une eau renfermant peu de matières en suspension, on peut admettre que le prix total de revient serait inférieur à 0 kg. 60035 le mètre cube d'eau.

8° Ozone. — En 1891 SIEMENS et HALSKE de Berlin proposèrent d'utiliser le pouvoir oxydant de l'ozone pour stériliser l'eau. Les premiers essais pratiques tentés en 1895 avec un appareil construit sur le type de l'ozoneur de Berthelot (électrisation de l'air) ne donnèrent pas des résultats suffisants. La stérilisation n'était réalisée que pour de faibles quantités d'eau. En 1899 MARMIER et ABRAHAM en utilisant un voltage élevé, 40.000 volts, sont enfin arrivés à des résultats pratiques. Le point essentiel est de faire passer l'eau qu'on veut épurer dans une colonne où l'air ozoné concentré vient en contact intime avec toutes les particules d'eau. Malgré les excellents résultats obtenus à Lille au laboratoire de l'Institut Pasteur, en Angleterre en Allemagne, l'épuration en grand, pour une agglomération n'a pas été entreprise jusqu'ici.

Il faut que cet air soit chargé de 6 milligrammes d'ozone par litre pour que la stérilisation soit certaine. En opérant dans ces conditions, des eaux qui renfermaient 2.000 germes par centimètre cube ont été complètement stérilisées. Seul le *bacilus subbilis*, inoffensif d'ailleurs, résiste au traitement. En opérant en grand, la stérilisation peut être obtenue économiquement, le prix de la stérilisation ne dépasserait pas 3 centimes par mètre cube.

§ 7. — FILTRATION

La filtration des eaux doit avoir pour but de débarrasser une eau de ses impuretés, soit des matières organiques non vivantes, soit et surtout des microorganismes. Mais au point de vue de l'étude des appareils employés, il y a lieu de faire deux distinctions.

L'eau est filtrée avant d'être livrée aux particuliers ; c'est la filtration centrale.

Les particuliers recevant une eau plus ou moins suspecte s'assurent de sa pureté ; c'est la filtration à domicile.

1° Filtration centrale. — Dans les filtrations centrales, on cherche ordinairement à reproduire les conditions de filtrations naturelles. L'eau, après avoir séjourné dans des réservoirs constituant des bassins de décantation, ou même si elle est trop polluée, dans des appareils de décrossissage, tels que les appareils Puech (p. 100), passe dans des bassins à parois étanches renfermant des couches alternantes de matières plus ou moins poreuses chargées d'assurer la filtration. Ces différentes couches se décomposent de bas en haut en une couche de pierre de la grosseur du poignet, puis un lit de pierres plus petites, une couche de graviers, un lit de graviers fins et enfin une couche de sable (filtres de l'East

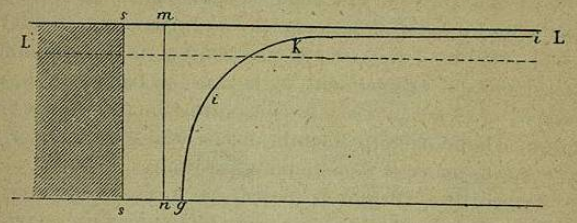

Fig. 3. — Schéma montrant l'arrêt des bactéries dans les filtres à bassin de sable (RICHARD).

London Waterworks), la hauteur totale oscillant entre 1m,50 et et 2 mètres. On conçoit que cette disposition peut légèrement varier d'un filtre à l'autre. KOENIG et POPE donnent comme indication d'employer des trémies spéciales pour chaque zone dont les mailles varient de 2 à 60 millimètres.

On peut faire pénétrer l'eau soit par en haut, soit par en bas ; ce qu'il importe surtout, c'est d'assurer une filtration très lente, par suite avec une très faible pression. Le débit doit rester au-dessous de 100 litres par heure et par mètre carré de surface, correspondant à une vitesse de filtration de 100 millimètres par heure.

On conçoit que pour de grandes agglomérations, il faut de larges espaces pour recevoir ces filtres, d'autant plus qu'il faut prévoir qu'un certain nombre sont toujours en non-inactivité

par suite des nécessités de nettoyage ou de réparations. Chaque filtre ne doit pas dépasser 3.000 mètres carrés de superficie. Les dix-sept filtres du Tegel (Tegeler Wasserwerke) à Berlin couvrent 35.000 mètres carrés.

A Berlin, les filtres sont nettoyés superficiellement (écrémés) tous les 11 jours en été, tous les mois en hiver. On enlève chaque fois 1 à 2 centimètres de la couche supérieure de sable. Lorsque cette opération a été renouvelée une soixantaine de fois et qu'il manque 70 centimètres de sable, on le remplce par une autre couche bien lavée à l'eau pure. Le gravier et les pierres du fond n'ont pas besoin d'être enlevés.

Il faut remarquer que la couche de sable ne constitue un filtre parfait, que lorsqu'il s'est formé à sa surface une membrane très fine produite par le dépôt des sédiments. Les premières eaux qui passent au moment de la mise en bain d'un bassin, ne doivent pas être livrées à la consommation sans une seconde filtration. Toutefois cette membrane ne doit pas dépasser une certaine épaisseur et il faut de temps en temps l'enlever.

Les hygiénistes allemands posent en principe qu'une eau bien filtrée ne doit pas contenir plus de 100 bactéries par centimètre cube, l'énumération ayant lieu 48 heures après l'ensemencement. Les chiffres français sont sept fois plus forts encore, parce que l'énumération ne se fait que 15 jours après la prise.

L'examen bactériologique de ces eaux, qui a lieu régulièrement au laboratoire de l'Institut d'hygiène, montre que, sauf quelques cas accidentels, l'eau est indemne de microbes (50 germes par litre immédiatement au sortir du bassin filtrant (Plagge et Proskauer). Au début, la présence du *crenothrix polyspora*, qui trouvait dans les combinaisons ferriques, un élément favorable, amenait, après la filtration, des troubles qui ont inquiété beaucoup les hygiénistes ; depuis, ce spongiaire a presque totalement disparu.

En France, les bassins filtrants n'étaient jusqu'ici qu'exceptionnellement utilisés ; mais devant les difficultés présentées par les captations et les amenées d'eau de source, et surtout devant la constatation qu'une partie des eaux de source étaient polluées, il s'est produit un mouvement très net en faveur des bassins filtrants.

Filtration biologique. — La nécessité d'épurer les eaux d'égouts ou d'usine avant de les déverser dans les cours d'eaux a conduit à utiliser l'action des bactéries aérobies et anaérobies sur les matières organiques. Encouragés par les résultats obtenus dans des cas exceptionnels par ces filtres, on a récemment préconisé leur utilisation sinon pour obtenir de l'eau rigoureusement pure, au moins de l'eau moins polluée et plus facile à traiter par les autres procédés. (Voy. p. 383).

2° Filtration à domicile — De tout temps on a filtré l'eau, dans les ménages, mais on cherchait alors à débarrasser l'eau,

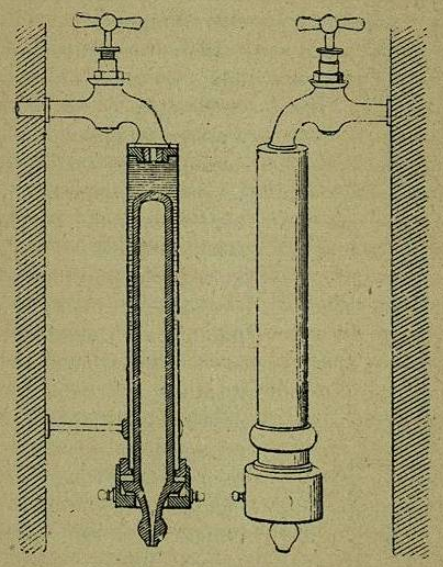

Fig. 4. — Filtre Chamberland sous pression à bougie unique.

des sels calcaires qui empêchent la digestion, des matières organiques qui lui donnaient un aspect peu agréable et quelquefois même une odeur repoussante.

La plupart des filtres domestiques au sable, au charbon, peuvent être de quelque utilité, si on veut bien ne leur demander que ce qu'ils peuvent donner, et peut-être Miquel, que nous aimons à citer souvent, est-il bien sévère, quand il dit que la plupart des filtres vantés par les réclames, non seulement sont incapables de fixer les bactéries, mais peuvent, très souvent, enrichir en microorganismes l'eau qu'on y dirige ; le point essentiel est de mettre en garde le public contre une sécurité trompeuse.

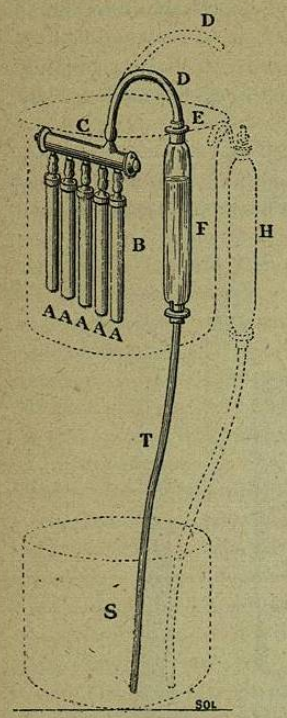

Fig. 5. — Filtre Chamberland par aspiration à cinq bougies.

Deux filtres seulement ont résisté aux épreuves du bactériologiste de Montsouris : la vieille fontaine à pierre lithographique et le filtre en buiscuit de Chamberland. Mais la pierre lithographique, autrefois si répandue, est malheureusement difficile à entretenir dans un état de propreté satisfaisant. Ces appareils, fabriqués en grand nombre par l'industrie, sont toujours très mal soignés, les pierres filtrantes mal soudées aux parois des cuves ; de plus, l'eau à boire est appelée à séjourner trop longtemps sur les détritus sédimenteux de toute nature, qui s'accumulent à la face supérieure des pierres. En été, le réservoir devient un lieu de pullulation des bactéries, d'où suinte une eau douceâtre, chaude, de fort mauvaise qualité.

On peut toutefois remédier en partie à ces défauts, en plaçant le filtre dans un endroit frais et en y faisant passer assez fréquemment de l'eau permanganatée à 1 ou 2 pour 1 000.

La bougie Chamberland, universellement employée dans les laboratoires de bactériologie pour isoler les microbes de leurs bouillons de cultures, et stériliser à froid les liquides les plus divers, est un filtre parfait au point de vue microbien.

Quand on dispose d'une pression suffisante, on peut monter une seule bougie contenue dans un cylindre métallique résistant. L'eau arrive dans ce cylindre, purgé d'air au préalable, passe à travers la bougie de porcelaine et s'écoule goutte à goutte, absolument pure dans le vase placé en dessous.

Après bien des tâtonnements on est arrivé à obtenir des bougies suffisamment poreuses pour se laisser traverser par l'eau sous de très faibles pressions.

On a ainsi des appareils d'une extrême simplicité, utilisables en tout lieu, à la ville comme à la campagne ; consistant en un seau percé d'une ouverture latérale, dans ce seau on plonge une batterie de trois bougies à laquelle est adapté un tube abducteur qu'on fait passer à travers l'ouverture latérale, dont on complète l'obturation au moyen d'un bouchon *ad hoc*, ensuite on remplit d'eau le seau, de façon à recouvrir les bougies, l'eau pénètre lentement dans le filtre en chassant l'air devant lui ; les bougies pleines, le liquide gagne le tube abducteur à étroit diamètre, il forme une colonne descendante capable de produire une succion très énergique, si le récipient où l'on recueille l'eau pure est situé fort en contre-bas du seau. Quelques mètres, un ou deux de différence de niveau, permettent d'obtenir assez rapidement le volume d'eau filtrée désiré. Cet appareil est donc d'une très grande simplicité et d'une marche automatique.

Mais le filtre Chamberland exige des soins délicats. Après quelque temps de séjour, variable avec la quantité de l'eau, il se recouvre d'un enduit glaiseux, son débit diminue et même, point plus grave, il cesse d'être un filtre parfait, une partie des microorganismes peuvent alors passer. Ces inconvénients peuvent être généralement évités, en procédant tous les mois et mieux toutes les semaines au brossage de la bougie. Peut-être serait-il bon de stériliser la bougie par la chaleur. Mais c'est là un procédé peu commode pour les non-initiés.

Miquel soutient qu'une bougie peut servir indéfiniment, quand on ne la casse pas par maladresse.

§ 8. — Approvisionnement d'eau potable

« Plus les villes sont grandes et populeuses, plus elles se salissent. Plus elles se salissent, plus leur nettoyage doit être actif, régulier et complet, et comme il n'y a que l'eau qui soit un nettoyeur efficace des saletés humaines, il faut beaucoup d'eau pour assurer la propreté des grandes villes. Mais cette consommation croît bien plus vite que le nombre des habitants; je veux dire que si une quantité d'eau représentée par 1 suffisait à une ville de 100.000 habitants, une quantité de 2 ne suffirait pas à une ville de 200.000; il en faudra une quantité 4. » (Emile Trélat, *Revue scientifique*, 7 juin 1890.)

Il n'est aucune question plus importante en effet que celle de l'approvisionnement de l'eau.

Il y a lieu de diviser les eaux en deux groupes, les eaux d'*utilisation* (nutzwasser) et les *eaux d'alimentation* (trinkwasser). Il est évident qu'il serait préférable que toute l'eau distribuée dans une agglomération soit susceptible d'être bue sans inconvénient. Ce n'est pas sans danger que l'on utilise, par exemple pour le lavage des rues, une eau chargée de germes pathogènes, qui sont peut-être inoffensifs tant qu'ils sont déposés sur un sol humide, mais peuvent après dessication être portés partout.

Malheureusement il est souvent difficile d'assurer un minimum d'eau pour les usages privés.

1° Nature et étendue des besoins. — L'eau doit être fournie pour assurer : 1° les besoins privés : eau d'alimentation, lavages domestiques, nettoyages ; 2° les besoins urbains : arrosage des rues, service des incendies, égouts ; 3° les besoins industriels et boissons des animaux domestiques.

La quantité d'eau par tête a été calculée par beaucoup d'hygiénistes. Dans les lignes citées plus haut, on voit que Trélat insiste sur la variabilité des chiffres d'après la population totale.

Parkès demande 112 litres qu'il décompose ainsi :

	LITRES
Boisson	1,5
Cuisine	3,5
Soins de toilette	22,5
Entretien de la maison	13,0
Lessivage	13,5
Bain (une fois par semaine)	18,0
Water-closets	27,0
Gaspillage inévitable	12,5
	112

Si on ajoute 22l,5 pour les animaux et autant pour l'industrie, on arrive au chiffre moyen de 157 litres par habitant.

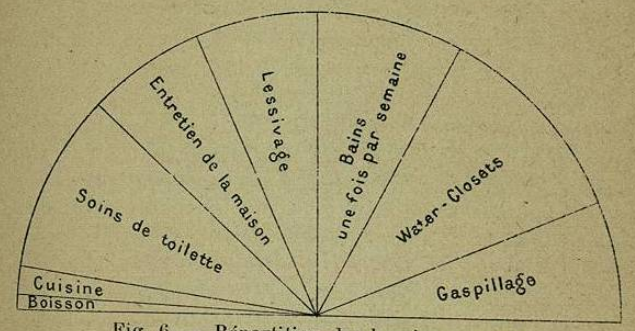

Fig. 6. — Répartition des besoins en eau.

Le chiffre de 160 litres nous paraît, en effet, un chiffre minimum acceptable pour une grande ville, mais à condition de diminuer la proportion de la dépense individuelle pour reporter l'excédent (20 litres environ) sur la dépense collective.

Il faut tenir compte des dépenses de l'industrie, très variables d'une ville à l'autre, enfin il va de soi que le *tout à l'égout* entraîne immédiatement une augmentation d'eau considérable.

Depuis quelques années, on commence à se préoccuper de l'alimentation en eau potable des villages. Dans les pays de montagnes où les sources sont abondantes, le problème est facile à résoudre, mais dans les pays de plaine, comme dans la

Beauce, la Brie, les difficultés sont considérables, l'eau doit être montée à une grande hauteur à l'aide de pompes élévatoires, et les communes ne disposent que de faibles ressources. Il est très difficile de fixer le minimum d'eau nécessaire, dans le calcul il faut faire intervenir le bétail et l'importance des cultures maraichères. Certains villages de Beauce avec 60 litres par tête d'habitants, paraissent cependant très suffisamment alimentés, même après des étés très secs.

Le tableau ci-joint donne la quantité d'eau par tête d'habitant de quelques villes :

	ALIMENTATION PAR HABITANT ET PAR JOUR	
	En 1894.	En 1902
	Litres.	
Paris	215	320
Marseille	450	»
Carcassonne	400	»
Lyon	140	270
Toulouse	120	»
Bruxelles	115	138
Londres	135	170
Berlin	175	190
Dresde	228	»
New-York	297	750
Vienne	100	180
Saint-Pétersbourg	95	»
La Haye	75	»
Madrid	15	400
Lausanne	560	»
Rome	1 000	»
Denver (Etats-Unis)	1 200	»

Ces chiffres officiels ne nous renseignent que très imparfaitement sur l'approvisionnement réel en eau potable des grandes agglomérations. Dans certaines villes on compte à part, l'eau potable et l'eau de rivière ; dans d'autres il n'existe qu'une seule espèce d'eau ; dans un troisième groupe, la quantité d'eau annoncée ne correspond pas en réalité avec celle mise au service de la population totale. Tel quartier est richement doté, alors que d'autres reçoivent une quantité d'eau très inférieure, tel est

le cas de Rome, par exemple, malgré son chiffre de 1.000 litres par habitant.

Il faudrait encore savoir si la quantité d'eau annoncée, correspond à la moyenne annuelle, où à la quantité minima, dont on peut disposer pendant les périodes de grandes sécheresses.

2° Provenance de l'eau. — Après les recherches de Pasteur, il fut admis, en France du moins, que les eaux de sources bien captées étaient les *eaux de choix* : mais si dans les pays de montagnes, il est facile, même pour les villes d'une certaine importance, d'amener l'eau de source en quantité suffisante, dans les villes de plaines le problème est plus difficile ; il devient presque impossible quand il s'agit d'assurer le service d'eau total de villes considérables comme Londres, Paris, Berlin. De ces trois grandes capitales, Paris seul fait usage d'eau de source, mais il a fallu dans ce cas recourir à une double distribution ; l'une, conduisant l'eau de source destinée à l'alimentation et aux usages privés, l'autre servant à la distribution d'une eau moins pure, souvent suspecte, comme l'eau de rivière et qui est utilisée pour le nettoyage de la ville et les usages industriels. Cette question d'une double distribution d'eau d'origine différente a fait l'objet de nombreuses discussions. Elle présente, en effet, de grands inconvénients : complication des travaux de canalisation, et par suite dépenses considérables ; possibilité d'une confusion entre les deux eaux d'inégale qualité. En réalité, on ne doit voir dans la double distribution qu'un expédient de nature à rendre parfois d'utiles services à défaut de solutions meilleures (Bechmann, Congrès de Londres 1891). On a proposé, pour économiser l'eau de source, d'étendre le système de double canalisation jusque dans les demeures privées, en installant dans chaque maison une double colonne montante. La colonne amenant l'eau de rivière devant être réservée uniquement aux appareils de chasse des water-closets. Mais sous aucun prétexte cette eau ne doit être amenée dans les cuisines.

Il suffit, pour juger de la nécessité d'une double canalisation, de voir les difficultés rencontrées à Paris pour assurer aux habi-

tants de cette ville une quantité d'eau potable représentant le tiers de l'eau totale.

Si la captation des eaux de la Dhuis et de la Vanne s'est faite sans trop de difficulté, l'amenée de l'Avre a entraîné des protestations énergiques des populations riveraines de ce cours d'eau et il est évident que d'ici peu d'années, le problème se présentera de nouveau plus menaçant que jamais.

Nous avons indiqué plus haut le chiffre de 12 litres comme représentant le gaspillage inévitable, le chiffre est malheureusement bien au-dessous de la réalité. Les pertes inutiles sont, en effet, multiples. Les fuites dans les conduites sont encore trop fréquentes, mais c'est surtout le gaspillage voulu qui entraîne une dépense d'eau exagérée. On laisse volontiers couler les robinets pour avoir de l'eau plus fraîche en été ou pour rincer le linge. L'emploi du compteur à eau a pour résultat de prévenir ce gaspillage. Le compteur a réduit de moitié ou d'un tiers la consommation d'eau à Liverpool, Londres, Francfort. Malheureusement, faire payer l'eau à la mesure, entraîne trop souvent une économie exagérée du liquide. Dans les petits logements, où le prix de l'eau est compris dans le loyer, le propriétaire s'ingénie à restreindre au minimum la quantité disponible pour chaque locataire. On peut, il est vrai, parer à cet inconvénient en établissant, par arrêté municipal, un minimum d'eau par tête de locataire [1].

3° Eaux de source. — L'eau de source ne peut donner de garanties suffisantes que : 1° si les sources sont à l'abri de toute infiltration suspecte ; 2° si le captage est fait dans d'excellentes conditions.

Les épidémies de fièvre typhoïde signalées à Paris, en 1894-1899-1900, paraissent avoir été déterminées par un vice grave dans le captage et la canalisation de certaines sources de la Vanne.

[1] En 1903, il y avait encore à Paris 7.000 maisons sur un total de 75.000, soit près d'un dixième qui n'avaient aucune canalisation d'eau de source. Il faut ajouter que douze ans auparavant, ce chiffre était de 22 000 !

Il est prudent, pour éviter toute contamination suspecte de la source elle-même, de s'assurer un périmètre de protection, en achetant une certaiue étendue de terrain autour de son point d'émergence, et se rappeler que toute source prise dans les terrains crétacés, où les fissures sont fréquentes, doit toujours être considérée comme contaminable. Nous ne pouvons nous

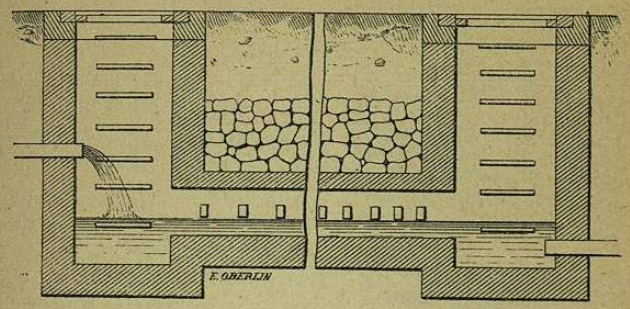

Fig. 7. — Tranchées avec pierres et regards pour le captage des sources ; conduite d'évacuation aux deux extrémités (coupe longitudinale (Richard.)

étendre ici sur les travaux proprement dits de captage et d'adduction, qui sont du ressort de l'ingénieur. Qu'il nous suffise d'énoncer quelques principes fondamentaux.

1° L'eau doit être maintenue en mouvement depuis son point de captation jusqu'au robinet de consommation.

2° L'eau doit circuler à couvert, pour être à l'abri de toute souillure.

Au point de vue économique, on doit chercher à déterminer l'amenée de l'eau par la seule force de la pesanteur. Mais c'est là un simple desideratum et dans chaque cas particulier, il est nécessaire de mettre en balance les dépenses annuelles, exigées par l'entretien des machines élévatoires avec les dépenses de canalisation permettant d'éviter les machines.

4° Eau souterraine. — Les eaux souterraines prises dans de bonnes conditions de protection peuvent être utilisées comme

les eaux de sources. La seule différence dans ce cas étant que ces dernières sont jaillissantes, alors qu'il faut aller chercher le niveau des premières. Ce qu'il importe avant tout, c'est de s'assurer que ces eaux prises à une certaine profondeur essentiellement variables suivant la localité (voy. *Nappe d'eau souterraine*) sont à l'abri de toutes souillures.

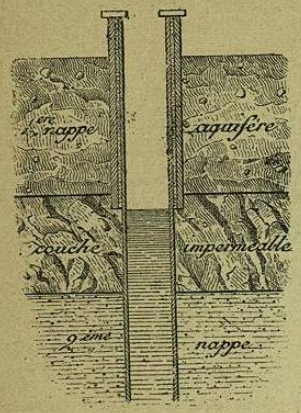

Fig. 8. — Puits tubé protégé contre l'ascension de la première nappe.

Ces eaux peuvent être utilisées pour une distribution localisée, ou pour une grande distribution. Dans le premier cas, on pratique des puits, soit en maçonnerie, soit à l'aide des tubes métalliques.

Dans tous les cas, les puits doivent être éloignés d'une dizaine de mètres au moins des dépôts de fumiers et d'immondices, et à une distance plus considérable encore des puisards. Le revêtement supérieur, jusqu'à une certaine profondeur, dépassant au besoin le niveau de la nappe d'eau souterraine, si celle-ci est superficielle, devra être étanche. Mais il faut ajouter que c'est là une condition difficile à réaliser, au bout d'un certain temps les tassements du sol, les poussées des terres amenant presque toujours des fissures. Une margelle de 60 centimètres de haut préservera le puits des souillures du sol et en même temps évitera les accidents possibles.

On peut perfectionner ces puits, soit en remplissant le fond du tube de maçonnerie, d'une couche de béton à travers laquelle passe un tuyau en poterie rempli de sable et de graviers fins, soit en pratiquant dans le fonds du puits une double maçonnerie, l'extérieur en ciment, l'intérieur en pierres sèches, et en remplissant l'intervalle de gravier et de sable qui constituent ainsi un véritable filtre.

Dans quelques localités, la profondeur du puits est telle que

l'eau souterraine est nécessairement ausssi pure que l'eau de source, et qu'il suffit d'assurer une maçonnerie étanche dans les premiers mètres.

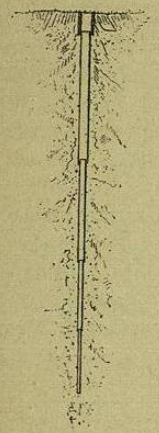

Fig. 9. — Puits tubé. (Richard.)

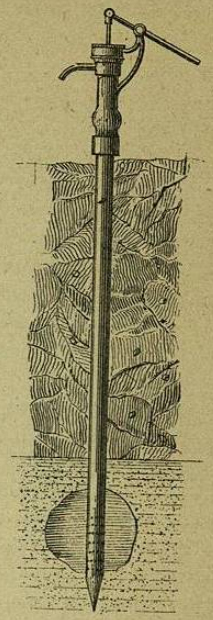

Fig. 10. — Puits instantané. (système Norton). (Richard.)

Quand un puits a été contaminé, on peut le purifier en jetant un lait de chaux vive (10 kilogrammes pour 50 litres d'eau), cette quantité étant souvent suffisante, au bout de trois jours on épuise les puits et on laisse ensuite le remplissage se faire par infiltration. Le permanganate est préférable, son emploi présente un autre avantage ; il permet de s'assurer de la purification par la simple coloration de l'eau.

Après vingt-quatre heures d'addition du permanganate, l'eau du puits doit présenter encore une légère coloration rose. Il

n'est pas utile d'épuiser ensuite le puits, car le permanganate se réduit rapidement.

Un kilogramme ou deux au plus de permanganate, dissous au préalable dans 150 litres d'eau, suffisent presque toujours.

Les puits métalliques sont de plus en plus employés ; ils peuvent être rapidement creusés et coûtent fort peu ; ils consistent en tube de fer forgé ou d'acier de 30 à 60 centimètres de diamètre, l'extrémité inférieure est munie d'un perforateur à vis ou à pointe et percée de trous. Les tubes d'une longueur de $1^{m},50$ à 2 mètres peuvent être mis bout à bout.

Ces puits (type Norton) rendent surtout des services pour les armées en campagne, les grands chantiers de terrassements.

Quand il s'agit d'une distribution générale, on recueille l'eau de la nappe d'eau souterraine par une série de puits, munies de galeries horizontales (galeries d'aspiration). Les eaux collectées sont réunies dans un puits central où elles sont puisées par des machines élévatoires.

Un des grands inconvénients de ce système réside dans la menace du développement du *crenothrix*. C'est ainsi qu'à Berlin on a dû renoncer à ce procédé pour cette cause. Un autre inconvénient est l'inconstance du débit. Quand la nappe d'eau souterraine n'est pas très puissante, ne s'étend pas sur de lointains espaces, on voit souvent le niveau baisser dans les puits et la distribution tarir.

Citons pour mémoire les puits artésiens qui, en Europe du moins, jouent un rôle bien faible dans l'alimentation et dont le débit n'est certainement pas en rapport avec les dépenses et les aléas de leur creusement. En Algérie cependant, ils ont rendu de grands services, dans l'Oued-Rir notamment.

5° Eaux de fleuve ou de lac. — Les eaux de lac sont généralement assez pures ; presque toujours ces masses d'eaux sont alimentées par les fontes des neiges et des glaciers, ou tout au moins par des cours d'eaux de montagnes peu exposés aux contaminations. En outre, l'eau se purifie encore par le simple repos, mais peu de villes importantes peuvent recourir à ce moyen. Citons Glasgow, alimentée par le loch Kalvine ; Genève

par son lac, Stockholm par le lac Mœlar, Chicago par le Michigan. New-York, Manchester ont, par des barrages, converti les cours d'eaux en lacs réservoirs, où l'eau peut reposer longtemps. On a proposé, pour alimenter Paris, d'amener les eaux du lac de Neufchâtel par une dérivation gigantesque traversant le Jura.

Mais ce sont les eaux de fleuves qui alimentent une grande partie des villes. Ces eaux sont exposées à de nombreuses causes de contamination, depuis leur origine jusqu'au moment où elles sont canalisées. Et malgré l'auto-purification constante, dont nous avons parlé, elles doivent toujours être considérées comme suspectes et subir des filtrations ou des corrections centrales avant d'être livrées au public. A Paris, l'eau d'alimentation devait être fournie par les sources, mais devant l'impossibilité d'assurer par ce procédé le service pendant l'été, on a installé des bassins filtrants pour les eaux de la Marne et de la Seine. Londres prend les neuf dixièmes de son eau à la Tamise et à la Lee. La filtration bien faite, paraît aujourd'hui pouvoir remplacer la captation des sources. En Allemagne, ce sont les villes alimentées en eaux de surface filtrées au sable, qui ont présenté la mortalité typhique minima.

6° Distribution d'eau. — Quelle que soit la provenance de l'eau, fleuve, lac, source ou puits, elle doit être amenée à l'agglomération et répartie entre les services publics et les particuliers. C'est l'ensemble des ouvrages construits dans ce but qui constitue la distribution d'eau.

Nous n'insisterons que sur les points essentiels qui intéressent directement l'hygiéniste ; il existe, en effet, une série de problèmes qui sont plutôt du ressort des ingénieurs.

L'amenée de l'eau doit répondre aux deux conditions que nous avons déjà énoncées pour la captation des eaux de source :

1° L'eau doit toujours être en mouvement depuis son point de captation jusqu'au consommateur ;

2° L'eau doit toujours circuler à couvert.

Cette seconde condition est indispensable, non pas pour pro-

téger l'eau contre les germes atmosphériques, en somme peu redoutables, mais pour éviter toutes les souillures qu'elle pourrait recevoir.

Quant à la première, elle est loin d'être souvent réalisable. Il est presque toujours nécessaire d'intercaler le long de la conduite de vastes réservoirs régulateurs qui permettent de compenser les variations dans l'arrivée ou la consommation d'eau.

La dépense en eau n'est pas constante, non seulement aux différents moments de la journée, mais suivant les jours et même les époques de l'année ; d'autre part, le débit des sources peut varier, des réparations peuvent être nécessaires aux points de captation ou aux machines élévatoires ; des réservoirs régulateurs sont donc indispensables. Ces réservoirs doivent, outre les conditions de solidité et de résistance dont nous n'avons pas à nous occuper, être hermétiques pour obéir au deuxième principe et recouverts d'une épaisse couche de terre, destinée à maintenir la température de l'eau constante.

7° Canalisation de distribution. — Donner le maximun d'indépendance des réseaux de conduite vis-à-vis les uns des autres est un des points essentiels d'une bonne canalisation. On peut ainsi faire les réparations sans arrêter la distribution sur un trop grand territoire. On arrive à ce résultat, en reliant les canalisations sous forme de ceintures, chaque tronçon étant alimenté par ses deux extrémités.

Les conduites sont généralement en fonte ; elles peuvent atteindre dans les grandes artères $1^{m},30$ de diamètre, chaque tronçon ayant 3 à 2 mètres de long. On utilise également des tuyaux de grès vernissés de ciment. On conçoit l'importance des joints étanches pour éviter et le gaspillage et les infiltrations, les fuites pouvant être très fortes, quand la pression est élevée, comme dans les parties basses des villes. On emploie les joints en plomb et quelquefois en caoutchouc (joint Lavril). Dans les maisons, on utilise presque exclusivement les tuyaux de plomb. Nous avons insisté plus haut sur les dangers que peuvent faire courir ces tuyaux et sur l'utilité, dans le cas d'eau peu chargée en carbonates, de n'employer que des tuyaux de plomb zingués ou étamés, ou même des tuyaux d'étain pur.

§ 9. — Maladies transportées par l'eau

Le rôle joué par l'eau dans la propagation des maladies, entrevu depuis longtemps, a surtout pris une grande importance depuis les observations faites au sujet de la propagation de la fièvre typhoïde et du choléra.

L'eau a été suspectée comme agent de transport de presque toutes les maladies infectieuses, mais il en est parmi le nombre quelques-unes surtout, pour lesquelles cette étiologie est plus fondée. Nous n'insisterons que sur celles-là : la fièvre typhoïde, le choléra, la dysenterie. En ce qui concerne la variole, la scarlatine, les observations sont encore trop peu nombreuses et surtout trop peu précises pour entraîner l'opinion.

Strauss et Du Bary qui ont étudié la durée de résistance des différents microbes pathogènes dans l'eau stérilisée donnent les chiffres suivants :

Bactéridie charbonneuse	16 à 131 jours.
Bacille de la fièvre typhoïde	30 à 81 —
— du choléra asiatique	16 à 39 —
— de la tuberculose	24 à 115 —
— de la morve	19 à 57 —
Streptocoque pyogène	8 à 15 —
Staphylococcus aureus	9 à 21 —
Pneumocoque	4 à 8 —

Toutefois ces chiffres ont été fort discutés. Les auteurs se sont servis d'eau stérilisée, et des recherches faites avec des eaux non stérilisées, tendent à faire admettre que beaucoup d'agents pathogènes, quand ils ont à lutter contre les agents qui contribuent à l'auto-purification des eaux : microbes non pathogènes, algues, agents oxydants, lumière, etc., ont une résistance beaucoup plus faible et nous trouvons en compulsant les mémoires, des chiffres bien différents de ceux de Strauss et Du Bary :

Bacille typhique	6 jours	Kraus. Karlinski.
Bacille du choléra	2 jours	Wolffugel et Rudel.
	6 jours	Fluge.

Enfin à propos des maladies transportées par l'eau, on ne saurait négliger certain nombre de parasites d'ordre plus ou moins élevés : protozoaires, cestodes, nématodes, etc.

1° Fièvre typhoïde. — Avant la découverte du bacille d'Eberth, le rôle joué par l'eau de boisson dans la transmission de la fièvre typhoïde avait été prouvé par les belles recherches de Budd en Angleterre, confirmées ensuite par Brouardel, Jaccoud, Bouchard en France. Depuis cette époque, la découverte dans l'intestin et surtout dans la rate des typhiques d'un bacille caractéristique permit de préciser les règles du contage. Chantemesse et Widal s'attachèrent surtout à rechercher le bacille dans l'eau.

Dans une série de cas, aussi bien en France qu'en Allemagne, le bacille typhique fut signalé dans les eaux suspectes.

En même temps, certaines observations d'épidémies coïncidant avec des distributions d'eaux polluées (eau de Seine substituées à l'eau de source) ressemblaient par leur précision à des expériences de laboratoire.

C'est ainsi que Chantemesse et Widal pouvaient, en 1887, s'appuyant sur les données statistiques de la ville de Paris, formuler cette loi : trois à quatre semaines après la distribution d'eau de rivière, le nombre des entrées par fièvre typhoïde dans les hôpitaux augmente et revient à son chiffre normal trois à quatre semaines après la fin de cette distribution.

C'était le triomphe de la *trinkwasser theorie*, mais les partisans de la contagion par l'eau se montrèrent peut-être trop exclusifs : l'eau est certainement l'agent de contage le plus important, il n'est pas seul et, impartialement, nous devons signaler les objections des adversaires.

Sans nier l'influence d'une eau pure sur l'état sanitaire en général et même, surtout au point de vue de la contagion de la fièvre typhoïde, il faut, disent ces derniers avec l'école de Munich, faire une large place au sol. A Munich, la fièvre typhoïde diminua après le drainage du sol.

Mais les objections sont bien plutôt d'ordre bactériologique que d'ordre épidémiologique.

Le bacille d'Eberth, d'après Karlinski, ne survit pas plus de trois mois dans les matières fécales. D'après Grimbert, le bacille typhique ne donne plus de réaction caractéristique trois jours après avoir été ensemencé dans l'eau avec du *bacterium coli*. Tandis que Vaillard retrouve pendant trois mois après la cessation de l'épidémie le bacille d'Eberth, Loeffler n'admet pas une résistance de plus de quinze jours et suppose que si Vaillard a constamment trouvé le bacille, c'est que la contamination était permanente. On a discuté longuement sur la différenciation du bacille d'Eberth, bacille spécifique de la fièvre spécifique, avec le *bacterium coli commune*, mais il nous paraît en réalité que la question de savoir si le *bacterium coli commune* et le bacille d'Eberth sont une seule et même espèce à des états de virulence différents, est plutôt scientifique que d'ordre pratique. En face des résultats acquis on ne saurait nier l'importance d'une eau pure de germes au point de vue de l'hygiène et le doute qui règne encore ne peut avoir qu'un résultat : éviter la sécurité trompeuse qui découlerait de la notion d'une étiologie unique et multiplier les précautions hygiéniques.

2° Choléra. — C'est en 1849 que Snoro signala la propagation du choléra par l'eau. Depuis cette époque, partisans et adversaires ont multiplié les observations. Koch, après avoir découvert le *komma bacillus*, énonce cette opinion exclusive : on ne connaît pas un seul cas dans lequel le choléra se soit propagé par des objets secs.

Dans les grandes épidémies cholériques, il est difficile de suivre la marche du fléau, et c'est surtout dans les épidémies localisées comme celles de 1892, autour de Paris, qu'il est, sinon facile, du moins possible de chercher les points de passage. En France, les membres du conseil d'hygiène : Brouardel, Proust, Netter et Thoinot, incriminent avant tout l'eau : « Le facteur principal, on pourrait dire presque exclusif de contagion, a été l'usage d'eau contaminée. » — « Il nous a paru que c'était dans l'eau de Seine prise en aval de Paris, que se trouvaient recélés les germes cholériques. » L'épidémie si grave de Hambourg, qui reçoit des eaux suspectes et le peu d'extension du fléau à Altona,

dont l'eau est filtrée, a fourni également de puissants arguments en faveur de l'eau comme agent de contage (Koch, Plugge). L'opinion d'Arnould est plus éclectique : la propagation du choléra par l'eau n'est pas impossible, dit-il, dans le cas de projection directe et récente des excrétions cholériques dans l'eau de boisson ; mais ce mode est d'une réalisation difficile et *n'est pas nécessaire*.

L'opinion d'Arnould paraît basée sur le peu de résistance du bacille virgule dans l'eau. Malheureusement, sur ce point, il existe de grandes divergences parmi les observateurs. Si Strauss signale une résistance de durée de quatorze jours dans l'eau distillée, Wolffhugel ne reconnaît que deux jours dans les eaux de la Syrie, Hueppe admet dix jours dans l'eau des puits de Wiesbaden.

En réalité, l'étiologie du choléra reste aussi obscure que celle de la fièvre typhoïde. De même que l'on oppose au bacille d'Eberth, le *bacterium coli commune*, on soutient, qu'à côté du *komma bacillus*, il existe un certain nombre de pseudo-bacilles cholériques qui peuvent donner lieu à des erreurs d'interprétation. Leyden soutient qu'il existe aussi bien des cholériques sans bacille virgule, que des non-cholériques avec bacille virgule.

La conclusion est toujours la même : éliminer l'eau suspecte, véhicule possible du bacille pathogène, en tout cas cause adjuvante de son développement dans l'organisme.

3° Paludisme. — L'influence de la nature du sol sur le paludisme a été signalée au chapitre premier (p. 26). Le rôle joué par l'eau de boisson est problématique.

Alors que, jusque dans ces dernières années, la plupart des auteurs, Laveran entre autres, admettaient la transmission par l'eau de boisson, le nouveau mode de contage par les piqûres de moustiques conduit à une opinion opposée. Blanchard dans des conclusions adoptées par l'Académie de médecine (1900) admet que l'hématozoaire du paludisme n'est libre à aucune époque de son existence ; que les eaux stagnantes même ingérées sont incapables d'engendrer le paludisme : que les théories telluriques et miasmatiques sont également en défaut : que les terres fraîchement remuées ne sont dangereuses que par les flaques d'eau qui attirent les moustiques. Il est prudent de n'accepter ces conclusions hardies que sous réserves, et le mieux sera encore de faire bouillir l'eau dans tous les pays suspects. On trouvera plus loin un bref exposé des travaux récents sur le rôle des insectes dans la propagation d'un certain nombre d'affections endémiques, avec les déductions prophylactiques nouvelles (p. 146).

4° Dysenteries. — Les dysenteries épidémiques ont pour agents tantôt un amibe, tantôt un bacille, *bacillus entericus* de Chantemesse. Dans les deux cas, l'eau est le vecteur de l'agent pathogène. Pendant l'expédition du Dahomey, les accidents dysentériques n'éclatèrent que lorsque l'eau ne put être filtrée.

§ 10. — Parasites introduits par l'eau

L'organisme humain est souvent l'hôte d'un certain nombre d'animaux parasites plus ou moins dangereux. La pénétration de ces parasites, se fait soit directement avec l'eau de boisson, soit par l'ingestion de viandes infectées de parasites (*Tænia Botriocéphales*, etc.), puis encore, les animaux comestibles ayant souvent pris eux-mêmes les parasites dans l'eau.

1° Protozoaires. — L'eau non filtrée renferme presque toujours un certain nombre de rhizopodes, tels que des amibes, des flagellés et des infusoires. La plupart sont détruits par l'action des sucs digestifs, mais quelques-uns trouvent cependant dans le tube intestinal un milieu favorable et s'y multiplient, tels *amœba coli*, *cercomonas hominis*, *trichomonas intestinalis*, *balandidium coli*, etc.

La dysenterie amibienne, longtemps discutée, est aujourd'hui admise par les médecins des pays tropicaux. A côté des parasites intestinaux nous devons citer *trichomonas vaginalis* qui, amené au niveau de la vulve par l'eau des ablutions, peut envahir le vagin et y pulluler dans le cas où une vaginite antérieure a modifié les sécrétions normales.