

raissent au bout de cinq jours dans l'eau à 12 degrés. Dans l'eau de la Tamise stérilisée et maintenue à 19 degrés, leur nombre diminue d'abord, puis subit en quelques jours une énorme multiplication. On sait, en effet, qu'à 16 degrés (Koch) le bacille charbonneux fait déjà des spores.

Les germes pathogènes dont la transmission par l'usage de l'eau potable est la plus fréquente et la moins discutée, sont le vibron cholérique et le bacille typhique. Les faits aujourd'hui acquis et certains sur la durée relativement longue de ces microbes dans certaines eaux naturelles, représentent, lorsqu'on les compare aux résultats publiés par divers auteurs, l'exemple le plus typique des variations et des causes d'erreurs auxquelles sont exposées les déductions tirées de quelques expériences *in vitro*. Dans l'eau ordinaire stérilisée, Wolffhügel et Riedel ont vu le vibron cholérique persister de deux jours à sept mois, Straus et Dubarry de vingt-six à trente-neuf jours, Hueppe plus de trente jours, Maschek soixante jours, Hochstetter plus d'un an. Dans l'eau ordinaire naturelle, Kraus indique comme durée maxima de quatre à six jours, Karlinski deux à trois jours, Wolffhügel et Riedel de un à vingt jours, Pfeiffer sept mois. Dans l'eau de Seltz artificielle, Hochstetter indique six jours; dans l'eau de mer, de Giaxa mentionne deux à quatre jours, Nicati et Rietsch de soixante-quatre à quatre-vingts jours. On serait surpris des écarts énormes compris entre tous ces chiffres, si l'on ne se rappelait que sous le nom d'eau ordinaire stérilisée et d'eau naturelle, les divers expérimentateurs ont utilisé des milieux de culture de composition très variable, qu'ils ont opéré à des températures différentes et que leur technique d'isolement du microbe a varié sensiblement. Avec la méthode actuelle (eau peptonisée, chlorurée et faiblement gélatinisée) il est facile de trouver dans les eaux de puits ou de rivière naturelles infectées par le vibron cholérique, ces microbes plusieurs semaines après leur introduction. L'écueil réside même, non plus dans la difficulté de découvrir dans l'eau potable des germes ayant certains caractères du vibron cholérique, mais de distinguer parmi ceux-ci les microbes qui sont capables de provoquer l'intoxication cholérique. On sait que les premiers caractères de forme, de coloration, de culture, de réaction indol-nitreuse, ont perdu de l'importance qu'on leur attribuait. La méthode de Pfeiffer elle-même, fondée sur l'immunité absolue que possède le cobaye vacciné contre le vibron cholérique vis-à-vis de l'infection par le vrai bacille cholérique, tandis que cette immunité fait défaut si l'inoculation d'épreuve est pratiquée avec un microbe qui n'appartient pas au vrai choléra, cette méthode n'est pas à l'abri de critiques justifiées. Avec nos procédés actuels, le diagnostic du vibron cholérique trouvé dans l'eau potable est chose très épineuse, qui fournit aux bactériologistes ample matière à discussion. Les enquêtes épidémiologiques apportent heureusement des résultats plus simples et plus précis, et montrent la puissante influence de l'eau contaminée dans la propagation du choléra. On sait aujourd'hui par les travaux de M. Metschnikoff que la présence du vibron cholérique dans

l'eau n'est pas la seule raison étiologique du choléra et que la teneur microbienne de l'eau joue un rôle de premier ordre, capable, par la présence de microbes favorisants, d'assurer la pullulation du vibron cholérique dans l'intestin, ou bien, au contraire, par la présence de microbes empêchants, d'apporter à la multiplication intestinale du vibron cholérique un obstacle infranchissable. Le problème bactériologique n'est donc pas aussi simple qu'il apparaissait tout d'abord et il attend encore sa solution; il ne suffit plus de découvrir dans l'eau la présence du vibron cholérique, il faut tâcher de reconnaître à côté de lui les hôtes microbiens qui l'accompagnent et qui seront capables de favoriser ou d'empêcher sa pullulation lorsqu'il pénétrera dans le tube digestif.

La présence du bacille typhique dans une eau potable est, dans certaines circonstances, facile à découvrir, dans d'autres difficile, parfois enfin presque impossible. Le résultat négatif dépend non pas toujours de l'absence du bacille typhique, mais de deux causes importantes: la technique employée pour sa recherche et la teneur microbienne générale de l'eau à analyser.

Le jour où la théorie anglaise de la propagation de la fièvre typhoïde par l'usage de l'eau de boisson fut appuyée sur la constatation dans l'eau incriminée de la présence du bacille typhique, une période nouvelle s'ouvrit qui aboutit à des enquêtes très multipliées. Les faits qui établissaient sur des bases solides les rapports de cause à effet entre l'absorption de certaines eaux potables ou de certains aliments (lait, huîtres) souillés par ces eaux, et l'écllosion des épidémies typhiques, devinrent si nombreux, qu'il serait difficile et inutile de les signaler tous. La prophylaxie de la maladie fondée sur ce principe donna des résultats si probants que la conviction s'imposa.

On s'empressa de rechercher au point de vue expérimental comment se comportait le bacille typhique introduit dans les eaux naturelles ou stérilisées, dans les eaux minérales, dans la glace, etc. (1).

(1) Les observations où la présence du bacille typhique a été signalée dans l'eau potable naturelle sont trop nombreuses pour qu'il soit possible de les mentionner toutes. Il faut dire aussi que bien des relations affirmatives sous ce rapport ont été publiées à une époque où le diagnostic du microbe reposait sur des preuves reconnues depuis insuffisantes. Je ne veux citer que celles qui trouvent leur garantie dans la compétence particulière de l'auteur qui les a faites, ou dans le contrôle de celui qui les a confirmées:

MEERS, *Centralbl. f. allg. Gesundheitspflege*, 1886, p. 144. — MICHAEL, *Fortschritte der Med.*, 1886, p. 355. — CHANTEMESSE et VIDAL, *Gazette hebdom.*, 1886, n° 45. — CHANTEMESSE et VIDAL, Épidémie de fièvre typhoïde de Pierrefonds, 1886. — BEUMER, *Deut. medic. Woch.*, 1887, n° 28. — LOIR, *Ann. de l'Institut Pasteur*, 1887, p. 448. — VINCENT, *Ibid.*, 1890, p. 772. — FINKELBURG, *Centralbl. f. Bakter.*, vol. IX, p. 501. — HENRIJEAN, *Ann. de Micrograph.*, vol. II, p. 401. — KAMEN, *Centralbl. f. Bakter.*, vol. XI, p. 52. — PÉRE, *Ann. de l'Institut Pasteur*, vol. V, p. 79. — MIQUEL, Manuel de l'analyse des eaux. — UFFELMANN, *Berl. klin. Woch.*, n° 55, 1891. — MONTI, Bac. del tifo n. acque della città de Pavia, 1891. — FLEGGE, Communication verbale à M. Metschnikoff. — FODOR, *Centralbl. f. Bakter.*, vol. XI, 1892. — KOWALSKY, *Wien. klin. Woch.*, 1888. — VINCENT et L. MASSOL, Laboratoire de bactériologie de Genève, etc.

Les bacilles typhiques retirés de l'eau par M. Fodor et par M. Massol furent envoyés à M. Gaffky, qui confirma le diagnostic de leur nature.

Ici encore nous nous trouvons en présence, pour les raisons signalées plus haut, des résultats les plus contradictoires.

Dans l'eau de Seine stérilisée et conservée à la température du laboratoire, Chantemesse et Widal ont vu le bacille typhique persister deux mois. — Straus et Dubarry, quatre-vingts jours dans l'eau de l'Oureq à 25 degrés et quarante-trois jours dans l'eau de Vanne à 20 degrés. — Wolffhügel et Riedel, plus de vingt jours, dans l'eau de la Panke, à 20 degrés. — Meade Bolton, plus de vingt jours à 20 degrés et plus de quatorze jours à 35 degrés.

La nature de l'eau et sa température jouent donc un rôle qui influence grandement la durée de la vitalité du germe. Mêmes réflexions pour l'action de l'eau distillée : Hochstetter donne comme durée de persistance du bacille d'Eberth cinq jours à 20 degrés. — Meade Bolton de deux à quarante jours à 20 degrés et de dix à vingt-quatre jours à 35 degrés. — Braem indique six mois. — Straus et Dubarry mentionnent trente à trente-cinq jours à 20 degrés et soixante-neuf jours à 25 degrés. — Dans l'eau impure de la Panke, Wolffhügel et Riedel donnent une durée qui dépasse dix jours, Hueppe de cinq à trente jours.

Les renseignements qui intéressent le plus l'hygiéniste sont ceux qui s'appliquent à la vitalité du microbe dans l'eau ordinaire naturelle. Ici encore, suivant la nature de l'eau mise en expérience et suivant la technique utilisée, les résultats varient. Herceus indique comme durée quelques jours, Uffelmann deux semaines, — di Mattei et Stagitta de onze à quatorze jours, — Kraus de cinq à sept jours, — Karlinski de trois à six jours. Des résultats plus récents et qui méritent créance à cause du nom de leur auteur et de la technique employée, ont été publiés par MM. Frankland et Appleyard ⁽¹⁾. Ces auteurs ont ensemencé des eaux de diverses provenances avec la même semence et la même quantité de bacilles typhiques. Les eaux ont été conservées à des températures variables. Au bout de quelques jours, lorsque les microbes ordinaires de l'eau avaient abondamment pullulé, la recherche du bacille typhique à l'aide du procédé employé par les premiers auteurs (méthode des plaques de Koch), permettait de constater leur absence; une méthode plus perfectionnée (addition au bouillon de culture de quelques gouttes d'eau phéniquée à 5 pour 100 comme nous l'avons indiqué en 1886, ou quelques gouttes d'une solution de 5 grammes d'acide phénique et de 4 grammes d'acide chlorhydrique dans 100 grammes d'eau) arrêtait la pullulation des microbes banals dans le bouillon de culture, de telle sorte que les bacilles typhiques plus résistants pouvaient arriver à développer leurs colonies et les laisser reconnaître. Par cette méthode, Frankland et Appleyard ont démontré que le bacille typhique ensemencé dans l'eau de la *Tamise naturelle* pouvait se conserver de vingt-cinq à trente-quatre jours à la température de 6 à 8 degrés; dans l'eau de Loch Katrine *naturelle*, le même microbe vivait

⁽¹⁾ Third Report to the Royal Society: water research committee. *Proceedings of the Royal Society*, vol. LVI.

de quatre à onze jours à la température de 19 degrés; plus de quatorze jours à la température de 6 à 8 degrés et de dix-neuf à trente-trois jours à la température de 9 à 12 degrés; dans l'eau d'un puits très pure, le bacille d'Eberth gardait sa vitalité à la température de 9 à 12 degrés pendant un laps de temps compris entre trente-trois et trente-neuf jours. Chose curieuse et inattendue, le même microbe introduit dans cette eau de puits *stérilisée* se conservait vivant moins longtemps que dans la même eau *naturelle*. Cette dernière expérience prouve que les constatations de persistance du bacille typhique dans les eaux stérilisées ne méritent pas toujours le reproche de ne fournir que des chiffres de longévité trop grande. Une autre remarque a été faite par les auteurs anglais. Dans l'eau du puits où la vitalité du bacille typhique s'était manifestée si longtemps, la pullulation des microbes ordinaires s'était faite simultanément et avec une abondance plus grande que celle des microbes ordinaires dans les échantillons d'eau de la Tamise ou du Loch Katrine qui avaient reçu le même germe pathogène et qui l'avaient conservé moins longtemps que l'eau du puits. Cela prouve que les espèces microbiennes banales qui peuplaient l'eau du puits n'étaient pas, comme celles de l'eau de la Tamise, des espèces défavorables à la vitalité du bacille. Ce n'est donc pas en soi le nombre des bactéries banales, mais leur nature, c'est-à-dire leurs produits de sécrétion, qui sont nuisibles au bacille d'Eberth.

Ces considérations nous font toucher du doigt la complexité des phénomènes soulevés par l'étude de la biologie des microbes dans l'eau et la contingence des résultats obtenus par les expérimentateurs. Certaines données surnagent cependant et peuvent être considérées comme définitives: à la température ordinaire et dans l'eau naturelle, le bacille typhique introduit peut se conserver, lorsque les conditions lui sont favorables, pendant une période de temps dépassant un mois et parfois davantage. Signaler l'absence de bacille typhique dans une eau suspecte, ce n'est souvent que traduire le résultat d'une technique imparfaite. En pareille matière deux écueils sont à éviter: 1° laisser passer inaperçu dans une eau le bacille d'Eberth, la technique actuelle ne permettant pas une solution décisive de ce problème; 2° donner le nom de bacille d'Eberth à un des nombreux bacilles coliformes qu'il est toujours facile de distinguer grâce à leurs réactions ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Il n'est peut-être pas inutile de revenir, une fois de plus, sur les caractères diagnostiques qui séparent le vrai bacille typhique de tous les autres bacilles du groupe coliforme.

Le bacille typhique recueilli sous toutes les latitudes et dans toutes les races humaines, qu'on le prenne dans la rate d'un typhique, ou qu'on le retire de cultures successives faites au laboratoire, présente toujours une grande fixité de ses caractères. C'est pour cela qu'il est vraiment spécialisé. Je passe sous silence ses propriétés ordinaires analysées dans les livres de bactériologie pour faire ressortir les éléments de diagnostic avec le coli-bacille. La distinction s'appuie sur leurs formes, sur leurs réactions dans les milieux de culture, sur les lésions et les symptômes qu'ils produisent l'un et l'autre chez l'homme et chez les animaux. Pour juger facilement de leurs différences, il ne faut pas s'adresser à des types vieillis, atténués, altérés comme des médailles frustes, où tous les reliefs s'effacent; il faut choisir les formes vigoureuses ou rendre préalablement la vitalité originelle à celles qui sont affaiblies. On arrive à ce

Les faits que je viens de signaler montrent bien quel instrument

résultat par la culture dans un milieu approprié et surtout par les passages multipliés à travers le corps des animaux.

Lorsqu'on a rendu ainsi la virulence et la toxicité aux bacilles dont il faut distinguer l'espèce, le diagnostic devient facile.

Un parallèle le montre aisément :

BACILLE TYPHIQUE.

COLI-BACILLE.

Forme.

Cils nombreux, longs, ondulés.

Cils moins longs et par conséquent moins ondulés.

Culture dans l'eau peptonisée.

Ne donne jamais la réaction de l'indol, caractère très important.

Donne la réaction de l'indol.

Culture dans le bouillon lactosé.

Ne donne pas de fermentation de la lactose, excepté lorsqu'il a atteint un haut degré de virulence par son passage à travers une longue série de lapins.

Donne une fermentation très active de la lactose.

Culture dans le lait.

Ne coagule le lait que lorsqu'il est devenu très virulent.

Coagule le lait par le passage à travers le corps des animaux en quelques heures.

Envahissement de l'homme.

Symptômes. — Maladie longue, avec éruption de taches rosées lenticulaires et les signes ordinaires de la fièvre typhoïde.

Symptômes. — Maladie courte, caractérisée ordinairement par la lésion suppurative d'un organe. Pas d'éruption de taches rosées lenticulaires. Lorsque la circulation sanguine est envahie, septicémie rapide et très grave.

Lésions. — Lésions caractéristiques des plaques de Peyer.

Lésions. — Jamais de lésions des plaques de Peyer.

Bactériologie. — Dans la rate, les ganglions du mésentère, etc., on trouve le bacille typhique seul ou associé à un microbe d'infection secondaire, staphylocoque, streptocoque, coli-bacille, etc.

Bactériologie. — Pas de bacilles d'Eberth dans aucun organe. Présence abondante de coli-bacilles, doués des caractères classiques.

Inoculation aux animaux (lapins).

Symptômes. — Maladie rapide caractérisée par une élévation et une chute brusque de température atteignant 53° et même 52° avant la mort de l'animal.

La diarrhée abondante et précoce persiste jusqu'à la mort.

Une demi-heure et parfois plus longtemps avant de succomber, l'animal tombe sur le flanc et paraît mort. Spontanément ou si on le touche, il pousse de petits cris plaintifs.

Lésions. — La rate, le foie sont congestionnés et d'un rouge foncé. La rate a doublé et quelquefois triplé de volume.

L'intestin grêle et le gros intestin au-dessus du cæcum sont gorgés de liquide et présentent une coloration hortensia.

Diarrhée muqueuse abondante. La membrane interne de l'intestin est très ramollie.

Bactériologie. — Dans les organes, bacilles d'Eberth avec tous leurs caractères.

Symptômes. — Marche rapide, caractérisée par une élévation et une chute brusque de température. L'animal meurt ordinairement avant d'avoir atteint ou dépassé 55°. La diarrhée manque presque toujours.

L'animal paraît à peu près en bonne santé jusqu'aux instants qui précèdent la mort. Il ne se couche pas longtemps avant de mourir. Il ne pousse pas de cris plaintifs.

Lésions. — La rate et le foie sont congestionnés, mais d'un rouge clair.

L'intestin ne présente pas une teinte hortensia. Il est pâle, de couleur blanchâtre.

La diarrhée est nulle ou peu abondante. La membrane interne de l'intestin est beaucoup moins altérée que dans le cas précédent.

Bactériologie. — Dans les organes, coli-bacilles avec tous leurs caractères.

fragile est encore la bactériologie mise au service de l'analyse des eaux. Livrée à ses propres forces, elle ne permet pas un jugement définitif, qu'elle renferme beaucoup de microbes, ou qu'elle en contienne peu. Le résultat de l'analyse d'un jour est valable pour ce jour et peut ne plus l'être le lendemain si la source est exposée à des contaminations.

Les reproches qu'on adresse à l'analyse bactériologique s'appliquent avec non moins de force à l'analyse chimique ou à l'enquête géologique. Le jugement à porter sur la valeur d'une eau potable doit faire appel à toutes les méthodes d'investigation, contrôler les résultats les uns par les autres et ne s'appuyer que sur la concordance des réponses. Il est rare qu'une seule analyse, soit-elle complète, suffise; sa répétition unique ou multiple est un des facteurs de la sécurité qu'elle procure.

Se renseigner exactement sur la source d'où provient l'eau à analyser est une précaution utile et parfois indispensable. S'agit-il d'eaux superficielles, d'étangs, de marais, l'examen microscopique permettra d'y chercher la présence de débris végétaux ou animaux, de monères, d'amibes, de divers champignons, des œufs de tænia, des infusoires, des vers, des algues, des sulfuraires, etc.

La chimie permet de reconnaître la présence dans l'eau de substances toxiques telles que les sels de plomb, d'arsenic, de mercure, de cuivre, d'étain, de baryte et de zinc; les carbonates de potasse et de soude, les carbures, sulfures et phosphures d'hydrogène, les sulfures, sulfocyanures et hyposulfites alcalins. Elle fournit des indications précises sur la quantité de chaux et de magnésie, sur la teneur en oxygène, azote, acide carbonique, sur la présence des phosphates, des sulfates et des chlorures, des sels d'alumine et de silice.

Elle recherche enfin les composés liés par des rapports étroits avec les processus de la vie des microbes, ammoniacque et sels ammoniacaux, nitrites et nitrates, matières organiques. La présence de sels ammoniacaux ou de nitrites comporte un pronostic défavorable, parce qu'elle indique l'imparfaite épuration de l'eau par la filtration du sol. Le procédé technique d'analyse des matières organiques par le permanganate de potasse, usité d'ordinaire, est simple et commode, mais d'une insuffisance parfaite. Il permet à la rigueur de distinguer les matières organiques d'origine végétale ou animale, mais il n'aboutit pas au diagnostic essentiel, celui de la nature des diverses substances comprises sous la rubrique de matières organiques d'origine animale, les unes pouvant être très dangereuses, les autres à peu près inoffensives comme l'urée. On conçoit que la notion de la provenance d'une eau puisse singulièrement modifier le pronostic du résultat d'une analyse. Une eau tirée de la profondeur à l'aide d'un puits artésien, pourra contenir une forte dose de chlorure de sodium qu'on ne sera pas tenté d'attribuer à la contamination par des infiltrations d'urine; une autre provenant aussi de couches profondes du sol pourra renfermer de grandes quantités de

matières organiques d'origine végétale et se montrer bactériologiquement très pure.

Connaître la provenance de l'eau et les conditions géologiques qui lui donnent naissance, en faire l'étude chimique, microscopique et bactériologique, voilà les étapes à franchir vers la solution du problème de l'analyse de l'eau.

Quand la culture bactériologique met au jour un germe spécifique, vibron cholérique, bacille typhique, etc., ou des ferments de la putréfaction, ou encore une très grande quantité de microbes, la souillure de l'eau devient évidente; mais combien de fois ne fournit-elle que des renseignements insuffisants! A quelques centaines d'unités près, le nombre des colonies isolées n'offre aucune signification. On a beaucoup attribué d'importance à la constatation du coli-bacille dans une eau potable. L'hypothèse de MM. Rodet et Gabriel Roux (de Lyon), qui identifiait ce microbe avec le bacille d'Eberth, a soulevé contre elle les données de la bactériologie, de la clinique et de l'anatomie pathologique. Le seul argument qui reste en faveur de cette confusion est le suivant : dans une eau soupçonnée ou convaincue d'avoir provoqué la fièvre typhoïde on ne trouve pas de bacille d'Eberth, mais bien du coli-bacille, donc ce dernier microbe est la cause de la maladie. Nous savons ce qu'il faut penser des affirmations concluant à l'absence du bacille typhique dans l'eau, parce qu'on n'avait pas réussi à le mettre en évidence. En réalité la présence du coli-bacille dans l'eau implique la possibilité de la contamination de cette eau par des déjections d'hommes ou d'animaux et rien de plus. Avec une technique suffisante, on trouve si souvent le coli-bacille dans un grand nombre d'eaux potables, parfaitement innocentes de méfaits, qu'il devient impossible aujourd'hui d'attribuer à la présence de ce mi-germe une signification pronostique bien nette. J'ai fait cette recherche systématique et j'ai trouvé ce microbe dans toutes les eaux de Paris. Pendant l'épidémie de fièvre typhoïde qui a sévi si cruellement dans le premier semestre de l'année dernière, la caserne des Tourelles (XX^e arrondissement), alimentée par un grand réservoir d'eau de la Dhuis, a joui d'une immunité complète. Les jeunes soldats, terrain de prédilection de la fièvre typhoïde, ont fait un usage journalier de cette eau intacte, non filtrée, et l'ont bue impunément. Dans cette eau j'ai trouvé des colonies de coli-bacilles parfaitement virulents⁽¹⁾. Que conclure, après cette constatation touchant le pouvoir typhogène des eaux qui charrient le coli-bacille, sinon que quelques-unes ne donnent pas la fièvre typhoïde et que d'autres la donnent? N'est-il pas probable que ces dernières contiennent à côté du coli-bacille un autre élément, facteur essentiel qui fait défaut aux autres?

Un élément de décision dans le choix d'une eau potable se tire des

(1) CHANTEMESSE, L'eau de source et la fièvre typhoïde à Paris. *Semaine médicale*, 9 mai 1894

conditions géologiques où naît et se forme la source. D'une vraie source, reconnaissable à la constance de son débit, l'eau s'échappe, filtrée à travers de grandes épaisseurs de terrain et pure de germes; il ne reste qu'à la conserver exempte de souillures. Celle-là porte indûment le nom d'eau de source, qui jaillit avec un débit très variable, suivant les périodes de pluie ou de sécheresse. La couche terrestre qui la recouvre est trop mince pour épurer efficacement les eaux de surface qui viennent la contaminer. Elle peut être inoffensive pendant des années et le devenir tout à coup après une infection occasionnelle, une pratique d'épandage, etc. On conçoit l'importance de l'étude géologique quand il faut connaître l'eau d'une nappe souterraine, celle des galeries de captage creusées le long d'un fleuve lesquelles mettent au jour non l'eau du fleuve filtrée mais l'eau de la nappe souterraine descendant vers le lit de la rivière; enfin l'eau des puits. Est-elle recueillie profondément, l'orifice et les parois du puits sont-ils à l'abri des souillures de la surface et des infiltrations périphériques, cette eau pourra être parfaite. L'analyse chimique et bactériologique devront alors en décider, mais la conclusion ne sera décisive qu'après la constatation que la chute des pluies ne modifie en rien le degré thermique de l'eau du puits. Dans le doute, la projection sur le périmètre du puits d'une grande quantité d'eau saturée de sel marin, permettra de déceler la possibilité des infiltrations de surface.

Tels sont les éléments de diagnostic des qualités d'une eau potable où l'analyse bactériologique joue un rôle important, non un rôle exclusif.

Les défauts d'une eau potable n'impliquent pas heureusement la nécessité de la rejeter pour toujours de l'alimentation. Certains pays n'ont à leur disposition que de l'eau trop calcaire, d'autres trop magnésiennes et sont dans l'obligation de s'en contenter.

L'eau surchargée de carbonate de chaux peut devenir potable, après avoir été débarrassée de son excès calcaire par le procédé de Clark, comme il arrive à Southampton; l'eau pénétrée de bactéries pathogènes peut en être délivrée par une multitude de procédés.

A une époque où la qualité d'une eau potable était jugée sur la proportion d'oxygène qu'elle renfermait, l'eau des fleuves et des cours d'eau rapides obtenait les suffrages. — Avec le perfectionnement des connaissances, le point de vue a changé; l'eau des fleuves et rivières est aujourd'hui proscrite, non sans raison, par le Comité consultatif d'hygiène. La réaction contre les anciennes pratiques ne doit pas cependant perdre de vue ce phénomène si puissant et si curieux de l'épuration spontanée des cours d'eau. La Seine, si fangeuse au-dessous de Paris, devient quelques dizaines de lieues plus loin parfaitement claire. Il ne s'agit pas là seulement d'un dépôt dans le lit du fleuve, par l'effet de la pesanteur, des souillures qu'il roule. Comment, dans cette hypothèse, le lit de la rivière ne serait-il pas comblé en quelques années? Il se fait au contraire, peu

à peu ⁽¹⁾ par l'adjonction de l'eau des nappes qui viennent se déverser dans le fleuve, par des actes chimiques de dédoublement, par les réactions vitales des innombrables bactéries qui peuplent l'eau et y solubilisent la matière morte et vivante, enfin par l'énergie de la lumière solaire, une longue série de transformations qui changent le milieu primitif, souillé et infecté en un liquide relativement et quelquefois absolument inoffensif.

Quand l'eau de source fait défaut et qu'il faut utiliser pour l'alimentation les eaux suspectes de surface ou de puits, la stérilisation artificielle intervient. Les procédés diffèrent suivant qu'il s'agit d'épurer une très grande masse d'eau ou de préparer une eau pure suffisante à un petit nombre de personnes. Dans le premier cas on a recours au système de la filtration centrale, utilisé dans un grand nombre de villes (Berlin, Londres, etc.). L'eau à épurer arrive sur de grands bassins formés de haut en bas d'une couche de sable fin de 20 à 30 centimètres, d'une seconde couche de petits graviers, d'une troisième de graviers plus gros et enfin de roches volumineuses. La couche d'eau placée au-dessus du sable atteint environ un mètre de hauteur; son épaisseur règle le débit qui doit se faire lentement. Le filtre fonctionne bien, dit-on, lorsque l'eau filtrée ne renferme que cent à deux cents germes aérobies par centimètre cube. Une pauvreté de bactéries plus grande est difficile à obtenir. Le bassin filtrant ne donne de résultats satisfaisants que lorsqu'il est *mûr*. Au début de son fonctionnement, il laisse passer un très grand nombre de germes; après un temps qui varie avec le degré d'impureté de l'eau soumise à la filtration, la quantité filtrée devient de plus en plus faible et malgré l'augmentation de la pression, le débit diminue peu à peu; il faut alors procéder au nettoyage du sable. La manœuvre consiste à enlever la couche visqueuse, formée d'un enchevêtrement de microbes, qui tapisse la surface du filtre. Cette couche, vraie membrane vivante, est l'obstacle principal au passage des microbes contenus dans l'eau. Sa formation donne seule au filtre la qualité de maturité nécessaire à un bon fonctionnement. A mesure que son épaisseur s'accroît, l'épuration de l'eau devient plus parfaite, mais le débit diminue et la pression doit être augmentée. Le danger de cette surcharge consiste dans la rupture de la membrane et dans le passage subit à travers le filtre d'une voie d'eau imparfaitement épurée. On pensait autrefois que les germes renfermés dans le liquide filtré n'appartenaient pas à l'eau soumise à la filtration; qu'ils étaient le produit d'impuretés contenues primitivement dans le filtre et que leur présence n'avait aucun caractère pronostic mauvais. Les expériences de Pieffke et de C. Fränkel sont venues détruire cette illusion. Ces auteurs ayant ajouté à l'eau soumise à l'expérience des cultures de microbes colorés (*B. prodigiosus*) les ont vues traverser les

⁽¹⁾ Voyez les si remarquables Revues de M. Duclaux dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

filtres mûrs. Par conséquent, la mise en jeu de ces bassins de sable nécessite une surveillance très attentive, et ne prémunit pas contre le passage, à travers leurs mailles, des germes pathogènes.

Un perfectionnement notable de ce système de filtration centrale a été réalisé dans l'appareil d'Anderson. L'eau traverse d'abord des cylindres rotatifs, où elle se trouve énergiquement battue avec de la limaille de fer. Après quelques minutes de séjour dans ces purificateurs, l'eau dépouillée presque entièrement de ses germes est dirigée sur des bassins de sable où elle laisse ses dépôts entraînés avec le sesquioxyde de fer de nouvelle formation. Lorsque la manœuvre a été pratiquée comme il convient, le liquide filtré présente les qualités d'une bonne eau potable.

Les expériences récentes de Ohlmüller sur la puissance germinicide de l'ozone sont venues apporter des éléments nouveaux à l'étude de la purification en grand des eaux de rivière. Ce savant a démontré que l'ozone détruisait toutes les bactéries contenues dans une eau, pourvu que celle-ci ne fût pas souillée par des matières organiques en trop grande quantité. Des applications pratiques de ces données ne devaient pas tarder à se réaliser. La compagnie industrielle fondée en Hollande par le baron Tindal a érigé à Oudshoorn près de Leyden une usine laboratoire où l'on a tenté la stérilisation d'une eau de rivière très impure au moyen de l'air ozonisé.

Les expériences faites par Van der Sleen et par Van Ermengen ne laissent aucun doute sur la valeur pratique de ces procédés ⁽¹⁾. L'air desséché et refroidi est chargé sous l'influence de décharges électriques obscures d'une quantité d'ozone proportionnelle à la teneur en matières organiques de l'eau à stériliser. Cette eau provenant d'un cours d'eau, le Vieux-Rhin, est très impure pendant une grande partie de l'année; elle est trouble, de coloration brune, véhiculant des particules organiques et inorganiques de toute espèce, son odeur est répugnante et la clarification par le filtrage ne peut lui enlever sa teinte jaune paille caractéristique des eaux tourbeuses.

Le procédé utilisé à Oudshoorn pour transformer cette eau impure en eau limpide, débarrassée de toute mauvaise odeur, dépouillée de ses substances organiques dangereuses et parfaitement stérile consiste à la clarifier d'abord par une filtration à travers un bassin de sable et ensuite à la laisser pendant quelques minutes dans un stérilisateur, en contact intime avec de l'air ozonisé.

Van Ermengen, chargé par le ministre de l'agriculture et de l'industrie de Belgique d'une enquête sur la valeur pratique de ce procédé pour la stérilisation des eaux de rivière, a consigné dans son rapport les principaux résultats qui découlent de ses expériences. Il conclut que l'ozonisation des eaux de rivière souillées par d'abondantes matières d'origine

⁽¹⁾ *Annales de l'Institut Pasteur*, septembre 1895.

végétale et colorées par des matières humiques donne des résultats extrêmement satisfaisants au point de vue de l'amélioration de leurs caractères physiques; que l'action épuratrice de l'ozone est considérable sur les toxines et les produits divers de la vie microbienne et qu'enfin les eaux ouvertes contenant des microbes nombreux, pathogènes ou saprophytiques, sont sûrement stérilisées. Il est donc possible d'obtenir par cette méthode, précédée, si la teneur en matières organiques de l'eau est trop élevée, par une filtration à travers le sable, de très grands volumes d'eau stérilisée.

La stérilisation de l'eau pour un petit nombre de personnes, maison particulière, caserne, navire, etc., s'exécute à l'aide de procédés physiques ou chimiques. L'ébullition de l'eau fait périr tous les germes, pourvu qu'elle soit suffisamment prolongée, une vingtaine de minutes par exemple. En pratique, cette durée de l'ébullition n'est pas nécessaire, car nous ne connaissons pas de germes pathogènes qui résistent à l'action de la vapeur même à cent degrés. Outre la destruction des microbes, les avantages de l'ébullition consistent dans la coagulation de certaines substances albuminoïdes dangereuses, dans la disparition de toxines volatiles et de gaz anormaux, dans la précipitation de sels calcaires en excès. Ses inconvénients sont minimes. M. Guinard (de Lyon) a démontré que la richesse en sels d'une eau bouillie est toujours suffisante; que l'eau ne perd jamais la totalité des gaz qu'elle tient en suspension et qu'il suffit de la refroidir au contact de l'air dans un endroit frais pour que la majeure partie des gaz chassés par la chaleur entre de nouveau en dissolution. Des appareils (Rouart, Geneste et Herscher, etc.) ont été construits pour élever la température de l'eau à 115 et 120 degrés et produire ainsi une stérilisation absolue. Avant de sortir de l'appareil, l'eau abandonne à un clarificateur les substances coagulées par la chaleur, qui troubleraient sa limpidité. L'inconvénient principal de ces méthodes réside dans la température de l'eau stérilisée, qui atteint encore au sortir de l'appareil vingt-cinq à trente degrés.

Les procédés chimiques préconisés pour la purification de l'eau sont multiples; leur nombre s'accroît chaque jour. Les uns ne visent que la destruction de certains germes spécifiques, tels les acides chlorhydrique, tartrique, citrique ajoutés à l'eau soupçonnée de renfermer le vibrion cholérique; les autres agissent par des procédés complexes, où les actes de modifications vitales des microbes sont associés à des phénomènes de *collage* des éléments tenus en suspension (poudre de carbonate et de sulfate de chaux, additionnées d'alun, de charbon, etc.), les autres enfin se proposent la destruction complète de toutes les matières organiques de l'eau, mortes et vivantes. Les substances chimiques les plus aptes à atteindre ce but sont les sels suroxygénés de manganèse en combinaison avec la potasse ou la chaux. Le permanganate de potasse (Mlle Chipilow, de Genève) et le permanganate de chaux (Ch. Girard et Bordas) ajoutés à un litre d'eau à la dose de vingt-cinq à dix centigrammes détruiraient

rapidement tous les germes vivants. Les produits de la décomposition du sel manganique mêlé à l'eau à épurer sont arrêtés ensuite par une filtration grossière à travers la poudre de charbon, de suie, de marc de café, etc. L'emploi du permanganate de chaux aurait l'avantage de posséder un pouvoir d'oxydation plus fort et de ne laisser après filtration qu'un liquide chargé d'une petite quantité de chaux, moins offensive que la potasse pour la muqueuse gastrique.

Les méthodes de filtration domestique de l'eau potable sont très nombreuses. On a eu recours d'abord à l'emploi de pierres poreuses, d'éponges, de charbon de bois, dont les mailles se chargent et se saturent bientôt de matières organiques et de microbes, auxquels elles offrent un champ de prodigieuse multiplication. Il faut renouveler souvent la matière filtrante ou la purifier par le feu. On a utilisé ensuite des substances, plus faciles à stériliser et dont les mailles jouissent, grâce à leur extrême finesse, d'une grande puissance d'attraction moléculaire sur les organismes vivants, suspendus dans l'eau qui les traverse. Les filtres d'amiante, les appareils en terre d'infusoires et mieux encore les bougies en porcelaine d'argile ou d'amiante rendent à ceux qui savent en faire l'usage convenable, les services les plus signalés.

L AIR

Les substances gazeuses fondamentales qui composent l'air tiennent en suspension un certain nombre de matériaux surnuméraires et d'impuretés, qui sont les uns inertes ou sans organisation, les autres vivants.

Je laisse de côté les composés salins, azotate et azotite d'ammoniaque, sel marin, sulfate de soude, sels de chaux et de silice, l'iode, les glomérules arrondis d'oxyde de fer magnétique, substances qui proviennent les unes des combinaisons de l'azote atmosphérique avec l'oxygène et l'hydrogène sous l'influence du feu électrique, les autres, de la pulvérisation des eaux marines fouettées par l'air, les autres enfin du broiement contre notre atmosphère de ces petits astres minuscules qui constituent les étoiles filantes et les pierres météoriques.

A côté des poussières inertes, il existe en beaucoup d'autres, organisées et vivantes. Celles-ci représentent tout un monde de spores et de granulations, semences de milliers d'êtres, aptes à se reproduire.

L'étude de l'astronomie, vers le milieu du xvi^e siècle, amena les observateurs à découvrir les propriétés des verres courbes. On vit alors les infusions peuplées d'êtres bizarres, qui, pour les uns se reproduisaient