

des sables de diverses grosseurs, de la terre végétale, de la tourbe, de la marne ou des mélanges de ces divers terrains. L'analyse de l'eau d'égout avant et après filtration a été pratiquée avec l'épandage continu ou l'épandage intermittent. Les résultats les meilleurs ont été obtenus par la filtration intermittente à travers le sable à gros grains. On sait en effet que la destruction des matières organiques, pour aboutir à la formation du nitrate, exige d'abord l'intervention d'un grand nombre de saprophytes et plus tard celle de la monade nitreuse et de la bactérie nitrique. Tous ces microbes, saprophytes et ferments nitriques, ont besoin d'air : d'où la nécessité de l'intermittence dans l'épandage et de la grosseur relative des mailles du filtre, afin que le colmatage de la surface n'empêche pas la pénétration de l'air. Avec un filtre convenablement réglé, Hiram Mills a pu obtenir l'épuration d'une eau d'égout à raison de 40 000 mètres cubes par hectare et par mois. L'eau qui sort ne renfermait que 1/100 à 2,5/100 de la matière organique de l'eau d'égout. Au point de vue bactériologique et chimique c'était une eau très pure à laquelle on ne pourrait contester la qualité d'eau potable. Comme l'a écrit M. Duclaux, le jour est proche où l'on sera assez maître des procédés de culture, des ferments nitreux et nitriques pour pouvoir transformer les dépotoirs en fabriques de nitrates. L'épuration des 500 000 kilogrammes de matière organique que Paris rejette chaque jour n'exigerait pas pour sa destruction un terrain plus grand que celui de Gennevilliers ou celui d'Achères. Les difficultés à prévoir seraient loin d'être insurmontables. Les drains des terrains d'épandage devraient être construits de façon qu'on y puisse au besoin faire un peu le vide, à l'aide d'une machine à aspiration, pour attirer dans le sol l'air atmosphérique, capable d'exalter l'activité des saprophytes et des ferments de la terre, aussitôt que l'analyse de l'eau filtrée indiquerait un ralentissement de la nitrification. Des perfectionnements faciles consisteraient à additionner l'eau d'égout d'une certaine quantité de ferments nitriques avant l'épandage, à enlever de temps à autre, à l'aide de la herse, la croûte de la surface des champs d'irrigation, pour laisser pénétrer facilement l'air nécessaire; enfin, pendant les grands froids de l'hiver, à tendre, au-dessus des champs en fonctionnement, des toiles de tente qui empêcheraient le ralentissement par le froid de l'activité des germes purificateurs.

Les champs d'épandage de la ville de Paris limités à une étendue relativement faible échapperaient aux reproches qu'on leur a faits. Non seulement ils détruiraient toutes les matières nocives des eaux d'égout, mais ils fourniraient une énorme quantité d'azote nitrique qu'on pourrait recueillir et qui dépasserait le chiffre de deux millions de kilogrammes par an. Le prix de l'azote nitrique atteignant environ 1,75 fr. par kilogramme, on conçoit que cette récolte serait autrement rémunératrice que la production des légumes que nous connaissons, monstrueux et suspects.

L'EAU

La transmission des maladies par l'eau potable a été observée dès la plus haute antiquité. La pratique des peuples de l'extrême Orient de ne faire usage pour leurs boissons que d'infusions aromatiques, c'est-à-dire d'eau bouillie, a précédé de longtemps les coutumes de la civilisation grecque et romaine, qui entouraient de tant de précautions les captages et les aqueducs des sources (1). Pendant le moyen âge, lorsque de grandes épidémies venaient décimer les villes et les royaumes, le peuple accusait l'empoisonnement des fontaines.

Au XVIII^e siècle, la ville de Reims, qui s'alimentait par des puits, était ravagée de loin en loin par des épidémies de fièvre typhoïde. Au dire de Thouvenel, le nombre des cancéreux et des goitreux, très considérable à cette époque, diminua beaucoup et finit par disparaître lorsque la ville s'alimenta avec l'eau de la Vesle.

Dans la première moitié de ce siècle, l'observation clinique et l'anatomie pathologique avaient apporté assez de lumière à la nosologie médicale, pour qu'on pût utilement se préoccuper des causes des maladies transmissibles. Déjà l'épidémie du navire *Argo* avait permis de soupçonner l'influence de l'eau potable dans la transmission de la fièvre paludéenne ou de la fièvre typhoïde. Les épidémies cholériques qui vinrent successivement visiter les contrées de l'Europe, les enquêtes si précises de Budd et de Murchison sur la propagation de la fièvre typhoïde, servirent à éclairer le problème de l'étiologie de ces deux maladies. En Angleterre, dès l'année 1868 (2), les principes de la protection sanitaire des eaux potables étaient proclamés, à peu près tels que nous les concevons aujourd'hui.

Depuis cette époque l'étude attentive d'un grand nombre de petites ou de grandes épidémies a fourni des preuves certaines du rôle de l'eau potable dans la propagation de la fièvre typhoïde et du choléra. Les faits démonstratifs sont si nombreux qu'on ne peut songer à les signaler tous. Je ne ferai que mentionner les principaux. Le petit village de Lausen (Suisse), où la fièvre typhoïde était inconnue, était alimenté jusqu'en 1872 par une source sortant du massif du Stockholden, qui séparait la vallée de Lausen de celle de Furlenthal. En 1872, à la suite d'éboulement de terrain, on remarqua que les crues de la source de Lausen concordaient exactement avec celles du torrent de la vallée de Furlenthal, situé de l'autre côté de la montagne. Au bord de ce torrent existait une ferme.

(1) Hippocrate recommandait aux personnes malades de ne boire que de l'eau de pluie bouillie.

(2) Sixième rapport de la Commission d'études de la pollution des rivières.

Les habitants avaient coutume de laver leur linge dans le torrent et d'y jeter leurs déjections. Les choses persistèrent ainsi sans inconvénients pendant plusieurs années. Un jour, une épidémie grave de fièvre typhoïde éclata à Lausen et frappa tous les habitants, sauf quelques personnes qui faisaient usage de l'eau d'un puits particulier. Le docteur Hagler (de Bâle) fit toucher du doigt la cause de l'épidémie. Il montra que le sel marin jeté dans le torrent de la vallée de Furlenthal apparaissait quelques heures plus tard dans l'eau des fontaines de Lausen. Or, depuis quelques semaines le tenancier de la ferme située sur le torrent était atteint de fièvre typhoïde contractée au cours d'un voyage. Pendant longtemps il avait pu envoyer impunément dans la source de Lausen le produit de la lessive de son linge et les souillures de ses déjections normales; dès qu'il eut la fièvre typhoïde, l'épidémie fut transmise à Lausen.

A Vienne, la mortalité par fièvre typhoïde atteignait, avant 1874, 2 pour 100 de la population et la dysenterie tuait environ 70 personnes par an. Depuis le captage des Hochquellen dans les Alpes de Styrie et leur amenée à Vienne au moyen de l'aqueduc de François-Joseph, la fièvre typhoïde et la dysenterie ont à peu près totalement disparu de la ville.

En France, les enquêtes successives faites par M. Brouardel et ses élèves à Pierrefonds (1886), à Clermont-Ferrand (1887), à Lorient (1887), au Havre, etc., ont montré les relations étroites qui unissaient le développement d'une épidémie typhique à l'absorption d'eau impure.

En 1882, M. Lancereaux avait émis l'idée que la distribution d'eau de Seine à Paris pouvait être une cause de fièvre typhoïde, mais il ne donna, du bien fondé de son hypothèse, aucune preuve, ni à ce moment, ni plus tard, lorsque le service des Eaux de Paris fit connaître les périodes où l'eau de Seine était substituée à l'eau de source.

En 1886, après avoir, avec la collaboration de M. Widal⁽¹⁾, constaté, dans l'eau d'une borne-fontaine de Ménilmontant, la présence d'un bacille entièrement semblable à ceux que nous pouvions extraire de la rate des typhiques, nous avons cherché à établir le rôle étiologique de l'absorption d'eau de rivière à Paris. Nous avons montré que la courbe de la distribution officielle de cette eau et celle des entrées par fièvre typhoïde dans les hôpitaux se superposaient à peu près exactement, et que, trois semaines après le début de la distribution d'eau de rivière, le chiffre des malades atteints de fièvre typhoïde s'accroissait notablement, pour revenir à son taux normal trois ou quatre semaines après la fin de cette distribution.

En ce qui concerne la propagation du choléra par l'eau potable, les exemples des épidémies d'origine hydrique sont aujourd'hui extrêmement

⁽¹⁾ CHANTEMESSE ET WIDAL, L'eau de Seine et la fièvre typhoïde à Paris. *Bull. de l'Acad. de méd.*, mars, 1887.

multipliés, qu'il s'agisse de l'éclosion d'un petit foyer épidémique autour d'une source, d'un puits ou de l'extension de la maladie sur un vaste groupe d'habitations. Au Carnier, petit village situé au-dessus de Monte-Carlo, le choléra avait éclaté en juillet 1895. Dans l'enquête que je fis avec les docteurs Balestre et Collignon, je constatai que le bacille virgule existait dans l'eau des puits. Il suffit de les fermer pour arrêter l'épidémie en quelques jours. Six mois plus tard l'eau de ces puits ne renfermait plus de bacilles cholériques; elle put être consommée impunément.

L'épidémie célèbre de Hambourg et Altona, dont Koch a été l'historien, montre avec l'évidence la plus complète que le choléra était resté localisé à la région desservie par les conduites de l'eau de l'Elbe non filtrée.

Les faits épidémiologiques qui découvraient l'influence pathogène de l'absorption de certaines eaux potables devaient exciter l'attention des hygiénistes, aussitôt que des méthodes bactériologiques précises furent connues. Les premières recherches entreprises par MM. Pasteur et Joubert établirent que si les eaux de source étaient à leur émergence entièrement privées de germes vivants, les eaux de rivière en renfermaient une très grande quantité. Après la découverte de la méthode de culture sur plaques de gélatine, qui simplifiait la technique, on en vint à espérer et même à conclure que la qualité d'une eau potable pouvait se juger d'après le nombre des microbes qu'elle renfermait. Une telle opinion ne pouvant résister longtemps au contrôle de l'observation, on s'attacha surtout à reconnaître dans l'eau la présence de germes pathogènes. Pasteur avait trouvé dans l'eau de Seine le vibrion septique, Koch dans un étang de l'Inde le bacille du choléra; Mørns et Michael en Allemagne, Chantemesse et Widal en France, avaient signalé la présence du bacille typhique dans quelques eaux potables; Koch avait retiré de l'eau de la Panke le bacille de la septicémie des lapins; d'autres les germes de la suppuration, etc. Entre les mains de divers expérimentateurs ces recherches restaient, il est vrai, infructueuses; on se mit à l'œuvre pour étudier la durée de la vitalité des germes pathogènes placés dans l'eau stérilisée ou dans l'eau naturelle. Les résultats furent très-variables. Les uns affirmaient que les expériences de laboratoire donnaient la raison complète des notions que l'épidémiologie enseignait; d'autres, au nom de quelques expériences faites *in vitro*, déniaient à l'eau potable la possibilité de nourrir les microbes pathogènes et déclaraient que leur présence dans ce liquide ne pouvait persister plus de deux, trois ou quatre jours. Les affirmations positives ou négatives reposaient évidemment sur des faits réels; seule la déduction qu'on en tirait était abusive dans sa généralité.

En effet, les imperfections de la méthode, à laquelle on a voulu demander une réponse définitive, sautent aux yeux. Le procédé le plus fréquemment utilisé a été celui des plaques de gélatine auxquelles on

incorporait l'eau soumise à l'analyse. L'eau renferme d'ordinaire un grand nombre de bactéries qui, par leur culture, liquéfient la gélatine, de sorte que les colonies de germes pathogènes, n'ayant pas le temps d'arriver à un développement appréciable avant cette liquéfaction, passent nécessairement inaperçues. Le procédé de dilution de l'eau ne met pas entièrement à l'abri de cet inconvénient, car, si les germes morbides sont peu nombreux, ils auront les plus grandes chances d'échapper à l'observateur. Encore ne s'agit-il là que d'un faible inconvénient. Il existe beaucoup de microbes qui, ne donnant jamais de cultures dans les milieux à la gélatine, ou qui n'en donnant pas à la température utilisée, dissimulent pour cette raison leur présence. La composition elle-même du milieu à la gélatine est variable entre les mains des expérimentateurs; on sait que la valeur nutritive de la gélatine-peptone peut varier du simple au décuple suivant son degré d'acidité ou d'alcalinité. Une eau qui paraîtra renfermer 500 germes par centimètre cube si on la cultive dans la gélatine faiblement acide, semblera en contenir 2 ou 5 000 si le milieu est plus fortement alcalinisé.

Si les imperfections de la culture artificielle soulèvent la critique, la variabilité de la composition de l'eau dans laquelle ont pénétré des microbes pathogènes mérite encore plus l'attention. Un échantillon diffère à peu près constamment d'un autre, pris à une source différente, par sa composition chimique, par sa flore microbienne, par son degré thermique, etc. Si bien que les expériences faites sur l'eau ne doivent et ne peuvent être toujours comparables. L'eau dite naturelle est un milieu très complexe, variable dans chaque cas. Moins de négligence à tenir compte de ce facteur essentiel eût épargné des conclusions hâtives et erronées.

Peu d'auteurs se sont préoccupés d'indiquer, avec les détails nécessaires, la composition chimique de l'eau qu'ils mettaient en expérience. Cependant la nature et la proportion des substances dissoutes dans l'eau qui servira de bouillon de culture, joue un rôle capital dans la durée de la vitalité des germes spécifiques. Une petite quantité de chlorure de sodium, si favorable à la pullulation du vibron cholérique introduit dans l'eau, constitue un obstacle important à la conservation du bacille typhique.

Le nombre et la qualité des microbes contenus dans l'eau naturelle qui reçoit des germes pathogènes, représente un facteur important de la puissance de leur vitalité. Les hôtes primitifs de l'eau naturelle luttent contre l'envahisseur par leur nombre, c'est-à-dire par la dose des résidus de leur vie répandus dans le liquide, de sorte que la nature de ces microbes est une condition essentielle de la vulnérabilité ou de la résistance de l'eau. On conçoit que certaines eaux puissent offrir un obstacle presque insurmontable au développement d'un microbe qui les pénètre accidentellement, tandis que d'autres eaux présentent, au même envahisseur, un terrain propice.

Ces faits aujourd'hui bien constatés n'ont pas, comme ils le méritaient, attiré l'attention des expérimentateurs étudiant la persistance des microbes pathogènes dans l'eau naturelle. Le travail classique de Kraus est particulièrement visé par cette critique. Dans des flacons contenant de l'eau des conduites de Munich, cet expérimentateur a inoculé des bacilles typhiques et les a vus disparaître le septième jour. Si on lit les tableaux d'expérience de Kraus, on s'explique sa conclusion, mais on fait aussitôt une autre remarque. Dans ses tableaux, le bacille typhique disparaît le jour même où les microbes communs de l'eau se mettent à pulluler. Tandis que la veille ou l'avant-veille ces derniers étaient en petit nombre, on en compte le septième jour plusieurs centaines de mille par centimètre cube. On peut se demander si cette énorme quantité de microbes n'a pas rendu difficile et même infructueuse la recherche des bacilles typhiques clairsemés, et si cette expérience faite dans de l'eau dite naturelle permet de conclure pour ce qui se passe à l'état normal où des germes pathogènes pénètrent dans une eau pure, pauvre en microbes et *continuant sous ce rapport à rester pauvre*. Il est évident que dans ce dernier cas le bacille typhique n'aura pas, comme dans l'expérience précédente, à supporter la concurrence de centaines de mille de saprophytes.

L'objection faite aux expériences de Kraus s'applique tout entière à celles de Karlinski, qui les a confirmées. La fragilité de leurs conclusions mérite encore d'être envisagée à un autre point de vue. Dans les expériences précédentes, on a toujours considéré que la technique permettait de mettre au jour, en toute sécurité, les germes que l'eau renfermait au moment de l'examen. Rien de plus faux. Des microbes pathogènes, cultivables dans la gélatine, peuvent exister dans l'eau sans que nous soyons capables, avec nos procédés, de les y découvrir. J'ai attiré l'attention sur ce fait⁽¹⁾. Si l'on ajoute à de l'eau chargée de bacilles typhiques un nombre relativement faible de colonies de coli-bacilles, il devient très difficile d'en retirer par nos procédés actuels de laboratoire le bacille d'Eberth. Dans les divers bouillons et plaques de gélatine où se fait la culture, les produits de sécrétion du coli-bacille qui se développe le premier, se répandent dans le milieu de culture et mettent un obstacle très efficace à la germination du bacille d'Eberth. Celui-ci n'apparaît pas dans les milieux de culture, alors qu'il possède encore sa vitalité. Telle est la difficulté de retrouver le bacille d'Eberth dans les garde-robes des typhiques.

Ces préliminaires permettent d'envisager sans trop de confiance ni de scepticisme les résultats que nous ont fournis les travaux des auteurs. Quelques conclusions que l'on peut résumer, réunissent à peu près tous les suffrages. L'eau exerce sur les microbes qu'elle renferme des influences mécaniques, physiques et chimiques. L'oxygène et l'acide car-

(1) CHANTEMESSE, L'eau de source et la fièvre typhoïde à Paris. *Semaine médicale*, 1894.

bonique, les gaz divers et toutes les substances en solution ou en suspension agissent sur les organismes vivants dans l'eau, par leur constitution minérale ou organique qui en fait des aliments, et par les combinaisons ou les décompositions chimiques qu'ils subissent. Nombre de substances en suspension interviennent par des phénomènes d'attraction moléculaire, par une action de *collage* et entraînent les germes contenus dans l'eau. Deux facteurs physiques exercent encore un rôle important sur la vitalité des microbes de l'eau, c'est, d'une part, le degré thermique qui favorise ou suspend la germination de certaines espèces aux dépens ou en faveur des espèces concurrentes, et d'autre part l'influence de la lumière, agent microbicide d'une incomparable efficacité.

Les résultats des expériences publiées, ne sont pas tous comparables, parce que la matière à expérimentation a varié dans la plupart des cas. Les recherches ont en effet porté sur les eaux distillées et non distillées, sur les eaux stérilisées artificiellement et sur les eaux naturelles.

L'eau distillée, elle-même, ne représente pas dans la pratique des choses un milieu de culture toujours identique à lui-même.

Les conclusions qu'on peut déduire d'expériences faites sur l'eau stérilisée ne peuvent s'appliquer, on le conçoit, aux résultats que fournirait cette même eau à l'état naturel. On ne peut même conclure que dans l'eau stérilisée, où les microbes introduits vivent longtemps, ils jouissent des limites ultimes de leur vitalité dans ce liquide. La composition chimique d'une eau est en effet profondément modifiée par la stérilisation : la chaleur fait disparaître les gaz, précipite certains produits solubles (carbonates, etc.), fait périr un grand nombre de micro-organismes dont les produits de destruction, de nature souvent alcaloïdique, viennent se mêler au liquide. La filtration à travers la bougie de porcelaine produit aussi des modifications physiques et chimiques encore notables.

Les expériences ont démontré que l'eau sous quelque forme qu'on la retrouve, eau minérale, glace, neige, grêle, eau de pluie, peut renfermer des germes pathogènes et leur servir pendant un certain temps de véhicule. La durée de la vitalité d'un microbe pathogène dans l'eau dépend des conditions inhérentes à l'eau elle-même (propriétés physiques, chimiques, contenu bactériologique) et de conditions qui appartiennent au microbe, à son espèce, à sa race, à la vigueur individuelle des unités qui servent à l'expérience.

D'une façon générale on peut dire que l'eau naturelle n'est pas un très bon milieu de conservation des microbes pathogènes; leur introduction dans ce liquide est suivie d'une diminution de leur nombre, plus ou moins rapide, jusqu'à leur disparition complète, mais cette disparition n'est pas aussi aisée dans la nature que beaucoup ont voulu se l'imaginer sur la foi de quelques expériences. Je reviendrai plus loin sur ce fait.

Parmi les maladies dont le germe est transmis par l'eau potable, il faut

citer la dysenterie. Des exemples empruntés à l'épidémiologie montrent que l'usage de l'eau de certains puits tour à tour utilisée, abandonnée et reprise fait apparaître pour ainsi dire à volonté une éclosion d'épidémie dysentérique. Le germe de la dysenterie est encore imparfaitement déterminé et n'a pu être soumis à une étude expérimentale systématique.

La persistance de la vitalité du bacille de la tuberculose n'a été étudiée que dans l'eau stérilisée. Ces recherches ne peuvent, il est vrai, donner la mesure exacte de l'état normal, quand les bacilles de la tuberculose sont introduits dans les eaux naturelles, où ils ont à lutter contre la concurrence de diverses bactéries aquatiques. Cependant si l'on peut appliquer dans ce domaine les observations faites par Frankland et Appleyard sur le bacille typhique, qui résiste plus longtemps dans certaines eaux naturelles que dans les mêmes eaux préalablement stérilisées par la chaleur, on pourra conclure que le mode de contagion de la tuberculose par l'absorption de certaines eaux potables ne constitue pas un danger méprisable. Nous avons constaté ⁽¹⁾ que dans l'eau de Seine stérilisée et maintenue à la température de la chambre entre 8 degrés et 18 degrés, les bacilles de la tuberculose étaient encore vivants au bout de soixante-dix jours. MM. Straus et Dubarry ⁽²⁾ ont reconnu que le bacille de la tuberculose aviaire se conservait quatre-vingt-quinze jours dans l'eau de l'Oureq stérilisée et cent quinze jours dans l'eau de Seine stérilisée. On retrouve encore ici l'influence de la composition chimique de l'eau sur la durée de la vie microbienne.

Dans l'eau stérilisée, le staphylocoque doré persiste plus de vingt jours d'après Straus et Dubarry, plusieurs mois d'après Meade Bolton. Dans l'eau naturelle impure on le découvre souvent. C'est lui qui est la cause fréquente des furoncles et abcès sous-cutanés que l'on observe chez les malades, soumis à un traitement balnéo-thérapeutique prolongé (Chauffard). Dans l'eau des baignoires où M. Chauffard faisait placer ses typhiques à l'hôpital Laënnec, j'ai trouvé à plusieurs reprises le staphylocoque blanc et doré. Dans l'eau d'égout et l'eau potable stérilisées, le streptocoque de l'érysipèle ne persisterait que cinq jours, d'après Frankland.

Le microcoque tétragène vivrait de dix-huit à trente jours dans diverses eaux stérilisées; le bacille de la septicémie des souris, vingt jours; le bacille de la pneumo-entérite des pores, dix-sept jours; le microbe du choléra des poules, soixante-dix jours. Le coli-bacille conserve sa vitalité dans l'eau pendant plusieurs mois.

La durée de la vie du microbe du charbon introduit dans l'eau potable est très variable suivant que la température de l'eau permet ou supprime la formation des spores. Les bacilles d'une rate charbonneuse introduits dans l'eau de la Dundée stérilisée (Frankland et Templeman) dispa-

⁽¹⁾ CHANTEMESSE et VIDAL, Résistance des germes de la tuberculose dans l'eau de rivière. *Congrès pour l'étude de la tuberculose*, 1888, p. 517.

⁽²⁾ STRAUS et DUBARRY, Durée de la vie des microbes pathogènes dans l'eau. *Archiv. de méd. expérim.*, 1889, p. 7.