

XV. — DE LA FERMENTATION LACTIQUE ET DE SA PORTÉE PATHOLOGIQUE (1).

Il y a quelques années, il aurait semblé très improbable que l'acidification du lait put avoir quelque portée sur la pathologie humaine; mais aujourd'hui tout le monde, je pense, est prêt à admettre que l'étude des changements fermenticels occupe une place proéminente dans les idées des pathologistes.

Afin de pouvoir avancer d'un pas certain vers la détermination de la nature réelle des diverses maladies importantes qu'on peut présumer être de nature fermenticelle, telles que les fièvres essentielles et la pyémie, la chose essentielle, à ce qu'il me paraît, c'est d'avoir des idées claires, basées sur des notions positives, concernant les fermentations plus simples, si je puis parler ainsi, — plus simples parce qu'elles peuvent être dirigées et étudiées dans nos laboratoires.

A la vérité, on pourrait dire que de telles notions nous ont été fournies déjà par les recherches de Pasteur et de ceux qui ont suivi ses traces, recherches tendant à prouver que toute fermentation vraie d'un liquide organique est due au développement d'organismes; et j'avoue que, pour

(1) Cette communication faite sans manuscrit à la *Pathological Society of London*, le 18 décembre 1877, est reproduite ici sous sa forme originale. Toutefois, en la préparant pour l'impression, j'y ai introduit des matières nouvelles, entre autres certains détails dans lesquels je n'eus pas le temps d'entrer alors, ainsi que certains faits que j'ai reconnus plus tard, avec les considérations qui en découlent.

ma part, je suis prêt à accepter cette vue. Mais cette opinion est loin d'être généralement adoptée par les membres de notre profession. Nous voyons des hommes très haut placés et comme physiologistes et comme pathologistes, exprimer cette pensée, que les organismes présents dans diverses fermentations — comme dans la putréfaction, par exemple, — peuvent, pour autant que nous sachions, être les compagnons accidentels et non les causes de la transformation zymotique. Tel étant le cas, il m'a semblé désirable d'obtenir, s'il était possible, des preuves absolument concluantes à ce sujet.

Il y a quatre mois environ, je fis un essai de ce genre concernant la fermentation lactique; et je me propose de vous présenter aujourd'hui les résultats obtenus et de fournir en même temps aux membres de la *Pathological Society* l'occasion de voir par eux-mêmes les préparations qui résultèrent de mes recherches et sur lesquelles mes conclusions sont basées.

En premier lieu, toutefois, je veux décrire ma méthode expérimentale, qui n'a point encore été publiée dans sa forme actuelle simplifiée. Elle repose, premièrement, sur ce fait, aujourd'hui amplement démontré par l'expérience, que si nous avons un vase comme (A fig. 1.) en état de

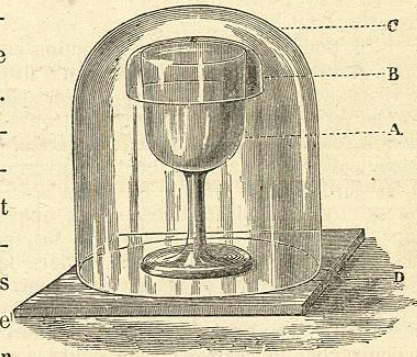


FIG. 1

pureté, couvert d'une pure capsule de verre (B), le tout se trouvant en outre à l'abri d'une cloche de verre (C), et reposant, si l'on veut, sur une plaque de verre (D), tout liquide organique contenu dans le verre à liqueur et, bien entendu, exempt d'organismes au commencement de l'expérience, ne présentera point de développement organique dans son intérieur, aussi longtemps que les verres seront laissés en place. En d'autres termes, quoique des échanges se fassent constamment entre les gaz de l'atmosphère et ceux du verre à liqueur — car ni la capsule ni la cloche n'ont d'adaptation assez exacte pour les intercepter — la double protection de la capsule et du globe prévient efficacement l'accès de la poussière atmosphérique jusqu'au liquide; et si cette poussière en est exclue, il ne s'y montre point d'organismes (1).

Les verres sont purifiés à l'aide de la chaleur. J'ai trouvé que l'exposition à une température de 300° Farh. (149° C.), prolongée pendant deux heures, suffit pour détruire la vitalité de toute substance vivante. Mais il ne suffit pas que les verres soient chauffés de la sorte; il faut que l'air qui

(1) M. Godlee rencontra une exception curieuse à cette vérité générale, dans le cours des expériences qu'il fit par la même méthode sur le virus vaccin, expériences rapportées dans les *Transactions of the Pathological Society*, vol. XXVIII. Il trouva que du *Penicillium glaucum* fit, dans quelques-uns de ses verres, une apparition qui parut inexplicable, jusqu'à ce qu'il eût découvert que l'armoire dans laquelle il les gardait était infestée de petits acari, lesquels escaladaient les verres et y pénétraient; il trouva, en outre, en examinant au microscope quelques-uns de ces acari, que des spores du *Penicillium* adhéraient effectivement à leurs poils. Dès lors, la merveille fut, non que ce *Penicillium* fut entré dans les verres, mais que d'autres organismes, comme les bactéries, n'y eussent point été introduites de la même manière. S'il y avait quelque raison de craindre l'accès de semblables animaux, on les pourrait sans doute aisément exclure en plaçant chaque plaque dans une assiette contenant de la glycérine, de manière à entourer de toutes parts la plaque de verre de liquide visqueux.

les envahit pendant leur refroidissement soit privé de sa poussière. J'assure ce dernier point en chauffant les verres dans une boîte en fonte dont la porte (E) est représentée ci-contre (fig. 2). La

périphérie de cette porte est creusée en un sillon qui peut être bourré d'une masse considérable d'ouate (F). La porte peut être vissée (G, fig. 3) contre les bords de la boîte (représentés en pointillé dans la figure);

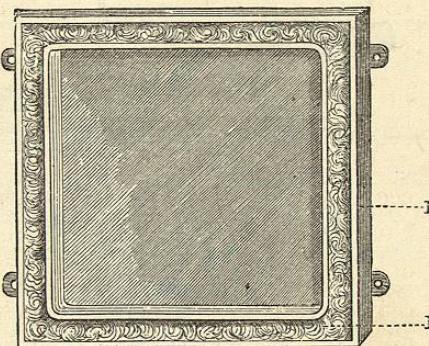


FIG. 2.

et l'ouate étant comprimée de la sorte par un mince bord métallique, constitue un filtre efficace pour l'air qui entre pendant le refroidissement. Mais, en outre, il est essentiel que la chaleur soit répartie si uniformément que nulle portion d'ouate ne soit chauffée jusqu'à destruction de ses propriétés physiques. L'ouate que vous voyez présentement dans ce sillon a servi déjà pour plusieurs expériences; vous remarquerez, cependant, qu'elle n'est que légèrement brunie; elle n'est brûlée nulle part, ainsi qu'elle l'aurait été en cas d'inégale répartition de la chaleur. Cette égalité de température est obtenue par l'interposition de trois feuilles de tôle (HHH) entre le grand bec de Bunsen (I) et le fond de la boîte, afin d'empêcher l'action directe de la chaleur sur ce fond; tandis que la boîte elle-même est recouverte d'un couvercle de tôle (KK) qui descend presque jusqu'à terre. Ce couvercle empêche le rayonnement et

force l'air chauffé à cheminer sur tout le contour de la

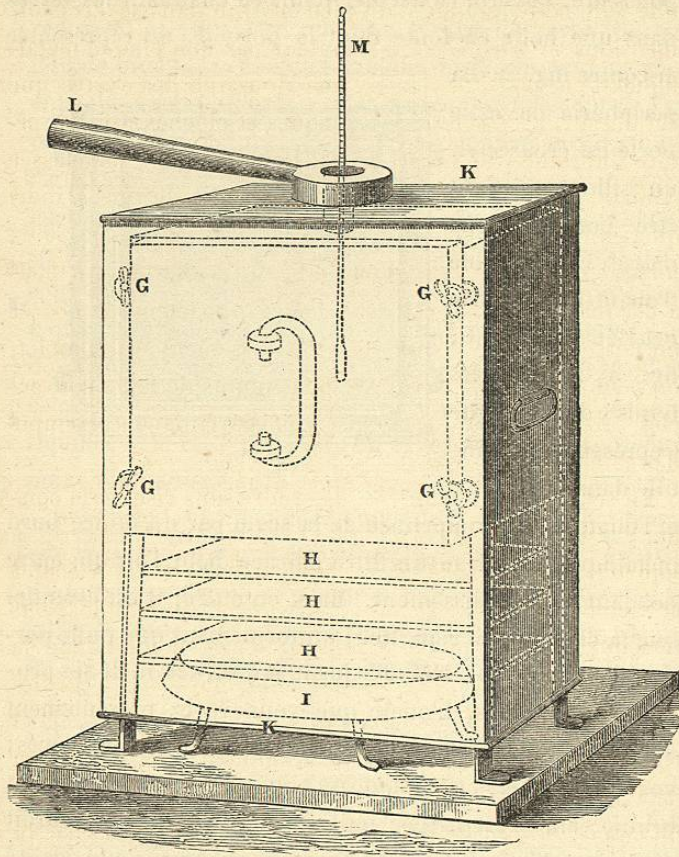


FIG. 3.

boîte pour s'échapper par les trous pratiqués au sommet du couvercle, d'où il est conduit dans une cheminée par le tube (L). Grâce à ces deux moyens réunis, les feuilles métalliques et le couvercle de tôle, nous obtenons le résultat que vous voyez ici. L'ouate du sommet de la boîte est

brunie tout juste au même degré que celle du fond. Dans une telle boîte (grande d'un pied environ dans ses trois dimensions et partagée à mi-hauteur par une plaque métallique) nous pouvons placer une douzaine des verres que j'ai décrits, avec couvercles, plaques et cloches. Une ouverture pratiquée au haut de la boîte et bien matelassée d'ouate, laisse passer le thermomètre (M) destiné à indiquer le moment où l'on arrive à la température de 300°; lorsque cette température ou toute autre inférieure à 350° a été maintenue durant deux heures, on éteint le bec et on laisse refroidir. Quand le refroidissement est complet, on peut retirer les verres toujours munis de leurs couvercles, avec la certitude qu'ils sont parfaitement exempts d'organismes vivants.

En second lieu, comment introduire sans risque de contamination un liquide organique pur dans ces verres à liqueur ainsi purifiés? Nous pouvons aujourd'hui exécuter ce second point d'une façon comparativement simple. Nous introduisons le liquide au moyen d'une bouteille de la forme que voici (N, fig. 4), bouteille munie d'un goulot supplémentaire oblique et recourbé, large à son origine et relativement étroit à sa partie terminale plus courte, au delà de la courbure. Le développement plus considérable du goulot à son origine l'empêche d'agir à la manière d'un syphon; et il en résulte que, lorsqu'on remet en position verticale une semblable bouteille, après en avoir versé du liquide, l'extrémité du goulot reste fermée par une goutte; cette goutte protège l'orifice, de manière à rendre impossible toute régurgitation d'air par le goulot. D'autre part, l'entrée du col vertical de la bouteille étant bouchée par de l'ouate pure (P), l'air qui entre dans la bouteille

pendant qu'on verse le liquide est privé de sa poussière par

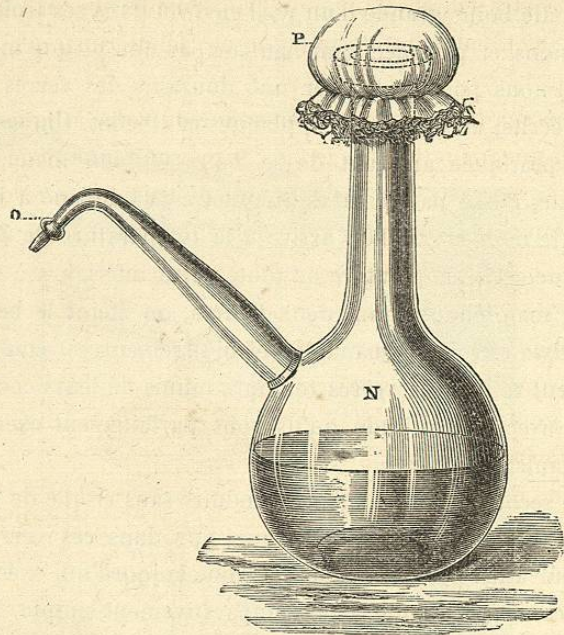


FIG. 4.

son passage à travers l'ouate. La décantation achevée, on applique à l'orifice du goulot un linge exprimé d'une solution forte d'acide phénique dans l'eau (1 sur 20), et la gouttelette est aspirée par attraction capillaire; on fixe solidement alors sur l'orifice une calotte d'ouate phéniquée (fig. 6, Z), à l'aide d'une ligature qui trouve prise assurée, grâce à un relief (O) que présente le goulot (1).

(1) On applique commodément l'ouate à l'orifice d'une bouteille en la disposant entre deux lambeaux de mousseline légère, qui maintiennent l'ouate en couche uniforme et permettent de l'enlever rapidement sans laisser des fibrilles de coton adhérentes au tube. J'ai trouvé que du fil de fer très fin constitue la meilleure substance à ligature; on le noue en demi-nœud serré que l'on assure en fléchissant les extré-

Les choses étant ainsi faites, le liquide demeurera pur et propre à être employé un mois, voire même un an plus tard, si, bien entendu, il était pur au début, ainsi que la bouteille.

Parlons maintenant de la protection du verre à liqueur pendant que nous le chargeons. Supposons que j'aie à charger ce verre (Q, fig. 5) du liquide de Pasteur renfermé dans la bouteille que voici; cette bouteille a reçu son contenu le 7 août, et bien qu'elle ait pourvu déjà au chargement de plusieurs verres, vous remarquerez que ce contenu est aussi clair et aussi limpide que du liquide de Pasteur fraîchement préparé. J'ôterais du goulot sa calotte d'ouate et j'en glisserais instantanément le bout dans l'ouverture que présente en son milieu cette moitié d'une grosse balle de

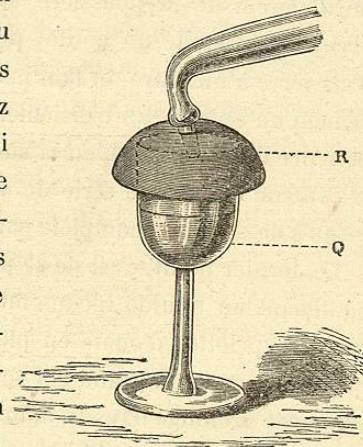


FIG. 5.

gomme, macérée au préalable dans l'eau phéniquée. Le caoutchouc absorbe l'acide phénique et, bien qu'une telle macération le laisse sec comme auparavant, il en devient puissamment antiseptique. J'éloigne alors la cloche de verre et j'enlève la capsule, à laquelle je substitue instan-

mités du fil métallique, de manière à en faire des crochets. Un bon procédé pour phéniquer l'ouate consiste à la traiter par une solution d'acide phénique (1 partie) dans l'éther sulfurique anhydre (100 parties). Le coton absorbe avidement le liquide et l'évaporation de l'éther laisse l'ouate chargée d'acide phénique et fortement antiseptique.

tanément la calotte de gomme élastique que porte le goulot de la bouteille (Voir fig. 5). Je verse alors; le caoutchouc flexible agit à la façon d'une charnière pendant les mouvements de la bouteille, tandis que la calotte antiseptique exclut tout organisme vivant. Au moment où l'on retire la bouteille, on replace le couvercle de verre et l'on remet la cloche. La forme hémisphérique de la calotte de caoutchouc empêche, en outre, que des courants d'air latéraux ne déposent de la poussière dans la goutte liquide qui occupe l'extrémité du goulot pendant que celui-ci passe d'un verre à un autre, et l'on peut ainsi charger successivement un second, un troisième, un douzième verre. L'expérience démontre si bien la sûreté de cette méthode, que le contenu d'une telle série de verres restera incontaminé jusqu'à dessiccation complète par influence atmosphérique.

Le dernier point, c'est de se procurer une bouteille pure contenant un liquide incontaminé : on purifie la bouteille avec ses pelottes d'ouate en place, tant au goulot latéral qu'à l'ouverture du grand col vertical, par un séjour suffisamment prolongé dans la boîte chaude. Nous profitons ici d'un autre grand avantage, qui résulte de l'uniformité de la température dans cette boîte. Elle purifie le coton sans altérer ses propriétés physiques. Nous possédons donc un moyen bien simple pour nous procurer une bouteille pure.

Il nous faut ensuite y introduire un liquide pur. Il existe un liquide organique particulièrement approprié aux expériences concernant ce sujet, et que l'on peut se procurer en parfait état de pureté sans aucune difficulté, c'est l'urine non bouillie, pourvu que nous disposions d'une vessie saine et d'un urètre sain. Tout ce qu'il y a à faire,

c'est de laver soigneusement le gland du pénis avec de l'eau phéniquée 1/40, solution qui peut être appliquée aux lèvres du méat urinaire sans déterminer de cuisson trop forte, et, après avoir purifié de la sorte le tégument externe, de découvrir l'orifice de la bouteille et de l'appliquer instantanément à l'organe, en commandant au sujet d'uriner. Le gland purifié remplace la calotte de caoutchouc, et toute régurgitation d'air est impossible pendant l'entrée de l'urine. La miction achevée, on noue sur l'ouverture de la bouteille une pelotte d'ouate fraîchement phéniquée, et l'on a la certitude, basée, bien entendu, sur l'exécution convenable de ce procédé, que cette urine non-bouillie, avec son mucus vésical (que l'on regardait autrefois comme le ferment spécial de l'urine), restera indéfiniment exempte du développement de bactéries et d'autres organismes, que l'urine soit neutre ou acide (1).

Mais supposons que nous ayons affaire à un liquide souillé par des organismes, par exemple du lait venu d'une laiterie : il nous faudra d'abord le purifier par la chaleur. A cet effet, j'ai trouvé toujours que l'exposition d'un liquide à une température de 210° Fahr. (99° Centigr.), prolongée pendant une heure, suffit à sa purification (2).

(1) Pour plus de détails, voir *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 1875, vol. XXVII, p. 515 et suiv.

(2) En parlant ainsi, je me fonde sur des expériences assez étendues faites sur différents liquides, tels que de l'eau, de la solution de Pasteur, de l'infusion de navets, comme sur le lait. Dans mes expériences concernant ce dernier liquide, je me l'étais procuré frais en faisant traire la vache directement dans un vase de verre purifié par une lotion phéniquée suivie d'une aspersion d'eau simple, et après l'avoir passé par une toile fine, je l'avais soumis à la chaleur en perdant le moins de temps possible. Mais pendant le temps qui s'est écoulé depuis la réunion de la Société jusqu'à l'impression de ce mémoire, j'ai trouvé que le lait qu'on possède depuis quelques heures ne se laisse pas purifier si aisément. Je suis porté à attribuer cette parti-

Je dis 210°, et non pas 212°, point d'ébullition de l'eau, parce que nous procédons de la façon suivante : après avoir introduit le liquide dans la bouteille purifiée, nous immergeons cette dernière dans l'eau bouillante jusqu'à un niveau plus élevé que celui de son contenu, et, par suite d'un certain degré d'évaporation qui se fait à travers les pelottes d'ouate, tant à l'ouverture verticale qu'au goulot oblique de la bouteille, la température du liquide n'atteint jamais complètement le point d'ébullition. Nous évitons donc l'ébullition, et c'est là un grand avantage, parce qu'alors nous n'avons point d'écume, tandis que, comme nous l'avons déjà dit, la température obtenue suffit pour la destruction des organismes renfermés dans le liquide. Tout ce que nous avons donc à faire, en supposant la bouteille parfaitement pure à l'intérieur, c'est d'introduire le liquide dans le fond de la bouteille pour la plonger ensuite dans une marmite d'eau bouillante; mais il faut ici l'attention la plus scrupuleuse pour qu'aucune portion du liquide introduit ne vienne en contact avec les parties supérieures de

cularité à ce que le lait, différant en cela des autres liquides mentionnés, est un fluide hétérogène tenant en suspension des particules huileuses qui tendent, avec le temps, à se réunir et à se confondre. Or, il est facile à concevoir qu'une bactérie enfermée parmi ces masses huileuses peut être protégée par elles contre l'action du liquide chauffé. Les gouttelettes de beurre joueraient ainsi le rôle que certains observateurs ont vu remplir ailleurs par des particules de fromage. Il est, en effet, bien établi que les bactéries peuvent supporter une température beaucoup plus élevée à l'état sec que sous l'influence directe de l'eau chaude. J'ai, d'ailleurs, des raisons de croire que des bactéries groupées en grand nombre résistent mieux à l'action de la chaleur que lorsqu'elles sont isolées, comme si les membres extrêmes d'une telle agrégation protégeaient les membres centraux, et cette circonstance peut contribuer peut-être à élucider le point en question. En outre, si nous songeons aux particules adventices qu'y peuvent introduire les mains malpropres de la laitière, etc., nous ne serons point surpris de rencontrer quelque difficulté, alors même que nous aurions affaire à du lait frais, à moins de soins de propreté tout particuliers.

l'intérieur de la bouteille; car toute particule déposée dans les régions supérieures échapperait à l'action complète de l'eau bouillante. Dans mes premiers essais je remplissais les bouteilles de la façon suivante. Muni d'un linge imbibé d'eau phéniquée forte 1/20 je lavais l'extérieur d'un long entonnoir et, après avoir enroulé le linge autour de l'extrémité inférieure de l'entonnoir en une masse assez grande pour couvrir l'ouverture de la bouteille, je substituais cette masse antiseptique à la calotte d'ouate qui recouvrait précédemment l'entrée du col, j'enfonçais l'entonnoir à travers les replis du linge, je versais le liquide, puis je retirais l'entonnoir, en ayant soin que la goutte attachée à son extrémité ne vint point toucher l'intérieur de la bouteille. Une nouvelle calotte d'ouate phéniquée était fixée alors au bout du goulot, au retrait du linge phéniqué, puis la bouteille était immergée dans la casserole (1).

Ce procédé, appliqué à la solution de Pasteur ou à l'infusion de navets, me donna des succès constants; mais lorsque je voulus traiter le lait de la même manière, alors, coup sur coup, à mon grand désappointement, j'aboutis à un échec complet. Comment expliquer cet échec? certaines gens pourraient dire : « Oh ! l'explication est aisée : le lait renferme toujours des molécules organiques complexes qui,

(1) Il faut empêcher que la bouteille ne soit mise à flot par l'eau dans laquelle on l'immerge. J'y ai pourvu, quant à moi, en liant la bouteille à une écuelle renfermant du plomb de chasse. On place la bouteille ainsi lestée dans une casserole vide, puis on emplit celle-ci d'eau chaude jusqu'à un niveau considérablement plus élevé que celui du liquide dans la bouteille, on fait bouillir aussi vite que possible, et l'on maintient l'ébullition durant une heure. Une pièce de mince tissu de Mackintosh taillée de façon à laisser passer les sommets de la bouteille et à couvrir le haut de la casserole, présente le double avantage de s'opposer à la disparition rapide de l'eau et d'empêcher que des gouttelettes de vapeur condensée ne viennent mouiller l'ouate qui protège les orifices des goulots.

bien qu'elles ne soient que des composés chimiques, sont prêtes, croyons-nous, à se développer en être vivants, et cette constitution complexe du lait est la cause de votre échec; votre solution de Pasteur est au contraire une substance relativement simple et les molécules de votre infusion de navets peuvent, pour autant que nous sachions, être plus simplement constituées que celles du lait. » J'avais la conviction, quant à moi, que telle n'était point la vraie explication, mais qu'il devait y avoir quelque défaut dans ma méthode. Quelques-uns d'entre vous l'auront peut-être remarqué déjà; le voici : si nous versons un liquide quelconque par un entonnoir, nous y faisons toujours en même temps passer de l'air. Des bulles d'air se forment conséquemment à la surface du liquide, et ces bulles, en éclatant, dispersent leur poussière dans l'air que renferme la bouteille; il peut ainsi arriver que des particules poussiéreuses, y compris peut-être des organismes atmosphériques, soient déposées à la partie supérieure du vase et échappent ainsi à l'action destructive de la chaleur. Mais pourquoi y aurait-il plus de probabilité de succès avec la solution de Pasteur qu'avec le lait? Tout simplement pour cette raison, que le lait constitue un bon pabulum pour presque tous les organismes. J'ai rencontré une fois, mais une seule fois, une bactérie incapable de vivre dans le lait; quelque extrêmement nombreuses que semblent être les variétés de bactéries, presque toutes paraissent prospérer dans ce liquide, tandis que c'est chose commune de trouver des bactéries qui, transplantées vivantes dans la solution de Pasteur, refusent absolument de s'y développer. Le défaut de notre méthode une fois découvert, il ne fut point difficile de la corriger. C'est ce que nous fîmes en substi-

tuant à l'entonnoir ce syphon (fig. 6), composé de deux tubes de verre (S et T) reliés par un tube de gomme élas-

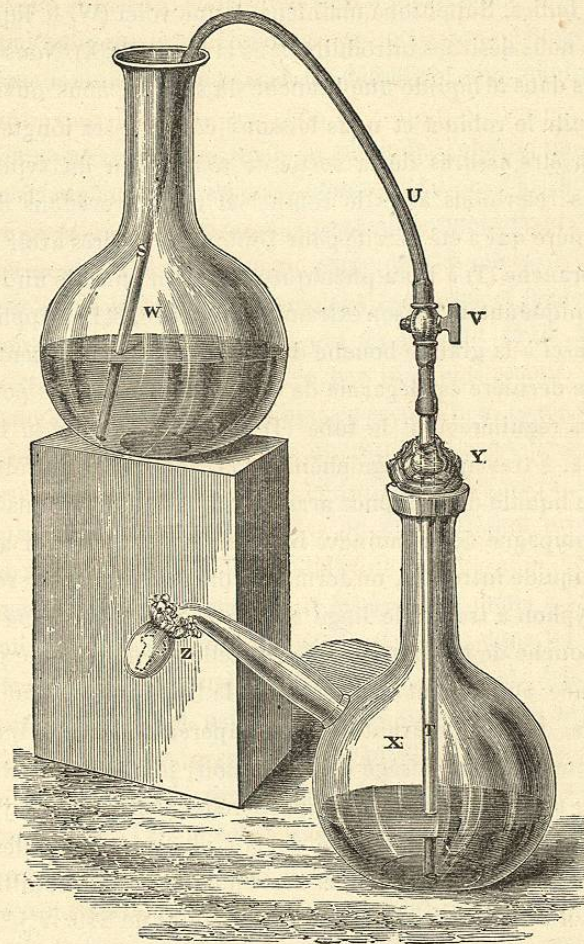


FIG. 6.

tique (U), ce dernier portant un robinet (V). On remplit d'abord complètement le syphon avec de l'eau dont la tem-