

Eau de Limoges, 99°9;  
Eau d'Aigoulène, 99°95.

Les expériences faites successivement et en moins d'une heure avec de l'eau distillée, de l'eau de Limoges et de l'eau des sources d'Aigoulène, nous dispensent de tenir compte de la pression atmosphérique qui, comme nous nous en sommes assurés à l'aide du baromètre de Fortin, n'a pas varié pendant nos expériences et est restée stationnaire à 757 millimètres.

#### Indice de réfraction

Nous savons que l'indice de réfraction d'une substance est une de ses constantes physiques, que sa détermination peut aider à déceler des falsifications de cette substance, et a reçu, à ce titre, une application courante dans les analyses des corps gras, huiles, beurre, etc.

Nous avons déterminé à l'aide du refractomètre d'Abbe l'indice de réfraction de l'eau distillée, de l'eau de Limoges et de l'eau d'Aigoulène et nous avons trouvé.

Pour l'eau distillée 1.334 à + 11 C. de température.

Pour l'eau de Limoges 1.334 —

Pour l'eau d'Aigoulène 1.334 —

L'indice de réfraction ne semble donc pas indiquer le degré de pureté d'une eau potable et reste invariable avec les diverses eaux potables plus ou moins pures.

#### Polarisation

Nous avons recherché si les impuretés de l'eau d'Aigoulène ou de Limoges seraient douées de *pouvoir rotatoire* et nous avons constaté à l'aide du saccharimètre à pénombre que ces eaux étaient inactives sur la lumière polarisée.

**Conclusions tirées de l'analyse physique.** — Il résulte de nos expériences que les constantes physiques, densité, tension superficielle, températures de congélation et d'ébullition, indice de réfraction, polarisation, restent constantes avec les différentes eaux potables et ne peuvent pas servir d'indication de leur degré de pureté.

### CHAPITRE IV

#### Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique des eaux de Limoges a été faite rarement; nous avons trouvé dans les archives du service des eaux, à la mairie, un seul rapport du Val-de-Grâce du 25 octobre 1892 qui conclut : Eau de très bonne qualité et accuse par cc. 50 colonies.

En outre, dans les comptes rendus du Conseil d'hygiène de la Haute-Vienne (15 janvier 1891), le rapport du docteur Davy, de Paris, qui accuse 22.900 organismes par cc. liquéfiant la gélatine en dégageant une odeur putride et conclut : Eau dangereuse par la forte proportion de ses matières organiques et de ses bacilles.

Le travail le plus important fait sur les eaux de Limoges est celui que notre honorable collègue, le docteur David, chargé de l'enseignement de la bactériologie à l'école de médecine et de pharmacie de Limoges a effectué en 1901-1902; ce travail nous imposait le devoir de ne pas refaire l'analyse bactériologique, mais le docteur David non seulement nous a encouragé à effectuer encore l'analyse quantitative, mais nous a facilité la tâche en mettant son laboratoire à notre disposition, ce dont nous le remercions cordialement.

Le Dr David dit dans son travail (1) : « Lesensemencements d'hiver ont donné en cinq séries une moyenne de 4 col. 7 par plaque, soit 47 au cc.

« Lesensemencements d'été pratiqués en 4 séries ont décélé 9 col. 8, c'est-à-dire 98 par cc.

» Lesensemencements d'automne (novembre) ont donné une moyenne intermédiaire en trois séries d'ensemencements.

» La moyenne des deux extrêmes réalise donc le chiffre de 73 colonies par cc.

» Nos chiffres sont d'autant plus exacts, qu'employant des boîtes de Roux, la liquéfaction de certaines colonies

(1) Bactériologie des eaux potables de Limoges par le Dr David. — Librairie Ducourtieux et Gout à Limoges.



ne nous a pas gêné. Dès qu'elle semblait envahir la gélatine, un petit cristal de sublimé porté sur une spatule et basculé au milieu de la masse en arrêtait le développement; cette petite manœuvre ne donne que très rarement lieu à contamination.

» L'augmentation des germes de nos eaux pendant l'été est un fait constant bien que peu marqué.

» Elle ne provient pas, nous le savons, des conditions atmosphériques; se retrouvant avec la même proportion dans les diverses séries d'ensemencements, elle n'est pas non plus le résultat d'une contamination accidentelle; se manifestant subitement après le commencement de l'été, puis diminuant jusqu'à l'année suivante, elle est due à n'en pas douter à l'eau de l'étang de La Crouzille. Les eaux stagnantes renferment toujours une quantité de germes plus grande qu'une eau courante (1).

» Pour résumer cette numération de germes et nous reportant aux indications de Miquel, nous voyons que nos eaux présentent un maximum de 98 en été et un minimum de 47 en hiver; qu'elles ne contiennent en moyenne que 73 colonies par cc. Ce chiffre, bien qu'il soit un peu supérieur à ceux signalés avant notre travail (moins de 50), nous permet donc de les classer dans la catégorie des eaux très pures de Miquel.

.....  
» Le *Bacillus subtilis* se rencontre dans toutes plaques dans la proportion de 4 p. 10, aussi bien en été qu'en hiver.

» Après lui, les espèces chromogènes prédominent, et nous avons pu isoler la *Sarcina lutea* et la *Torula rosea*, la première fréquente et facilement reconnaissable sur plaques de gélatine.

» Une quatrième espèce est constituée par le bacille fluorescent non liquéfiant, dont je regrette de n'avoir pas en ce moment à vous montrer la culture en bouillon où sa belle fluorescence verte est si visible.

» Nous avons isolé, en outre, un *Cladethrix*, ainsi que le

(1) Nous verrons plus loin qu'il ne peut en être ainsi, car les eaux de l'étang de La Crouzille sont moins riches en microbes. (Note de l'auteur).

*Bacillus radicosus* de Roux, espèce fréquente que Macé décrit sous le nom de *Bacillus ramosus*.

» Le *Micrococcus prodigiosus*, dont vous pouvez apprécier ici la belle teinte rouge, s'y rencontre aussi.»

Le Dr David a recherché spécialement le *Bacille d'Eberth*, et les vibrions qu'il n'a pas rencontrés. Puis par inoculation expérimentale, il s'est assuré que les eaux ne renfermaient ni la *Bactérie charbonneuse*, ni le *Bacille du tétanos*, ni le vibrion sceptique ou le *Pneumo-bacille de Friedlander*. Il termine par les conclusions suivantes: « Nous croyons, en terminant ce travail peu volumineux, mais qui cependant est le fruit de plusieurs mois d'étude, être autorisé à conclure que nos eaux sont saines. Sans doute, il peut, au point d'émergence de l'étang, se glisser quelque contamination accidentelle; au niveau de certaines localités dont les habitations seraient trop proches de la canalisation, il pourrait se produire quelques souillures par infiltration; mais des mesures d'hygiène prescrivant l'éloignement des fosses ou des habitations futures, l'entretien en bon état de la canalisation suffisent à empêcher cette éventualité. Si, malgré tout, nos eaux devenaient insalubres, les indications que je viens de fournir dans ce premier travail pourraient alors trouver leur utilité. Je souhaite que le besoin de cette utilité ne se fasse jamais sentir.»

Nous avons pensé que nous devons effectuer cette analyse bactériologique, qui est le complément de l'analyse chimique et qui est d'une importance capitale pour l'hygiène. Nul n'ignore, en effet, à l'heure actuelle, que la fièvre typhoïde est due au *Bacille d'Eberth*, dont l'eau d'alimentation est le principal véhicule, et peut-être bientôt l'étiologie d'autres maladies épidémiques et contagieuses sera-t-elle de même établie; les recherches de M. le professeur J. Teissier, qui a isolé du sang et de l'urine des grippés un bacille se rapprochant nettement de celui qu'il a rencontré dans les eaux de la Moscowa, au cours de sa mission sur les causes de l'influenza en Russie, nous montrent que les chercheurs ont toujours la voie ouverte.



L'analyse bactériologique se répand de plus en plus et paraît indispensable à l'heure actuelle. Malheureusement, l'analyse qualitative qui, seule, a une réelle valeur au point de vue de l'hygiène, présente encore de telles difficultés qu'elle ne peut être abordée que dans des laboratoires spéciaux et encore trop rares. Espérons que bientôt les grandes difficultés actuelles seront levées, pour le plus grand bien de l'humanité, car il importe peu que l'eau absorbée contienne des milliers et des milliards de microbes, si ceux-ci sont inoffensifs, alors que nous jouons notre existence en absorbant une eau renfermant un petit nombre de microbes pathogènes, ou même ses *saprophytes adjuvants*, car Metchnikoff a montré que le vibrion cholérique a besoin d'autres microbes adjuvants pour produire le choléra, et peut-être sera-t-il de même démontré bientôt que le bacille d'Eberth a besoin d'adjuvants pour déterminer la fièvre typhoïde.

Dans l'état actuel de nos connaissances, seuls quelques microbes pathogènes bien définis, comme ceux du choléra, de la fièvre typhoïde, peuvent être, et non sans de grandes difficultés, isolés des eaux. Pour beaucoup d'autres maladies sûrement microbiennes et épidémiques, mais dont l'agent microbien n'est pas défini, l'analyse qualitative est impossible.

Nous sommes donc obligés de nous contenter la plupart du temps de l'analyse quantitative ou numération du nombre de microbes sans distinction de qualité pathogène ou non ; nous confiant à cette hypothèse que telle eau polluée d'un très grand nombre de microbes a plus de chances qu'une autre qui en contient peu, de renfermer maintenant ou plus tard des microbes pathogènes.

Tout en reconnaissant avec M. Ch. Girard que la numération des bactéries sans savoir si elles sont pathogènes ou non, n'a pas une très grande valeur scientifique, j'ai pensé qu'il pouvait y avoir intérêt à s'assurer si l'eau d'alimentation à Limoges avait un nombre différent de bactéries à la source ou au point de consommation, espérant trouver là un renseignement important sur la valeur des conduites

d'aménée, sachant que MM. Pasteur et Joubert ont démontré (1) que les eaux de certaines sources étaient pures au sens microbique du mot, que, puisées convenablement, elles ne renfermaient aucun germe vivant et restaient indéfiniment infertiles si on les conservait à l'abri des souillures accidentelles.

Et pensant avec M. Roux que : « les analyses quantitatives apportent souvent des éclaircissements précieux et inattendus, qu'elles seules peuvent fournir, sur des causes de pollution entre tel point et tel autre dans le parcours d'une canalisation, ou nous mettent sur la voie d'une source d'infections qu'il était impossible sans elles de soupçonner; elles nous renseignent encore sur les qualités ou les défauts d'une masse filtrante naturelle ou artificielle et présentent ainsi un intérêt de premier ordre. »

#### Procédés employés pour l'analyse bactériologique

##### *Lavage et stérilisation des appareils de verrerie. —*

Tous nos appareils de verrerie, tubes à essai, boîtes de Pétri, flacons et ballons pour recevoir les échantillons d'eau, ont toujours été lavés à la potasse concentrée, puis à grande eau, ensuite immergés pendant quelques minutes dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique à 5 0/0, enfin lavés encore à grande eau et mis à sécher.

La stérilisation de ces appareils a été obtenue dans le four à flamber ou four Pasteur (fig. 12) où ils ont séjourné pendant une heure à 150 et même 180° C. Nous avons observé que la stérilisation à l'autoclave recommandée pour les boîtes de Pétri laissait un voile sur les faces de la boîte qui rendait moins net l'examen des cultures.

Milieux de culture : Nous avons employé la gélatine-peptone que nous avons préparée comme suit : 500 gr. de viande de bœuf sans os, ni graisse, ni tendons, sont coupés et hâchés finement, puis placés dans un vase en verre avec un litre d'eau distillée, de temps à autre, on mélange à

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1878.



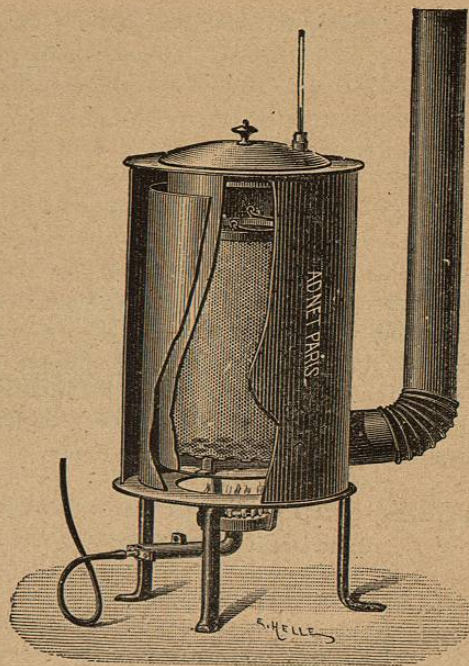


Fig. 12.

l'aide d'un agitateur en verre, et on laisse macérer pendant 24 heures. Puis on filtre sur un linge mouillé, le filtrat légèrement rougeâtre est pesé et on l'additionne d'eau distillée pour ramener à 1.000 gr., puis de 5 gr. de chlorure de sodium et de 10 gr. de peptone spongieuse (nous avons la marque Byla, mais nous aurions pu employer toute autre bonne marque). Notre bouillon-peptone ainsi préparé est versé dans un ou deux ballons en verre soigneusement lavés et nous portons à l'autoclave (fig. 13) à la température de 115° C que nous maintenons une demi-heure, nous éteignons et laissons refroidir à + 100°, puis filtrons sur un papier filtre à sirops.

Le bouillon-peptone est généralement acide ; nous ajoutons alors un peu de carbonate de soude en solution saturée jusqu'à réaction légèrement alcaline au papier de tournesol.

Nous portons de nouveau dans l'autoclave à 115° pendant un quart d'heure.

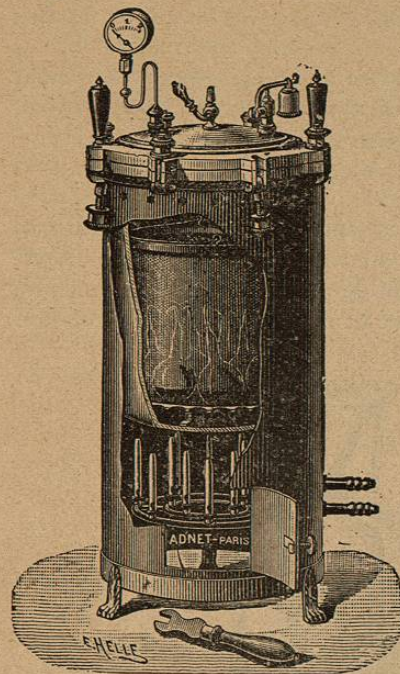


Fig. 13.

Lorsque, la température a baissé à 100°, nous filtrons de nouveau et nous versons le filtrat limpide dans une capsule de porcelaine où nous avons placé 100 gr. de gélatine blanche en feuille, et nous chauffons au bain-marie en remuant le mélange à l'aide d'un agitateur en verre jusqu'à dissolution de la gélatine, soit 15 à 20 minutes. La réaction du mélange est légèrement alcaline, sinon on verserait un peu de carbonate de soude pour alcaliniser. Nous filtrons ensuite à l'aide d'un entonnoir à filtration chaude (fig. 14) et nous recevons le fil-

trat parfaitement clair dans des tubes à essai, environ 10cc. par tube, en nous servant d'un entonnoir pour éviter d'en répandre sur les bords du tube à essai, nous fermons ceux-ci par un tampon de coton hydrophile entouré d'un papier léger, et remplaçons à l'autoclave à 110° pendant une demi-heure. Nous conservons ensuite à l'abri des poussières.

*Puisage et transport de l'eau au laboratoire.* — Tenant compte des observations de Miquel, nous avons puisé personnellement les eaux analysées dans des flacons stérilisés au four à flamber, que nous avons toujours conservés dans la glace à l'aide de trois boîtes en bois concentriques,



pendant la durée du transport qui n'a jamais dépassé quelques heures, sauf pour l'étang de la Crouzille (16 à 20 heures). Lorsque nous avons puisé aux fontaines et aux robinets, nous avons toujours laissé couler l'eau de 10 à 15 minutes avant le prélèvement de l'échantillon. Pour l'analyse comparative que nous avons effectuée le 18 septembre 1903 de l'eau de Limoges puisée : 1° avant l'entrée dans le réservoir des Thuilières ; 2° à la borne-fontaine située chemin des Thuilières, à 100 mètres environ du réservoir ; 3° au robinet de conduite de notre laboratoire, situé place des Bancs ; 4° au robinet de conduite de notre domicile, situé, 10, chemin de Naugeat, ce prélèvement a été effectué en moins d'une heure d'intervalle, de 2 heures à 3 heures du soir.

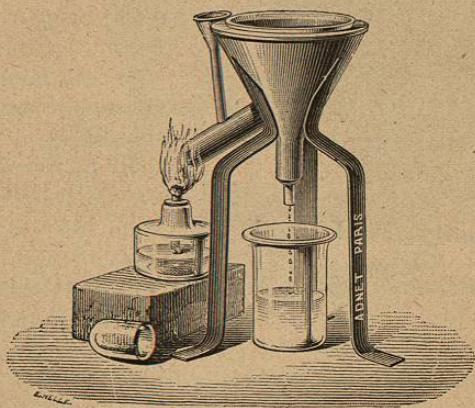


Fig. 14.

*Culture sur plaques de gélatine-peptone.* — Nous avons employé les plaques de Pétri et la gélatine-peptone ; quelques essais avec la gélatine formule Girard :

Eau.....	1.000 gr.
Gélatine blanche.....	40 gr.
Phosphate de soude.....	0 gr. 02

Clarifier au blanc d'œuf, faire bouillir, filtrer et stériliser à + 115°, nous ont donné un développement moins rapide et

un nombre moindre de colonies, aussi nous l'avons abandonné pour établir nos calculs.

Nous avons opéré en ensemençant les tubes dont la gélatine-peptone a été liquéfiée à une douce chaleur, avec une goutte d'eau à analyser et aussi avec 1 ou 2 gouttes de l'eau à analyser diluée en mélangeant 1 goutte à 15 cc. = 300 gouttes d'eau distillée stérilisée. Nous nous sommes efforcés de diminuer les chances de contamination par l'air en ouvrant le moins possible les plaques de Pétri et opérant rapidement, nous avons du reste examiné avec soin les résultats donnés par la gélatine-peptone ensemencée restant dans les tubes et toujours à un grand nombre de colonies développées, dans les plaques correspondait un nombre élevé de colonies dans le tube correspondant et inversement, or les tubes n'ayant pas eu la même chance de contagion par l'air extérieur que les plaques, nous avons là une garantie d'exactitude. D'autre part à chaque ensemençement, nous réservions une plaque et un tube *témoins*, c'est-à-dire contenant de la gélatine-peptone n'ayant pas reçu d'eau à analyser ; sauf une fois, nos plaques ou tubes témoins n'ont pas développé de colonies, ou un nombre infime ; assez souvent ils ont développé quelques moisissures.

Nous donnons du reste à chaque analyse d'une source spéciale en quelques lignes les détails particuliers de nos opérations analytiques.

## CHAPITRE V

**Purification des eaux potables.** — Les petites localités comme les grandes villes ont dû surmonter bien souvent de très grandes difficultés pour fournir aux habitants de l'eau potable de bonne qualité, et lorsque les eaux naturelles ne possèdent pas cette qualité, on a cherché à les rendre meilleures par la purification.

On sait en effet que l'eau d'alimentation est très souvent le véhicule des germes de maladies infectieuses, et depuis que cette constatation a été faite, les hygiénistes et les