D'après les recherches de Miquel en 1880, la teneur en bactérie des diverses eaux analysées par lui serait en moyenne :

Eau de condensation.....	0,2	par cent. cube
Eau de pluie.....	3,5	»
Eau de la Vanne.....	6,2	»
Eau de la Seine.....	1,200	»
Eau d'égoût.....	20,000	»

Ces chiffres, nous n'avons pas besoin de le dire, n'ont pas de valeur absolue et ne peuvent que donner une idée de la richesse relative en micro-organismes des eaux de diverses provenances. Ils varient en effet pour une même eau dans des proportions considérables. C'est ainsi que les eaux de la Vanne et de la Dhuis, qui contiennent environ 60 microbes en été, en contiennent 5 à 10 fois plus en automne et en hiver, à la suite de pluies abondantes. La moyenne des bactéries des eaux de rivières distribuées à Paris a été, en 1887, de 4,850 pour l'eau du canal de l'Ourcq, de 5,135 pour l'eau de la Marne, de 8,230 pour l'eau de Seine puisée à l'usine d'Ivry.

La congélation de l'eau, surtout quand il y a des alternatives de gelées et de dégel, tue un assez grand nombre de microbes, mais plusieurs résistent, entre autres le bacille typhique, et la glace, la glace bulleuse en particulier, renferme une quantité de germes vivants qui ne tardent pas à se multiplier quand l'eau est revenue à sa température normale.

La plupart des microbes contenus dans l'eau sont des microbes saprophytes vulgaires dont les espèces sont encore mal déterminées et qui n'offrent qu'un médiocre intérêt pour l'hygiène.

3° Présence de germes pathogènes dans les eaux potables. — Du rôle étiologique de l'eau dans la genèse des maladies infectieuses. — Depuis longtemps on avait remarqué les relations existant dans bien des cas entre la dissémination d'une épidémie de fièvre typhoïde et l'usage d'une eau de boisson d'une provenance déterminée. La maladie ne frappait que les quartiers, les groupes de maisons, parfois même une maison seule, dont les habitants buvaient d'une certaine eau et épargnait ceux qui s'approvisionnaient ailleurs. On a même pu parfois, comme à Lausen et à Auxerre, remonter à la source de l'infection et constater que l'eau suspecte avait été contaminée à la suite d'infiltrations ou de toute autre façon par les déjections de typhiques. Dans l'épidémie de Genève de 1884, Dunant a constaté que les exacerbations et les rémissions de la maladie ont coïncidé nettement avec le plus ou moins de pollution de l'eau d'alimentation. Enfin à Paris, Chantemesse et Widal ont établi qu'il existe des rapports étroits et constants entre les périodes où l'on distribue l'eau de rivière et la courbe des entrées par fièvre typhoïde dans les hôpitaux.

D'un autre côté il est certain que la dothiénentérie a diminué de fréquence, a même presque complètement disparu dans bien des villes, depuis qu'elles sont pourvues d'une eau irréprochable et à l'abri de toute souillure. Tel est le cas de Vienne, par exemple, où la mortalité due à cette maladie est descendue de 2 ou 3 p. 1000 à 0,11 p. 1000, depuis que cette capitale est approvisionnée d'eau de source prise dans les Alpes de Styrie. Les mêmes observations ont été faites pour le choléra.

C'est sur ces faits et bien d'autres analogues que s'ap-

dans le corps humain. C'est probablement par l'intermédiaire de l'eau que s'introduisent le plus souvent dans l'économie le distome de l'hématurie d'Egypte, la filaire du sang et le ver de Médine, les œufs d'ascarides lombricoïdes, si fréquents chez les enfants des campagnes, beaucoup plus rares à Paris où l'on use en général d'eau filtrée, le botriocéphale large, l'ankylostome duodénal qui serait, suivant certains auteurs, la cause de l'anémie des mineurs.

Enfin on a accusé l'usage de certaines eaux, trop chargées en magnésie ou privées d'iode, de produire le goître et le crétinisme. Il est vrai que la démonstration expérimentale de cette étiologie est encore à faire. Il en est de même de l'influence de certaines eaux sur la gravelle et la goutte qui ne s'appuie pas sur des faits suffisamment précis.

4° **Analyse des eaux potables.** — Pour juger de la qualité et de la salubrité d'une eau destinée à être employée en boisson, il est indispensable de recourir à une double analyse, l'analyse chimique, par laquelle on détermine la proportion des matières fixes et organiques contenues dans l'eau, et l'analyse microscopique et bactériologique, qui permet de reconnaître la richesse de cette eau en micro-organismes, et dans certains cas la nature de ceux-ci.

a) *Analyse chimique.* — Une analyse chimique complète donnant la composition exacte de l'eau et la proportion de ses divers éléments est une opération longue, difficile, qui doit être réservée aux laboratoires et aux chimistes de profession ; mais il est possible de se rendre suffisamment compte de la valeur d'une eau, de ses qualités, comme eau potable, au moyen de procédés relativement simples que tout hygiéniste doit connaître et savoir pratiquer au besoin.

Nous ne pouvons mieux faire que d'emprunter aux instructions rédigées par Pouchet et adoptées par le Comité supérieur d'hygiène les détails relatifs à cette opération, en les résumant.

La quantité nécessaire aux essais est de 2 à 4 litres. L'eau doit être prise directement à la source et recueillie dans des flacons en verre blanc bien rincés et d'une propreté absolue.

L'analyse doit être faite aussitôt que possible après la récolte.

b) *Procédés d'analyse sommaire.* — La série d'opérations qui constitue l'analyse sommaire comprend :

1° La détermination du résidu fixe et des sulfates.

2° La détermination du degré hydrotimétrique.

3° Le dosage du chlore.

4° Le dosage de la matière organique. Nous y ajouterons le dosage de l'oxygène libre ou degré oxymétrique qui peut servir de contrôle, de contre-épreuve, au dosage de la matière organique.

1° Détermination du résidu fixe et des sulfates. — Évaporer au bain-marie un litre d'eau dans une capsule exactement tarée jusqu'à dessication complète. Peser le résidu après avoir déduit le poids de la capsule.

Évaporer un second litre d'eau et chauffer le résidu jusqu'au rouge sombre.

Le poids de ce dernier résidu représentera la proportion des éléments minéraux, et la différence de celui-ci avec le premier, la quantité de matières organiques.

Le résidu minéral sera dissous dans l'acide chlorhy-

drique dilué et traité par le chlorure de baryum qui donnera lieu à un précipité de sulfate de baryte. Celui-ci desséché donnera la quantité d'acide sulfurique.

II° Détermination du degré hydrotimétrique. — La recherche du degré hydrotimétrique de l'eau ou, en d'autres termes, de son degré de dureté, consiste à déterminer la proportion des sels calcaires et magnésiens. Le procédé est fondé sur la propriété qu'a le savon de ne former de la mousse que lorsque les sels terreux de l'eau ont été saturés par l'acide oléique du savon. On se sert d'une solution alcoolique de savon titrée de façon à ce que la quantité de sels nécessaire pour saturer 0,1 de savon représente 0,014 de chlorure de calcium pur.

On verse 40 cent. cubes d'eau dans une éprouvette et on y ajoute goutte à goutte, au moyen d'une burette graduée d'une façon spéciale, la solution titrée de savon, en agitant de temps en temps le mélange jusqu'à ce qu'il se forme une mousse persistante de 1/2 cent. de hauteur et restant 10 minutes sans s'affaisser. On lit sur la burette la quantité de solution savonneuse employée. Cette quantité représente le degré hydrotimétrique de l'eau.

Voici le degré hydrotimétrique de quelques eaux de la France, d'après Boutron et Boudet.

Eau distillée	0.0
» de neige	2.5
» de pluie	3.5
» de l'Allier	3.5
» de la Dordogne	4.5
» de la Loire	5.5
» du puits de Grenelle	9.

Eau du Rhône	15.
» de la Seine (Ivry)	15.
» de la Seine (Chaillot)	23.
» de la Marne	19 à 23
» du canal de l'Ourcq	30.0
» d'Arcueil	28.0

III° Dosage de chlore. — Le dosage du chlore se fait au moyen d'une liqueur titrée d'azotate d'argent dont chaque centimètre cube précipite exactement 5 milligrammes de chlorure de sodium. On ajoute à l'eau quelques gouttes de chromate de potasse dont le changement de coloration indique le moment précis où tous les chlorures sont précipités.

IV° Détermination de la matière organique. — Le procédé employé pour le dosage de la matière organique est fondé sur l'action qu'exercent celles-ci sur le permanganate de potasse dont elles prennent l'oxygène pour leur combustion et qu'elles décolorent. La quantité de solution de permanganate réduite et décolorée sera donc proportionnelle à la quantité de matières organiques contenues dans l'eau. Bien qu'au point de vue chimique cela ne soit pas rigoureusement exact, le procédé fournit des indications comparatives précieuses sur la richesse des diverses eaux en matières organiques.

On introduit dans un ballon 100 à 200 cent. cubes de l'eau à examiner, auxquels on ajoute 3 cent. cubes d'une solution au 10° de bicarbonate de soude et 10 à 20 cent. cubes d'une solution de permanganate de potasse (0,50 cent. de sel pour un litre d'eau).

Après avoir fait bouillir pendant 10 minutes le mélange et l'avoir acidifié après refroidissement, en ajou-

tant 2 à 3 cent. cubes d'acide sulfurique pur, on ajoute 5 cent. cubes d'une solution acide de sulfate ferreux ammoniacal.

La liqueur se décolore rapidement et, quand elle est tout à fait limpide, on verse goutte à goutte avec une burette graduée la solution titrée de permanganate jusqu'à production d'une teinte rosée persistant un moment, et on note la quantité employée.

On recommence exactement de la même façon l'opération, mais en doublant le volume de l'eau. La différence des deux chiffres donne la quantité de permanganate réduit par la matière organique de l'eau, et par suite la quantité d'oxygène consommé, à raison de 125 milligrammes par centimètre cube de liqueur.

La méthode que nous venons de décrire avec quelques détails est celle recommandée par le Comité consultatif d'hygiène. Mais il en existe plusieurs autres fort employées aussi et qui reposent toutes sur le même principe. Ainsi certains chimistes titrent la solution de permanganate (liqueur de caméléon) au moyen de l'acide oxalique, de façon à ce que chaque centimètre cube de la solution oxyde un poids donné de cet acide. On ajoute alors la liqueur de caméléon goutte à goutte dans un volume donné de l'eau que l'on examine après avoir préalablement porté celle-ci à l'ébullition, jusqu'à ce que la couleur rouge persiste, et l'on note alors la quantité de permanganate employé. Il est facile ensuite par un simple calcul de connaître la proportion d'oxygène correspondante. On peut encore ajouter le caméléon en excès, de façon à ce que la coloration persiste après ébullition, et l'on achève la décoloration en ajoutant une solution titrée (solution normale d'acide oxali-

que). Connaissant la quantité de cette dernière solution nécessaire pour réduire tout le caméléon employé, il suffira de déduire de cette quantité, la quantité employée pour réduire l'excès de permanganate, pour avoir par différence celle consommée par les matières organiques.

Voici, d'après les instructions du Conseil d'hygiène les limites dans lesquelles les divers éléments doivent être contenus.

	Eau très pure.	Eau potable.	Eau Suspecte.	Eau mauvaise.
Chlore.	Moins de 0,015 par litre.	Moins de 0,040.	0,050 à 0,100.	Plus de 0,100
Acide sulfurique.	0,002 à 0,005	0,005 à 0,030.	Plus de 0,030.	Plus de 0,050
Oxygène emprunté au permanganate en solution alcaline.	Moins de 0,001, soit moins de 10 cc. de liqueur.	Moins de 0,002, soit moins de 20 cc. de liqueur.	De 0,003 à 0,004	Plus de 0,004
Perte de poids du dépôt par la chaleur rouge.	Moins de 0,015	Moins de 0,040.	De 0,040 à 0,070	Plus de 0,100
Degré hydrotimétrique.	5 à 15°.	15 à 30°	Au-dessus de 30°	Au-dessus de 100
Degré hydrot. persistant après ébullition.	2 à 5°.	5 à 12°.	12 à 18°.	Au-dessus de 20

Gérardin qui attribue, comme nous l'avons vu, une si grande importance à la proportion d'oxygène comme mesure de la salubrité des eaux, surtout des eaux de rivières et de fleuves, emploie pour déterminer cette

proportion un procédé de dosage appelé oxymétrie, et basé sur la propriété qu'a l'hydrosulfite de soude de se transformer en bisulfite de soude, en absorbant l'oxygène libre en présence duquel il se trouve.

L'eau à examiner est additionnée de quelques gouttes de bleu d'aniline ou bleu Coupier qui se décolore aussitôt que la transformation de l'hydrosulfite en bisulfite est terminée. On verse ensuite goutte à goutte l'hydrosulfite étendu d'eau jusqu'à décoloration. Le volume de réactif employé sera proportionnel à la quantité d'oxygène et donnera le degré oxymétrique.

c) *Analyse microscopique et bactériologique de l'eau.* — L'analyse bactériologique de l'eau a pris dans ces derniers temps une grande importance depuis qu'il est établi que c'est surtout aux micro-organismes qu'elle contient qu'elle doit son insalubrité. Elle comporte deux ordres d'opérations d'un intérêt bien différent au point de vue de l'hygiène. L'une consiste à déterminer la richesse plus ou moins grande de l'eau en micro-organismes, sans se préoccuper de leur nature ni de leur action ; l'autre a pour but de rechercher dans l'eau un microbe donné dont on soupçonne la présence.

L'échantillon d'eau à examiner doit être recueilli avec toutes les précautions possibles pour éviter les contaminations accidentelles. Miquel conseille de se servir de ballons préalablement stérilisés dont l'extrémité du col est effilée et scellée à la lampe. Cette extrémité est brisée dans l'eau même que l'on veut recueillir et, le ballon une fois plein, on scelle de nouveau.

Les organismes saprophytes pullulent avec une grande rapidité dans l'eau ; il faut donc procéder à l'analyse immédiatement ou, si cela n'est pas possible,

entourer de glace le récipient sous peine d'avoir des chiffres erronés.

d) *Analyse micrographique quantitative. — Numération des microbes.* — A l'Observatoire de Montsouris, Miquel se sert pour la numération des microbes de l'eau, comme pour ceux de l'air, de la méthode de fractionnement dans les bouillons. Il ensemence avec une goutte d'eau pure ou diluée dans une certaine quantité d'eau préalablement stérilisée, suivant le plus ou moins de souillure présumée, un assez grand nombre de conserves (70 à 100), de façon à ce que quelques-unes d'entre elles restent inaltérées. Supposant que chaque goutte d'eau ayant produit l'altération ne contient qu'un germe, il déduit du nombre de conserves altérées le nombre de bactéries contenues dans le volume d'eau examiné.

Ce procédé, qui a donné d'intéressants résultats entre les mains habiles de cet observateur, est long, exige un matériel considérable, compliqué et coûteux, des aides exercés. Aussi est-il généralement abandonné et remplacé par la méthode des cultures solides sur plaque que nous avons déjà décrite à propos de l'analyse bactériologique de l'air.

Voici comment R. Koch recommande d'opérer. On prend 1 cent. cube de l'eau à examiner pure ou plus ou moins diluée préalablement avec de l'eau stérilisée suivant les cas, et on le verse dans un tube de gélatine nutritive liquifiée. Ce tube, que les Allemands appellent tube original, est étiqueté tube O. On prend ensuite dans ce tube 1 cent. cube du mélange qu'on ajoute à un second tube de gélatine qui portera le n° 2. On renouvelle avec ce second mélange la même opération pour

un nouveau tube le n° 3. Puis on étend sur des plaques de verre le contenu de chacun de ces tubes, et on laisse solidifier la gélatine à l'abri de l'air. Les plaques sont ensuite placées sous la cloche à culture, et au bout de quelques jours on compte les colonies qui se sont développées. Ces trois plaques dans lesquelles l'eau est à des degrés de dilution différente se contrôlent mutuellement l'une par l'autre.

Les inconvénients de ce procédé sont que, sous l'influence de certains microbes, la gélatine ne tarde pas à se liquéfier et empêche l'éclosion des bactéries dont le développement est plus lent. Le nombre des colonies développées est donc très probablement inférieur au chiffre réel.

Quel que soit le procédé employé, ce dénombrement ne peut donc donner, on le comprend, que des résultats très approximatifs. Une foule de germes ne se développent pas faute de temps ; d'autres, parce qu'ils ne trouvent pas un terrain de culture qui leur convient et les chiffres ainsi obtenus, et qui, pour une même eau recueillie dans des conditions absolument identiques, peuvent varier dans de très larges limites, n'ont qu'une valeur tout à fait relative.

En revanche, si on se borne à demander à l'analyse bactériologique des renseignements purement comparatifs, celle-ci peut fournir de précieuses indications sur le plus ou moins de pureté d'une eau et servir au même titre que le dosage de la matière organique, *d'indice de viciation.*

La richesse d'une eau en microbes en effet est en général en raison de son infection, sans qu'on puisse toutefois poser le fait en loi absolue, car des eaux très

pures et tout à fait irréprochables ont été trouvées plus d'une fois plus fécondes que des eaux d'origine très suspecte.

Plagge et Proskauer fixent la limite de tolérance pour une eau d'alimentation à 300 bactéries par centimètre cube. Mais il ne faut pas oublier que ces auteurs ont surtout en vue de donner une mesure permettant de juger l'efficacité des procédés de filtration. Appliquée à l'eau naturelle prise au point de captage ou dans les réservoirs, cette règle obligerait à exclure de la consommation quantité d'eaux tout à fait irréprochables, l'eau de la Dhuis, pour ne citer que cet exemple, dont la teneur moyenne en été, en 1886-87, est de près de 500 bactéries, mais qui en hiver, au moment des pluies, peut en contenir jusqu'à 2600 (Miquel).

Ce qu'il importerait de savoir bien plus que le chiffre absolu des microbes, c'est si l'eau destinée à la boisson ne contient pas à tel ou tel moment des germes infectieux. Cette étude est malheureusement, on le comprend, hérissée de difficultés. Nous ne connaissons encore que trop imparfaitement les caractères spécifiques des divers microbes pathogènes pour qu'il soit possible de distinguer d'une façon sûre la plupart d'entre eux, au milieu des innombrables bactéries saprophytes. D'ailleurs, au moment où l'attention est appelée sur une eau suspecte par suite du développement d'une épidémie, l'agent spécifique a grande chance d'avoir disparu. Malgré toutes ces difficultés, on est parvenu dans plusieurs cas à déceler la présence dans l'eau des deux agents spécifiques dont ce milieu est le plus souvent le véhicule. Nous voulons parler du bacille cholérique dont R. Kock a constaté, comme nous l'avons vu

puie la théorie étiologique par l'eau de boisson, *Trinkwasser Theorie* des allemands, en opposition avec celle de l'infection par la nappe souterraine, *Grundwasser Theorie,* soutenue par l'école de Munich et son chef, Pettenkofer. Cette doctrine, fort en faveur depuis longtemps en Angleterre où elle est admise comme un dogme, adoptée par R. Koch et l'école de Berlin dont il est le chef, a reçu dans ces derniers temps la consécration expérimentale par la découverte du bacille cholérique dans les eaux d'une mare (*Tank*) dont les habitants d'un village décimé par le choléra se servaient pour leur boisson et leurs usages domestiques. Rietsch l'aurait aussi constaté dans les eaux du vieux port de Marseille pendant la dernière épidémie.

Quant au bacille typhique, depuis qu'il a été reconnu dans l'eau par Moers, Michael, Chantemesse et Widal et que les procédés actuels de la technique permettent de le distinguer sûrement des bactéries vulgaires, sa présence dans l'eau de boisson a été constatée dans un grand nombre d'épidémies, et sa recherche est devenue de pratique courante dans les laboratoires de bactériologie.

En présence de faits aussi nombreux et aussi décisifs, il est difficile de ne pas admettre que l'eau de boisson ne soit dans la plupart des cas le véhicule, l'agent de propagation de la fièvre typhoïde et du choléra. Dans la conférence qu'il a faite à Vienne en 1887, Brouardel estime que c'est elle qui doit être incriminée 99 fois sur 100.

Une fois dans l'eau comment se comportent les bactéries pathogènes? Peuvent-elles y vivre et combien de temps? Peuvent-elles s'y multiplier à l'exemple des

bactéries vulgaires saprophytes qui y pullulent avec une extrême rapidité? Ce point particulier d'un si haut intérêt pour la prophylaxie des maladies infectieuses a été récemment l'objet de nombreuses recherches expérimentales dont les résultats ne sont pas absolument concordants.

Suivant Meade Bolton, l'eau, même impure, serait un milieu dont s'accommodent assez mal les bactéries pathogènes qu'il a étudiées, bacille du charbon et de la fièvre typhoïde, microbe de la suppuration. Ils ne s'y multiplient pas et ne tardent pas à y périr. Wolffhugel et Riedel au contraire ont constaté, quand la température est favorable, une active prolifération de ces microbes.

Il est certain en tous cas que les bactéries spécifiques peuvent vivre un temps assez long dans les eaux, surtout celles qui sont pourvues de spores. On aurait trouvé des germes typhiques vivants au bout d'un mois, et ceux de la bactéridie charbonneuse, après un an. De plus ces bactéries, ainsi que l'ont constaté Strauss et Du Barry, y conservent leurs propriétés pathogènes.

Voici, d'après ces expérimentateurs, la durée de vie de la plupart des microbes dans l'eau.

Bactéridie charbonneuse.....	16 à 131	jours
Bacille de la fièvre typhoïde	30 à 81	»
Bacille du choléra asiatique	16 à 39	»
Bacille 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	»

Entozoaires. — L'eau sert aussi de véhicule aux œufs de la plupart des entozoaires qui se développent