'avons pas à décrire, mais qui permettent de transvaser les vins complètement à l'abri de l'air, ce qui est un immense avantage (1).

Grands et petits, et toujours pour les mêmes raisons, les tonneaux ou foudres doivent toujours être pleins. On ne les bouche pas hermétiquement tant que le vin, jeune encore, dégage du gaz carbonique, mais plus tard cette précaution devient indispensable,

Outre la privation du contact de l'air qui s'oppose à la multiplication éventuelle des microorganismes maladiés

---

(1) Nous ne perdrons pas notre temps à réfuter le ridicule préjugé suivant lequel la lie « nourrirait » le vin et « entretiendrait » la futaille. Tout vigneron soigneux ne craint pas de soutirer quand il le faut, enlève complètement les lies et ne les conserve que dans des tonneaux sacrifiés d'avance.

dans le vin, deux précautions bien simples suffisent pour supprimer d'avance les germes que pourrait recéler le bois : ce sont le soufrage et l'échaudage. L'acide sulfureux, développé par la combustion de la mèche, endort ou tue les microbes; un jet de vapeur bouillante envahissant la futaille la stérilise à coup sûr. On peut faire remplir ainsi aux échaudeuses à pyrale des fonctions supplémentaires très utiles.

Malgré tout, il arrive souvent qu'un vin ne jouit pas d'une force vitale assez puissante pour éliminer simultanément germes suspects et matières inutiles à sa constitution. C'est alors que le propriétaire, moins souvent toutefois que le négociant, recourt aux opérations du filtrage à travers un tissu, ou du chauffage. Si le filtrage purifie mécaniquement, et si la description et le fonctionnement des filtres s'écarte de notre sujet, il n'en est pas de même du chauffage, qui détruit les organismes. Nous nous arrêterons sur cette méthode qu'on appelle ordinairement « pasteurisation », du nom du savant qui l'a préconisée autrefois et qui ne s'applique qu'à des vins supposés limpides.

*Pasteurisation des vins.* — Une température de 55° au minimum paraît indispensable, et il est plus sûr de rechercher celle de 60°. Elle doit se prolonger pendant un quart de minute au moins : mais cette durée indispensable peut être diminuée très largement à mesure que la température s'élève au-dessus de 55°, et surtout que le vin est plus riche en alcool, mieux pourvu en acide, en somme moins favorable intrinsèquement aux mauvais germes. Tous les microbes n'ont pas la vie également dure : ceux dont il est le plus difficile de triompher sont les ferments alcooliques, s'il s'agit de vins sucrés. Dans ce cas particulier, il convient de

hausser la température d'expérience de quelques degrés au-dessus de 55° et de soumettre le vin à un chauffage moins rapide (durant une minute au moins).

En pratique, dans tous les appareils à pasteuriser, le liquide sorti froid du vase vinaire qui le logeait se réchauffe d'abord en E (fig. 35), au contact du vin déjà traité, puis monte jusqu'en C pour être porté à la température de stérilisation que procure, par l'intermédiaire du bain-marie B, le

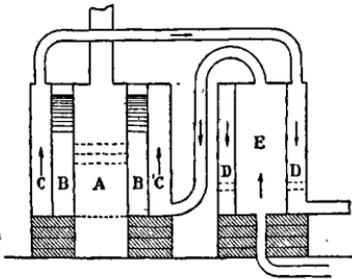


Fig. 35. — Coupe schématique d'un pasteurisateur.

foyer de chaleur A. Alors le vin, désormais guéri, s'échappe par D pour restituer à son tour, aux couches nouvelles, le calorique dont il est saturé, et retourner rafraîchi dans son nouveau logement. On voit, par notre schéma de la

figure empruntée à l'ouvrage de Pasteur, que toujours le vin qui s'échauffe monte et le vin qui se refroidit descend (M. U. Gayon).

Il existe plusieurs types d'appareils dont quelques-uns sont excellents : nous choisirons, pour le décrire, sans pour cela exprimer des préférences, le modèle Besnard, bon marché et pratique, quoique très perfectionné.

Le pasteurisateur de M. Besnard est destiné aux personnes qui n'ont à chauffer que des quantités limitées de vin. Il fonctionne au pétrole. Le vin froid arrive par le robinet flotteur M, passe en Q, traverse le robinet régulateur S, s'insinue dans le récipient R, où il se réchauffe au contact des tubes T, t, et de la lentille L; il sort refroidi par K (fig. 36). Comme l'opération, en dégageant les éthers qui constituent le bouquet des

vins, nuirait à celui-ci, un dispositif spécial, dont tous les bons modèles de pasteurisateurs présentent l'équivalent, permet de recueillir en N ces produits qui, amenés par le tube O et condensés dans le serpentin I, sont restitués en P au vin refroidi sortant. On garnit d'eau au préalable la chaudière C; l'eau chaude monte par le tuyau E, cède sa chaleur au vin et descend refroidie le long du tuyau D pour se réchauffer de nouveau, comme le liquide d'un thermo-siphon (1).

Il est clair que la pasteurisation des vins qui, intelligemment exécutée, conduit sans grands frais à d'excellents résultats, perd toute utilité si la boisson après son traitement n'est pas envoyée dans des futailles nettes de tout germe, parfaitement méchées au soufre, ou mieux stérilisées à la vapeur d'eau. Il n'est pas moins évident que le chauffage

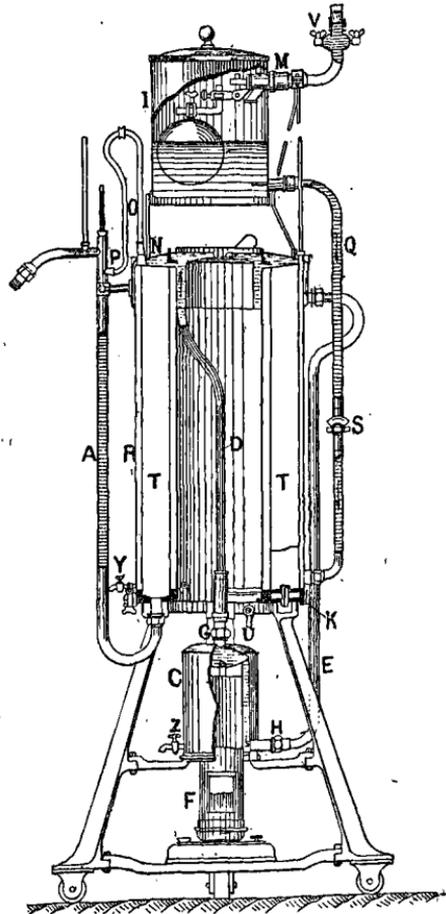


Fig. 36. — Pasteurisateur continu Besnard.

(1) Consulter dans la *Revue de Viticulture*, année 1895, un travail très complet de M. U. Gayon sur les appareils à chauffer le vin.

du vin ne saurait réparer les dégâts déjà produits par des maladies antérieurement déclarées.

*Maladies des vins.* — Un œnologue de grand mérite que nous avons cité plus d'une fois, M. U. Gayon, professeur à Bordeaux, a dit que le microscope devait faire partie intégrante du matériel d'un cellier bien outillé au même titre que le glucomètre ou que l'alambic à peser les vins. En effet, le microscope permet à un observateur exercé de reconnaître, dès le début, les symptômes des maladies des vins, alors que l'infection est encore guérissable, ou rassure le propriétaire à l'égard de la bonne tenue dans l'avenir de sa récolte.

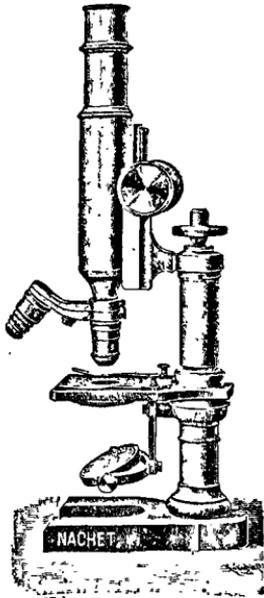


Fig. 37.  
Microscope Nacet.

Seulement le choix d'un appareil d'excellente qualité et de très fort grossissement s'impose ; il faut pouvoir compter sur une amplification de 7 à 800 diamètres telle que celle qu'on obtient dans d'appareil n° 11 de M. Nacet, destiné aux viticulteurs comme aux sériciculteurs, en combinant l'oculaire n° 3 avec l'objectif n° 7 (1).

---

(1) Il est clair que le viticulteur aura intérêt à pouvoir, au besoin, étudier intimement les organes de l'arbuste qu'il cultive en cas de maladie déclarée ou éventuelle. Dans ce but, il se procurera également l'oculaire n° 2 et l'objectif n° 3. L'association alternative sur la monture de l'un ou de l'autre des deux objectifs et des deux oculaires dénommés fournira des grossissements gradués de 100 à 180 diamètres suffisants pour toutes les observations pratiques.

On acquiert, assez vite, avec un peu d'exercice l'habitude de cet instrument que nous figurons ici (fig. 37) sans le décrire ni exposer son maniement. Quant aux détails qui suivent, ils résument les indications fournies par M. Roos dans son travail sur l'*Industrie vinicole méridionale*.

Mettons d'abord à part le *Mycoderma vini*. Ce cham-

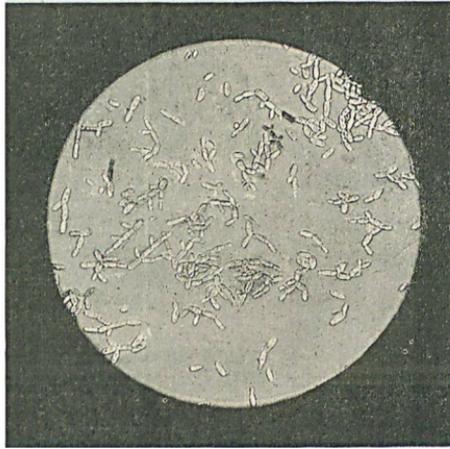


Fig. 38. — *Mycoderma vini*.

pignon, parfaitement visible à l'œil nu, connu sous le nom de « fleur du vin », se développe dans les tonneaux en vidange à la surface du liquide et affaiblit tant soit peu le vin en alcool. Sa présence ne devant pas inquiéter l'observateur, il importe de le distinguer du :

*Mycoderma aceti*. — Très petites boules accolées en forme de 8 et ne se laissant discerner qu'avec les énormes grossissements que nous avons mentionnés. Les *Mycoderma* se développent exclusivement à la surface extérieure du liquide qu'ils acétifient; ils périssent si le vin se trouve en contact avec une atmosphère

riche en gaz sulfureux. Un simple « méchage » pratiqué dans un tonneau en vidange garantit donc le vin de toute piquêre.

*Ferment de la tourne.* — S'attaque aux vins faibles,

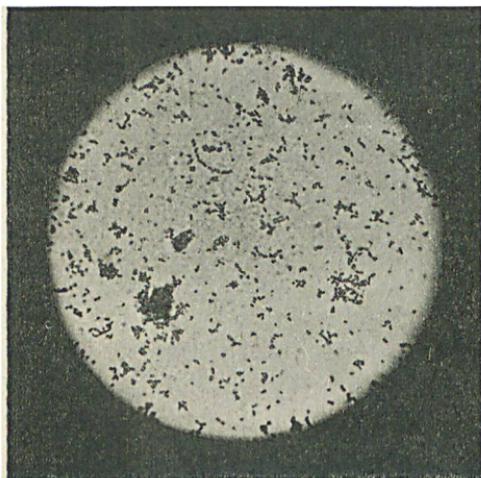


Fig. 39. — *Mycoderma aceti*.

peu acides. Filaments très minces, plus ou moins longs, recourbés.

*Ferment de la pousse.* — Très semblable au précédent. S'en distingue cependant par sa forme plutôt droite que courbe et relativement plus épaisse. Quoique produisant des effets apparents distincts, la tourne et la pousse s'attaquent l'une et l'autre à l'acide tartrique du vin et décomposent cet élément.

*Ferment de l'amertume.* — Filaments plus gros et plus longs que ceux de la tourne et de la pousse, d'aspect ramifié, de teinte brunâtre. N'altère guère que les vins vieux en bouteilles.

*Ferment mannitique.* — « Petits bâtonnets très courts, immobiles, qui au lieu de rester indépendants et disséminés dans le liquide, se groupent en grand nombre et forment des amas assez difficiles à désagréger (M. Roos). »

Toutes ces maladies, une fois suffisamment avancées, deviennent incurables. A leur début, elles peuvent être arrêtées par le chauffage qui agit préventivement lors-



Fig. 40. — Ferment mannitique.

qu'il est bien appliqué, mais qui ne saurait réparer le mal déjà commis.

Une légère propension à l'acescence s'atténue au moyen du tartrate neutre de potasse. Ce sel cède la moitié de son potassium à l'acide acétique du vin et se réduit à l'état de tartrate acide peu soluble qui se précipite dans les lies.

On empêche, avons-nous dit, le vin de se piquer en brûlant des mèches soufrées au contact de sa surface libre. On guérit les autres maladies, ou pour mieux dire, on arrête un début d'invasion en injectant à l'intérieur même de la masse liquide 10 ou 15 grammes de gaz sulfureux par hectolitre traité.

Pour refouler sans perte dans le vin cette dose d'antiseptique qui représente le produit de la combustion de 5 à 7 grammes de soufre par hectolitre, il n'est pas besoin d'un appareil spécial. On se sert de la pompe ordinaire du cellier dont le tuyau de refoulement plonge dans le vin du tonneau à désinfecter et dont le

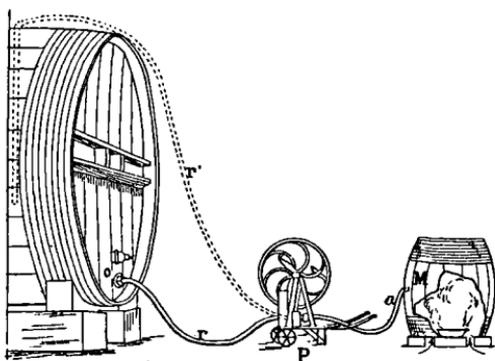


Fig. 41. — Soufrage de la pompe.

tuyau d'aspiration s'amorce sur la bonde d'un tonneau défoncé, dont on recouvre comme d'une cloche la marmite en fonte dans laquelle brûle le soufre (1) (fig. 48).

Il existe deux maladies, dont l'une fort rare, l'autre bien plus fréquente, pour lesquelles le secours du microscope deviendrait inutile, car elles ne sont pas microbiennes.

La « casse bleue » affecte les vins de Jacquez provenant de grappes trop mûres et qui n'ont pas reçu une suffisante provision d'acide tartrique. Elle consiste en une suroxydation au contact de l'air, qui fait virer la

(1) Au moyen de deux pierres on relève légèrement le tonneau jouant le rôle de cloche de façon que l'air indispensable à la combustion puisse facilement être aspiré par la base. La disposition indiquée est due à un viticulteur languedocien, M. Sénac; elle permet d'injecter dans le vin ou le mout à stériliser la totalité du gaz sulfureux formé, mêlé, il est vrai, de beaucoup d'air, ce qui n'a aucun inconvénient.

belle nuance pourpre du vin en une couleur bleu violacé sale. Mais il est superflu d'insister beaucoup sur un inconvénient devenu de jour en jour plus rare, depuis que la fermentation du Jacquez sans mélange ne se pratique plus guère, la variété franche de pied étant elle-même cultivée de moins en moins. Le chauffage ne saurait guérir la « casse bleue » et il ne faut chercher de remède à ce mal que dans l'acide tartrique.

Au contraire, la « casse brune » se guérit, ou pour mieux parler, se prévient par le gaz sulfureux (2 gr. de soufre brûlé par hectolitre de vin) ou par le chauffage. Les vins rouges sujets à la casse, limpides et brillants au moment même où on les soutire, se troublent au bout de quelques minutes ou quelques heures d'exposition à l'air. On serait tenté de prendre la casse pour une maladie microbienne ; c'est une erreur sans doute, mais peu éloignée de la vérité.

Nous avons mentionné au chapitre premier l'existence des « diastases » ou ferments solubles. Parmi les diastases figurent les « oxydases » qui ont la faculté d'absorber l'oxygène de l'air et de le restituer aux liquides dans lesquels ils sont incorporés. D'après M. Martinand, les raisins très mûrs renferment dans leur pellicule un champignon spécial, le *Botrytis cinerea*, susceptible d'engendrer des oxydases qui se développent dans le vin. Lorsque ce dernier subit le contact de l'air, les oxydases absorbent l'oxygène et le fixent sur les matières colorantes rouges qui se précipitent, insolubilisées par cette oxydation. Il existe un rapport manifeste entre les deux variétés de casse ; la question qui divise les œnologues consiste à savoir si l'analogie ne se poursuivrait pas dans le détail des phénomènes. Mais l'examen de cette question, bien que remplie

d'intérêt, nous entrainerait beaucoup trop loin. Nous renverrons le lecteur à la collection des *Comptes Rendus* de l'Académie des Sciences, à celle du *Progrès Agricole* de Montpellier et de la *Revue de Viticulture* de Paris (années 1894 et suivantes) (1).

Quoi qu'il en soit de la nature de cette fâcheuse altération, pour préparer dans les années suspectes un vin rouge qui soit à l'abri de la casse, il faut que le propriétaire, outre les précautions générales que nous avons signalées au chapitre précédent, tartrage à la cuve, rafraîchissement de la vendange, ajoute dans le récipient supposé fermé dans lequel elle bout 2 grammes de soufre brûlé à l'hectolitre, qu'il soufre aussi mais à dose moitié moindre, les récipients destinés à recevoir le vin jeune, afin de ne pas trop entraver les fermentations secondaires, qu'il renouvelle cette précaution à chaque soutirage. Dans ces conditions, il sera parfaitement à l'abri de tout mécompte.

Au rebours des raisins bien portants, les raisins de mauvaise qualité ne gagnent pas à être trop aérés au début de la fermentation. Dans ce cas, les oxydases engendrées par un commencement de pourriture attirant l'oxygène sur les matières colorantes altèrent celles-ci. Au contraire, dans les conditions normales, les levures, surtout au début, ont assez de vigueur pour absorber ce gaz pour leur compte.

Les fruits sont-ils franchement malsains ? Mieux vaut alors exagérer l'aération, casser d'avance les matières qui doivent l'être, et obtenir par cette purification un vin peu coloré mais du moins solide. Cette considération revient en somme à proclamer, une fois de plus,

---

(1) Parmi les chimistes qui se sont occupés de la question, nous citerons MM. Bouffard, Roos, Lagatu, Cazeneuve, Martinand, etc.

la supériorité de la vendange en blanc lorsque les grappes sont altérées.

Nous voudrions, avant de quitter ce paragraphe, mentionner simplement le procédé du collage appliqué aux vins malades qu'on veut traiter. Malgré son apparente différence avec le filtrage, le collage produit comme lui, une sorte de purification mécanique. Il ne doit s'entreprendre qu'à la suite d'un soufrage énergique et ne se pratiquer qu'avec de la gélatine pure (vins rouges) ou de la colle de poisson d'excellente qualité (vins blancs) à raison de 200 centimètres cubes de solution gélatineuse ou de 100 centimètres cubes de solution d'ichthyocolle par hectolitre traité.

Les titres de ces deux solutions diffèrent : la gélatine se prépare en dilution à 5 p. 100, la colle de poisson à 2 p. 100 seulement. En ajoutant 1 p. 100 de bisulfite de potasse, on la rend imputrescible, et elle se conserve indéfiniment.

Chacun sait que la solution de colle doit être coupée avec le vin à purifier, et ainsi étendue, versée dans la masse liquide qu'on remue fortement.

*Distillation des vins. Alambics.* — En dehors des régions privilégiées comme les Charentes, l'Armagnac, où la préparation de l'eau-de-vie de luxe constitue le but final du propriétaire qui cultive la vigne, il est bon que le récoltant puisse tirer parti de faibles quantités de vins avariés, de lies, de piquettes en les distillant lui-même. Il ne s'agit ici ni de l'obtention, même en

---

(1) Un vin collé perd une partie de son tanin qu'entraîne la gélatine dans le dépôt qu'elle forme. Après l'opération, il doit rester dans le vin du tanin en excès et non un excès de gélatine. Si, après un excès de collage à dose voulue, sur une petite quantité de vin, une addition de tanin précipite de la gélatine, le vin doit recevoir du tanin dont on peut dépenser jusqu'à 25 ou 30 grammes par hectolitre.

petit, de spiritueux de qualité supérieure, ni de distillations industrielles pratiquées sur des récoltes entières, comme autrefois dans le Languedoc, parce que ces traitements en grand nécessitent un outillage spécial et fort coûteux.

Les alambics se rattachent à deux types différents. Tantôt, chargés au préalable, ils ne fonctionnent que jusqu'à épuisement en alcool de la provision enfermée dans leur chaudière et opèrent, toute proportion gardée, à la façon de l'appareil Salleron que nous avons étudié au début de ce chapitre. Tantôt, et dans ce cas leur marche rappelle assez celle des pasteurisateurs, ils sont susceptibles de recevoir, sans interrompre leur action, un courant continu de liquide spiritueux, réglé sur la puissance de l'appareil que celui-ci sépare en eau-de-vie qui ruisselle d'une part, et en « vinasse » qui s'élimine de même, d'autre part. Dans le premier genre, dont il existe de très nombreux modèles, l'alambic est dit « intermittent » ; dans le second cas, l'instrument est dit « continu ».

En fait d'alambics intermittents, nous décrirons sommairement deux types : ceux que fabriquent respectivement deux fabricants les plus renommés de Paris, MM. Deroy et Egrot.

Dans le modèle Deroy (fig. 42), comme dans tout alambic, on distingue un fourneau 14, une chaudière 1, conduisant par un tuyau 6 jusqu'au serpentifère 7, entouré par le réfrigérant 8. Ces pièces sont toutes métalliques. L'eau-de-vie enfin s'écoule par le bec 13. Mais avec cette disposition simple le distillateur se trouverait obligé d'opter entre deux inconvénients : ou perdre une bonne partie de l'alcool du liquide à distiller, ou le recueillir tout entier, mais dilué dans une grande quantité d'eau. De deux maux, comme il faut choisir le moindre, il

serait préférable de se résigner à tout extraire, quitte à redistiller ou « repasser » ensuite le produit trop aqueux.

Pour parer à cet inconvénient, l'appareil porte deux pièces dont le rôle est semblable et qui fonctionnent comme « rectificateurs » ou « déphelgmateurs ». Au

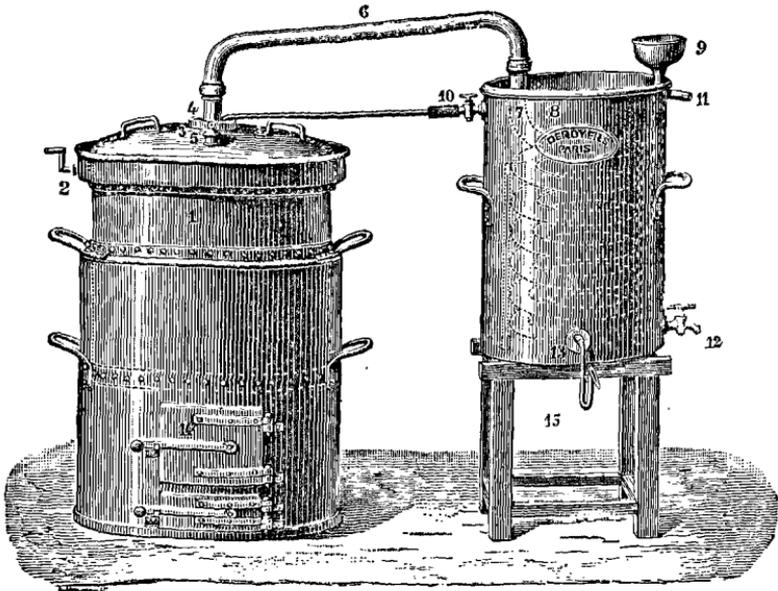


Fig. 42. — Alambic Deroy.

début de l'opération et par l'effet de la condensation des vapeurs, l'eau du réfrigérant ne tarde pas à s'atténuer. On ouvre le robinet 10' et l'eau chaude ruisselle sur la lentille 16 qui, creuse, renferme un plateau à son intérieur et qui est extérieurement recouverte d'une épaisse toile feutrée. La tiédeur de l'eau ne produit aucun effet sur les vapeurs alcooliques qui poursuivent leur chemin, mais elle condense les parties aqueuses qui retombent dans la chaudière. Le rôle du robinet 10 et de la

pièce 4 est absolument analogue (1). De cette façon on ne recueille en 13 que de l'eau-de-vie à un titre raisonnable et qui n'a pas besoin d'être repassée. Toutefois, les premières parties qui arrivent à la distillation, les produits « de tête », trop riches en éthers, donne-

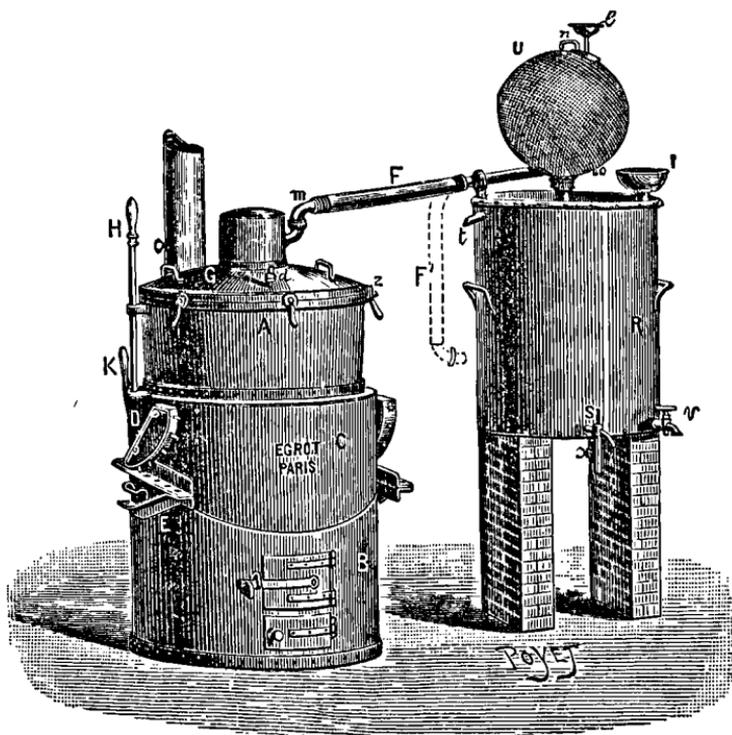


Fig. 43. — Alambic Egot.

raient un mauvais goût à l'eau-de-vie, et il vaut mieux les séparer, ce qui inflige à l'eau-de-vie à recueillir un faible déchet de 5 p. 100, et encore cette fraction n'est-elle pas perdue, car on peut l'ajouter au prochain liquide à distiller. Si un vin pèse 10°, 25 litres de ce vin fourniront 5 litres d'eau-de-vie à 50° centésimaux et sur

(1) Quant à l'eau « déphlegmante », elle s'élimine par le robinet 2.

cette provision on devra déduire 25 centilitres, soit un quart de litre de produits de tête à mettre de côté pour la prochaine opération.

Nous figurons ci-contre (fig. 43) le modèle Egrot, dit « à bascule », encore plus commode que le précédent pour la distillation des lies et des marcs. Le rectificateur est dessiné en U. Placé au-dessus même du réfrigérant, il se compose de deux boules creuses concentriques dont l'intérieur est alimenté par un courant d'eau froide tandis que la surface de la sphère extérieure s'humecte par le trop-plein déjà attiédi. Les vapeurs d'eau et d'alcool circulent dans l'espace vide qui sépare les deux boules ; les parties riches en alcool poursuivent leur chemin vers le serpentin pour s'y liquéfier finalement, tandis que les parties aqueuses, condensées par le rectificateur, retournent par le tube incliné F jusque dans la chaudière A.

Quel que soit l'alambic employé, il ne faut jamais négliger, de temps à autre, de recueillir à part dans l'éprouvette alcoométrique un volume suffisant de distillat et de le peser à l'aréomètre, en tenant compte de la température, pour juger de la marche de l'opération.

Avec un alambic intermittent le viticulteur est obligé de guetter la fin de l'arrivée des dernières parties d'alcool ; il doit aussi disposer d'une certaine quantité ou d'un courant continu d'eau bien fraîche. En somme, l'appareil nécessite une surveillance attentive et prolongée. Ces inconvénients, dont il ne faut pas exagérer l'importance, sont très atténués avec les alambics continus qui fonctionnent indéfiniment sans qu'on ait besoin

---

(1) Lorsqu'on distille les marcs, un panier ou plateau métallique empêche les matières solides de s'incruster aux parois de la chaudière.

d'interrompre leur marche et dans lesquels le vin ou le liquide à distiller sert lui-même à la réfrigération. Nous décrivons l'alambic continu du type Estève, parce qu'il est remarquablement pratique pour le propriétaire viticulteur qui veut tirer de l'eau-de-vie de ses vins, de ses piquettes, de ses lies point trop épaisses (1) (fig. 44).

Le courant de vin frais arrivant par le tube O se réchauffe au contact du serpentín ; puis, descendant par le tube T, arrive au godet L. Alors intervient le jeu des plateaux, tels que B, qu'on voit indiqués sur la figure. Un phénomène d'échange se produit entre le vin déjà réchauffé, mais encore liquide, qui découle le long des plateaux et les vapeurs alcooliques et aqueuses qui remontent, dégagées par le vin en ébullition. La vapeur d'eau se condense d'une part au contact du vin encore tiède et ce dernier, sous l'influence réchauffante des vapeurs, cède déjà une partie de son alcool qui est entraîné vaporisé. Bref, les vapeurs, très riches en alcool, se rendent dans le serpentín, s'y condensent, d'abord partiellement dans le haut, puis tout à fait au contact du vin froid de la base. L'eau-de-vie ruisselle en S, alimente l'éprouvette E garnie d'un alcoomètre qui permet de juger du degré obtenu et finalement se précipite en mince filet dans le vase qui doit servir à le loger. Le vin, sensiblement dépouillé d'alcool par son passage à travers les plateaux et son ébullition dans la chaudière, réduit à l'état de vinasse, s'élimine par siphonnement en F.

Nous n'avons pas mentionné l'usage des pièces que l'on distingue à la partie supérieure du schéma. Ce sont les organes du « régulateur » sans lequel l'alambic

---

(1) Les lies bourbeuses doivent toujours être filtrées ou diluées avant leur distillation à l'appareil Estève.

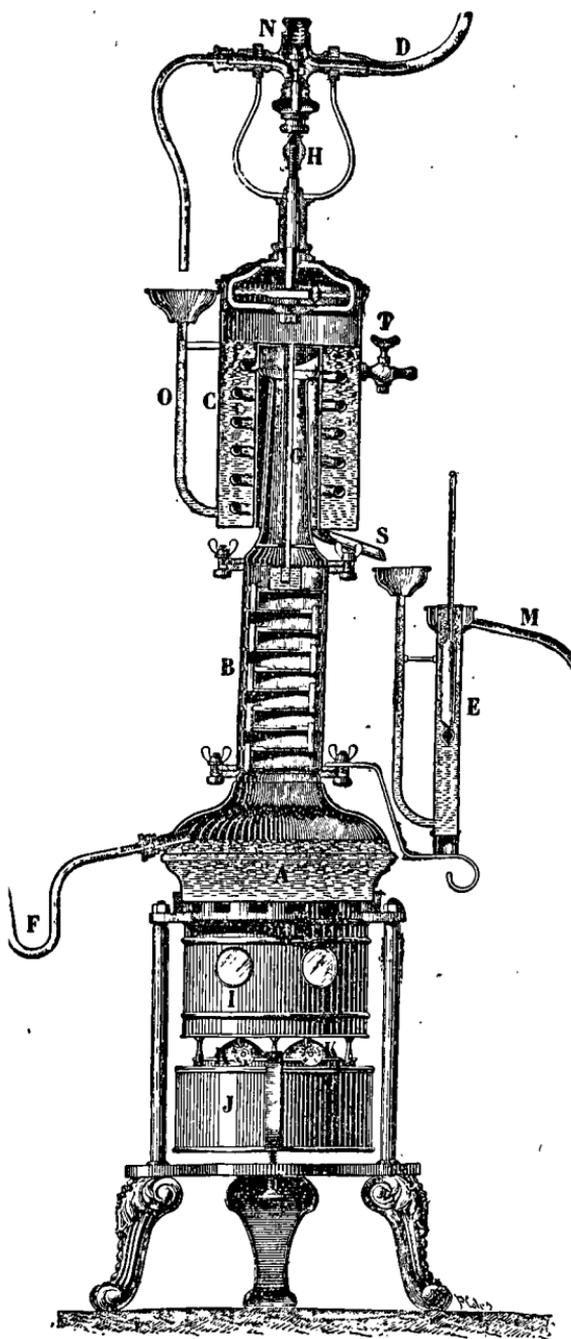


Fig. 44. — Alambic continu Estève.

peut encore assez bien fonctionner, mais qui favorise la bonne marche de l'appareil. Expliquons très succinctement son mécanisme. Si, par suite d'une raison quelconque, la température du réfrigérant tend à s'élever, la chaleur vaporise l'alcool contenu dans une lentille métallique, laquelle, déformée sous l'influence de cette pression interne, fait élever une tige qui obstrue le robinet d'arrivée. Dans le cas contraire, la lentille s'affaisse et le robinet s'ouvre.

Une augmentation de débit du liquide froid fait accroître le titre alcoolique de l'eau-de-vie, en amenant une condensation plus parfaite de vapeurs aqueuses sur les plateaux, une modération d'écoulement fait diminuer le degré pour la raison inverse.

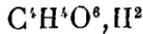
Pour les détails nombreux et intéressants, nous renverrons aux ouvrages techniques ou aux instructions des fabricants. Ajoutons, à titre de généralité, que les petits alambics se chauffent au pétrole, les grands au bois ou au charbon. On assure l'imperméabilité des joints par un lutage à la farine, sauf dans le modèle de M. Egrot que nous avons décrit où l'on se sert de caoutchouc. Ce détail a son importance : un défaut dans les joints peut amener une explosion par l'inflammabilité des produits alcooliques.

*Analyse des lies sèches et des tartres.* — Les tartres et les lies sèches constituent un mélange de tartrate de chaux, sel neutre presque insoluble et de tartrate acide de potasse ou crème de tartre, matière peu soluble à froid, mais diffusible dans l'eau bouillante, le tout souillé de matières étrangères. Les lies sont amorphes, les tartres bruts cristallins.

On évalue la richesse et la valeur marchande de ces matières au « degré », c'est-à-dire au pourcentage en

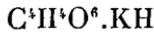
crème de tartre. Si un tartre brut atteint 80°, 100 kilogrammes de ce tartre renfermeront 80 kilogrammes de tartrate acide de potasse. Comme le tartrate de chaux est rigoureusement neutre, le degré d'un tartre ou d'une lie se proportionne à son pouvoir acide.

Une molécule d'acide tartrique pesant 150



contient deux atomes d'hydrogène actif.

Une molécule de crème de tartre



pesant 188 n'en renferme qu'un. Donc 150 milligrammes d'acide tartrique absorberont pour se neutraliser autant de potasse ou de soude que  $188 \times 2$  ou 376 milligrammes de crème de tartre et, en pratique, on pourra très bien supposer que 200 milligrammes d'acide tartrique équivaldront à 500 milligrammes de crème de tartre pure.

Pour faire un essai, dissolvons dans l'eau 200 milligrammes d'acide tartrique et ajoutons de la phénophtaléine. Au moyen d'une burette graduée, versons dans ce mélange une liqueur alcaline de force arbitraire; observons exactement le point de virage, soit N la division correspondante. Re commençons en dissolvant à chaud dans un volume d'eau suffisant 500 milligrammes de tartre; le virage, un peu moins facile à observer dans les lies colorées, se produit après une dépense équivalant à  $n$  divisions seulement; le titre ou degré est  $\frac{n}{N}$  (1).

---

(1) N ayant été trouvé égal à 17<sup>cc</sup>,8,  $n$  valant 14<sup>cc</sup>,1, le litre approximatif sera d'un peu plus de 79 degrés.

La liqueur alcaline, avons-nous dit, est arbitraire dans son titre. Le mieux est de la préparer ou de l'acheter de force telle qu'elle neutralise volume à volume une solution tartrique à 10 grammes par litre, comme celle que vend pour le tube acidimétrique la maison Dujardin. Alors il suffira de peser les 500 milligrammes de lie ou tartre, de les diffuser dans un quart de litre d'eau bouillante, d'ajouter quelques gouttes de phénophtaléine et de verser enfin jusqu'au virage vers le pourpre ladite solution alcaline contenue dans une burette graduée. Si la lie était constituée de crème de tartre pure, il faudrait dépenser 20 centimètres cubes pour voir apparaître la teinte rose ; à cause des impuretés, le virage se produira plus tôt, l'alcali effleurant la division  $n$  ( $n < 20$ ). Le rapport de  $n$  à 20 ou le quintuple de  $n$  indiquera le titre (1).

*Transformation des vins en vinaigre.* — L'unique agent de l'acétification est un ferment aérobie qui exige une température de 20° à 30° et un milieu alcoolique renfermant certains sels dont le *Mycoderma aceti* a besoin pour son alimentation. En présence d'une « mère de vinaigre » qu'on aura soin d'obtenir plutôt sous forme de voile ténue que sous forme de membrane gélatineuse épaisse, un vin gardé dans un local chaud à l'intérieur d'un récipient convenablement aéré s'acétifiera sans peine. Il faut éviter, comme pour le vin, le contact de toute pièce en fer avec le liquide ; mais dans le cas présent le cuivre même est proscrit, car le vinaigre l'attaque assez facilement. Et précisément, c'est par le contact du marc aigri avec les lamelles de cuivre qu'on

---

(1) La crème de tartre est trop peu soluble pour pouvoir se doser par la méthode volumétrique gazeuse qui exclut complètement l'intervention de la chaleur.

fabrique encore à Montpellier le verdet ou acétate de cuivre basique. Donc n'avoir recours qu'à des robinets en bois.

Il est clair que l'acétification ne pouvant se faire en vase clos, le voisinage des fûts où se prépare le vinaigre doit être très dangereux pour les vins, l'air et les insectes pouvant contaminer ceux-ci. D'ailleurs, le vin, pour se faire ou se conserver, veut de la fraîcheur ; le vinaigre, au contraire, a besoin d'une certaine chaleur. Raison de plus pour séparer les deux liquides.

Jamais tout l'alcool contenu dans un vin ne se convertit intégralement en acide acétique ; il reste toujours un peu d'alcool libre dont la transformation partielle en éther acétique ne nuit pas au parfum du vinaigre. L'excès d'alcool se dose très facilement à l'ébulliomètre. Quant à la puissance acide d'un vinaigre, généralement considérable par rapport à celle des moûts et des vins, elle s'estime par les procédés et les appareils déjà connus, en diluant seulement le vinaigre avec de l'eau pure, de façon à quadrupler ou quintupler son volume en affaiblissant son titre dans la même proportion.

Nous terminerons ici, en même temps que ce chapitre, un ouvrage dont on jugera avec raison le développement rationnel entravé à chaque page. Mais, nous le répétons, nous n'avons voulu rédiger, ni un traité de science pure, ni une compilation technologique, ni un manuel pratique. Notre but visait seulement à extraire des livres de théorie ou de manipulations les seuls principes, les seules méthodes utiles à l'occasion au viticulteur, à montrer ensuite leur relation avec l'agronomie viticole, soit théorique, soit expérimentale. Peut-être par ce moyen rendrons-nous plus fructueuse, à ce même viticulteur, la lecture des nombreux travaux d'application qui ont paru ces temps derniers.

Autant que possible, nous avons cherché à simplifier et coordonner, en sacrifiant les détails et croyons qu'en effet, l'application intelligente d'un assez petit nombre de principes généraux peut suffire au propriétaire pour éviter bien des déboires dans l'organisation, la conduite de son vignoble et dans les années, sinon tout à fait mauvaises, du moins médiocres, pour garnir sa cave de produits de bonne conservation.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE. . . . .	I
AVANT-PROPOS . . . . .	I

## CHAPITRE PREMIER

### EXPOSÉ DE QUELQUES PRINCIPES THÉORIQUES

Capillarité. . . . .	4
Dissolutions. . . . .	5
Coup d'œil sur la théorie et la notation atomique . . . . .	9
Hydrogène . . . . .	11
Oxygène. . . . .	14
Azote. . . . .	15
Carbone. . . . .	15
Affinité chimique. . . . .	17
Microbes et ferments. . . . .	19

## CHAPITRE II

### ANALYSES AGRICOLES. — MATÉRIELS ET MÉTHODES

Balance. . . . .	23
Verrerie jaugée et graduée . . . . .	25
Aréomètres et aréométrie . . . . .	34
Dosages agricoles par précipitation . . . . .	40
Dosages volumétriques gazeux . . . . .	41
Thermomètres. . . . .	45
Matériel d'analyse . . . . .	46
Réactifs. . . . .	51

## CHAPITRE III

## LES VIGNOBLES ET LE SOL

Sulfure de carbone . . . . .	55
Submersion . . . . .	56
Plantation dans les sables . . . . .	56
Les vignes américaines. La chlorose . . . . .	59
Le calcaire cause de la chlorose . . . . .	62
Analyse mécanique et physique des terres de vignoble . . . . .	66
Procédés pratiques pour le dosage du calcaire . . . . .	68
Calcimètre de M. Bernard . . . . .	71
Calcimètre Trubert . . . . .	78
Calcarimètre de M. Cléménçot . . . . .	80
Dosages du calcaire par le procédé Saporta . . . . .	82
Assimilabilité du calcaire . . . . .	85
Mesure de l'assimilabilité du calcaire par l'attaque aux acides faibles . . . . .	89
Magnésie et humus . . . . .	97

## CHAPITRE IV

## LES ENGRAIS

Exigences de la vigne . . . . .	102
La potasse dans le sol des vignobles . . . . .	103
Engrais chimiques à base de potasse . . . . .	105
L'acide phosphorique dans le sol des vignobles . . . . .	108
Engrais phosphatés. Analyse . . . . .	111
Dosage volumétrique de l'acide phosphorique . . . . .	115
L'azote dans le sol des vignobles . . . . .	116
Engrais azotés . . . . .	120
Analyse volumétrique de l'azote . . . . .	121
Engrais complets. Applications. Analyses . . . . .	129

## CHAPITRE V

## MÉTÉOROLOGIE VITICOLE

Baromètres . . . . .	131
Girouettes . . . . .	135
Thermométrie. Hygrométrie . . . . .	136
Gelées . . . . .	138

## CHAPITRE VI

## LES REMÈDES

Remèdes internes. Sulfure de carbone . . . . .	144
Chlorose et sulfate de fer. . . . .	149
Procédé Rassignier . . . . .	151
Remèdes externes anticryptogamiques. Soufre . . . . .	156
Cuivre, mildew et black-rot. . . . .	158
Sulfate de cuivre. Bouillies. Verdet . . . . .	159
Sels de mercure . . . . .	179
Anthracnose. Traitements d'hiver et d'été . . . . .	180
Lutte contre les insectes. Echaudage. . . . .	181
Substances insecticides. . . . .	183

## CHAPITRE VII

## LA VINIFICATION

Constitution du raisin . . . . .	186
Principe sucré du raisin . . . . .	188
Principes acides du raisin. . . . .	191
Étude de la richesse saccharine des moûts . . . . .	193
Méthode volumétrique gazeuse . . . . .	203
Distribution du sucre dans le raisin . . . . .	209
Distribution de l'acidité dans le raisin . . . . .	211
Fermentation alcoolique des liqueurs sucrées. . . . .	212
Produits accessoires de la fermentation. . . . .	214
Les levures . . . . .	216
Influence de la température sur la fermentation . . . . .	218
Influence de l'aération . . . . .	228
Influence de l'acidité . . . . .	230
Composition du vin jeune. . . . .	231
Egrappage. Vinification en blanc. . . . .	232
Avantages de la vinification en blanc . . . . .	236
Mutage à l'alcool. . . . .	237
Fermentation par les levures étrangères . . . . .	239
Épuisement des marcs. Piquettes . . . . .	240

## CHAPITRE VIII

## LE VIN

Degré. Sa définition dans les mélanges d'eau et d'alcool. . . . .	245
Mesure du degré par la densité. Alcoomètre légal . . . . .	246
Précautions et corrections spéciales à la lecture des alcoomètres. . . . .	248

Pesée des vins aux alambics Salleron. . . . .	250
Appareil simplifié Trubert. . . . .	254
Autres principes pour doser l'alcool dans les vins. . . . .	
Réfringence. Pouvoir capillaire . . . . .	255
Dosage de l'alcool dans les vins par la méthode ébullioscopique. Appareil Malligand. Appareil Salleron-Dujardin. . . . .	257
Acidité des vins . . . . .	262
Extrait sec des vins. . . . .	266
Caractères et conditions de stabilité du vin. . . . .	267
Pasteurisation des vins . . . . .	275
Maladies des vins . . . . .	278
Distillation des vins. Alambics . . . . .	285
Analyse des lies sèches et des tartres . . . . .	292
Transformation des vins en vinaigre . . . . .	294