

DEUXIEME CONFÉRENCE.

LES MOYENS DE PURIFIER L'EAU POTABLE

Filtration, ébullition.

La purification des eaux se fait par épuration, par ébullition et par filtration.

Chez les Romains, il y avait, au commencement et à la fin des aqueducs, une *piscina limaria* destinée à opérer une décantation.

L'épuration de l'eau par le repos a été appliquée à Marseille. Les eaux de la Durance étant toujours limoneuses, on a dû, pour remédier à cet inconvénient, disposer sur le parcours du canal quatre grands bassins d'épuration où, la pente étant insignifiante, l'eau s'écoule lentement et se débarrasse de la majeure partie du limon.

Ce procédé a le grave défaut d'exiger une superficie considérable et de ne point toujours réussir, car « pendant les jours d'orage, de pluie et de tempête, moment où la décantation est surtout utile, l'eau n'abandonne pas dans les bassins d'épuration les matières qu'elle tient en suspension ». De plus, si les eaux restent trop longtemps stagnantes, elles peuvent s'altérer.

On a imaginé, d'autre part, un nombre considérable de procédés d'épuration pour les *eaux impures* ou *malsaines*, telles que les *eaux d'égout*, les *eaux industrielles*, les *eaux de marais*.

Les eaux qui traversent les égouts sont en effet dérivées d'une multitude de sources diverses et qui sont loin d'être les mêmes dans les différentes localités qui sont pourvues d'un réseau plus ou moins régulier de canaux souterrains. Les égouts reçoivent la pluie qui vient inonder les rues en temps d'orage, les eaux

ménagères provenant des habitations privées, les résidus des opérations industrielles, enfin, dans la plupart des cas, les excréments solides et liquides des hommes et des animaux.

L'eau des égouts est visiblement impure. Elle contient non seulement des matières en solution, mais surtout une quantité énorme de corps flottants.

Aussi a-t-on cherché à épurer les eaux d'égout par des procédés *mécaniques*, par des procédés *chimiques* et par des procédés *agricoles*.

Les *procédés mécaniques* sont surtout le *barrage*, la *filtration* et la *décantation*.

Mais le liquide qui s'écoule des bassins collecteurs est encore chargé de matières organiques fermentescibles et putrides en dissolution. Et la formation de bassins aussi considérables que ceux que nécessiterait l'épuration d'une rivière infectée par une grande capitale donnerait lieu à un foyer de maladies pestilentielles qui pourrait exercer l'influence la plus fâcheuse sur la santé de la population environnante.

Les *procédés chimiques* sont extrêmement nombreux; ils ont pour but de précipiter les matières organiques dissoutes, ce qui permet alors de laisser écouler les eaux sur la voie publique, tandis que le précipité recueilli au fond des bassins est employé comme engrais. Mais on a constaté que ce procédé ne faisait disparaître qu'un tiers des produits nuisibles renfermés dans l'eau d'égout, laissant subsister les deux autres tiers qui vont empoisonner les rivières. De plus, les usines où l'on applique ces procédés répandent toujours dans le voisinage des émanations incommodes et insalubres.

Il est donc évident que ce n'est point encore là qu'il faut chercher la solution du problème; on l'a trouvée dans l'*action du sol*.

Il est aujourd'hui démontré que les eaux d'égout, distribuées par l'irrigation sur un sol perméable et suffisamment cultivé, abandonnent leurs principes fermentescibles aux couches qu'elles traversent et deviennent ainsi l'un des engrais les plus puissants. Les eaux qui s'écoulent, après avoir traversé les terrains cultivés, présentent un état de pureté comparable à celui des bonnes eaux

potables. Pour obtenir ce résultat, on dispose le sol en larges sillons, appelés *billons*, séparés par des rigoles par lesquelles l'eau est introduite de temps en temps. Celle-ci se disperse ainsi à travers le sol où l'air brûle les matières organiques (fig. 5).

Nous citerons les expériences si concluantes pratiquées dans la plaine de Gennevilliers qui constitue un immense filtre naturel, éminemment propre à absorber et à purifier les eaux impures.

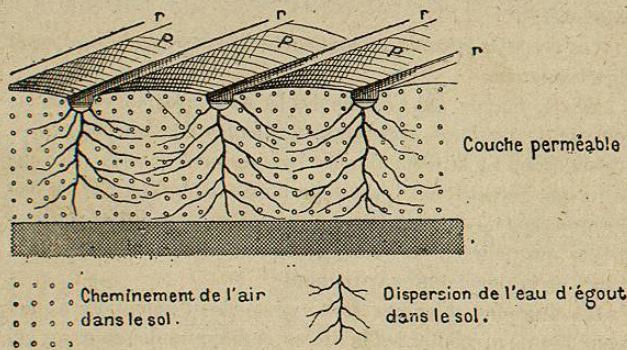


Fig. 5. — Schéma explicatif du mode d'épuration de l'eau d'égout dans le sol, d'après M. Émile Trélat (*Revue d'hygiène*).

L'eau des puits ou des drains qui provient de la nappe souterraine est plus pure que celle de la Seine en amont des collecteurs.

L'épuration a été aussi satisfaisante que possible. Quant aux résultats donnés par la culture, on reconnaît qu'ils sont excellents.

Les plaintes qui se sont élevées au sujet de cette grande opération paraissent aujourd'hui bien peu fondées et, d'ailleurs, le principe étant démontré, tout se réduit à une question de proportion. Il est évident qu'un terrain quelconque, surtout s'il n'est pas perméable et s'il n'est pas drainé, ne peut absorber et détruire dans un temps donné, qu'une quantité très limitée de matières organiques. Au reste les tentatives de ce genre se multiplient autour de toutes les grandes villes; à Édimbourg, à Reims, à Milan, à Breslau, à Dantzick, à Berlin, des domaines étendus et stériles ont été soumis à l'action fertilisante des eaux

d'égout, et partout les résultats ont répondu à l'attente de l'administration qui a entrepris ces travaux.

La composition des eaux d'étangs et de marais est fortement altérée, leur goût fade et marécageux, et leur action nuisible à la santé. Il est donc évidemment dangereux de les utiliser pour les usages alimentaires. C'est là pourtant ce qui arrive dans un grand nombre de pays et même dans le nôtre. Non seulement les habitants de plusieurs petites localités rustiques font usage de l'eau des étangs qu'ils ont à leur portée, mais à Versailles, aux portes mêmes de Paris, une partie de la population boit les eaux des étangs destinés par Louis XIV à fournir de l'eau aux jardins du palais.

Il est bien entendu qu'on ne doit jamais confondre un marais, quelle que soit son étendue, avec un lac. Ce dernier, traversé par un ou plusieurs fleuves, n'est pas composé d'eaux stagnantes.

Lorsqu'on est réduit par la nécessité à faire usage des eaux stagnantes, il est bon d'imiter l'exemple des Chinois et de ne s'en servir que sous forme d'infusion de thé, de café ou de plantes aromatiques. En portant le liquide à l'ébullition, on détruit les infusoires microscopiques et les germes vivants qu'il renferme; en masquant sa saveur désagréable, on le rend plus facile à consommer.

En effet l'ébullition purifie l'eau; la température de 100° détruit en particulier la plupart des germes, au moins tous ceux que nous connaissons comme appartenant à des maladies assez fréquemment transmises par l'eau. Aussi doit-elle être pratiquée d'une manière générale en temps d'épidémie de fièvre typhoïde ou de choléra; il serait bon de l'utiliser également pour toutes les eaux dont on soupçonne la contamination. Malheureusement l'ébullition a l'inconvénient d'enlever à l'eau une partie de son oxygène; aussi est-il nécessaire d'agiter l'eau à l'air pendant qu'on la fait bouillir afin de la rendre aussi digestible que l'eau pure.

Dans ces dernières années, on a imaginé des appareils destinés à stériliser l'eau, c'est-à-dire à détruire par la chaleur les germes qu'elle pourrait contenir, mais ces appareils sont encore peu employés.

On a enfin recours, pour purifier l'eau, à la filtration soit naturelle, soit artificielle. Les filtres naturels peuvent donner des

masses d'eau destinées à toute une ville, mais une configuration spéciale du sol est encore nécessaire; il faut que celui-ci soit perméable sur une épaisseur suffisante. On établit des tranchées en contre-bas de l'étiage, et l'eau s'y rend en traversant un terrain sablonneux perméable. Exemples : Toulouse, Lyon, Glasgow.

L'eau qui est distribuée aux particuliers doit subir une seconde épuration plus complète. Telle est l'utilité des filtres de ménage. Il en existe de différentes espèces. Les uns se composent essentiellement de plusieurs compartiments mobiles, formés par des couches de laine, de charbon et de sable; dans quelques appareils, l'eau est reçue sur une éponge qui la laisse tomber goutte à goutte sur les compartiments inférieurs. D'autres filtres, formés principalement de charbon préparé avec ou sans toile d'amiante, sont surtout destinés à débarrasser le liquide des éléments putrides qu'il peut renfermer. On a construit enfin, dans ces derniers temps, des filtres à bougie de porcelaine ayant pour but de retenir les germes vivants contenus dans les eaux potables.

Les découvertes de M. Pasteur concernant l'influence des micro-organismes spécifiques sur la genèse, le développement et la propagation d'un grand nombre de maladies transmissibles, les nombreuses constatations faites sur la présence de ces micro-organismes dans les eaux servant à l'alimentation des populations éprouvées par ces maladies ont fait très justement accorder une importance de premier ordre à la filtration des germes contenus dans ces eaux.

Les filtres jusqu'ici construits parviennent à retenir les sels et matières solubles renfermés dans les eaux; même les matières organiques ne peuvent également les traverser, mais aucun d'eux n'est capable de former une barrière infranchissable contre les microbes. Avec de la pierre poreuse assez fine on obtient ce résultat, mais surtout avec les filtres à porcelaine, parmi lesquels celui de M. Chamberland est infiniment supérieur. Qu'importe de donner à l'eau une transparence plus ou moins parfaite, de la débarrasser de ses sels et de ses matières organiques, de ses impuretés grossières, pour ainsi dire, si l'on y conserve les germes vivants des affections les plus éminemment transmissibles!

Le principe du filtre de M. Chamberland consiste à faire passer l'eau par aspiration à travers un tube de porcelaine dégourdie;

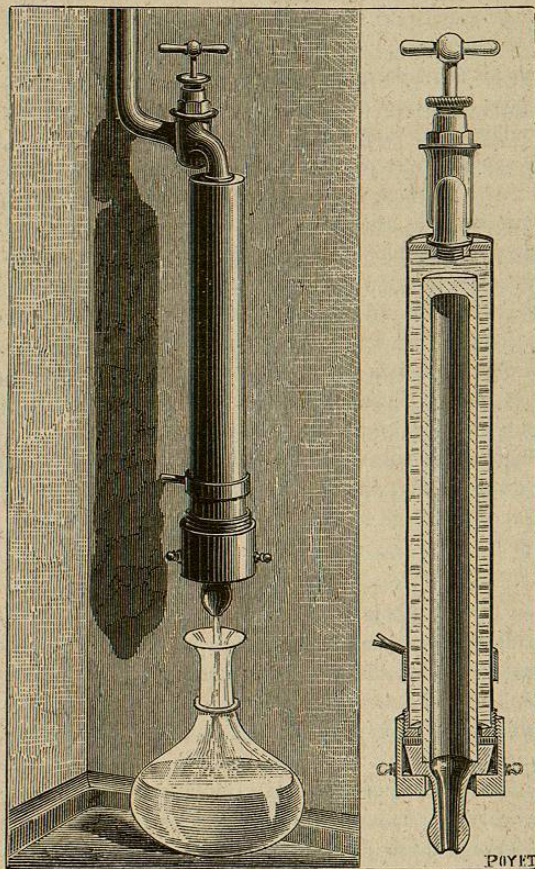


Fig. 4. — Filtre Chamberland, à bougie de porcelaine.

les pores de cette porcelaine empêchent les germes de passer et le liquide recueilli au sortir du filtre est entièrement pur (fig. 4).

L'inconvénient de tous les filtres, et celui de M. Chamberland n'en est pas plus exempt que tous les autres, c'est d'exiger une surveillance fréquente. Il n'est pas de filtre qui puisse inspirer une confiance absolue, si son fonctionnement n'est pas l'objet d'un contrôle constant.

Tous les filtres doivent être nettoyés fréquemment, et on doit, sauf pour le filtre à porcelaine, changer la matière filtrante à intervalles aussi rapprochés que possible, car celle-ci ne tarde pas à se saturer et par suite à ne plus arrêter les impuretés; les filtres à charbon, matière organique, ne tardent pas, grâce à la présence du charbon, à former comme un bouillon de culture pour les microbes contenus dans les eaux qui les traversent. Les filtres à bougie de porcelaine ont besoin d'être essuyés de temps en temps et passés à l'eau bouillante, de façon à enlever la couche d'impuretés qui les recouvre; cette couche pourrait à la longue en diminuer considérablement le débit et faciliter le passage d'impuretés par entraînement mécanique à travers les pores de la porcelaine.

Lorsqu'on ne possède pas de filtre et que les eaux dont on peut disposer sont impures, le mieux, on le voit, si l'on est absolument forcé de faire usage de telles eaux, est de les faire bouillir

Il est évident que la quantité d'eau indispensable pour l'usage journalier ne peut pas être appréciée avec une rigueur mathématique. L'eau, en effet, n'est pas seulement nécessaire comme boisson, mais elle sert à divers usages et joue un rôle capital au point de vue de la propreté dont on ne saurait exagérer l'importance en hygiène. S'il existe quelque incertitude à l'égard du chiffre qu'il convient d'établir, on doit certainement interpréter ce doute dans le sens le plus libéral. Dans les grandes villes, et plus encore dans les campagnes, la partie pauvre de la population ne se sert d'eau que pour boire. Des habitudes de malpropreté héréditaires, qui se transmettent de génération en génération, réduisent notablement la quantité d'eau nécessaire à chaque famille. Mais il importe, au point de vue hygiénique, de réagir le plus possible contre ces tendances fâcheuses. Il faut

largement interpréter les données de l'expérience à cet égard; il faut qu'il y ait trop d'eau pour qu'on en ait assez.

Le professeur Rankine adopte le chiffre de 45 litres et demi par tête pour les usages personnels, 45 autres litres pour les usages publics et industriels, enfin les villes manufacturières réclameraient 45 litres de plus, ce qui ferait en tout 135 litres par habitant. Parkes arrive au chiffre de 156 litres, ainsi décomposés : service domestique, 54 litres; bains, 13; cabinets, 27; pertes, 13. Total, 112 litres; service municipal, 22 litres; eau supplémentaire pour les villes manufacturières, 22.

Avant 1870, les habitants de Paris recevaient déjà 123 litres par tête et par jour; aujourd'hui que les travaux pour l'adduction des eaux de sources de la vallée de l'Avre sont terminés, la distribution est de 300 litres par jour et par habitant. Plusieurs villes d'Europe et même de France sont beaucoup plus favorisées. Rome donne à chacun de ses habitants 4100 litres par jour, ce qui s'explique par les énormes travaux exécutés par les anciens pour une ville qui contenait peut-être 4 millions d'habitants et qui n'en compte pas 300,000 aujourd'hui. En France, c'est Marseille, avec 470 litres d'eau par tête et par jour, qui est la ville la mieux partagée comme quantité.

Les progrès que réalisent les villes au point de vue de l'arrosage des rues et des places, de l'aménagement des égouts et de la propreté générale, tendent évidemment à augmenter de jour en jour la quantité d'eau dont elles font usage. Au reste dans les pays chauds, la quantité requise est certainement beaucoup plus grande que dans les pays tempérés ou froids, d'autant plus qu'une partie de cette eau sert uniquement à rafraîchir l'atmosphère.

Rassembler les eaux sur un point central d'où elles puissent se répandre dans les réservoirs qui alimentent les habitations privées et sur tous les points où leur présence est nécessaire, tel est le problème qui se présente aux administrateurs chargés de distribuer l'eau dans une ville. La solution a varié suivant les lieux, suivant les époques et suivant les procédés en vigueur.

Les anciens, et par ce mot il faut surtout entendre les Romains, dont les travaux à cet égard ont dépassé de beaucoup tout ce

qui s'était fait avant eux, les anciens employaient de préférence des aqueducs pour transporter dans les villes les eaux des sources lointaines. On a supposé que ces travaux dispendieux reposaient sur l'ignorance des lois de l'hydrostatique. Cependant les fouilles de Pompéi, en nous révélant l'aménagement intérieur des maisons antiques, et en particulier le service des bains, ont démontré que les anciens connaissaient parfaitement le principe en vertu duquel l'eau remonte, dans un tube fermé, jusqu'au niveau de son point de départ. Il faut donc supposer que c'était dans le but d'obtenir des eaux mieux aérées, plus fraîches et plus salubres, qu'ils s'abstenaient de les faire couler dans des canaux souterrains. Au reste à cette époque, le travail de l'homme était loin d'avoir la même valeur qu'aujourd'hui.

Les modernes ont construit des aqueducs sur le plan des anciens; tel est, par exemple, l'aqueduc de Roquefavour, qui amène à Marseille l'eau puisée dans la Durance, celui de Montpellier, qui transporte dans cette ville les sources de la rivière Croton, celui qui sert à l'alimentation de New-York, etc. Rappelons enfin les travaux si considérables qui sont venus et ceux qui viennent encore en ce moment compléter le système des eaux de Paris.

Lorsqu'il est possible d'établir une prise d'eau à une hauteur telle qu'elle puisse couler naturellement jusqu'à l'un des points culminants de la ville qu'elle doit alimenter, la question se trouve notablement simplifiée. Mais il n'en est pas toujours ainsi : souvent il faut recourir à d'autres moyens pour amener les eaux sur les points où l'on veut les utiliser. Aujourd'hui, l'usage des tuyaux de fonte permet de faire franchir les vallées en siphon, et les machines élévatoires permettent aux villes d'employer des eaux qui coulent à un niveau plus bas que le leur. Arrivées à leur destination, les eaux sont concentrées dans des réservoirs ou châteaux d'eau.

Il faut que l'eau atteigne par sa hauteur le niveau des maisons les plus élevées, afin qu'elle puisse être distribuée à tous les étages, à moins qu'on ne préfère suppléer à cette condition par le travail des pompes.

Le procédé le plus imparfait est celui des porteurs d'eau, qui onctionne encore dans plusieurs villes.

Mais l'un des points qui intéressent le plus directement l'hygiéniste est celui de l'action des eaux sur les conduits qui servent à les transporter. Jusqu'à ces derniers temps, ce sont des tuyaux en *plomb* qui ont presque exclusivement rempli cet office. Mais il est aujourd'hui démontré que l'eau dissout ce métal en quantité appréciable, et cela avec d'autant plus d'énergie qu'elle est plus pure et plus oxygénée. Par contre, les eaux riches en acide carbonique, en carbonate et en sulfate de chaux, paraissent agir beaucoup moins sur les tuyaux de plomb. Des observations nombreuses attribuent une action protectrice très considérable à l'acide carbonique dissous; il se forme, en effet, en présence de ce gaz, du carbonate de plomb, sel éminemment insoluble. Il paraît aussi que le plomb, au contact d'un autre métal, fer, zinc, étain, se dissout beaucoup plus rapidement en présence de l'eau; dans ces conditions, en effet, il se forme un courant galvanique. Voilà pourquoi les tuyaux en zinc, qu'on a cherché quelquefois à substituer aux tuyaux en plomb, abandonnent une quantité considérable de ce dernier métal aux eaux qui les traversent, car le zinc employé pour les travaux de ce genre renferme presque toujours une proportion plus ou moins forte de plomb.

La proportion de ce métal qui suffit pour déterminer des accidents toxiques a été diversement estimée, mais il est certain qu'elle est très faible. Dans le cas célèbre de la famille de Louis-Philippe à Claremont, la quantité de plomb trouvée dans les eaux dont elle se servait s'élevait à 7 dixièmes de grain par gallon (le gallon représente environ 4 litres et demi). Cette quantité de plomb produisit des accidents chez un tiers des personnes qui faisaient usage de ces eaux insalubres.

Dans certains pays, l'eau traverse des conduits en bois (Genève), mais elle y contracte invariablement une saveur désagréable due à la présence de matières organiques en décomposition. En somme, le procédé le plus irréprochable paraît consister à employer des tubes en fonte ou en fer, revêtus intérieurement d'un enduit protecteur.