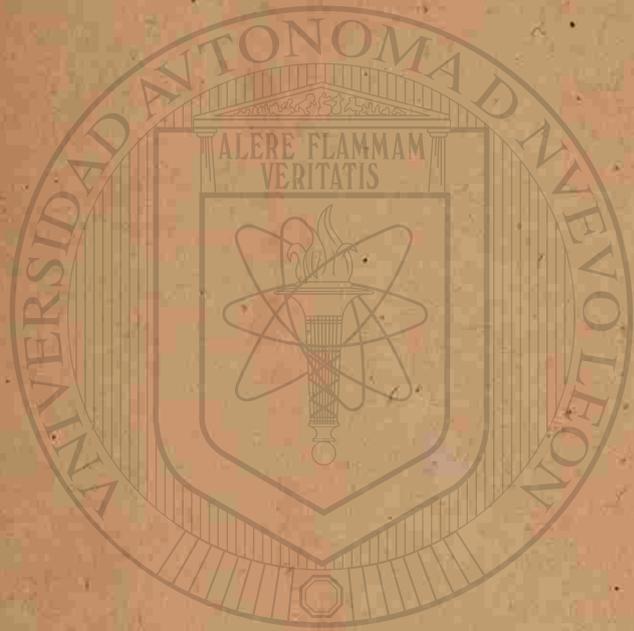


QR63

.A3

B5

QR63.A3
C5



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



QR 63
A3
B5

L'EAU POTABLE

Etude Physique, Chimique et Bactériologique

Appliquée plus spécialement aux Eaux d'Alimentation de Limoges

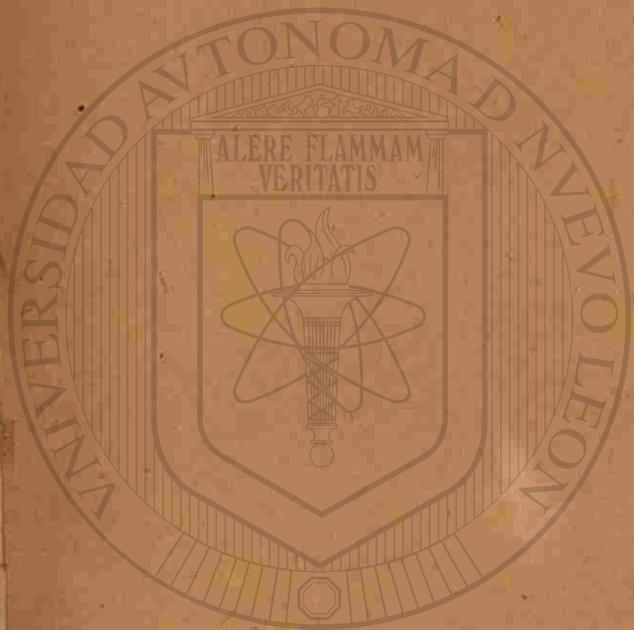
PAR

A. BIAIS

Professeur à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie de Limoges

Docteur en Médecine, Docteur en Pharmacie

Agua Potable Microbiología



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PARIS

A. MALOINE, Editeur

23-25, RUE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE, 23-25

1904

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Traité d'analyse chimique quantitative. — Maloine, éditeur, Paris. Un vol. in-8 de 500 p. et 88 fig., 1903. Prix : 6 fr.

Ce livre est indispensable aux pharmaciens et chimistes qui veulent se tenir au courant des progrès accomplis et pouvoir répondre aux renseignements qui leur sont journellement demandés par un public de plus en plus éclairé.

Il comprend, dans la 1^{re} partie, l'étude des méthodes générales d'analyse et plus spécialement des méthodes volumétriques qui, avec un outillage restreint, permettent des dosages d'une très grande exactitude.

Dans la 2^e partie, chaque corps est étudié avec les divers modes de dosage qui peuvent lui être appliqués, la description détaillée du mode opératoire et les formules des liqueurs titrées applicables.

Dans la 3^e partie qui est de beaucoup la plus importante au point de vue de ses applications, l'analyse des urines occupe 115 pages pour la description complète des progrès récents et si importants, tels que : rapports urologiques, carbone urinaire total, cryoscopie, etc. L'analyse du lait permet de porter un jugement précis sur sa valeur et ses falsifications; les travaux sur la cryoscopie des laits de M. Parmentier, qui datent de mars 1903, y sont mentionnés.

L'analyse des eaux potables, avec l'exposé de la valeur chimique attribuée récemment à la présence des nitrites, nitrates, chlorures et de leur dosage, occupe une large place.

Enfin, l'analyse des vins, vinaigres, bières, cidres, terres arables, engrais chimiques, est décrite avec soin et mise au courant des derniers progrès.

Traité d'analyse chimique qualitative, à l'usage des étudiants du P. C. N. et en pharmacie, comprenant les méthodes générales de division en groupes analytiques des métaux et des acides, avec leurs réactions spécifiques, permettant d'effectuer sans erreur, en deux heures l'analyse des mélanges de sels. — 1 vol. de 174 pages; prix, 3 fr. (Société d'éditions scientifiques, 4, rue Antoine-Dubois, Paris.

L'Hygiène à Limoges avant le XIX^e siècle. — Un vol. de 110 pages. Librairie Veuve Ducourtieux, à Limoges.

AVANT-PROPOS

Après avoir effectué plus de cinquante analyses des Eaux de Limoges, j'ai résolu d'écrire ce livre afin de faciliter à mes confrères la lourde tâche de dire si une EAU EST OU N'EST PAS POTABLE.

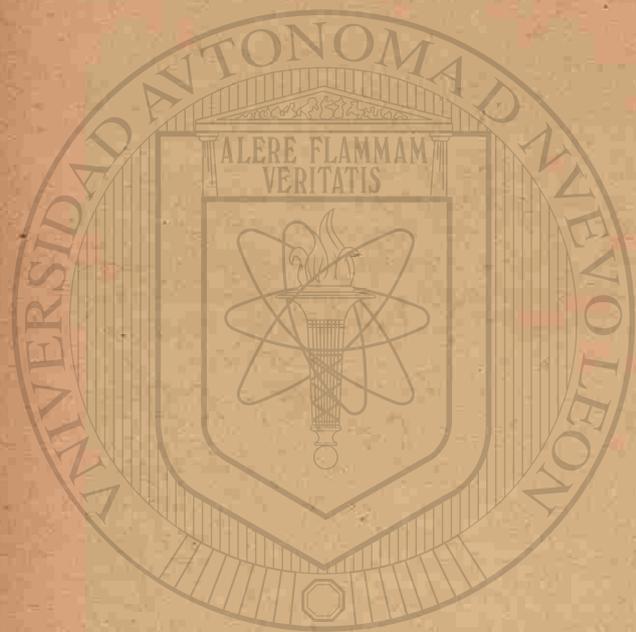
Il n'existe pas en effet d'unification des méthodes d'analyses chimiques et bactériologiques des Eaux, ni une entente entre chimistes et hygiénistes sur les qualités et la composition chimique que doit présenter une Eau naturelle pour être potable et cela malgré l'adoption en principe du vœu présenté dans ce sens par M. Albert Levy au X^e Congrès International d'Hygiène et de Démographie, de Paris.

J'ai, après de nombreuses recherches et de minutieuses comparaisons, adopté des méthodes donnant des résultats précis, avec l'outillage très restreint qui existe dans toute officine, et je reste persuadé que tout pharmacien non habitué aux analyses, peut, en suivant les procédés que j'ai décrits avec tous les détails nécessaires, se prononcer avec certitude sur la valeur d'une Eau potable, question qui prend de nos jours une importance primordiale.

D^r BLAIS.

Limoges, le 15 juin 1904

N.-B. — Il nous est agréable de remercier MM. Adnet et Thurneyssen, constructeurs d'instruments à Paris, qui ont bien voulu mettre à notre disposition divers clichés. M. Maloine, éditeur, et M. Dulac, imprimeur, pour leur obligeance et les soins apportés à l'édition de cet ouvrage.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE

INTRODUCTION

La loi du 15 février 1902, relative à la protection de la santé publique donne aux communes le droit d'acquérir en pleine propriété un périmètre de protection contre la pollution des eaux, le droit de curer la source, de la couvrir et de la garantir ; elle interdit aux particuliers d'épancher sur les terrains compris dans le périmètre de protection des engrais humains et d'y forer des puits sans l'autorisation du préfet, etc...

Il résulte, en effet, des connaissances acquises grâce à la bactériologie, que si l'eau pure est la boisson indispensable et la meilleure, l'eau contaminée est la boisson la plus mauvaise, tout en demeurant indispensable. Le problème de l'alimentation en eau potable restera donc toujours impérieux aussi bien dans les grandes villes que dans les plus petits villages.

A. de Jussieu, écrivait dès 1733 : « La bonne qualité des eaux étant une des choses qui contribuent le plus à la santé des citoyens d'une ville, il n'y a rien que les magistrats aient plus d'intérêt à entretenir que la salubrité de celles qui servent à la boisson, et à remédier aux accidents par lesquels ces eaux pourraient être altérées. »

Depuis cette époque, un grand nombre de savants se sont occupés de l'étude de l'eau et la publication des travaux accomplis, constitue une bien riche bibliographie. Il reste cependant encore beaucoup à faire pour connaître les transformations qui s'accomplissent dans l'eau potable, milieu de composition complexe et où la concurrence vitale joue un si grand rôle.

Avant les connaissances bactériologiques et les découvertes mémorables de Pasteur, on cherchait déjà dans les sels minéraux de l'eau potable, la cause de certaines mala-

dies auxquelles on reconnaît aujourd'hui pour origine un microorganisme qui vit au sein de l'eau. Le nombre des maladies dues à l'eau ingérée est considérable, nous ne ferons que citer les plus importantes : la fièvre typhoïde, le choléra, la dysenterie, les diarrhées, l'ictère infectieux, etc...

Il faudrait cependant se garder de toute exagération, et il nous a paru bon de rappeler ici que M. Bochefontaine a avalé impunément des pilules contenant des déjections cholériques. M. Pettertkoffer, âgé de 75 ans, a avalé un centimètre cube de culture pure de bacille virgule, renfermant environ un milliard d'individus, sans éprouver autre chose qu'un peu de diarrhée pendant un jour, bien qu'il rendit des milliards de bacilles dans ses selles en plusieurs jours.

M. Gralson d'Essen, au Congrès des hygiénistes allemands, tenu à Dusseldorf, a dit : « De 1860 à 1870, les villes anglaises de Stakefield et de Sanderlaud, ont eu la même mortalité, quoique la première reçoive une eau détestable et la seconde une eau excellente. Donc il est indifférent que l'eau soit pure ou non. Bien plus, il vaut mieux qu'elle soit impure, car aussi longtemps que Birmingham a été alimentée par l'eau sordide de la Tamise, elle est restée une des plus saines des grandes villes, depuis, au contraire, qu'elle boit de l'eau pure des sources du grès rouge, la mortalité s'y élève de jour en jour. Liverpool et Glasgow sont pourvues d'une eau signalée comme particulièrement salubre, et ce sont néanmoins les plus insalubres des grandes villes de l'Angleterre. »

Nous avons tenu à reproduire ces faits incontestables, non point pour affirmer qu'il est bon de souiller l'eau pure avant de la boire, et qu'on se trouvera bien d'avalier à chaque repas des pilules de bacille virgule, et moins encore de bacille d'Eberth; mais uniquement pour rappeler aux timorés que notre organisme digère et s'accomode fort bien d'absorber à chaque repas des milliers de microbes, et qu'une eau peut renfermer des milliers de bactéries non pathogènes et être consommée sans aucun inconvénient.

Au cours d'une pratique assez longue déjà, nous avons rencontré souvent, dans la ville de Limoges, où jamais aucune épidémie grave d'origine hydrique n'a été observée, des clients ne buvant jamais que de l'eau bouillie et s'inquiétant fort, avant de partir en villégiature, de savoir s'ils trouveraient en un site admirable de la nature, qu'ils avaient choisi, de bonne eau potable, sans microbes, et ajoutaient ainsi bien inutilement aux préoccupations déjà grandes qui accompagnent l'existence et créent cette phalange grandissante de neurasthéniques. Rappelons encore que M. A. Dubarry qui, par des expériences absolument scientifiques, a recherché quelle était la durée de la vie des différents microbes pathogènes dans les eaux potables stérilisées ou non, conservées dans des flacons à la température du laboratoire, a démontré : 1^o Dans les eaux de fontaine ou de fleuve stérilisées : on cesse de retrouver les bacilles qu'on y a ajoutés, à partir du dix-neuvième jour pour certaines espèces, jusqu'à cent trente et un jours pour le *bacillus anthracis*; 2^o Dans les eaux de fontaine ou de fleuve non stérilisées : les bacillesensemencés y disparaissent rapidement par suite de la concurrence vitale. Ainsi, les *bacillus anthracis* disparaissent à partir du quatrième jour, le *spirille du choléra* après vingt-quatre heures.

Il résulte de là que les eaux des rivières traversant les villes et qui reçoivent à chaque instant les eaux résiduelles, les eaux des égouts, n'ont point le temps nécessaire pour détruire les microbes et ne peuvent être utilisées comme boisson; mais aussi que les eaux d'alimentation qui circulent dans des conduites étanches, à l'abri des causes de contamination, par suite de la concurrence vitale, détruiront les microbes pathogènes dont elles auront pu être accidentellement souillées; ceci explique qu'une épidémie de fièvre typhoïde, comme celle des troupes de Rouen en 1903, puisse être enrayée, alors que l'épidémie s'accroîtrait indéfiniment si l'eau constituait pour le microbe un bon milieu de culture.

La vitalité du bacille d'Eberth-Gaffky a fait l'objet d'une discussion au X^e Congrès d'hygiène, tenu à Paris en 1900.

M. le docteur Von Fodor (de Budapest), à la suite d'expériences nombreuses, admet que le *bacille typhique* peut se maintenir vivant jusqu'à cent dix-huit jours dans l'eau stérilisée de conduite.

M. le docteur Löffler (de Greiffswald) a constaté que la vitalité du *bacille typhique* est très variable et que, dans une eau très pure d'une température très basse, les bacilles ne vivent que 24 à 48 heures.

M. le docteur Widal admet que le *bacille typhique* a souvent disparu de l'eau quand l'épidémie de fièvre typhoïde est constatée, « et cela est fort heureux, car si le bacille y persistait indéfiniment, les épidémies se prolongeraient de même. »

M. le docteur Vaillard a retrouvé dans des eaux d'une composition chimique très pure, à Dijon et à Châteaudun, le bacille typhique trois mois après la disparition de l'épidémie.

Il résulte du reste des travaux de Miquel, de Percy-Frankland, de Wolfugel et Riedel, de Cramer, qu'il existe dans l'eau potable en général des substances toxiques pour les germes des autres eaux; que la présence des matières organiques dans l'eau favorise le développement des germes, qu'avec le temps le nombre des microbes qui, d'abord, augmente, finit par diminuer progressivement; qu'alors que l'oxygène favorise le développement des germes, l'acide carbonique les détruit partiellement, etc...

Ces augmentations ou ces diminutions essentiellement variables, sont fonctions d'une foule de facteurs, tels que la température, la teneur en matières nutritives (Treuckmann a démontré que les chlorure, nitrite, nitrate et carbonate de sodium favorisaient le développement des germes), la résultante des réactions chimiques et biologiques qui se passent dans l'eau.

MM. les docteurs Vaillard et Thoinot (1) dans leur rapport sur les microbes pathogènes des eaux, disent : « à l'origine de nos connaissances sur le sujet, on a pu ou voulu

(1) Compte rendu du X^e Congrès d'Hygiène. — Paris 1900. — Librairie Masson.

croire que le milieu aquatique constituait un milieu hostile aux bactéries pathogènes et par suite se prêtait fort peu à leur conservation, et conséquemment à l'innocuité de ce véhicule...

« Le bacille typhique et le vibron ont été constatés dans des prises successives faites à intervalles plus ou moins éloignés dans la même eau. Ils peuvent donc y vivre plus longtemps qu'on n'a voulu le croire... »

« La discussion reste ouverte sur ces espèces nombreuses: bacilles paratyphiques et espèces vibronniennes des eaux. Une étude systématique s'impose pour en déterminer la nature véritable et les relations avec les types ordinaires pathogènes. Cette étude n'est qu'ébauchée; elle conduira sans doute à d'importants résultats. »

La Bactériologie, née d'hier, a semblé tout d'abord devoir résoudre seule le problème de la potabilité des eaux, mais malgré les bienfaits qu'elle est appelée à rendre, en faisant la preuve d'une contamination d'une eau et révélant le danger, il est bien démontré aujourd'hui que seule elle ne suffit pas, et que l'analyse chimique doit la compléter, en nous renseignant sur la composition minérale et organique des eaux. Ces deux analyses se complètent et ne sauraient se remplacer.

M. Duclaux a conclu (1) dans un travail sur la contamination des puits : « Une eau contenant une quantité normale d'oxygène, limpide, pauvre en germes, mais riche en sels, en nitrates, est malsaine et ne peut servir à la boisson. Tant que la nitrification est active, ces eaux peuvent n'être pas dangereuses, mais si cette nitrification s'arrête, pour une cause ou pour une autre, leur ingestion détermine des maladies..... »

« Je voudrais profiter de l'occasion pour montrer qu'on peut porter un jugement assuré sur la contamination d'une eau avec les seules ressources de la chimie et sans avoir recours aux méthodes parfois fallacieuses de la bactériologie. »

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 6 décembre 1897

M. Duclaux fonde les preuves du contagé sur la proportion de chlore, d'acide nitrique, d'acide phosphorique et de calcium. Il dit : « La preuve de la contamination est faite par l'apparition, dans l'eau des puits, de deux éléments presque absents dans les eaux vierges de la même région géologique, la chaux et le chlore. La chaux est apportée en ville par les aliments de l'homme et des animaux, et c'est de l'intestin qu'elle passe dans les puits, où sa proportion est parfois cinquante fois plus grande que la proportion normale. Le chlore provient lui aussi des urines et des fumiers, et il y en a, dans certains puits, cinquante fois plus que dans les eaux vierges de la même région, etc... »

Il dit que la somme d'extrait comparée aux eaux vierges, la dose de phosphates qui proviennent des urines sont suffisants et que la chimie pure doit rester prépondérante sur les déterminations bactériologiques.

Il dit encore : « Toutes ces conclusions obtenues par la chimie pure, viennent à l'appui de l'opinion que j'ai soutenue au sujet de la prépondérance des déterminations chimiques sur les déterminations bactériologiques dans les analyses de l'eau. En procédant par des analyses comparatives des eaux suspectes et des eaux pures de la même région, on peut d'ordinaire savoir d'où vient le mal et aussi quel est le remède. »

De son côté, M. Christomanos, au IV^e Congrès de chimie, Paris, 1900, a démontré que l'analyse chimique par les réactions infiniment sensibles pour l'acide nitreux et l'ammoniaque, permet de se prononcer s'il y a lieu de regarder une eau comme bonne et hygiénique, ou comme infestée et rejetable ; et l'analyse chimique indique si l'eau est suspecte, comme elle renseigne sur l'urgence d'exécuter une analyse microbiologique.

M. Lhote a affirmé au IV^e Congrès de chimie, Paris 1900, que toutes les fois qu'une eau est infestée, elle contient un excès de chlorures.

Pénétré de l'importance de ces considérations générales, nous avons donné la plus large part à l'analyse chimique,

et nous avons, comme renseignement complémentaire, effectué l'analyse bactériologique quantitative.

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I^{er}

Composition chimique de l'eau potable

L'eau existe dans la nature en masses considérables, elle constitue les mers, les fleuves, les rivières, les nuages, les glaces, les neiges, et entre dans la constitution des tissus vivants végétaux et animaux.

L'eau de pluie emprunte à l'atmosphère les gaz et poussières qu'il renferme.

L'eau tellurique emprunte aux terrains qu'elle traverse ou sur lesquels elle coule, leurs sels solubles et les souillures organiques qu'ils renferment.

M. Janet (1) définit que le circuit souterrain des molécules d'eau tombant sous forme de pluie et ressortant sous forme de sources comprend trois parties principales.

Tout d'abord, l'eau après avoir plus ou moins ruisselé à la surface du sol, s'y infiltre dès qu'elle trouve une zone perméable, qui retient les eaux en formant une nappe souterraine.

En second lieu, l'eau effectue un certain trajet dans la nappe souterraine en suivant son gisement géologique.

Et, troisièmement, l'eau quitte la nappe pour gagner la surface où elle forme une source.

Le captage de la source doit consister à l'abriter de toutes les contaminations pouvant se produire au voisinage de son point d'émergence; pour cela on va chercher l'eau dans son gisement géologique au moyen de puits, de for-

(1) C. R. Ac. des sciences 1900. 2^e sem., p. 301.

ges ou de galeries; la *protection* consiste à éviter la contamination au point où la source quitte la nappe et jusqu'au point d'émergence.

L'académie de médecine, consultée par M. le ministre de la guerre, sur l'alimentation des garnisons en eau potable a conclu : « 1^o La première et la meilleure mesure prophylactique contre l'invasion des maladies dont le germe peut être véhiculé par l'eau est assurément de doter toutes les garnisons d'une eau de source pure et de bonne qualité, bien protégée et bien surveillée, de façon à éviter toute chance de contamination même passagère; (etc...) (1)

Il s'ensuit que la composition des eaux naturelles est essentiellement variable et que leur analyse chimique et bactériologique est des plus importantes. Car l'eau est la boisson naturelle de l'homme et des animaux, seule elle est nécessaire, suffisante et indispensable.

On désigne sous le nom d'*eau potable*, l'eau naturelle dont la composition convient pour la boisson.

Les eaux trop pures, c'est-à-dire dépourvues de sels divers, sont mauvaises pour l'alimentation.

Les meilleures *eaux potables* sont celles qui contiennent un certain nombre de sels minéraux réunis en proportions peu variables : 0 gr. 05 à 0 gr. 30 de carbonate de chaux à l'état de bicarbonate; 0 gr. 005 à 0 gr. 015 de chlorures alcalins; 0 gr. 003 à 0 gr. 028 de sulfates alcalins ou terreux; 0 gr. 015 à 0 gr. 050 de silice ou de silicates avec des traces d'alumine, de fer et de fluor.

Les eaux contenant un excès de carbonate de chaux sont dites *calcaires*, *cruës*, *incrustantes*. Celles renfermant un excès de sulfates sont dites *séléniteuses*, *douceâtres* ou *amères*. Celles renfermant un excès de sels d'alumine ont une saveur terreuse et styptique.

Le Comité consultatif d'hygiène de France a indiqué les limites, contenues dans le tableau suivant, dans lesquelles les divers éléments doivent être contenus dans l'eau.

(1) Bulletin de l'Académie de médecine, séance du 27 octobre 1903.

DOSAGE	EAU TRÈS PURE	EAU POTABLE	EAU SUSPECTE	EAU MAUVAISE
Chlore	moins de 0 gr. 015 par litre	moins de 0 gr. 040 excepté au bord de la mer	0 gr. 050 à 0 gr. 100	plus de 0 gr. 100
Acide sulfurique	0 gr. 002 à 0 gr. 005	0 gr. 005 à 0 gr. 030	plus de 0 gr. 030	plus de 0 gr. 050
Oxygène emprunté au permanganate en solution alcaline	moins de 0 gr. 001	moins de 0 gr. 002	0 gr. 003 à 0 gr. 004	plus de 0 gr. 004
Perte de poids du dépôt par la chaleur rouge	moins de 0 gr. 015	moins de 0 gr. 040	0 gr. 040 à 0 gr. 070	plus de 0 gr. 100
Degré hydrotimétrique total	5 à 15	15 à 30	au-dessus de 30	au-dessus de 100
Degré hydrotimétrique persistant après l'ébullition	2 à 5	5 à 12	12 à 18	au-dessus de 20

Le Congrès international pharmaceutique tenu à Bruxelles en 1885 a indiqué les conditions suivantes que doit remplir une eau pour être potable :

- 1° Elle doit être limpide, transparente, incolore, sans odeur et complètement exempte de matières en suspension ;
- 2° Elle doit être fraîche et d'une saveur agréable ; sa température ne doit pas varier sensiblement et ne peut dépasser 15° ;
- 3° Elle doit être aérée et tenir en dissolution une certaine quantité d'acide carbonique. Il faut, en outre, que l'air qu'elle renferme contienne plus d'oxygène que l'air atmosphérique ;
- 4° La quantité de matières organiques, évaluée en acide oxalique, ne doit pas dépasser 20 milligrammes par litre ;
- 5° Elle ne doit pas contenir plus de cinq dixièmes de milligramme d'ammoniaque par litre ;
- 6° La matière organique azotée, brûlée par une solution

alcaline de permanganate de potasse, ne doit pas fournir plus de 0 gr. 0001 d'azote albuminoïde par litre d'eau ;

- 7° Un litre d'eau ne doit pas contenir plus de :
 - 0 gr. 500 de sels minéraux ;
 - 0 gr. 060 d'anhydride sulfurique ;
 - 0 gr. 008 de chlore ;
 - 0 gr. 002 d'anhydride azotique ;
 - 0 gr. 200 d'oxydes alcalino-terreux ;
 - 0 gr. 030 de silice ;
 - 0 gr. 003 de fer.

8° L'eau potable ne doit renfermer ni nitrites, ni hydrogène sulfuré, ni sulfures, ni sels métalliques précipitables par l'acide sulfhydrique ou le sulfhydrate d'ammoniaque, à l'exception de traces de fer, d'aluminium ou de manganèse ;

9° Elle ne doit pas acquérir une odeur désagréable après avoir séjourné pendant quelque temps dans un vase ouvert ou fermé ;

10° Elle ne doit renfermer ni saprophytes, ni leptotrix, ni leptomites, ni hyphéotrix et autres algues blanches, ni infusoires, ni bactéries, et particulièrement aucun de ces êtres en décomposition ;

11° L'addition de sucre blanc ne doit pas y développer de fungus ;

12° Cultivée avec de la gélatine, elle ne doit pas produire d'innombrables bactéries liquéfiant cette gélatine en moins de huit jours.

CHAPITRE II

Analyse chimique

L'analyse chimique de l'eau comprendra :

- 1° Examen des caractères organoleptiques ;
- 2° Résidu sec à 100° ;
- 3° Cendres ou sels minéraux ;
- 4° Dosage de la silice ;
- 5° Dosage du fer et de l'alumine ;

DOSAGE	EAU TRÈS PURE	EAU POTABLE	EAU SUSPECTE	EAU MAUVAISE
Chlore	moins de 0 gr. 015 par litre	moins de 0 gr. 040 excepté au bord de la mer	0 gr. 050 à 0 gr. 100	plus de 0 gr. 100
Acide sulfurique	0 gr. 002 à 0 gr. 005	0 gr. 005 à 0 gr. 030	plus de 0 gr. 030	plus de 0 gr. 050
Oxygène emprunté au permanganate en solution alcaline	moins de 0 gr. 001	moins de 0 gr. 002	0 gr. 003 à 0 gr. 004	plus de 0 gr. 004
Perte de poids du dépôt par la chaleur rouge	moins de 0 gr. 015	moins de 0 gr. 040	0 gr. 040 à 0 gr. 070	plus de 0 gr. 100
Degré hydrotimétrique total	5 à 15	15 à 30	au-dessus de 30	au-dessus de 100
Degré hydrotimétrique persistant après l'ébullition	2 à 5	5 à 12	12 à 18	au-dessus de 20

Le Congrès international pharmaceutique tenu à Bruxelles en 1885 a indiqué les conditions suivantes que doit remplir une eau pour être potable :

- 1° Elle doit être limpide, transparente, incolore, sans odeur et complètement exempte de matières en suspension ;
- 2° Elle doit être fraîche et d'une saveur agréable ; sa température ne doit pas varier sensiblement et ne peut dépasser 15° ;
- 3° Elle doit être aérée et tenir en dissolution une certaine quantité d'acide carbonique. Il faut, en outre, que l'air qu'elle renferme contienne plus d'oxygène que l'air atmosphérique ;
- 4° La quantité de matières organiques, évaluée en acide oxalique, ne doit pas dépasser 20 milligrammes par litre ;
- 5° Elle ne doit pas contenir plus de cinq dixièmes de milligramme d'ammoniaque par litre ;
- 6° La matière organique azotée, brûlée par une solution

alcaline de permanganate de potasse, ne doit pas fournir plus de 0 gr. 0001 d'azote albuminoïde par litre d'eau ;

- 7° Un litre d'eau ne doit pas contenir plus de :
 - 0 gr. 500 de sels minéraux ;
 - 0 gr. 060 d'anhydride sulfurique ;
 - 0 gr. 008 de chlore ;
 - 0 gr. 002 d'anhydride azotique ;
 - 0 gr. 200 d'oxydes alcalino-terreux ;
 - 0 gr. 030 de silice ;
 - 0 gr. 003 de fer.

8° L'eau potable ne doit renfermer ni nitrites, ni hydrogène sulfuré, ni sulfures, ni sels métalliques précipitables par l'acide sulfhydrique ou le sulfhydrate d'ammoniaque, à l'exception de traces de fer, d'aluminium ou de manganèse ;

9° Elle ne doit pas acquérir une odeur désagréable après avoir séjourné pendant quelque temps dans un vase ouvert ou fermé ;

10° Elle ne doit renfermer ni saprophytes, ni leptotrix, ni leptomites, ni hyphéotrix et autres algues blanches, ni infusoires, ni bactéries, et particulièrement aucun de ces êtres en décomposition ;

11° L'addition de sucre blanc ne doit pas y développer de fungus ;

12° Cultivée avec de la gélatine, elle ne doit pas produire d'innombrables bactéries liquéfiant cette gélatine en moins de huit jours.

CHAPITRE II

Analyse chimique

L'analyse chimique de l'eau comprendra :

- 1° Examen des caractères organoleptiques ;
- 2° Résidu sec à 100° ;
- 3° Cendres ou sels minéraux ;
- 4° Dosage de la silice ;
- 5° Dosage du fer et de l'alumine ;

- 6° Dosage de la chaux ;
- 7° Dosage de la magnésie ;
- 8° Dosage de la potasse et de la soude ;
- 9° Dosage des phosphates ;
- 10° Dosage des sulfates ;
- 11° Dosage des chlorures ;
- 12° Réaction ;
- 13° Recherche et dosage des azotites ;
- 14° Recherche et dosage des azotates ;
- 15° Recherche et dosage de l'ammoniaque libre et albuminoïde ;
- 16° Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau ;
- 17° Dosage des gaz dissous dans l'eau ;
- 18° Analyse hydrotimétrique ;
- 19° Matières organiques ;
- 20° Analyse spectrale.

On trouve dans les eaux potables :

- 1° Les éléments fondamentaux suivants : a) bases : potasse, soude, ammoniaque, chaux, magnésie, oxyde de fer ; b) acides : chlorhydrique, silicique, sulfurique ; c) gaz : azote, oxygène, anhydride carbonique ; d) matières organiques ;
- 2° Les éléments suivants assez fréquents, mais peu abondants : brome, iode, fluor, azotate d'ammoniaque, phosphates, arsénates, sulfarsénates, strontium, magnésium, lithium, rubidium, cæsium ;
- 3° Les éléments suivants rarement : aluminium, baryum, nickel, cobalt, zinc, cadmium, cæsium, glycinium.

Calcul de l'Analyse

Nous exposons les dosages effectués, mais ces données immédiates n'indiquent en rien la manière dont les différents corps dosés sont combinés entre eux et nous conformant à l'usage, nous avons exprimé la composition définitive probable en combinant d'abord le chlore au sodium et au calcium, l'acide sulfurique à la chaux, l'acide azotique à l'ammoniaque et au fer, etc.

CHAPITRE II

Procédés analytiques

Au Congrès international d'hygiène de 1889, M. A. Lévy, après avoir rappelé les travaux exécutés depuis dix-sept années à l'Observatoire de Montsouris, demandait l'unification des méthodes pour l'analyse chimique des eaux et de l'air atmosphérique : « Les méthodes d'analyse devraient être discutées, puis fixées d'un commun accord. Les résultats devraient être publiés sous la même forme, afin de pouvoir être comparés.

« Il appartient au Congrès d'hygiène de réserver aux études chimiques la part qui leur revient dans les questions ressortissant à l'hygiène urbaine, et nous serions personnellement heureux que cette communication pût décider quelques-uns de nos collègues à se joindre à nous pour réclamer une organisation commune des analyses de l'air et des eaux. »

Cette proposition de M. A. Lévy fut adoptée par la section du Congrès à l'unanimité.

Après 11 années au X^e Congrès international d'hygiène de Paris, 1900, M. A. Lévy rappelait sa première proposition restée infructueuse et appelait de nouveau l'attention du Congrès sur les inconvénients qui résultent du manque de précision des qualités que doit posséder une eau naturelle pour être potable, de la valeur des divers éléments chimiques, et de leurs proportions pour définir la qualité des eaux potables.

La 2^e section du Congrès décida de nommer une commission internationale pour étudier les meilleures méthodes d'analyses chimiques des eaux. Malheureusement la commission n'a pas encore fait connaître le résultat de ses travaux. Mais M. A. Lévy a, de son côté, exposé à plusieurs reprises les résultats de ses recherches et des procédés précis dans les Annales de l'observatoire municipal de Montsouris, qui permettent d'effectuer avec certitude une analyse chimique suffisante pour juger des qualités d'une eau.

Nous exposerons les méthodes que nous avons choisies et les résultats obtenus.

Prise d'échantillon. — Pour l'analyse chimique nous prélèverons l'eau à analyser dans des bouteilles soigneusement lavées aux acides puis à l'eau distillée et lavées encore avec l'eau à analyser.

Si nous devons puiser l'eau dans un étang ou une masse d'eau quelconque, nous immergerons la bouteille loin des bords du lac, de façon à puiser entre la couche profonde qui est en général vaseuse et la couche supérieure qui contient toujours des poussières diverses. Nous examinerons le terrain environnant qui peut fournir des indications importantes. Si nous devons puiser à un robinet de conduite d'eau ou d'une pompe, nous laisserons couler l'eau quelques minutes pour ne pas prélever l'eau ayant séjourné dans la canalisation.

Il faut en général de 6 à 8 litres pour l'analyse chimique.

1. Examen des caractères organoleptiques. —

On notera *la couleur* : l'eau potable devant être incolore ou légèrement bleue sous une grande épaisseur, on considérera comme suspecte toute eau colorée d'une façon quelconque.

L'odeur qui doit être nulle, toute eau odorante devenant suspecte. M. Lhote indique d'additionner l'eau de 2 vol. d'éther et d'évaporer l'éther ensuite, on perçoit alors facilement l'odeur vaseuse des eaux impures tandis qu'il ne doit se dégager aucune odeur avec les eaux pures.

La saveur, qui doit être nulle, une eau à saveur acide contiendrait probablement du gaz carbonique en dissolution, alors qu'une eau amère contiendrait probablement un excès de sels magnésiens et une eau salée un excès de chlorure de sodium.

L'aspect, qui doit être limpide, toute eau trouble devenant suspecte.

Il suffit de se reporter, pour cet examen, aux conditions énumérées par le congrès de Bruxelles et que nous avons reproduites.

L'action sur les réactifs colorés.

Si l'eau était trouble et renfermait, par suite, une grande quantité de matières en suspension, on laisserait déposer

celles-ci, puis on filtrerait dans un filtre pesé sec ; on sécherait à l'étuve à 100°, et l'augmentation de poids du filtre indiquerait le poids des matières en suspension (matières organiques et sels non dissous) ; on pourrait ensuite calciner le tout et peser les cendres correspondant aux sels minéraux, alors que la perte du poids correspondrait au poids des matières organiques en suspension.

2. — Résidu sec à 100° — 120°. — Nous nous sommes servis simultanément d'un bain-marie à niveau constant (fig. 1) et d'une étuve à bain de sable (fig. 2) ; sur chacun nous plaçons 4 capsules en porcelaine numérotées, d'une

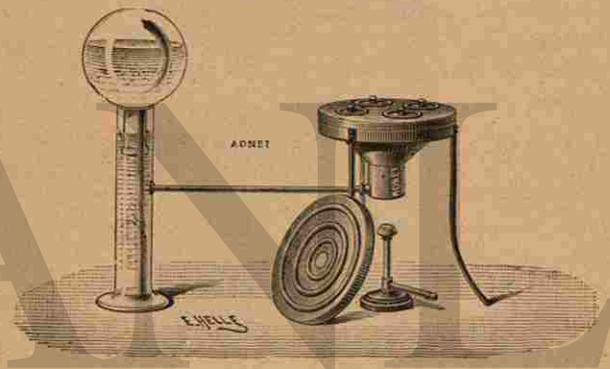


Fig. 1. — Bain-Marie

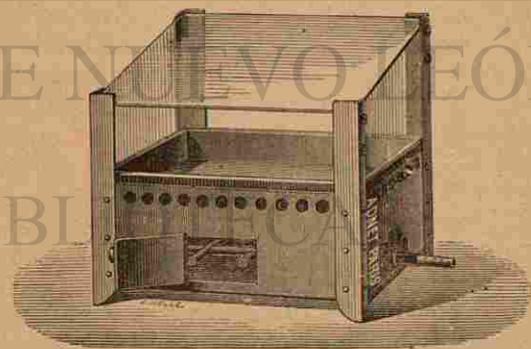


Fig. 2. — Étuve de M. Schläsing, à bain de sable

contenance de 250 cc. et ainsi assez rapidement en 10 heures environ nous arrivons à concentrer un litre de l'eau à analyser à 25 à 50 cc. environ. Le résidu était alors versé dans une capsule en platine tarée chauffée dans une étuve (fig. 3) à 110° à 120° au plus.



Fig. 3.

Nous avons toujours surveillé la température avec attention, car il est bien évident que si le résidu avait été chauffé à 150 ou 180° par exemple, nous aurions obtenu des chiffres différents. L'augmentation du poids de la capsule de platine tarée au préalable, nous donnait l'extrait sec par litre.

La capsule de platine avant et après la dessiccation était, avant d'être pesée, placée pendant une demi-heure dans un dessiccateur à acide sulfurique (fig. 4).

Les cinquante analyses que nous avons effectuées sur les eaux de Limoges, nous ont donné des chiffres très variables de 20 à 240 milligrammes par litre.

3. Cendres ou sels minéraux. — La capsule contenant le résidu sec à 100° de poids total P' est chauffée sur un bec Bunsen d'abord avec précaution pour éviter les

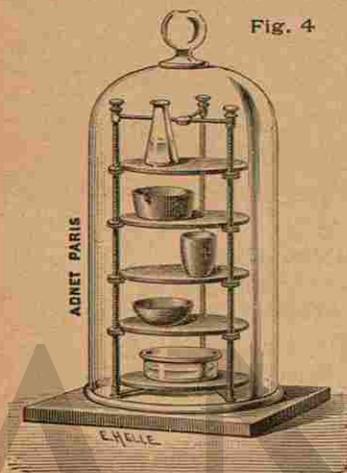


Fig. 4

projections, puis au rouge, on la laisse refroidir; dans cette opération, on détruit les matières organiques, et aussi on décompose partiellement les carbonates, pour compenser cette décomposition, on ajoute dans la capsule refroidie quelques gouttes de solution concentrée de carbonate d'ammoniaque, qui reforme les carbonates décomposés, puis on calcine très légèrement pour dégager l'excès de carbonate d'ammoniaque; on laisse refroidir

dans le dessiccateur à acide sulfurique, on pèse, soit P'' son poids, et l'augmentation du poids primitif P de la capsule, donne le poids de sels, alors P'' - P = poids de sels (alcalins, alcalino-terreux, silice, oxyde de fer, etc.), alors que P' - P'' = poids des substances organiques détruites, des sels ammoniacaux et d'une partie des chlorures et nitrates volatilisés.

Les cinquante analyses que nous avons effectuées sur les eaux de Limoges nous ont donné des chiffres variant de 10 à 365 milligrammes par litre.

4. Dosage de la silice. — On effectue ce dosage sur le résidu fixe de l'opération précédente: les sels sont traités dans la capsule de platine par 10 cc. d'eau distillée bouillante, et par de l'HCl, versé peu à peu, en quantité suffisante pour dissoudre complètement, on filtre, puis on évapore à siccité au bain de sable et on calcine fortement pour insolubiliser la silice, en portant le tout à l'étuve à 120° pendant 2 à 3 heures. On reprend par l'eau additionnée d'un peu d'HCl et bouillante, on filtre, la silice

reste sur le filtre, on lave à l'eau bouillante, et on recueille toutes les eaux de lavage pour y doser le fer; la silice est calcinée avec le filtre dans la capsule de platine, dont l'augmentation de poids des cendres du filtre donne le poids de la silice contenue dans un litre d'eau.

Les eaux de Limoges ne renfermant au maximum que 20 milligrammes de sels minéraux, il nous a fallu évaporer dix litres d'eau pour obtenir avec quelque chance d'exactitude un dosage de silice, et nous avons trouvé des traces seulement pour ces dix litres dans l'eau des nouvelles sources.

5. Dosage du fer et de l'alumine. — 1. Dans le filtratum du dosage de la silice, on peut précipiter le fer et l'alumine par l'ammoniaque et doser pondéralement — On peut encore doser colorimétriquement après transformation en sels ferriques par le chlorate de potasse et HCl, par les sulfocyanures alcalins.

Ces procédés classiques ne nous ayant pas donné de bons résultats, nous avons employé des procédés qui nous paraissent plus sensibles :

1° Fer : le résidu sec de la capsule de platine est traité par 5 cc. d'HCl pur et 0 gr. 50 de chlorate de potasse en cristaux et 10 cc. d'eau distillée, on porte à l'ébullition qui est maintenue tant qu'il se dégage du gaz chlore, c'est-à-dire presque jusqu'à évaporation à sec, puis repris par 10 cc. d'eau distillée bouillante additionnée de 1 cc. d'HCl, et d'eau distillée pour parfaire 50 cc. dans l'un des tubes de l'appareil colorimétrique (fig. 5).

Pour évaluer la quantité de fer, nous additionnons de 2 cc. d'une solution à un dixième de sulfocyanure d'ammonium (ou de potassium) la plus petite trace de fer donne une coloration rouge-sang nettement visible même avec un centième de milligramme de fer (ferrique), qu'il suffit de comparer avec la teinte obtenue dans l'un des cinq tubes que nous avons préparés en prenant successivement 1, 5, 10, 15, 20 centièmes de milligramme de fer avec de l'eau distillée et 2 cc. de solution à 1/10 de sulfocyanure d'ammonium.

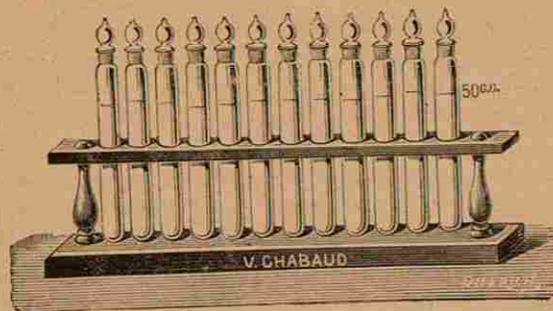


Fig. 5

Pour avoir facilement des centièmes de milligramme de fer, nous préparons la solution ferrique titrée suivante :

1 gr. 004 de fil de clavecin ou de fil à fleur (les 4 milligrammes devant compenser les impuretés) est dissous au bain de sable dans un ballon avec 20 cc. d'HCl pur, environ 100 cc. d'eau et 0 gr. 50 de chlorate de potasse en cristaux pour peroxyder, on fait bouillir jusqu'à disparition d'odeur de chlore, et on parfait un volume de 1000 cc. avec de l'eau distillée, on prend 10 cc. de cette solution, on y ajoute q. s. d'eau distillée pour parfaire 1000 cc., et la nouvelle solution renferme alors un centième de milligramme de fer par cc.

Ce procédé nous a donné de bons résultats, comparables à ceux obtenus avec le procédé de Momplot (1) que nous avons employé également dans quelques-unes de nos analyses.

M. Momplot dit : « Ce qui caractérise le fer dans les eaux considérées comme potables, c'est qu'il est dissimulé, et, pour employer l'expression consacrée, *occlus*. Les réactifs extrêmement sensibles de ce métal susceptibles d'en déceler des traces, tels que : le nitroprussiate de soude alcalin, le ferri ou le ferrocyanure de potassium, le sulfocyanure du même métal ne donnent aucune réaction. On est fondé de conclure que le fer se trouve engagé dans une

(1) Momplot. Thèse pour le Doctorat en pharmacie. Université de Lyon, 1902.

combinaison organique et que sa mise en évidence nécessite la destruction préalable de la dite combinaison. »

M. Momplot fait remarquer que le procédé ci-dessus par calcination fait passer une partie de l'oxyde de fer de la modification ordinaire soluble dans les acides à la modification insoluble, comme le colcothar.

Aussi, lorsque l'évaporation a lieu dans une capsule de platine, le fond est occupé par une couche ocreuse irisée qui résiste à l'acide chlorhydrique. Pour l'enlever, il est nécessaire d'attaquer par le bisulfate de potassium, qui donne du sulfate de fer et de potassim que l'on fait entrer dans les méthodes d'analyse.

M. Momplot a repris le procédé indiqué par M. Causse (1), qui consiste : « à précipiter l'eau par un mélange d'eau de baryte et de chlorure de baryum. Tout le fer se trouve dans ce précipité avec la matière organique. »

M. F. Garrigou, à propos des eaux minérales, a indiqué également pour recueillir les métaux lourds, l'addition à la source même d'hydrate de baryte pur en poudre fine, dans une bonbonne de l'eau à analyser ; quand le dépôt est bien séparé il le recueille, il ajoute SO^4H^2 dans le liquide clair qui donne du sulfate de baryte insoluble qui se dépose en entraînant une petite quantité de métaux échappés à la première précipitation, et ainsi les deux précipités contiennent tous les métaux contenus dans l'eau, et permettent en agissant sur une masse de 30 à 60 litres de retrouver de très petites quantités de ces métaux (2).

Ce procédé est analogue à celui de M. Causse que nous venons de citer.

M. Momplot introduit un litre d'eau préalablement filtrée sur un tampon de coton hydrophile, dans un flacon muni d'un robinet à sa partie inférieure, il additionne de 25 cc. d'un mélange à parties égales d'eau de baryte saturée et de solution de chlorure de baryum au cinquième.

Il se forme un précipité qu'il laisse se déposer 24 heures, et qui est formé de sulfate et de carbonate de baryte,

(1) Causse. Bulletin de la Société chimique de Paris, 1900. A. 23, p. 484.

(2) C. R. de l'Ac. des Sciences, 1900, 2^e sem., p. 897.

de carbonate de chaux et d'un composé organique contenant le fer. Il décante le liquide par le robinet, puis agite pour mettre le précipité en suspension et le jette sur un filtre ; il le lave à l'eau distillée pour éliminer l'excès de baryte.

Puis, il perce le filtre et au moyen du jet d'une pissette, il le chasse dans un ballon de 100 cc. qu'il remplit à moitié environ avec de l'eau distillée, il ajoute 1 à 2 cc. d'acide sulfurique pur versé goutte à goutte, et qui produit une effervescence par décomposition des carbonates.

Puis, il porte le ballon sur un bain-marie bouillant, pendant une à deux heures, en agitant fréquemment, il laisse reposer, décante et filtre la liqueur claire, il lave le précipité à 2 ou 3 reprises, réunit les liqueurs et les additionne dans une capsule de porcelaine de 1 ou 2 cc. d'acide chlorhydrique pur et de quelques cristaux de chlorate de potasse. Il porte au bain-marie bouillant, et laisse jusqu'à disparition complète du chlore formé, puis il porte directement sur une flamme et réduit à 5 ou 6 cc.

Ce liquide est ensuite dosé colorimétriquement.

Nous avons utilisé cette méthode à l'aide de l'appareil (fig. 5), la solution est additionnée d'eau pour faire 50 cc., d'un demi-centimètre cube d'acide acétique-cristallisable et de 2 cc. de solution de sulfocyanure de potassium au 1/10 ; et la teinte obtenue est comparée à celle obtenue avec la solution titrée de chlorure ferrique renfermant 0 milligr. 01 par cc., ajoutée à 50 cc. d'eau distillée.

Les 50 analyses que nous avons effectuées sur les eaux de Limoges nous ont donné des chiffres variant de 0 milligramme 2 à 1 milligramme 8 par litre.

2. Alumine. — La méthode de dosage par les pesées représentant de nombreuses causes d'erreur, nous avons employé la méthode Richard, qui consiste à traiter 250 cc. par exemple de l'eau à analyser par 1 à 2 cc. d'extrait fluide de campêche, qui forme une laque violacée ou donne une coloration rouge violacée si l'eau contient de l'alumine, et la laque ou la coloration ne disparaît pas en acidifiant par de l'acide acétique. Par comparaison de l'in-

tensité de la teinte violacée avec une solution titrée de sulfate d'alumine on peut évaluer la dose d'alumine contenue dans l'eau.

L'extrait de campêche doit être récemment préparé, nous l'obtenons en faisant une décoction de bois de campêche, filtrant et évaporant en consistance sirupeuse. Ce produit nous a donné la coloration violacée bien nette résistant à l'acide acétique avec quelques cc. d'une solution de 0 gr. 25 de sulfate d'alumine et de potasse par litre, et nous n'avons pas obtenu la coloration violacée avec les diverses eaux en expérience, la coloration rouge du campêche disparaissait complètement par addition d'acide acétique.

Nous en concluons qu'aucune des eaux analysées ne renferme une dose appréciable d'alumine.

6. Dosage de la chaux. — S'il est nécessaire, on concentre 500 à 1.000 cc. jusqu'à 100 cc. et on dose la chaux par les divers procédés suivants.

1° En général, on dose le calcium en le précipitant à l'état d'oxalate — C^2O^4Ca . Lemoine a indiqué, pour obtenir le précipité d'oxalate plus lourd, et se séparant mieux d'opérer ainsi : prendre 50 cc. par exemple de la solution, additionner d'un excès d'acide oxalique en solution, et s'il se forme un trouble ajouter de l'HCl jusqu'à limpidité, porter à l'ébullition et, à ce moment, neutraliser par l'ammoniaque en évitant un trop grand excès, maintenir l'ébullition quelques minutes et, au besoin, plus longtemps pour chasser l'ammoniaque. Après quelques minutes de repos, le précipité est nettement séparé et le liquide surnageant très limpide, tandis qu'avec le procédé habituel qui consiste à traiter par l'ammoniaque et l'oxalate d'ammoniaque, il faut au moins 12 heures de repos.

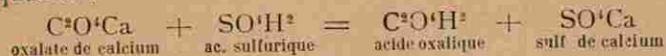
2° Le précipité d'oxalate de calcium est lavé sur le filtre à l'eau chaude et on peut alors ou bien le calciner au rouge blanc pour le transformer en chaux anhydre que l'on pèse.

3° Ou ce qui est préférable, le dissoudre sur un filtre par un peu d'HCl dilué à chaud et le doser par la solution N/10 de permanganate de potasse. Pour cela, on additionne la

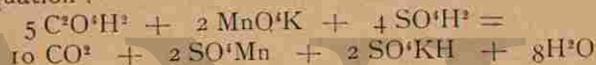
solution chlorhydrique de l'oxalate de calcium de 5 cc. d'acide sulfurique pur, on maintient la température portée vers 60° de température et on verse la solution décime de caméléon jusqu'à coloration rose, persistante : le nombre de cc. de liqueur employés, multiplié par 0 gr. 002 donne le poids de calcium contenu dans la prise d'échantillon.

Les réactions qui se passent sont :

L'acide sulfurique décompose l'oxalate d'après l'équation :



le sulfate de calcium se précipite et le dosage revient au dosage de l'acide oxalique, par le permanganate, d'après l'équation :



qui indique que le permanganate violet est décoloré en se transformant en sulfate de manganèse, tant qu'il y a de l'acide oxalique à oxyder, en le transformant en CO^2 et H^2O , qui indique en outre que : 5 $C^2O^4H^2$ ou 5 mol. d'oxalate de Ca, renfermant 5×40 de Ca = 200 gr., sont oxydés par 2 mol. $MnO^4K = 316$ gr. 2, d'où 1 cc. de sol. N/10 de permanganate à 3 gr. 162 par litre, oxydera :

$$\frac{200 \times 0,003162}{316,2} = 0 \text{ gr. } 002 \text{ de Ca}$$

4° On peut encore employer le procédé Mohr, modifié par A. Lévy, qui consiste à précipiter à l'état d'oxalate de chaux, en additionnant 50 cc. de l'eau à analyser de 2 cc. d'une solution saturée de chlorure d'ammonium, et d'un excès d'oxalate d'ammonium, après douze heures de repos, on filtre en lavant le précipité d'oxalate par décantation à l'eau ammoniacale, puis à l'eau distillée. On dissout ensuite en versant sur le précipité, dans le filtre même de l'acide azotique étendu de son volume d'eau, on ajoute 100 cc. d'eau distillée, on chauffe à 60° et on titre au permanganate de potasse centinormal, jusqu'à coloration rose persistante.

On fait une opération identique sur de l'eau distillée, et

on retranche du nombre de cc. de caméléon nécessaire avec l'eau à analyser, le nombre nécessaire avec l'eau distillée dans la deuxième opération, et le nombre de cc. restant, multiplié par 0 gr. 00028, donne le poids de chaux Ca O, pour la prise d'essai.

5^e Méthode par reste. — On peut aussi, lorsque la dose de Ca est faible, pour éviter la séparation du précipité d'oxalate de calcium, précipiter la chaux par un excès de solution normale titrée d'oxalate d'ammoniaque, et doser ensuite l'excès restant d'oxalate.

C'est ainsi que nous avons dosé le calcium dans nos eaux potables, en prenant 100 cc. de l'eau à analyser, y ajouter 20 cc. de solution N/10 d'oxalate d'ammoniaque (7 gr. 10 par litre), laissant reposer, filtrant; puis on porte le filtrat ou, pour aller plus vite, la moitié du filtrat exactement mesuré, soit 60 cc., vers 50° de température, on ajoute 5 cc. de SO⁴ H² pur et du permanganate N/10 jusqu'à coloration rose, soit 8 cc. Si les 20 cc. de solution : N/10 ajoutés d'oxalate, dont 10 cc. seulement sont dans le demi-volume primitif, n'avaient été partiellement précipités par un sel de calcium, il aurait fallu ajouter un même volume, soit 10 cc. de solution décime de caméléon pour les oxyder; or il n'en a fallu que 8, c'est donc que 10 — 8 = 2 cc. de solution : N/10 d'oxalate ont été précipités à l'état d'oxalate de calcium; or, ces 2 cc. représentent, comme nous venons de le voir $0 \text{ gr. } 002 \times 2$ de calcium = 0,004 ou bien $0 \text{ gr. } 0028 \times 2 = 0 \text{ gr. } 0056$ de chaux Ca O, cela dans 50 cc., soit par litre = $0,004 \times 20 = 0,08$ de Ca, ou $0 \text{ gr. } 0056 \times 20 = 0 \text{ gr. } 112$ de chaux Ca O.

C'est ce procédé que nous avons employé et qui nous a donné des chiffres variant de 0 gr. 005 à 0 gr. 151 dans les 50 analyses que nous avons effectuées.

Les sels de chaux contenus dans les eaux potables sont en général le sulfate peu soluble (2 p. 5 dans 1.000 p. d'eau), le carbonate dissous à la faveur de CO² que l'eau emprunte à l'air et qui passe ainsi à l'état de bicarbonate calcique soluble. On trouve également de petites quantités de chlorure, de silicate et même de sulfure de calcium. Le

bicarbonate de chaux à dose modérée paraît avoir une influence utile sur la nutrition. Une dose de sulfate de chaux, dépassant 200 milligr. (évalué en Ca O) devient nuisible comme l'acide sulfurique lui-même et produit les eaux mauvaises pour la cuisson des légumes, le savonnage, l'alimentation des chaudières à vapeur, etc.

7. Dosage de la magnésie. — En général, on précipite à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien; pour cela, on ajoute à la solution du chlorhydrate d'ammoniaque un excès d'ammoniaque, et si la liqueur se trouble encore du chlorhydrate d'ammoniaque jusqu'à obtention d'une liqueur claire, puis un excès d'une solution de phosphate de soude. On agite vivement, on laisse déposer 24 heures, on filtre. Le précipité est lavé à l'eau ammoniacale et peut être dosé pondéralement après calcination au rouge, ou volumétriquement, en le dissolvant dans un peu d'acide azotique et dosant l'acide phosphorique comme nous l'indiquons d'autre part, le poids d'acide phosphorique anhydre P²O⁵ multiplié par 0,5775 donne le poids de magnésie MgO, ou par le procédé Christensen (1).

S'il est nécessaire, on concentre comme pour la chaux. On dose la magnésie dans le liquide résiduel du dosage de la chaux. On peut aussi, pour la chaux et la magnésie, opérer le dosage sur le liquide résultant de la précipitation de la silice, dont une autre partie a servi au dosage du fer. Nous n'avons trouvé la magnésie dans aucune des eaux analysées.

La magnésie existe dans les eaux potables à l'état de bicarbonate et de sulfate; la dose ne doit pas dépasser 30 milligrammes par litre; un excès donnerait un goût amer à l'eau potable. On a attribué à la magnésie la formation dans l'économie de calculs de phosphate ammoniaco-magnésien; M. Grange pense qu'elle contribue aussi au développement du goître.

8. Dosage de la potasse et de la soude. — En général, on évapore un à 2 litres d'eau à 500 ou 250 cc., nous

(1) Voir notre traité d'analyse chimique quantitative. Maloine, éditeur, Paris.

avons dû évaporer et réduire 20 litres d'eau de Limoges à 100 cc. on additionne d'eau de baryte à l'ébullition, on filtre et on lave le précipité à l'eau distillée bouillie. Dans le filtrat on précipite l'excès de baryte par addition de carbonate d'ammoniaque, on fait bouillir pour décomposer le bicarbonate de baryte qui aurait pu se former et on filtre, on lave encore le précipité.

Le filtrat qui ne contient alors que la potasse, la soude et un excès de carbonate d'ammoniaque, est acidulé par HCl. pur, évaporé dans une capsule de platine tarée, et calciné légèrement pour ne pas volatiliser les chlorures. Le poids du résidu correspond aux chlorures de potassium et de sodium, le chlorure d'ammonium ayant été volatilisé. On dissout le résidu de la calcination dans un peu d'eau, on ajoute du chlorure de platine jusqu'à coloration jaune, puis on évapore au bain-marie, on reprend par un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther, on filtre, on lave le précipité de chloroplatinate de potassium à l'alcool-éthéré, on le dessèche à 100° et on le pèse; son poids multiplié par 0.5245 donne le poids du potassium correspondant, et par 0.6318 donne le poids de potasse anhydre.

Le poids ainsi obtenu du chlorure de potassium retranché du poids trouvé pour le mélange des chlorures de K et de Na donne par différence le poids du chlorure de Sodium qui, multiplié par 0.3921 donne le poids du sodium correspondant, et par 0.5302 donne le poids de soude anhydre. Nous avons dosé dans l'eau de Limoges des traces de potasse par le réactif Carnot et de faibles doses de soude. Cependant, l'analyse spectrale n'a pas décelé les 2 raies rouge et violette du potassium, ce qui nous a fait conclure à l'absence de sels de potassium.

9. **Dosage de l'acide phosphorique.** — Le Congrès de Bruxelles a admis la présence de phosphates pouvant provenir de phosphates naturels, tels que l'apatite qui sous l'influence simultanée de l'eau et de l'acide carbonique, abandonne un peu de son acide phosphorique.

La dose d'acide phosphorique ne peut jamais être bien élevée, car dans le sol, la chaux, le fer ou l'alumine se

combinent avec lui pour former des phosphates qui sont très peu solubles.

L'acide phosphorique de la tourbe de l'humus en donne aussi des traces.

Une dose dépassant 1 milligr. d'anhydride phosphorique doit être considérée comme provenant de substances animales (particulièrement de l'urine) et comme signe de contamination.

Le dosage de l'acide phosphorique est rendu difficile par ce fait que la précipitation à l'état de phosphate ammoniac-magnésien n'est applicable qu'avec des doses de quelques centigrammes, c'est-à-dire pas assez sensible pour les eaux qui ne doivent renfermer que des traces, pas même des milligrammes — alors que le procédé par le phosphomolybdate plus sensible peut être faussé par la présence de la silice qui donne des silicomolybdates jaunes.

Ces réserves faites, nous allons exposer les méthodes générales de reconnaissance et de dosage de l'acide phosphorique et les applications que nous en avons faites.

On concentre 1.000 cc. d'eau à analyser à 50 cc. environ, et on reconnaît la présence des phosphates par le réactif azoto-molybdique, pour cela on prend quelques cc. du réactif dans un tube à essais, on y verse quelques gouttes de l'eau concentrée, et si l'eau contient des phosphates, il se forme un précipité jaune. Pour être plus sûr que ce précipité est du phosphomolybdate d'ammonium et non un silicomolybdate, on le jette sur un filtre où on le lave à l'eau aiguillée du réactif molybdique, puis on le dissout par un peu d'ammoniaque, et on prépare avec la solution, comme nous l'indiquons d'autre part (1), un précipité de phosphate ammoniac-magnésien, qui examiné au microscope sera facilement caractérisé par sa forme de couvercle de cercueil (fig. 6).

Formule de la solution de nitromolybdate d'ammoniaque : ou solution azoto-molybdique :

Molybdate d'ammoniaque : $\text{Mo O}_4 (\text{Az H}^4)^2$, 25 gr., dis-

1) Consulter notre traité d'analyse chimique quantitative. Maloine, Editeur, Paris.

soudre dans ammoniaque, 75 cc. et verser dans un mélange préparé de :

Acide azotique (D = 1,2) 160 cc.
Eau distillée 140 cc.

100 cc. de cette liqueur molybdique précipitent 1 gr. d'acide phosphorique.



Fig. 6

Phosphate ammoniaco-magnésien

Ce résidu est finalement dissous par un peu d'eau distillée aiguisée d'acide azotique pur, on filtre et on peut doser dans le filtrat l'acide phosphorique par le procédé suivant :

1^o Procédé colorimétrique Lepierre :

A l'aide de l'appareil (fig. 5), nous avons obtenu des teintes correspondant à 1 milligr., 5 milligr., 1 centigr., 2 centigr., 3 centigr. d'anhydride phosphorique en prenant 5 gr. 04 de phosphate disodique cristallisé ($\text{PO}_4\text{HNa}^2, 12\text{H}_2\text{O}$) que nous avons dissous dans 1000 cc. d'eau distillée, chaque cc. correspond à 1 milligr. d'anhydride phosphorique, il nous était donc facile, en prenant 1, 5, 10, 20, 30 cc. de cette solution dans chaque flacon, complétant à 50 cc. avec de l'eau distillée, et ajoutant 2 cc. de réactif azoto-molybdique, d'avoir une gamme de teintes jaunes plus ou moins intense, auxquelles nous avons comparé la teinte obtenue en prenant la solution légèrement azotique

Dosage. — Un litre d'eau acidulée par AzO^3H est évaporé jusqu'à 20 à 50 cc., puis le résidu est desséché à l'étuve à 150 ou 180° dans une capsule de platine à plusieurs reprises, après l'avoir repris chaque fois par l'acide azotique pour insolubiliser la silice et détruire les matières organiques.

et filtrée du résidu de 1000 cc. d'eau débarrassée (autant que nous pouvons l'espérer) de la silice, complétant son volume à 50 cc. avec de l'eau distillée et additionnant de 2 cc. de réactif azoto-molybdique.

Les cinquante analyses que nous avons effectuées par ce procédé nous ont donné des chiffres variant de 0 milligr. pour les eaux de la ville, à 45 milligr. pour les eaux qui étaient mauvaises par bien d'autres caractères.

10. — Dosage des sulfates : En dehors du Rio-Vinagre dans lequel existe de l'acide sulfurique libre, on ne rencontre dans les eaux que des traces de sulfate de chaux et de magnésie, qui ne dépassent pas 30 milligrammes de SO_3 par litre sauf dans celles provenant de sols renfermant des sulfates naturels, tels que le gypse dans les environs de Paris.

Les sulfates sont toujours à redouter par leur réduction en sulfures par les matières organiques ; d'autre part, ils proviennent souvent d'excréments animaux et indiquent ainsi une contamination.

Le comité consultatif d'hygiène de France a fixé ainsi les limites :

	EAU PURE	POTABLE	SUSPECTE	MAUVAISE
Sulfates en $\text{SO}_3 = 80$	2 à 5 milligr.	5 à 30 milligr.	plus de 30 milligr.	plus de 50 milligr.
$\text{SO}_4 \text{ Ca}$	3 à 8 milligr.	8 à 51 milligr.	plus de 51 milligr.	plus de 85 milligr.
$32 \ 64 \ 40 = 136$ par litre				

Pour le dosage il faut évaporer 1 litre d'eau à 50 cc. environ si on veut utiliser la méthode des pesées du précipité de sulfate de baryte insoluble. En général il y a dans la méthode des pesées de telles causes d'erreur par pertes partielles des précipités, par dessiccation plus ou moins complète, que nous donnons volontiers la préférence aux méthodes volumétriques.

Nous avons utilisé la méthode Marboutin qui nous paraît susceptible d'une très grande précision :

M. Marboutin a indiqué un procédé qui consiste à précipiter l'acide sulfurique par un excès de chlorure de baryum en solution acide par l'acide chlorhydrique, puis à précipiter l'excès du chlorure de baryum, par un excès de chromate de potasse, et à titrer finalement l'excès de chromate par l'acide arsénieux et l'iode.

Si, dit-il, nous faisons une opération avec le même volume de liqueur sur deux liquides, dont l'un ne contient pas d'acide sulfurique, la différence des lectures est proportionnelle à la teneur en acide sulfurique de la liqueur qui en contient.

100 cc. de l'eau à analyser sont portés à l'ébullition après addition d'acide chlorhydrique, puis, tout en maintenant la température au voisinage de celle de l'ébullition, on verse 30 cc. de chlorure de baryum. On laisse reposer dans une étuve à 40° environ, puis on neutralise à l'aide de quelques gouttes d'ammoniaque, et on ajoute 30 cc. de chromate de potassium ; la liqueur légèrement chauffée est étendue à 300 cc. Après refroidissement, on prélève 100 cc. du liquide clair, on les additionne de 2 cc. d'acide sulfurique au quart et de 5 cc. d'anhydride arsénieux, on chauffe et on agite jusqu'à décoloration complète.

On neutralise par une solution de carbonate de potasse équivalente en volume à la solution sulfurique.

On additionne d'empois d'amidon et on titre à l'aide d'une solution d'iode, soit :

t , la valeur de 1 cc. de la solution d'iode, en milligrammes d'iode ;

n , le nombre de cc. de la solution d'iode employés, avec 100 cc. d'eau distillée ;

n' le nombre de cc. de la solution d'iode employés, avec 100 cc. de l'eau à essayer ;

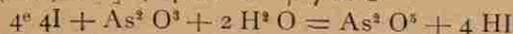
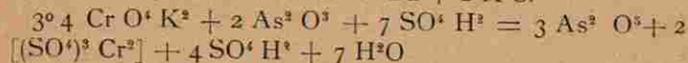
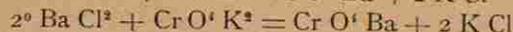
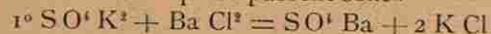
x , le nombre de milligrammes d'anhydride sulfurique contenus dans 1 litre d'eau.

$$X = 10 (n - n') 3 t \frac{3 \times 4 \times 127}{4 \times 80}$$

Et si chaque cc. de la solution titrée d'iode correspond à gr. 00254, on a :

$$X = 16 (n - n')$$

Les réactions qui se passent sont :



Les liqueurs titrées sont :

1° Solution de Ba Cl² N/50, soit 4 gr. 8 par litre.

2° Solution de chromate de potasse N/50, soit 3 gr. 9 par litre ;

3° Solution arsénieuse N/10 alcaline à 4 gr. 95 par litre, cette solution n'a du reste pas besoin d'être absolument titrée pour cette expérience — où seule la solution d'iode doit être exactement titrée.

4° Solution d'iode N/50, soit 2 gr. 54 d'iode avec 5 gr. d'iodure de potassium bien exempt d'iodate par litre.

Nous nous assurons du titrage de la solution d'iode par le procédé suivant :

Nous prenons 10 cc. de solution N/10 d'hyposulfite de soude (24 gr. 80 de ce sel pur cristallisé par 1000 cc.), additionnons d'empois d'amidon et versons goutte à goutte la solution d'iode, il doit falloir en verser 50 cc., au cas contraire on ajuste. L'empois d'amidon doit être préparé récemment en prenant 1 gr. d'amidon que l'on délaye dans 100 cc. d'eau distillée et chauffant doucement jusqu'à ébullition ; une partie de l'amidon se transforme ainsi en amidon soluble, on laisse déposer et on décante, c'est la liqueur décantée opaline qui est le réactif de l'iode et donne l'iodure d'amidon bleu.

Les 50 analyses que nous avons effectuées sur les Eaux de Limoges nous ont donné des chiffres variant de 0 milligramme pour les eaux pures de la ville à 168 milligr. pour les anciennes eaux impures et abandonnées.

11. Dosage des chlorures. — Le Congrès de Bruxelles a fixé à 10 milligr. par litre la dose maxima de

chlorures, parce qu'en effet ces sels proviennent généralement d'infiltrations d'urine ou d'eaux ménagères ou d'égouts. Il ne peut être fait d'exception pour la dose de chlorure que dans les eaux potables des terrains maritimes ou ceux avoisinant des mines de sel gemme.

M. Duclaux attache une très grande importance au dosage des chlorures.

M. Lhote a exposé au IV^e Congrès de chimie (Paris 1900) qu'il avait trouvé dans la recherche des chlorures et des sulfates un excellent moyen de reconnaître lorsque l'eau de la Vanne est mélangée d'eau de la Seine, celle-là ne contenant jamais de chlorures, et a affirmé qu'il y avait un moyen aussi précis que pratique de reconnaître une eau pure, car toutes les fois qu'une eau est infectée, il y a des quantités considérables de chlorures.

Le Comité consultatif d'hygiène de France a fixé ainsi les limites :

Chlorures par litre exprimés en :	EAU PURE	POTABLE	SUSPECTE	MAUVAISE
Chlore	moins de 15 milligr.	moins de 40 milligr.	50 à 100 milligr.	plus de 100 milligr.
Chlorure de sodium	moins de 27 milligr.	moins de 66 milligr.	85 à 165 milligr.	plus de 165 milligr.

Wanklyn considère comme suspecte une teneur en chlore de 140 milligrammes au litre.

Mason indique une teneur de 27 milligr. 5 comme limite des eaux pures et considère la dose de 58 milligr. 3 comme une indication d'eau polluée.

Leeds donne comme moyenne des rivières américaines 3 à 10 milligr.

Les 50 analyses que nous avons effectuées nous ont donné des doses de 6 à 134 milligr. par litre.

Nous avons employé pour le dosage les deux procédés suivants : le dosage par le chromate peut être entaché d'erreur en présence des matières organiques ; aussi, lorsqu'il s'agit d'eaux riches en matières organiques, il vaut mieux employer le dosage au sulfocyanure.

Le procédé le plus simple consiste à prendre 100 cc. de l'eau, ajouter comme réactif indicateur 4 à 5 gouttes de solution de chromate de potasse, et verser ensuite y à y la solution N/100 d'azotate d'argent, jusqu'à coloration rouge persistante de la liqueur — pour évaluer alors le poids de chlore contenu dans la solution il suffira de multiplier le nombre n de cc. de liqueur argentique employés par 0,000355, on aura ainsi le dosage évalué en chlore, et par 0,000565 pour obtenir évalué en Na Cl. Cette opération repose sur la propriété que possède l'azotate d'argent de précipiter les chlorures à l'état de chlorure d'argent, et de n'agir sur le chromate jaune de K pour donner un chromate rouge d'argent, que lorsque tout le chlore est précipité — le chromate jaune de K sert donc d'indicateur de la fin de la réaction.

Mais ce procédé n'est précis que lorsque la liqueur à doser est neutre, car les acides libres en général dissolvent le chromate d'argent et les alcalis donnent un précipité d'oxyde d'argent noir. Il est facile de se placer dans la condition d'une liqueur neutre, en effet, si elle est acide, il suffira d'y ajouter un léger excès d'ammoniaque, si elle est alcaline, on ajoutera un léger excès d'acide, puis de l'ammoniaque, pour neutraliser l'acidité, en en mettant un léger excès et dans les deux cas, on chassera l'excès d'ammoniaque, par la chaleur à l'ébullition, pendant quelques instants.

On peut encore ajouter dans la liqueur acide ou rendue acide par addition d'un acide (azotique ou sulfurique), une pincée de carbonate de chaux pur qui saturera l'excès d'acide, et aussi l'acidité de la solution argentique qui est presque toujours additionnée d'un peu d'acide azotique pour sa conservation — un excès de CO²Ca ne gêne pas la formation du chromate rouge d'argent. La présence des matières organiques fausse également les résultats.

2. Dosage du chlore par la méthode Charpentier : Cette méthode, qui est une variante de la précédente, consiste à précipiter le chlore des chlorures solubles par un excès d'azotate d'argent en milieu azotique, et à doser ensuite

l'excès d'azotate d'argent par une solution N/100 de sulfocyanure d'ammonium, en se servant d'un sel ferrique comme indicateur.

Le sulfocyanure d'ammonium, en effet, donnera, avec le sel ferrique, une coloration rouge sang intense, mais seulement après précipitation complète de tout l'argent existant en solution azotique, à l'état de sulfocyanure d'argent insoluble.

Nous emploierons une solution N/100 d'azotate d'argent et une solution N/100 de sulfocyanure d'ammonium.

Prendre 100 cc. de l'eau à doser, y ajouter un excès de solution centime d'azotate d'argent, soit Ncc; ajouter quelques gouttes d'azotate ferrique. Pour doser maintenant l'excès d'azotate d'argent, versons goutte à goutte la solution centime de sulfocyanure d'ammonium, soit N' le nombre de cc. nécessaires; nous dirons le volume de solution centime d'azotate d'argent utilisé pour précipiter le chlorure est (N-N') cc., qu'il nous suffira de multiplier par 0.000355 pour avoir le poids du chlore contenu dans les 100 cc. de l'eau analysée.

Solution N/10 de sulfocyanure d'ammonium. — Le sulfocyanure d'ammonium étant très hygrométrique et ayant pour poids moléculaire 76, nous prendrons par exemple : 9 gr. de ce sel pur, nous dissoudrons dans 1.000 cc. d'eau distillée, et nous ajusterons de la façon suivante :

Prendre 10 cc. de solution centime d'argent, ajouter 2 à 3 gouttes de solution d'azotate ferrique comme indicateur et versons goutte à goutte la solution de sulfocyanure jusqu'à coloration rouge.

Trois cas peuvent se présenter :

1° Ou bien il nous a fallu 10 cc. de solution de sulfocyanure d'ammonium et notre solution est ajustée, exactement centime ;

2° Il nous a fallu Ncc. $N < 10$, 8 cc. par exemple : il nous suffira alors pour ajuster la solution d'y ajouter autant de fois $10 - 8 = 2$ cc. d'eau distillée que nous aurons de fois le volume de 8 cc.

3° Il nous a fallu Ncc. $N > 10$, dans ce cas ajouter du sel et recommencer le titrage ou ajustage.

Avec cette solution centime nous préparons facilement une solution centime en mélangeant 10 cc. de solution N/10 à 90 cc. d'eau distillée. Il en est de même de la préparation de la solution N/100 d'azotate d'argent.

12. — Réaction. — M. Carles a observé que certaines eaux faiblement minéralisées, et généralement riches en silice, rougissaient faiblement le tournesol sensible et revenaient alcalines après ébullition. M. Carles attribue ce virement à la dissociation du chlorure de magnésium qu'elles contiennent et au départ de l'acide chlorhydrique.

L'eau potable doit être neutre aux papiers réactifs, mais présente quelquefois une légère alcalinité que l'on peut doser en se servant d'orangé de méthyle, puis goutte à goutte de la solution centime sulfurique jusqu'à virage au rouge groseille, on retranche la correction, c'est à-dire la quantité de solution sulfurique nécessaire pour produire la même coloration sur 100 cc. d'eau distillée bouillie (soit généralement 0 cc. 3); et le nombre de cc. de solution centime sulfurique employés multiplié par 0 gr. 03 donne l'alcalinité évaluée en carbonate de chaux.

Nous avons essayé sur les eaux analysées la phtaléine du phénol en solution alcoolique qui n'est pas colorée en rouge (milieu non alcalin) et l'orangé de méthyle qui ne donne pas la coloration rouge groseille des acides, d'où nous concluons que les eaux sont neutres; du reste les papiers de tournesol ne sont pas plus influencés.

13. Recherche et dosage des nitrites. — Cette recherche présente la plus grande importance, car, comme l'a démontré M. Christomanos au IV^e Congrès de chimie réuni à Paris en 1900, l'analyse chimique par les réactions infiniment sensibles pour l'acide nitreux et l'ammoniaque, permet de se prononcer, s'il y a lieu, de regarder une eau comme bonne et hygiénique, ou comme infestée et rejeta-ble; et l'analyse chimique indique si l'eau est suspecte, comme elle renseigne sur l'urgence d'exécuter une analyse microbiologique.

Les nitrites sont en effet un produit des transformations actives des matières organiques azotées, et ne doivent pas exister dans les eaux potables. On doit rejeter absolument une eau qui contient des nitrites.

M. Duclaux dit : « Les nitrites peuvent provenir soit d'une nitrification qui n'est pas arrivée à son terme, soit d'une dénitrification de nitrates déjà formés, sous l'influence de ferments dénitrifiants qui semblent très abondants dans les couches du sol, et qui agissent surtout en présence de matières organiques. La présence des nitrites est donc la preuve d'une purification incomplète, et il faut toujours faire la recherche de ces sels. »

Il existe plusieurs réactions très sensibles pour déceler et doser les azotites : (1)

Nous avons utilisé le réactif Denigès et la méthode Desfourniaux.

1^o M. Denigès (2), après avoir fait remarquer que les sels de métaphénylènediamine, qui ont remplacé les indicateurs ioduro-amidonnés, ont eux-mêmes l'inconvénient d'être attaqués par les halogènes, les hypochlorites, les hypobromites, et leurs solutions d'être rapidement décomposées par l'air, indique un nouveau réactif, absolument spécifique et très sensible, incolore, inaltérable à la lumière, à l'air et aux autres oxydants, notamment aux azotates, chlorates, hypochlorites, chlore, brome, etc.

Il se compose de deux liquides séparés :

1^o LIQUIDE A

Phénol pur bien blanc	1 gr.
Acide sulfurique	4 cc.
Eau distillée	100 cc.

Mêler et agiter.

2^o LIQUIDE B

Oxyde mercurique	3 gr. 59.
Acide acétique cristallisable	20 cc.
Eau distillée	100 cc.

(1) Pour plus amples détails sur le dosage des nitrites, consulter notre traité d'analyse chimique quantitative, Maloine, éditeur, Paris.

(2) Denigès, B. de la Société de pharmacie de Bordeaux, 1895, p. 257.

Mêler, agiter quelques instants jusqu'à dissolution, ajouter 1/2 cc. d'acide sulfurique et filtrer.

Pour l'emploi, on mélange au moment du besoin, volumes égaux (2 cc.) de chacun de ces deux liquides, on porte à l'ébullition et on ajoute 1 à 11 gouttes du liquide à analyser. Avec les solutions nitreuses renfermant au moins 0 gr. 50 d'azotite par litre, on a aussitôt une coloration rose ou rouge.

Pour les solutions plus étendues, on ajoute de 1 à 10 cc. de solution nitreuse au réactif, on fait bouillir si la coloration ne se manifeste pas spontanément et on obtient encore une teinte rosée avec 4 cc. du réactif et 10 cc. d'une eau renfermant 2 millig. d'azotite de sodium par litre, à condition de maintenir l'ébullition du mélange pendant au moins une minute.

Si on prend 100 cc. d'eau à analyser et 10 cc. de chacun des liquides A et B et si on fait bouillir 2 à 3 minutes, on peut déceler une coloration de la masse avec 0 milligr. 2 d'acide azoteux par litre.

La teinte obtenue, étant pour de faibles quantités, proportionnelle à la dose d'azotite, on peut doser colorimétriquement, par comparaison avec une solution d'azotite de titre connu.

2^o M. Desfourniaux (1) a fait remarquer que le choix des acides minéraux qui contiennent souvent des vapeurs nitreuses dont il est difficile de les priver complètement, pouvait induire en erreur; que d'autre part ces acides ne peuvent être employés qu'à froid, car en chauffant un mélange d'azotate et d'azotite avec de l'acide sulfurique ou chlorhydrique, les deux sels sont intéressés dans la réaction.

Pour ces raisons M. Desfourniaux propose de prendre l'acide salicylique que l'on trouve à l'état chimiquement pur dans le commerce, et d'opérer ainsi :

Pour la recherche des nitrites : déféquer l'eau en en prenant 200 cc. dans un vase à précipité, ajouter 1 ou

(1) J. Desfourniaux. Recherche et dosage des nitrites dans les eaux. — Stork, imprimeur, Lyon 1902.

2 cc. d'une solution de chlorure de baryum pur à 10 p. 100 et 3 à 4 gouttes d'une solution de soude caustique pure à 10 p. 100 environ. Abandonner au repos, il se forme habituellement un précipité, qui contient les matières organiques et une grande partie des sels minéraux, sans porter atteinte aux nitrites. Décanter et rechercher les nitrites comme suit, à l'aide des liqueurs suivantes :

- 1^o Solution d'iodure de potassium à 10 p. 100 ;
- 2^o Eau amidonnée ;
- 3^o Solution d'acide salicylique : on dissout 5 gr. d'acide salicylique dans 80 cc. d'alcool pur à 80°.

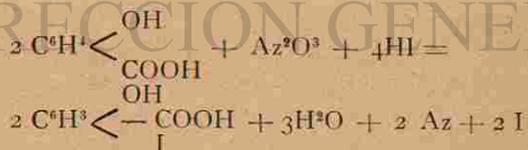
Mettre dans un tube à essai 10 cc. environ de l'eau précédemment déféquée, additionner de quelques gouttes de la solution d'iodure de potassium, d'un peu d'eau amidonnée et mélanger.

Puis à l'aide d'une pipette on laisse couler le long des parois du tube, de façon à empêcher le mélange des deux liquides, 5 cc de la solution alcoolique d'acide salicylique.

Si l'eau contient des nitrites, même à l'état de traces, on voit se former à la surface de séparation, un anneau bleu violacé s'irradiant dans le bas et dû à l'iodure d'amidon formé.

Toutefois, on peut augmenter la sensibilité, en concentrant au bain-marie, l'eau déféquée, alcalinisée avec quelques gouttes de soude.

Pour le dosage : M. Desfourniaux s'est assuré qu'en faisant réagir sur la solution d'un azotite, de l'iodure de potassium, de l'acide salicylique, à dose déterminée, et en chauffant, il se formait un composé iodé de l'acide salicylique, avec un dégagement d'iode libre, proportionnel à la quantité d'acide nitreux, mis en présence d'après la formule :



Il conseille pour le dosage de prendre 250 cc. de l'eau à

analyser préalablement déféquée au chlorure de baryum et à la soude, de s'assurer de l'alcalinité de la liqueur par un papier au tournesol ou à la phtaléine du phénol, cette alcalinité étant nécessaire pour éviter la décomposition de l'acide nitreux par la chaleur, puis de concentrer au bain-marie à 15 ou 20 cc. — Introduire ces 15 ou 20 cc. dans un petit ballon avec l'eau distillée de lavage, puis 10 cc. d'une solution d'iodure de potassium pur à 10 p. 100 ; et 25 centigr. d'acide salicylique cristallisé ; munir le ballon d'un bouchon de caoutchouc et d'un tube de dégagement plongeant dans une solution d'iodure de potassium, où viendront se condenser et se dissoudre les vapeurs d'iode qui se dégageront en chauffant le ballon.

Il suffit ensuite de doser la quantité d'iode dégagé par une solution N/10 d'hyposulfite de soude, avec l'empois d'amidon comme indicateur.

Soit N le nombre de cc. de la liqueur d'hyposulfite nécessaire pour décolorer la liqueur : la formule de la réaction nous indique que 1 molécule $\text{Az}^2\text{O}^3 = 76$ dégage 2 molécules d'iode = $2 \times 127 = 254$. Par conséquent, la quantité d' Az^2O^3 correspondant à 1 cc. de solution N/10 d'iode ou d'hyposulfite de soude qui se correspondent volume à volume sera :

$$\frac{76 \times 0,0127}{254} = 0 \text{ gr. } 0038, \text{ il suffira de multiplier N par}$$

0 gr. 0038 pour avoir le poids d' Az^2O^3 contenu dans 250 cc. d'eau et le produit par 4 pour ramener au litre.

Si nous voulions calculer en azotite de potassium, il suffirait de multiplier le chiffre trouvé par 0,447 (le rapport des poids moléculaires).

La présence des nitrates n'influence pas le dosage.

Ces deux réactifs ont été négatifs avec toutes les eaux que nous avons analysées.

14. — Recherche et dosage des nitrates. — La recherche des nitrates est des plus importantes, car ils résultent de l'oxydation des matières organiques dans le sol, et indiquent en général une souillure ancienne de l'eau.

M. Duclaux affirme qu'une eau nitratée indique une pollu-

tion organique. Il dit (1) : « Les nitrates sont le terme ultime de la transformation des matériaux azotés dans le sol, et, une fois formés, ils sont aussi peu retenus que le sel marin, de sorte qu'ils passent dans les eaux courantes.

Leur présence dans les eaux est donc un symptôme favorable; ils ne doivent pas être très abondants car cela témoignerait qu'il se fait quelque part au voisinage, un travail très actif de nitrification qui, s'il était troublé ou interrompu, enverrait dans les mêmes eaux des nitrites ou de la matière organique encore intacte. »

M. Lepierre a affirmé au IV^e Congrès de chimie, que l'on devait considérer la présence des nitrates, même à petite dose de 2 à 3 millig. par litre, comme nuisible, car l'analyse a toujours démontré que les eaux nitratées étaient en même temps polluées.

Il existe plusieurs procédés de dosage (2).

Nous avons dosé colorimétriquement par le réactif sulfophénique Grandval et Lajoux, obtenu en dissolvant avec la précaution de refroidir et d'opérer peu à peu, 75 gr. de phénol pur en neige dans 925 gr. d'acide sulfurique pur. Nous évaporons à sec sur un bain de sable, 10 cc. de l'eau à analyser dans une capsule de porcelaine (nous plaçons en même temps sur le bain de sable 9 capsules renfermant chacune une eau différente ce qui diminue beaucoup le temps employé), puis sur le résidu sec, nous versons 1 cc. du réactif sulfophénique Grandval et Lajoux, que nous promenons sur les bords de la capsule, puis goutte à goutte pour éviter les projections, 5 cc. d'eau distillée (bien exempte de nitrates) et 10 cc. d'ammoniaque pur. S'il y a du nitrate, il se forme du picrate d'ammoniaque jaune dont la teinte est encore très nettement perceptible avec une dose correspondant à un centième de milligramme d'acide azotique.

Si notre solution est absolument incolore, nous pouvons conclure à l'absence de toute trace de nitrate. Si elle est

(1) Traité de microbiologie, p. 514, A. 1.

(2) Pour plus amples détails sur le dosage des nitrates consulter notre traité d'analyse quantitative. Maloine, éditeur, Paris.

colorée très faiblement, nous l'examinons directement dans l'un des tubes de l'appareil colorimétrique de la figure 5 et comparativement avec une solution de picrate d'ammoniaque de titre connu. Si la solution est plus fortement colorée, nous étendons avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge de 50 cc. des tubes

Nous obtenons des solutions picratées de titre connu en prenant :

Azotate de potasse pur (p. m. 101) . . . 1 gr. 60
Correspondant à AzO³H (p. m. 63) . . . 1 gr.

dissolvant dans q. s. d'eau distillée pour faire 1000 cc., puis nous prenons encore 10 cc. de cette solution et étendons à 1000 cc. avec de l'eau distillée: cette deuxième solution est donc telle que 1 cc. = 0 milligr. 01 de AzO³H. Nous prenons alors dans 6 capsules en porcelaine successivement 1, 10, 20, 40, 60, 80 et 100 cc. de cette solution; nous évaporons au bain de sable, puis nous traitons les résidus qui contiennent respectivement 1 centième de milligr., 1, 2, 4, 6, 8 dixièmes de milligr., et enfin 1 milligr. d'acide azotique; par le réactif sulphophénique et l'ammoniaque, nous conservons les solutions dans les tubes de l'appareil (fig. 5) et comparons aux solutions obtenues sur les résidus des eaux analysées, en opérant sous un même volume de solution.

Le résultat multiplié par 100 (puisque nous opérons sur 10 cc. d'eau) nous donne, exprimé en acide azotique, la dose de nitrate obtenu dans un litre d'eau. Ex. : L'eau de Limoges nous a donné 0 milligr. 01; elle contient donc par litre 1 milligramme d'acide nitrique; celle de la source d'Aigoulène nous a donné 0 milligr. 6; elle contient donc 60 milligr. d'acide azotique par litre.

Les 50 analyses effectuées nous ont donné des chiffres variant de 0 milligr. à 120 milligr. par litre.

15. — Recherche et dosage de l'ammoniaque. —

Ammoniaque libre désigne l'ammoniaque existant à l'état libre et à l'état de sels ammoniacaux dans l'eau.

Ammoniaque albuminoïde ou *ammoniaque amidée* (Duciaux) désigne l'ammoniaque produite par la décomposition

de certaines matières azotées qui sont presque toutes des amides prouvant l'intervention de la vie microbienne. L'ammoniaque ne doit exister dans les eaux potables qu'en proportion infinitésimale, on la recherche à l'aide du réactif de Nessler : On prépare deux solutions qui, séparées, sont inaltérables et dont le mélange à volumes égaux constitue le réactif de Nessler :

SOLUTION A

Iodure de potassium.....	20 gr.
Iodure mercurique ou bi-iodure HgI ²	20 gr.
Eau distillée, q. s. pour.....	250 cc.

SOLUTION B

Soude caustique à l'alcool.....	50 gr.
Eau distillée q. s. pour.....	250 cc.

Le réactif de Nessler donne en présence de traces d'ammoniaque, une coloration jaune plus ou moins intense, et si la proportion d'ammoniaque augmente, un précipité jaune rougeâtre d'iodure de dimercurammonium.

1° Pour rechercher l'ammoniaque dans l'eau on prend 100 cc. d'eau, on additionne de 2 cc. de réactif Nessler, et il se produira une coloration jaune plus ou moins intense si l'eau renferme de l'ammoniaque.

Toute eau renfermant ainsi des doses d'ammoniaque décelables directement peut être considérée comme souillée.

Il faut en général distiller et recueillir les premières parties du distillat pour trouver les traces d'ammoniaque.

2° Pour le dosage de l'ammoniaque : libre et albuminoïde : on utilise le procédé Wanklyn et Chapman : on introduit dans un ballon de 1 litre relié à un réfrigérant (par exemple : l'appareil Aubin, fig. 7) 500 cc. d'eau additionnée d'un peu de carbonate de soude pur pour alcaliniser, et déplacer l'ammoniaque de ses combinaisons, on distille 50 cc. que l'on reçoit dans un flacon que l'on conserve pour le dosage de l'ammoniaque libre, et qui, d'après les expériences de Wanklyn contient les 3/4 de l'ammo-

niaque libre total. On continue à chauffer jusqu'à distillation de 150 autres cc. que l'on rejette. On laisse refroidir, puis on ajoute aux 300 cc. restant dans le ballon, 50 cc. d'une solution (composée de 8 gr. de permanganate de potasse, 200 gr. de soude et q. s. d'eau distillée pour 1 litre, et que l'on fait bouillir pendant un quart d'heure avant d'en faire usage pour détruire la matière organique qu'elle pourrait contenir). On chauffe le nouveau mélange et on en distille 150 cc. ou mieux jusqu'à ce que le distillat ne renferme plus d'ammoniaque, c'est-à-dire ne colore plus le réactif de Nessler. Le produit de la distillation contient alors l'ammoniaque résultant de l'azote albuminoïde de l'eau.

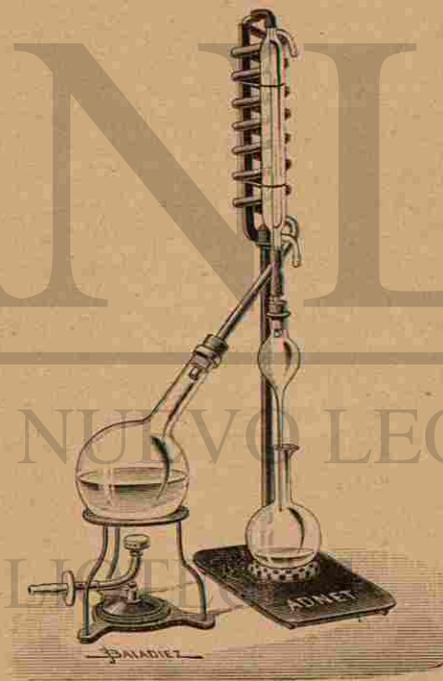


Fig. 7. -- Appareil Aubin

Pour doser maintenant l'ammoniaque dans les solutions obtenues, nous opérerons par colorimétrie à l'aide du réactif de Nessler et en comparant les teintes avec des teintes semblables obtenues avec des solutions ammoniacales titrées.

Nous utiliserons par exemple l'appareil fig. 5, nous mettrons dans les éprouvettes 50 cc. de nos solutions à titrer avec 2 cc. de réactif de Nessler, et pour comparer avec des teintes identiques nous prendrons dans une éprouvette témoin, un peu d'eau distillée, 2 cc. de réactif de Nessler, et ajouterons une solution titrée à 0 millig. 01 d'ammoniaque par cc. et en quantité suffisante pour que la teinte de l'éprouvette remplie d'eau distillée soit identique à la teinte obtenue avec la solution à doser.

C'est ce procédé que nous avons employé pour nos analyses : comme liqueur type titrée à 1 centième de milligramme d'ammoniaque par cc. Nous avons pris 3 gr. 15 de Az H³ Cl pur, avons dissous dans 1000 cc. d'eau distillée, exempte d'ammoniaque par redistillation de l'eau distillée sur du permanganate de potasse et du sulfate d'alumine et de potasse, puis nous avons encore étendu 10 cc. de cette solution à 1000 cc. avec de l'eau distillée. Il est très important de s'assurer que l'eau distillée ne donne aucune coloration par le réactif de Nessler. Nous avons constaté que plusieurs échantillons d'eau distillée contiennent des traces d'ammoniaque et que le réactif de Nessler obtenu, comme nous venons de l'indiquer, est environ 10 fois plus sensible que le réactif préparé avec le bichlorure de mercure.

Il est évident que si la quantité d'Az H³ était suffisante pour donner un précipité, on étendrait les solutions à doser.

3° MM. Mauget et Marion ont fait remarquer que l'amidol ou diamidophénol, donne avec des traces d'ammoniaque une coloration jaune beaucoup plus intense que celle obtenue avec le réactif de Nessler, cette coloration est nettement visible dans une solution diluée au 1/1.000.000^e et peut être utilisée pour un dosage colorimétrique de quantités très faibles.

4° D'après Wauklyn une eau renfermant 0 mg. 1 d'azote albuminoïde au litre est suspecte, et 0 mg. 15, dangereuse, Mason admet 0 mg. 079 pour les eaux franchement potables et au-dessus de 0 mg. 459, il considère les eaux comme impures et contaminées. Mallet donne comme teneur moyenne 0 mgr. 152 pour les eaux potables. Leeds, pour les rivières américaines admet la quantité de 0 mg. 1 à 0 mgr. 28 sans qu'elles perdent leurs qualités de potabilité.

Causse, en comparant avec les caractères tirés du violet sulfureux, admet 0 mg. 08 comme limite tolérable pour les eaux potables.

16. — Dosage des gaz dissous dans l'eau. —

L'eau potable doit contenir de 20 à 50 cc. de gaz dissous par litre, qui doivent comprendre p. 100 en moyenne :

- 10 parties de gaz acide carbonique ;
- 30 parties d'oxygène ;
- 60 parties d'azote mélangé d'argon.

L'oxygène qui se trouve en dissolution dans l'eau provient de sources différentes : 1° de l'air, car on sait en effet qu'un litre d'eau à 0° et à la pression de 760 mm. dissout 12 mg. 36 d'O ; 2° des plantes qui y vivent, principalement des algues. Ces plantes, en décomposant l'acide carbonique, mettent en liberté une certaine quantité d'O qui se dissout dans l'eau.

D'un autre côté, la quantité de gaz qui se trouve dans l'eau peut diminuer sous l'influence de la décomposition des matières organiques existant dans ce liquide.

La présence de l'O en plus ou moins grande abondance dans une eau peut fournir d'utiles renseignements, non seulement sur la quantité de matières organiques que cette eau tient en dissolution ou en suspension, mais aussi sur le degré d'intensité des fermentations qui s'y produisent. En général, on ne dose que l'oxygène, et ce dosage doit être effectué aussitôt après la prise d'échantillon par les procédés suivants :

1° *Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau par le permanganate de potasse.* — Ce dosage est basé sur la propriété

que possède le sulfate double de fer et d'ammoniaque ou sel de Mohr, d'être oxydé par l'oxygène dissous dans l'eau et cette oxydation qui est très lente en solution acide, s'opère très vite et énergiquement en solution alcaline.

Manuel opératoire : Prendre un flacon bouché à l'émeri, y faire passer un courant de CO_2 pour chasser l'air qui oxyderait, y verser 250 cc. de l'eau à analyser, 20 cc. de la solution décime de sel de Mohr (1), et 3 cc. de solution concentrée de potasse. Agiter fortement le mélange et laisser reposer pendant une demi-heure. Ajouter alors un excès (10 cc.) d'acide sulfurique pur qui dissout le précipité produit, et doser l'excès de sel ferreux non oxydé en versant goutte à goutte la solution décime de permanganate de potasse jusqu'à coloration rose. Soit 15 cc. nécessaires, nous dirons ces 15 cc. oxydent un même volume de solution décime ferreuse, par conséquent il restait 5 cc. de sel de Mohr non oxydé, donc $20 - 15 = 5$ cc. seulement ont été oxydés par l'oxygène dissous dans l'eau en expérience. Or notre solution décime de permanganate dégage $\frac{1}{10}$ d'équivalent, soit 0,8 d'O, 1 cc. en dégage $0,8/1000 = 0,0008$, et 5 cc. en dégagent $5 \times 0,0008 = 0 \text{ gr. } 004$ d'O, donc la dose d'O contenu dans l'eau et qui a oxydé le sel ferreux est de 0 gr. 004.

2° Procédé Albert Lévy. — Pour doser l'O dissous dans l'eau, M. Albert Lévy s'est servi d'une pipette à double robinet dont on détermine le volume exact (fig. 8). On la remplit de l'eau à analyser en la plongeant dans ce liquide les robinets ouverts. Lorsqu'elle est pleine, on ferme les robinets et on la place verticalement dans une pince, la partie inférieure plongeant dans une petite capsule en porcelaine contenant 2 cc. d'acide sulfurique.

Dans l'entonnoir qui surmonte l'instrument, on verse 2 cc. de potasse au $\frac{1}{4}$ et on ouvre avec précaution les robinets de façon à laisser pénétrer dans la pipette la solution potassique tout en évitant toute rentrée d'air. On referme les robinets, en essuie l'entonnoir, et on y verse 3 cc. d'une

(1) Pour la préparation de cette solution, consulter notre traité d'analyse chimique quantitative. — Maloine, éditeur, Paris.



Fig. 8.

Pipette de M.
Albert Lévy

dissolution de sulfate de fer ammoniacal titrée que comme précédemment on fait passer dans la pipette en ouvrant les robinets. La réaction se produit, les oxydes de fer tombent au fond du liquide et tout l'O de l'eau a disparu, après $\frac{1}{4}$ d'heure environ; on verse alors dans l'entonnoir 2 cc. d'acide sulfurique pur, on ouvre le robinet supérieur en laissant celui inférieur fermé; l'acide plus lourd pénètre dans la pipette et dissout les deux oxydes de fer. Lorsque la liqueur est devenue incolore, nous versons le contenu de la pipette dans un ballon, nous y ajoutons le contenu de la capsule de porcelaine (2 cc. acide sulfurique et les produits écoulés pour faire place à la potasse et à la solution ferro-ammonique) que nous versons par la pipette pour la laver en même temps, puis nous soumettons le liquide à l'action du permanganate de potasse N/10 jusqu'à coloration rose faible.

Soit Q cc. de permanganate nécessaires. Pour le calcul, il faut déduire ce chiffre Q du nombre de cc. de permanganate qui auraient été nécessaires pour ramener la coloration rose, si l'O dissous dans l'eau, n'avait pas oxydé le sel ferreux, pour connaître ce nombre Q', nous avons pris 100 cc. d'eau à analyser, avons additionné de 2 cc. d'acide sulfurique pur, de 2 cc. de potasse à $\frac{1}{4}$ (dans ces conditions, l'O dissous en solution acide, ne peut oxyder le sel ferreux), de 3 cc. de solution N/10 de sulfate de fer ammoniacal, et avons ajouté le permanganate de potasse N/10, jusqu'à coloration rose, soit Q' cc. Puis la différence ($Q' - Q$), multipliée par 0 gr. 0008 (comme ci-dessus), donne le poids d'O contenu dans 100 cc. de l'eau (la pipette Lévy, que nous avons, contenant 105 cc. exactement, soit 100 cc. d'eau après addition des réactifs.) En divisant le poids obtenu par 1 milligr. 43, poids d'1 cc. d'O

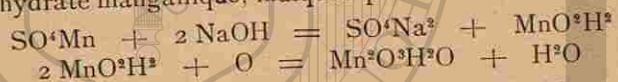
à 0° et 760^{mm}, nous avons le volume d'O, pour 100 cc. d'eau en expérience.

Les analyses effectuées nous ont donné des chiffres variant de 5 à 9 cc.

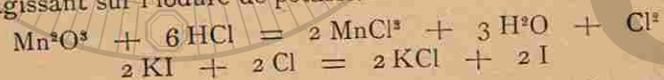
Nous avons exprimé l'O en volume, pour mieux permettre d'établir la comparaison avec le dosage de l'O en volume, avec les gaz totaux.

3° *Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau par le procédé Zetsche (1).* — Ce procédé nécessite des flacons jaugés de 250 à 300 cc.; une solution saturée de sulfate de manganèse; une solution alcaline d'iodure de potassium, à 48 gr. de soude caustique et 15 gr. d'iodure par cc.; une solution d'hyposulfite de soude centinormale (2 gr. 48 par litre).

Il repose sur l'absorption instantanée de l'O dissous, en milieu alcalin, par l'hydrate manganoux qui se transforme en hydrate manganique, indiquée par Winkler.



l'HCl agissant ensuite sur Mn²O³ dégage du chlore qui lui-même libère une quantité d'iode proportionnelle en agissant sur l'iodure de potassium :



M. Zetsche place dans le flacon quelques perles de verre dont le volume est connu et qui favorisent le mélange, il prend le flacon de 250 cc. par ex. qu'il remplit complètement de l'eau à analyser, puis à l'aide d'une pipette, il introduit 1 cc. de sulfate de manganèse en plongeant la pipette jusqu'au fond du flacon, puis de la même façon 2 cc. de solution d'iodure de potassium alcaline, il bouche vivement et agite, grâce aux perles le mélange s'opère très bien; quand le précipité d'hydrate de manganèse s'est déposé, il débouche le flacon et introduit très vite 5 cc. d'HCl pur, il bouche et agite de nouveau, le précipité se dissout et il suffit ensuite de verser le mélange dans un vase à précipité

(1) Zetsche (Leits f. Untersuchung der Nahrungs- und Gernsunsteil, septembre 1899, p. 696), d'après Annales de chimie analytique, mars 1900.

et de titrer l'iode libéré par la solution centinormale d'hyposulfite de soude avec l'empois d'amidon comme indicateur, ajouté quand la liqueur est déjà partiellement décolorée.

Pour l'évaluation : les formules nous montrent que 1 molécule ou 2 équivalents = 2 × 8 d'O sont nécessaires pour oxyder 2 molécules MnO²H² et former une molécule Mn²O³ qui, elle-même, donne 2 mol. Cl libérant 2 mol. d'I; donc, les solutions centinormales d'iode et d'hyposulfite s'équivalent, sont aussi équivalentes à des solutions centinormales d'O; par conséquent, 1 cc. de ces sol. équivaut à 0 gr. 00008 d'O.

Si donc il nous faut *n* cc. de solution centinormale d'hyposulfite pour titrer l'iode libéré, la quantité d'O sera *n* × 0 gr. 00008 dans un volume d'eau qui est de 250 cc. moins le volume des perles de verre que l'on évalue en les plaçant dans une éprouvette graduée contenant de l'eau, et mesurant le volume d'eau qu'elles déplacent, soit *v*, et aussi moins 3 cc. représentant le volume de 1 cc. de solution de sulfate de manganèse et 2 cc. d'iodure, soit donc 250 cc. — *v* cc. — 3 cc. = *V*cc.; par conséquent, la dose d'O par litre d'eau sera :

$$\frac{n \times 0.00008 \times 1.000}{V} = \frac{n \times 0.08}{V}$$

On ne doit pas tenir compte du volume des 5 cc. d'HCl introduits qui agissent sur le précipité formé et déplacent de l'eau déjà privée de son oxygène. Nous avons employé dans nos analyses ce procédé, qui nous a donné de très bons résultats, en concordance avec le procédé Lévy; nous pensons que le dosage est aussi facile en supprimant l'empois d'amidon comme indicateur, la fin de la décoloration du liquide jaune étant nettement perceptible. ®

Extraction des gaz par l'ébullition. — On remplit complètement de l'eau à analyser un matras de 1 à 2 litres (fig. 9) et son tube de dégagement qui aboutit à une éprouvette graduée remplie de mercure ou d'eau, sur la cuve à eau. On évalue exactement le volume de l'eau en expérience, en le versant au préalable dans une éprouvette graduée. Le matras et le tube de dégagement étant rem-

plis sans aucune trace d'air interposé, on chauffe doucement jusqu'à l'ébullition que l'on maintient pendant quelques minutes. Les gaz se dégagent sous l'éprouvette graduée ainsi que la vapeur d'eau et lorsque leur volume n'augmente plus, on débouche le ballon pour éviter l'absorption, on éteint le feu — on attend que les gaz et l'éprouvette les contenant aient repris la température ambiante.

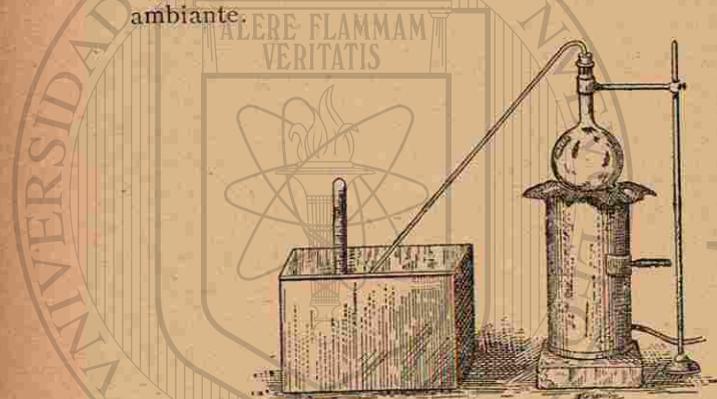


Fig. 9.

Analyse des gaz. — On mesure exactement leur volume dans l'éprouvette graduée en égalisant les niveaux (d'eau ou de mercure) sur la cuve, à l'intérieur et à l'extérieur de l'éprouvette graduée, soit V' ce volume lu, on lui fait subir la correction de température, de pression et de la tension de la vapeur d'eau en appliquant la formule connue :

$$V = \frac{V' (H - f)}{(1 + \Delta t) 760}$$

dans laquelle V représente le volume réel à 0° , V' le volume lu, H la pression atmosphérique dans le laboratoire, f la force élastique maxima de la vapeur d'eau à la température du laboratoire, t la température, Δ la constante $\approx 0,003665$.

On ramène facilement la proportion au litre, soit en

effet K le vol. en cc. de l'eau mise en expérience qui a fourni V cc. de gaz, 1 litre d'eau aurait donné :

$$\frac{V \times 1.000}{K} = X$$

On introduit alors dans l'éprouvette graduée un petit morceau de potasse, on agite pour absorber complètement CO_2 , on lit alors le volume restant, après avoir fait coïncider les niveaux du liquide (mercure ou eau) à l'intérieur et à l'extérieur de l'éprouvette graduée. La différence entre V' volume primitif et V , le volume lu après absorption du CO_2 , donne le volume de CO_2 auquel on fait subir les corrections indiquées pour V' .

Puis on introduit dans l'éprouvette qui ne contient plus que l'O et l'Az atmosphérique, une boulette d'acide pyrogallique enveloppée dans une feuille de papier à cigarettes et comprimée dans les doigts pour chasser l'air ; ce procédé est bien plus pratique que l'introduction d'une solution concentrée à l'aide d'une pipette courbe, puis un petit morceau de potasse, on agite, l'O est absorbé, et comme tout à l'heure la diminution du volume gazeux correspond à l'O. Le volume résiduel est l'azote mêlé d'argon et de traces de nouveaux gaz découverts dans l'azote résiduel de l'air.

On peut facilement traduire ces volumes en poids correspondants sachant que :

1 cc. d'oxygène pèse.	1 milligr. 430 à 0° et 760 mm.
1 cc. d'azote pèse.....	1 — 256 —
1 cc. CO_2 pèse.....	1 — 977 —

et on ramène au litre pour les divers gaz en appliquant la même formule que pour les gaz totaux $X = \frac{V \times 1.000}{K}$ [®]

Dosage de l'acide carbonique total, de l'oxygène et de l'azote. — M. Albert Lévy, à Montsouris, fait le

vide dans un ballon tubulé, dont le col très long est refroidi par un mélange réfrigérant et dans lequel il a introduit au préalable un peu d'eau distillée additionnée d'acide sulfurique pur (qui dégagera CO_2 des carbonates), le ballon

étant chauffé dans un bain à 80°; le vide fait, il introduit 300 cc. d'eau, en évitant les rentrées d'air, au moyen d'une olive en verre jaugée à 300 cc. entre les deux robinets, l'un des robinets communique avec le ballon, l'autre avec la cuve à mercure, le mercure chasse l'eau dans le ballon, on ferme les robinets quand les 300 cc. sont entrés. On refait le vide et on recueille les gaz dans l'éprouvette graduée.

Dosage de l'acide carbonique libre ou combiné. — Nous venons de voir que par l'extraction des gaz nous pouvions doser CO² dissous, soit libre, ou CO² total par le procédé Lévy.

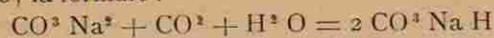
L'acide carbonique total peut encore être dosé par acidimétrie, pour cela : on traite 250 cc. de l'eau à analyser par 20 cc. d'une solution de BaCl² ammoniacale (obtenue en ajoutant 100 cc. d'ammoniaque à 100 cc. d'une solution de BaCl² saturée à froid), on opère dans un flacon que l'on bouche à l'émeri et que l'on soumet au bain-marie dans de l'eau chaude pendant deux heures. On recueille le précipité de carbonate de baryte, qu'on lave à l'eau bouillante, puis que l'on traite par un excès d'une solution acide comme suit : on porte à l'ébullition qui doit être maintenue pendant la durée de l'opération, on ajoute quelques gouttes de phtaléine du phénol, puis une solution acide N/10 en excès qui est indiqué par la disparition de la teinte rosée, soit A cc., puis de la soude N/10 jusqu'à apparition de la teinte rosée, soit N cc.; le nombre (A - N) cc. = N' correspond à la quantité d'acide N/10 qui a chassé CO², et ce nombre multiplié par le dix-millième de l'équivalent acidimétrique de CO² (anhydride de l'acide bivalent CO²H²), soit 0 gr. 0022 donne le poids correspondant de CO² total.

Dosage volumétrique de l'acide carbonique libre et combiné. — On peut doser l'acide carbonique libre et combiné comme suit :

Pour doser l'acide carbonique libre on prend 250 ou 500 cc. d'eau, on additionne de quelques gouttes de phtaléine, et on verse, à froid, goutte à goutte, de la solution N/10 de carbonate neutre de sodium anhydre jusqu'à coloration rose, le nombre de cc. multiplié par 0 gr. 0022

exprime le poids de CO² libre contenu dans la prise d'essai; on multiplie par 4 ou par 2 pour ramener au litre.

Ce dosage repose sur ce fait que si, dans une solution contenant de l'acide carbonique libre, additionnée de phtaléine du phénol, on verse du carbonate de sodium, il se forme du bicarbonate qui n'agit pas sur la phtaléine, alors qu'aussitôt CO² libre converti en bicarbonate, le plus petit excès de carbonate sodique neutre fait passer l'indicateur au rouge; la formule :



nous indique qu'une molécule de carbonate neutre anhydre de sodium, soit p. m. 106, correspond à une molécule de CO² libre, p. m. 44. En ramenant aux équivalents acidimétriques monovalents, nous aurons $\frac{1}{2} \text{CO}^2 \text{Na}^2 = 53$

correspondant à $\frac{1}{2} \text{CO}^2 = 22$. La solution N/10 de carbonate sodique anhydre devra donc renfermer 5 gr. 30 de ce sel par 1000 cc.

Dosage de l'acide carbonique combiné. — On dose par l'acidimétrie en se servant comme indicateur de l'orangé III ou héliantine B qui n'est pas influencé par l'acide carbonique et passe au rouge groseille sous l'influence des acides. On pourrait aussi employer la teinture de cochenille (moins sensible) qui, de rouge violacé dans la solution d'un carbonate, passe au jaune sous l'influence des acides forts. On prend 250 cc. de l'eau à analyser, on additionne de 2 à 5 gouttes de solution saturée d'orangé III dans l'alcool à 60°, et on verse goutte à goutte de l'HCl N/10 jusqu'à virage au rouge groseille, le nombre de cc. de liqueur nécessaires, multiplié par 0 gr. 0022, donne le poids de CO² correspondant pour les 250 cc. en expérience; on peut évaluer en carbonate de chaux en multipliant le résultat par le rapport des équivalents.

17. Hydrotimétrie. — L'hydrotimétrie est une méthode de dosage volumétrique de l'acide carbonique, des sels de chaux et de magnésie, contenus dans les eaux naturelles. Cette méthode sans être d'une exactitude absolu-

ment rigoureuse fournit de très bons renseignements sur la qualité chimique des eaux, étant donné que les sels de chaux et de magnésie sont les seuls dont le dosage offre un intérêt réel pour les usages domestiques ou industriels des eaux naturelles qui peuvent contenir en dissolution un grand nombre de substances minérales empruntées aux terrains qu'elles ont traversés.

Le principe de cette méthode repose sur les faits suivants :

1° Si on verse goutte à goutte une solution alcoolique de savon dans de l'eau distillée, et que l'on agite vivement, il se produit presque dès les premières gouttes une mousse abondante et qui persiste pendant plus de dix minutes sur une épaisseur de 1 centimètre dans le flacon hydrotimètre.

2° Si on verse de même la solution alcoolique de savon dans une eau tenant en dissolution des sels de chaux ou de magnésie, il se forme des palmitates, oléates, et stéarates de calcium ou de magnésium qui sont insolubles et précipités en petits grumeaux blanchâtres, mais lorsque tous les sels calcaires et magnésiens ont été ainsi précipités, la solution alcoolique de savon en excès détermine la mousse abondante et persistante comme avec l'eau distillée.

3° Si donc on a titré une solution de savon à l'aide d'une solution titrée d'un sel de chaux, on peut, en opérant ensuite dans des conditions identiques titrer l'ensemble des sels de chaux et de magnésie dans une dissolution en se servant de cette même solution titrée de savon.

4° Nous pourrions encore, dans ce dosage d'ensemble, distinguer quelques sels ; par exemple : si l'on fait bouillir une eau qui contient des bicarbonates de calcium, sels solubles, l'ébullition les décompose en carbonates insolubles et anhydride carbonique que l'ébullition dégage (sauf une petite quantité, 3 gr. par litre, de carbonate de calcium qui reste toujours en dissolution).

Quant au carbonate de magnésie, décomposé ou non, il trouve des sels qui le maintiennent en dissolution. De telle sorte qu'en dosant les sels totaux d'abord, puis de nouveau

après une ébullition de quelques minutes, on aura par différence la dose de l'acide carbonique et du carbonate de chaux.

5. Si on traite une eau calcaire et magnésienne par une solution d'oxalate d'ammonium, on séparera tout le calcium à l'état d'oxalate de calcium insoluble. De sorte qu'en dosant avant et après, on aura encore par différence la quantité de sels de chaux totaux.

Liqueurs nécessaires à l'analyse hydrotimétrique :

6. Solution alcoolique titrée de savon : On l'obtient en dissolvant 100 grammes de savon blanc de Marseille bien sec et coupé en menus fragments, dans 1.600 grammes d'alcool à 90°, par la chaleur au bain-marie ou au bain de sable ; en agitant, on filtre et on additionne le filtrat de 1.000 grammes d'eau distillée, on agite. Cette liqueur dépose peu à peu et gagne à n'être titrée que quelque temps après sa séparation. Il faut du reste la titrer avant chaque dosage.

Diverses autres formules ont été indiquées, par ex. : celle de M. Courtonne :

Huile d'amandes douces ou huile	
d'olives	28 gr.
Lessive de soude de D = 1.33.....	10 cc.
Alcool à 90°-95°.....	10 cc.

On chauffe quelques minutes à l'étuve ou au bain-marie pour saponifier, on ajoute alors de l'alcool à 60° pour parfaire un litre.

Ou bien encore :

Acide oléique	30 gr.
Soude normale.....	30 gr.
Eau distillée.....	40 gr.
Alcool à 90°.....	110 gr.

Ou bien encore :

Acide oléique.....	18 gr.
Eau distillée.....	60 gr.
Ammoniaque.....	10 gr.
Alcool à 90°.....	70 gr.

Quelle que soit la formule choisie pour la préparation de la solution de savon dite *liqueur hydrotimétrique*, celle-ci doit être dosée avant l'usage, car elle se conserve peu, bien que les dernières formules donnent une liqueur de meilleure conservation que la première.

Il est d'usage d'employer un matériel spécial, mais il nous paraît préférable de mesurer l'eau ou la solution barytique à l'aide d'une éprouvette bien graduée ou une pipette qui donne sûrement une exactitude que l'on ne peut obtenir avec le flacon hydrotimétrique plus large. Ce matériel se compose de :

Flacon hydrotimétrique. — On se sert d'un flacon rond, allongé, bouché à l'émeri de 60 cc., qui porte 4 graduations circulaires correspondant aux volumes de 10, 20, 30 et 40 cc., dans lequel on met l'eau à analyser (fig. 10).

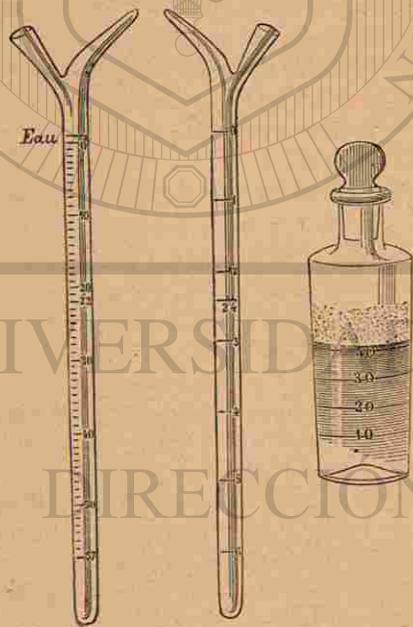


Fig. 10.

Burette hydrotimétrique ou hydrotimètre. — Burette anglaise de 4 à 5 cc. et divisée en 23 parties, dont chacune comprend $1/23^e$ du volume total divisé qui est de 2 cc. 4, le 0 correspond à la 2^e division seulement, et le volume compris entre le 0 et le trait au-dessus, est compté comme nécessaire pour produire la mousse avec l'eau distillée. Pour tous les essais, il faut remplir la burette jusqu'à ce trait supérieur (fig. 10).

7. *Titrage de la solution alcoolique de savon.* — La composition de l'une ou l'autre des liqueurs dont nous venons de donner les formules, n'est pas absolument fixe, il faut donc titrer ces liqueurs : pour cela on fait une solution de 0 gr. 25 de chlorure de calcium pur, calciné et fondu dans 1.000 cc. d'eau distillée, ou mieux de 0 gr. 55 de chlorure de baryum ou 0 gr. 59 d'azotate de baryum purs et cristallisés pour 1 litre d'eau distillée, cette solution barytique est équivalente à la solution calcique au point de vue hydrotimétrique et le chlorure ou l'azotate de baryum sont des sels de composition beaucoup plus fixe que le chlorure de calcium qui est déliquescent.

On introduit dans le *flacon hydrotimètre* cette solution barytique jusqu'au trait 40 cc. et on y verse en une seule fois à l'aide de la burette hydrotimétrique la solution de savon, jusqu'à la 15^e division environ, puis goutte à goutte, en agitant de temps en temps fortement jusqu'à ce qu'on obtienne une mousse persistante, pendant au moins 10 minutes et d'un demi centimètre de hauteur. Il ne faut pas s'arrêter à une mousse fugitive qui ne tient que quelques minutes.

On lit sur la burette la division où s'arrête la solution de savon, si celle-ci était exactement dosée, il faudrait 22 divisions de la burette pour obtenir la mousse persistante dans 40 cc. de la solution barytique titrée.

Il n'en est à peu près jamais ainsi et, en général, il faut moins de 22 divisions, la solution ayant été préparée de façon à être trop forte, on l'ajuste alors ainsi : supposons qu'il ait fallu 18 divisions, il faudra étendre de façon que 22 divisions ne contiennent que la quantité de savon de 18 divisions (il ne faut pas oublier qu'au-dessus de 0^o de la burette nous avons versé jusqu'au trait qui fait une division de plus, soit 23 exactement), donc pour diminuer le titre de la solution de 1^o il faut lui ajouter $1/23$ d'eau et, comme il nous faut diminuer son titre de 22 à 18 = 4^o, il nous faudra ajouter $4/23$ d'eau — nous pèserons donc notre solution de savon soit 1850 gr. par ex. et nous ajouterons $4/23 \times 1.850$ gr. d'eau, nous mélangerons bien et ferons de

nouveau un essai sur 40 cc. de solution barytique, cette fois il nous faudra employer 22 divisions marquées de la burette pour obtenir la mousse persistante, au cas contraire, nous ajusterions encore comme nous venons de l'indiquer.

La *liqueur hydrotimétrique* titrée de telle sorte que 22 divisions de la burette donnent la mousse persistante avec 40 cc. de la solution barytique, est telle qu'une division de la burette correspond à un degré hydrotimétrique français qui correspond à 1 centigramme de carbonate de chaux par litre; il vaut 0,56 du degré allemand qui correspond à un centigramme de chaux par litre; et 0,70 du degré Anglais qui exprime le nombre de grammes de carbonate de chaux contenus dans un gallon ou 4534 grammes, soit 0 gr. 43 de carbonate de chaux par litre.

Cette solution se conservant peu, il est prudent de la vérifier de temps à autre, et si on ne veut pas l'ajuster, on peut écrire son titre sur le flacon, par exemple dans le cas ci-dessus nous pourrions dire la liqueur est à 23/18 et il suffirait de multiplier tous les résultats trouvés par ce rapport.

Ou bien et mieux, employer la formule de Garnier :

$$X = \frac{23(n+1)}{N+1} - 1$$

dans laquelle n exprime le nombre de degrés lus à la burette hydrotimétrique avec l'eau à analyser, N le nombre de degrés lus quand on a opéré sur la solution titrée barytique.

Mode opératoire pour déterminer par la liqueur hydrotimétrique les sels alcalino-terreux et l'acide carbonique contenus dans l'eau :

Il faut au préalable s'assurer que l'eau n'est pas trop chargée en sels, pour cela on en prend 20 cc. environ, avec 1 cc. environ de *liqueur hydrotimétrique*, on agite et si le mélange prend une teinte opaline sans qu'il se forme de grumeaux, on peut opérer sur l'eau directement, si au contraire il se forme des grumeaux, on diluera l'eau en l'additionnant de 1 ou 2 fois son volume d'eau distillée, et

dans le calcul des résultats obtenus on multipliera par 1 ou 2 suivant la dilution.

Il résulte du titrage de la liqueur hydrotimétrique que chaque division de la burette ou degré hydrotimétrique précipite 0 gr. 0114 de chlorure de calcium par litre, puisque 22 divisions précipitent 0 gr. 01 de CaCl^2 contenu dans les 40 cc. de solution calcique ou barytique équivalente qui correspond à 0 gr. 25 par litre, donc 1 division ou 1 degré correspond à $\frac{0 \text{ gr. } 25}{22} = 0 \text{ gr. } 0114$ par litre et à 0 gr. 10 ou 1 décigramme de savon réel dissous par litre.

Notre liqueur de savon ainsi titrée, voici comment nous opérerons pour rechercher le degré hydrotimétrique d'une eau :

1° Nous versons dans le flacon jaugé 40 cc. de l'eau à essayer, nous ajoutons goutte à goutte la liqueur hydrotimétrique au moyen de la burette graduée, en ayant soin d'agiter le flacon, jusqu'à ce que nous obtenions la mousse persistante d'un demi-centimètre de hauteur, restant dix minutes sans s'affaïsser notablement.

En lisant sur la burette le nombre de divisions reconnu nécessaire pour obtenir une mousse persistante, nous avons le degré hydrotimétrique de l'eau examinée, c'est-à-dire le nombre de décigrammes de savon qu'un litre de cette eau saturé; ou encore le nombre de fois que le litre de cette eau contient 0 gr. 0114 de chlorure de calcium, ou la proportion correspondante d'un sel calcaire quelconque, à la condition de prendre pour chacun de ces sels un multiplicateur convenable indiqué plus loin. Le degré hydrotimétrique total d'une eau indiqué encore, dans les cas ordinaires, approximativement le nombre de centigrammes de sels terreux contenus dans 1 litre de cette eau.

De 10 à 30 degrés hydrotimétriques les eaux sont propres à la boisson et à tous les usages domestiques.

De 30 à 60 degrés, elles sont à la fois impropres au savonnage, à la cuisson des légumes, et peu favorables comme eaux de boisson.

Dans la plupart des cas, la détermination du degré

hydrotimétrique total suffit, mais nous pouvons retirer d'autres données de la méthode hydrotimétrique par les opérations suivantes. Désignons tout d'abord par A le degré hydrotimétrique total déterminé dans la 1^{re} opération que nous venons d'effectuer et faisons la 2^e opération suivante : prenons 100 cc. de l'eau à examiner, ajoutons 10 cc. d'une solution d'oxalate d'ammoniaque à 1/60, agitions et laissons reposer la liqueur pendant une demi-heure, les sels de chaux sont alors précipités, nous filtrons et faisons un second dosage; nous augmenterons le titre hydrotimétrique trouvé de 1/10^e à cause de la dilution de l'eau par la solution d'oxalate d'ammoniaque, ce titre B correspondra à l'action des sels de magnésie et de l'acide carbonique et le degré hydrotimétrique A-B correspondra à l'action des sels de chaux en totalité.

Faisons maintenant la 3^e opération suivante : dans un ballon jaugé faisons bouillir par ex. 100 cc. d'eau à examiner pendant 1/2 heure, très doucement pour éviter les projections du liquide. Au bout de ce temps, bouchons le ballon au liège, laissons refroidir et agitions fréquemment, après refroidissement complet rétablissons le volume primitif avec de l'eau distillée bouillie et froide, agitions pour redissoudre le carbonate de magnésie qui aurait pu se précipiter.

Cette ébullition a décomposé le bicarbonate calcaire et fait précipiter le carbonate de chaux en partie; filtrons et prenons le degré hydrotimétrique sur 40 cc. de cette eau filtrée (et conservons le reste pour une 4^e opération). Le degré C obtenu correspond aux sels de Mg et de chaux autres que le carbonate de Ca, et à la petite proportion de CO² Ca qui échappe à la précipitation et reste dissoute dans les 40 cc. d'eau, cette proportion correspond à 3^e hydrotimétriques, dont nous diminuerons C. Ce degré est appelé degré hydrotimétrique permanent.

Faisons maintenant sur les 50 cc. environ d'eau de la 3^e opération une 4^e opération analogue à la 2^e pour éliminer par précipitation les sels de Ca, filtrons et prenons le degré hydrotimétrique D, il correspondra aux sels de magnésie.

Donc :

A = le degré hydrotimétrique total.

A - B = sels de chaux en totalité.

C = degré permanent.

D = sels de magnésie.

B - D = l'acide carbonique.

C-3 - D = sels de chaux autres que le carbonate.

[A - B] - [(C-3) - D] = carbonate de chaux.

En multipliant le chiffre des degrés observés pour chaque corps en particulier par le nombre correspondant à 1 degré hydrotimétrique, pour ce corps, on traduit le degré hydrotimétrique de l'eau examinée en poids pour les sels en volume pour CO².

Chaque degré hydrotimétrique correspond aux quantités suivantes :

Acide carbonique...	1° = 5 cc. ou 0,01 en poids.	
Carbonate calcaire.	1° = 0,0103	—
Sulfate de chaux...	1° = 0,0140	—
Chlorure de Ca.....	1° = 0,0114	—
Chaux.....	1° = 0,0057	—
Magnésie.....	1° = 0,0042	—
Sulfate de magnésie.	1° = 0,0125	—
Chlorure de mag. ..	1° = 0,0090	—

Procédé Frébault. — Nous avons utilisé le procédé A Frébault, dont voici l'exposé tel que l'a fait connaître son auteur (1) :

« L'hydrotimétrie, telle que l'ont proposée MM. Boutron et Boudet, et telle qu'on la pratique habituellement, présente deux inconvénients sérieux : le premier, c'est que la liqueur d'épreuve (liqueur savonneuse) laisse déposer une certaine quantité de savon par le moindre abaissement de température, de sorte que pour en faire usage, il est nécessaire de la chauffer légèrement, afin de redissoudre le savon précipité. Mais l'alcool qui sert de véhicule à cette dissolution ayant un coefficient de dilatation assez considé-

(1) D' A. Frébault. Manipulations de chimie. Analyse volumétrique. Masson, éditeur, Paris, 1879.

nable, il en résulte une augmentation de volume très sensible qui nuit à la précision de l'essai. Le deuxième inconvénient, qui n'est pas moins grand que le premier, c'est l'obligation où l'on se trouve, pour pratiquer ce genre d'analyse, d'avoir à sa disposition une burette graduée d'une manière spéciale (l'hydrotimètre).

» Les modifications que j'ai apportées à cette méthode d'analyse et que je vais faire connaître la rendent à la fois plus pratique et plus précise.

» On commence par faire une liqueur avec :

Savon amygdalin bien sec.....	10 gr.
Alcool à 90° centésimaux.....	660 cc.
Eau distillée.....	340 cc.

» On fait dissoudre le savon dans l'alcool à l'aide de la chaleur, on ajoute l'eau distillée, on laisse refroidir et on filtre. La composition du savon étant loin d'être constante, il est de toute nécessité de titrer cette liqueur, généralement trop forte. Pour établir son titre, on prépare la solution suivante :

Carbonate de chaux pur.....	0 gr. 20.
Acide chlorhydrique pur.....	q. s.
Eau distillée q. s. pour faire le volume de 1 litre.	

» On dissout le carbonate de chaux dans HCl, on évapore à siccité, on calcine légèrement et on reprend le résidu par un litre d'eau distillée.

» Cette liqueur calcique type marque 20 degrés hydrotimétriques. On en introduit 50 cc. = 0 gr. 01 de carbonate de chaux (sous forme de chlorure) dans un flacon bouché à l'émeri, d'une capacité de 100 cc. environ, et, à l'aide d'une burette graduée en 1/10 de cc., on y verse peu à peu la liqueur savonneuse jusqu'à ce qu'on obtienne la mousse persistante après agitation. Il faut, pour la liqueur d'épreuve soit au titre, en employer exactement 10 cc. (pour la facilité de la démonstration, je néglige pour le moment la quantité de liqueur de savon qu'il faut ajouter en sus des 10 cc. et qui constitue, comme on le verra plus loin, une constante à retrancher dans chaque essai). Si la

liqueur est trop concentrée, on l'étend d'eau de manière à l'amener au titre voulu. Supposons donc qu'on en soit à ce point. Si 10 cc. de liqueur d'épreuve sont neutralisés exactement par 50 cc. de solution calcique type, ces 10 cc. représentent 20 degrés hydrotimétriques, 1 cc. représente

$$\frac{20}{10}, \text{ et } n \text{ cc. représente } \frac{n \times 20}{10}, \text{ ou simplement } n \times 2$$

degrés hydrotimétriques. En effet, la solution chlorocalcique contenant 0 gr. 20 de carbonate de chaux (sous forme de chlorure), par litre, les 50 cc. employés dans l'expérience renferment 0 gr. 01 de carbonate de chaux; 10 cc. de liqueur d'épreuve correspondent donc à 0,01 de carbonate de chaux,

et 1 cc. correspond à $\frac{0,01}{10}$. Comme dans 1.000 cc. de la so-

lution calcique titrée il y a 20 fois 50 cc., c'est-à-dire 20 fois la quantité qui a été soumise à l'expérience, il en résulte que chaque centimètre cube de liqueur de savon représente, par litre, une quantité de carbonate de chaux, qui est égale à $\frac{0,01 \times 20}{10} = 0 \text{ gr. } 02$.

» Veut-on maintenant faire l'essai hydrotimétrique d'une eau, on en mesure 50 cc. qu'on introduit dans le flacon, puis l'on y verse peu à peu la liqueur d'épreuve contenue dans une burette décime. Si l'on emploie par exemple 6 cc. pour produire la mousse persistante, on aura pour le degré hydrotimétrique de cette eau $6 \times 2 = 12^\circ$, c'est-à-dire que cette eau renferme par litre 0 gr. 12 de sels calcaires ou une quantité correspondante (d'après les équivalents ou les poids moléculaires) des autres composés capables de précipiter le savon.

» Tel est le principe de la méthode que je propose, mais il est aisé de voir qu'en opérant simplement ainsi, on n'arriverait pas à un résultat rigoureusement exact. En effet, si l'on verse goutte à goutte de la liqueur d'épreuve dans de l'eau distillée (50 cc.), on verra qu'il en faut une certaine quantité pour déterminer la formation de la mousse persistante dans ce liquide, bien qu'il ne contienne pas de sels calcaires ou autres, susceptibles de décomposer le savon;

il faut donc, dans un pareil essai, tenir compte de la quantité de liqueur savonneuse nécessaire pour produire le phénomène de la mousse, après que les sels ou autres principes dissous dans l'eau, ont été précipités. Voici la marche qu'on doit suivre pour titrer convenablement la liqueur d'épreuve et pour établir la quantité constante, qui devra être retranchée du nombre obtenu; cette quantité constante constituera la *correction* qui sera effectuée dans chaque essai.

» On cherche d'abord quel est le volume de liqueur d'épreuve, qui est nécessaire pour produire la mousse dans 50 cc. de la solution chlorocalcique type. Admettons que ce volume soit de 9 cmc.,₂; on note ce chiffre, puis on essaie avec cette même liqueur, combien il en faut ajouter de divisions à 50 cc. d'eau distillée pour déterminer la mousse : on trouve, par exemple, 0 cc.,₃ = 3 divisions de la burette. Dans ce cas, il est clair que 9 cc.,₂ — 0 cc.,₃ = 8 cc.,₉ représentent la quantité de liqueur savonneuse employée *utilement*, c'est-à-dire qui a servi uniquement à précipiter la chaux contenue dans les 50 cc. de la solution calcique titrée. Alors on étend la liqueur savonneuse de 1 cc.,₁₀ d'eau distillée, par chaque 8 cc.,₉₀, ou, ce qui revient au même, on ajoute 12 cc.,₃₅ d'eau distillée, par 100 cc. de liqueur de savon. On obtient ainsi une nouvelle liqueur dont 10 cc. sont strictement nécessaires pour précipiter le sel calcaire contenu dans 50 cc. de la solution titrée, et pour trouver la constante à retrancher dans chaque essai (autrement dit la *correction*), il suffit de voir combien de divisions on doit verser de cette liqueur d'épreuve ainsi titrée, dans 50 cc. d'eau distillée, pour obtenir le phénomène de la mousse persistante.

» On trouvera cette fois, par exemple : 0 cc.,₄ = 4 divisions. Cette quantité sera la *constante* ou *correction*. On pourra contrôler l'exactitude de ces résultats en faisant l'essai sur 50 cc. de solution calcique titrée. Si on a fait avec soin les opérations précédentes, on devra trouver qu'il faut employer exactement 10 cc.,₄ de liqueur d'épreuve, pour arriver à la mousse persistante.

» La liqueur d'épreuve étant ainsi titrée, une fois pour toutes, et la correction à effectuer étant parfaitement établie, on pourra procéder à l'analyse d'une eau.

» On opérera, comme nous l'avons dit plus haut, sur 50 cc., et le degré hydrotimétrique de l'eau sera fourni par la formule : $n \times 2$, mais qui, pratiquement, devra être modifiée comme suit : d étant le degré hydrotimétrique, et c la constante à retrancher, on aura :

$$d = 2 (n - c).$$

Si, par exemple, il faut dépenser 8 cc.,₄ de liqueur savonneuse, on aura pour le degré hydrotimétrique de l'eau soumise à l'expérience :

$$d = 2 (8,4 - 0,4) = 16^{\circ}$$

» Il n'est pas nécessaire d'insister beaucoup pour montrer les avantages que présente ce mode d'opérer, qui est d'une grande simplicité et qui dispense de l'emploi d'une burette graduée d'une façon spéciale, la burette décime qui se trouve dans tous les laboratoires pouvant être ainsi affectée à ce genre d'essai. En outre, la liqueur d'épreuve contenant beaucoup moins de savon que celle de MM. Boutron et Boudet, se maintient toujours parfaitement limpide et, par suite, la conservation de son titre est assurée. Il faut remarquer enfin qu'on peut évaluer jusqu'au $1/5$ de degré, puisque $1/2$ cc. = 5 divisions représentent un degré hydrotimétrique; on pourrait même mesurer $1/10$ de degré. Il suffirait, pour cela, d'étendre la liqueur savonneuse d'environ son volume d'alcool à 60° centésimaux et de la titrer de manière que 20 cc. soient neutralisés exactement par 50 cc. de la solution calcique type. Chaque division de la burette représenterait alors $1/10$ de degré hydrotimétrique.

(Le procédé de MM. Boutron et Boudet permet tout au plus de mesurer $1/2$ degré.)

Il est évident qu'en adoptant cette manière de faire, il faudra calculer, d'après les bases établies ci-dessus, pour chacun des composés contenus dans les eaux et susceptibles d'être dosés par ce procédé, les quantités qui corres-

pondent à 1° hydrotimétrique. Voici, d'ailleurs, un tableau que j'ai dressé *ad hoc* et qui dispense de ces calculs :

TABLEAU

(pour convertir en poids les degrés hydrotimétriques)

Multiplier le nombre de degrés trouvés par les coefficients suivants :

Carbonate de chaux.....	o gr. 0100
Chaux.....	o 0056
Chlorure de calcium.....	o 0111
Sulfate de chaux.....	o gr. 0136
Magnésie.....	o 0040
Chlorure de magnésium.....	o 0095
Carbonate de magnésie.....	o 0084
Sulfate de magnésie.....	o 0120
Chlorure de sodium.....	o 0117
Sulfate de soude.....	o 0143
Acide sulfurique.....	o 0080
Chlore.....	o 0071
Savon à 30 o/o d'eau, o gr. 10331.....	o 0865
Acide carbonique... o lit. 00446 =	o 0088

19. Matières organiques des eaux potables. —

Les eaux peuvent contenir toutes les matières organiques existant dans l'air et dans les terrains ou le sol qu'elles traversent. Ces matières organiques peuvent y être contenues soit *intactes*, soit *en voie de transformation*, soit transformées en leur terme ultime qui serait l'azotate.

Nous ne connaissons pas encore un moyen de distinguer dans ces matières organiques celles qui sont nuisibles et celles qui ne le sont pas, il n'existe, en effet, aucun réactif permettant de distinguer les matières organiques végétales que l'on considère en général comme moins nuisibles des matières organiques d'origine animale plus nuisibles.

Cependant, nous trouvons une indication dans la dose de chlorure de sodium, en effet : les matières organiques végétales n'entraînent pas avec elles de chlorure de sodium, alors que les matières organiques animales en

entraînent, et, par suite, une dose élevée de chlorure de sodium indiquera la souillure par les matières organiques d'origine animale.

Non seulement nous n'avons pas dans l'état actuel de nos connaissances les moyens de les séparer, mais comme nous le verrons plus loin, nous n'avons pas de procédé précis et général de dosage en bloc des matières organiques.

Alors que nous avons des moyens de doser avec précision les matières minérales; alors que la bactériologie nous permet de déterminer exactement le nombre et la nature des organismes vivants. N'oublions pas que la quantité et la nature des matières organiques dissoutes ne peuvent jusqu'ici être déterminées avec précision.

M. Malméjac a tenté de déterminer la nature des transformations que subissent les matières organiques dans les eaux potables, mais les résultats qu'il a obtenus ont été variables, et sembleraient donner raison à l'hypothèse de M. Berthelot, qu'il existe dans le sol et aussi, sans doute dans les eaux des ferments divers, soit de la nitrification, soit inversement de la désoxydation des azotates pour les ramener à l'état de matière organique azotée.

Nous retiendrons seulement que toute eau renfermant des azotites ou des azotates, doit être considérée comme douteuse, et que la dose des matières organiques dissoutes ne doit pas dépasser deux milligrammes.

Dosages des matières organiques. — Nous n'avons jusqu'ici aucun procédé précis et général : celui qui consiste à déterminer d'une part l'extrait sec à 100°, puis à calciner, et à considérer la perte de poids comme dosage des matières organiques, est entaché d'erreur, parce que la calcination non seulement brûle les matières organiques, mais volatilise les chlorures et les sels ammoniacaux, en proportions variables, selon la température et la durée de la calcination.

Les procédés divers au permanganate de potasse donnent bien une idée approchée des matières organiques contenues dans l'eau, par le poids d'O, qu'elles empruntent au

permanganate, mais aucun d'eux ne donne un dosage précis, parce que les matières organiques n'absorbent pas toutes, à poids égal, une même quantité d'oxygène, de plus elles n'empruntent au permanganate que des fractions différentes, selon leur nature, de l'oxygène, qui est nécessaire à leur combustion complète, c'est ainsi qu'alors que l'acide oxalique emprunte tout l'oxygène nécessaire à sa combustion, l'acide tartrique n'en emprunte que les $\frac{3}{4}$; l'acide benzoïque 22 p. 100; l'acide phénique, 41 p. 100; la leucine 10 p. 100, etc.

Mais la quantité d'oxygène emprunté au permanganate, varie encore avec la durée du contact, la température, l'acidité ou l'alcalinité du milieu.

M. Guichard après avoir fait remarquer que les permanganates en solution acide se décomposent déjà à la température de 45° et à plus forte raison à l'ébullition, a démontré que les essais faits en milieu alcalin, obtenu par le bicarbonate de soude (procédé Lévy), qui donne vers 50° , de l'acide carbonique libre, en se transformant en carbonate neutre) reviennent aux mêmes conditions que les essais effectués en milieu acide.

M. Guichard a ainsi trouvé que le dosage en milieu acide donne un chiffre trop élevé et que les dosages en milieu alcalin par le carbonate neutre de soude ou par la potasse caustique donnent des chiffres identiques et conseille de s'en tenir à ces deux procédés en abandonnant le dosage en milieu acide, ou en milieu devenant acide, en utilisant le bicarbonate de soude.

Nous avons effectué environ 50 dosages comparatifs en rendant le milieu alcalin par 10 cc. pour 200 cc. d'eau et 5 cc. pour 100 cc. d'eau de solutions : 1^o de bicarbonate de soude pur en solution saturés; 2^o de carbonate de soude neutre à $\frac{1}{10}$; 3^o de potasse à $\frac{1}{10}$; 4^o de soude à $\frac{1}{10}$. Nous avons trouvé en général des chiffres concordants, ou du moins de très faibles différences, et dans des sens différents; nous croyons que le milieu peut indifféremment être rendu alcalin par l'une ou l'autre des solutions ci-dessus.

Mais en général la dose trouvée en milieu acide est légèrement supérieure à celle trouvée en milieu alcalin.

Les deux dosages en milieu acide et en milieu alcalin sont nécessaires, car, en solution alcaline, le permanganate attaque et transforme en ammoniaque l'urée, l'acide benzoïque de l'urine des herbivores, la leucine, la tyrosine, etc... (produits amidés) qui se rencontrent généralement dans les eaux qui ont reçu des infiltrations des fosses d'aisance, tandis que les matières organiques complexes résistent à cette action et sont attaquées, au contraire, en solution acide, alors que les premiers produits ne sont pas attaqués.

MM. Pouchet et Bonjean pensent que les matières organiques d'origine végétale absorbent plus d'O en milieu acide qu'en milieu alcalin, et que le contraire a lieu avec les matières organiques d'origine animale. De là un moyen d'établir une distinction et de conclure qu'une eau absorbant plus d'O en milieu alcalin qu'en milieu acide doit être suspectée, puisqu'elle contiendrait surtout des matières organiques d'origine animale. Or, M. Malméjac, ayant repris ces expériences, a démontré qu'elles ne permettraient pas de conclure et, pour lui, on peut conclure à des souillures animales chaque fois que l'analyse décèle des quantités élevées de matières organiques, accompagnées de doses massives d'azote albuminoïde — présence assurée, le plus souvent, par les dosages des phosphates et des chlorures.

M. Duclaux dit (1) : « Il est clair que les chimistes béniraient une méthode qui leur permettrait de découvrir et de doser facilement le total de la matière organique présente dans une eau. On aurait ainsi la somme de ses impuretés et une mesure de sa purification. Malheureusement, on n'a, pour cela, que des procédés très imparfaits.... Du moment qu'il ne s'agit que d'avoir des résultats incomplets et de se faire seulement une idée des choses, on a préféré des méthodes plus simples et plus rapides. »

Dosage des matières organiques par le permanganate de potasse. — « En dehors du dosage de l'azote albuminoïde

(1) Traité de microbiologie, p. 510.

» par le procédé Wanklin et Chapman (p. 46) qui nous
 » renseigne sur la quantité des matières organiques
 » azotées contenues dans l'eau, on dose par le permanga-
 » nate de potasse en liqueur acide, en liqueur alcaline par
 » le bicarbonate de soude, en liqueur alcaline par les
 » alcalis, soude ou potasse.

On dose au laboratoire municipal de Paris, en liqueur acide et en liqueur alcaline par le bicarbonate de soude ; il en est de même au laboratoire de Montsouris ; alors qu'au laboratoire du Comité consultatif d'hygiène publique de France on donne la préférence au dosage en milieu alcalin.

Pour l'évaluation, M. Lévy exprime la matière organique en milligrammes d'O absorbé par litre. Si on veut évaluer en milligrammes de permanganate décoloré la dose sera exprimée numériquement par un chiffre quatre fois plus grand ; et en acide oxalique, ce chiffre sera huit fois plus grand.

Afin de faciliter les calculs nous nous servons d'une solution de permanganate de potasse dont chaque cc. correspond à 0 gr. 0001 (1 dixième de milligr.) d'oxygène par litre, c'est-à-dire obtenue en dissolvant 0 gr. 395 de permanganate de potasse par litre d'eau distillée bouillie, ou bien en mélangeant 10 cc. de solution décimale de permanganate (à 3 gr. 16 par litre) à 70 cc. d'eau distillée bouillie.

Cette solution doit être soigneusement titrée ; pour cela : nous prenons 10 cc. de solution N/10 d'acide oxalique (6 gr. 30 par litre), additionnons de 20 cc. d'eau distillée bouillie et de 5 cc. de SO^4H^2 pur, nous versons alors notre solution de permanganate à l'aide d'une burette graduée jusqu'à coloration rose ; il nous a fallu 83 cc., soit 80 cc. utilement employés pour agir sur l'acide oxalique, ces 80 cc. contiennent une dose de permanganate correspondant à 10 cc. de solution N/10, soit 0 gr. 03162 et 1000 cc. contiennent donc :

$$\frac{0,03162 \times 1000}{80} = 0 \text{ gr. } 395$$

Voici maintenant le mode opératoire :

En milieu acide : Nous prenons 100 cc. exactement de l'eau à analyser dans un matras, nous ajoutons 20 cc. de la solution A (titrée de permanganate à 0 gr. 395 par litre), 5 cc. d'acide sulfurique au 1/4, nous portons à l'ébullition qui est maintenue exactement pendant 10 minutes, nous laissons refroidir, puis nous versons 10 cc. d'une solution de sulfate ferro-ammonique renfermant 10 gr. de ce sel cristallisé et 20 cc. de SO^4H^2 par litre ; la décoloration de la liqueur doit être complète, sinon nous ajouterions 10 autres cc. de solution ferro-ammonique ; puis nous versons goutte à goutte, à l'aide de la burette graduée, la solution A, jusqu'à coloration rose persistante, nous notons le nombre de cc. de solution nécessaire soit K.

Nous faisons une deuxième opération absolument identique et simultanément en opérant sur 200 cc. de la même eau, tout en conservant les mêmes chiffres pour les autres réactifs, sauf pour l'acide sulfurique à 1/4 dont nous mettons 10 cc., afin que l'acidité du milieu soit égale à l'acidité du premier, soit K' le nombre de cc. de permanganate nécessaire pour ramener la coloration rose persistante, la différence $K' - K = Q$ représente le nombre de cc. de permanganate absorbé pour la combustion des matières organiques de 100 cc. d'eau à analyser, nombre qui équivaut au même chiffre en dixièmes de milligramme d'O par 100 cc., ou bien au même chiffre en milligrammes d'O par litre, ce qui simplifie, ou bien à un même nombre de fois 0 gr. 00738, si nous voulions exprimer en acide oxalique.

En milieu alcalin. — Nous prenons pour 2 opérations simultanées, d'une part 100 cc. de l'eau à analyser dans un ballon ou matras de 250 cc. environ, d'autre part 200 cc. dans un autre matras de 500 cc. environ, nous ajoutons dans chacun très exactement mesurés : 5 cc. dans le 1^{er} et 10 cc. dans le 2^e de solution au 1/10^e de bicarbonate de soude pur, ou de carbonate neutre de soude, ou bien de soude ou de potasse caustique, 20 cc. de solution A de permanganate, nous faisons bouillir exactement dix minutes, nous refroidissons rapidement et nous ajoutons 5 cc. dans le 1^{er}

et 10 cc. dans le 2^o de SO^4H^2 à 1/4, 10 cc. de solution acide de sulfate ferro-ammonique, la décoloration se produit rapidement; quand la liqueur est devenue transparente, nous ajoutons goutte à goutte la solution titrée A de permanganate jusqu'à coloration rose.

La différence en cc. des volumes de solution A nécessaires dans l'un et l'autre ballon représente la quantité absorbée par la matière organique de 100 cc. d'eau et équivaut à un nombre égal de milligrammes d'O par litre.

Recherche et dosage des matières organiques par le violet cristallisé. — M. Causse a indiqué (1) que le violet cristallisé ou hexaméthyltriamidol-triphénylcarbinol, en solution à 0 gr. 25 dans 250 cc. de solution aqueuse saturée à froid d'acide sulfureux, permet de distinguer les eaux pures des eaux souillées par des eaux d'égouts, des déjections humaines ou animales.

« 1^o Dans une éprouvette bouchant à l'émeri, on mesure 100 cc. d'eau et l'on ajoute 1 cc. 5 de réactif; si l'eau est pure, il se forme à la surface un anneau violet qui, peu à peu, augmente d'intensité et gagne tout le liquide. Avec les eaux très pures, si le réactif est versé avec soin, on voit la couleur renaître sur le trajet que suit la solution sulfureuse. »

« 2^o On remplit d'eau à analyser un flacon à l'émeri de 200 cc. de capacité, on le place dans une enceinte chauffée à 35° — 40° pendant 2 heures et on l'abandonne ensuite au refroidissement un temps égal; on prélève 100 cc. que l'on additionne de 1 cc. 5 de réactif et si l'eau est pure, on observe une coloration violette dont l'intensité est environ dix fois plus forte que dans la 1^o opération.

« Tandis qu'avec les eaux souillées de déjections humaines ou animales, ou d'égouts, la coloration n'apparaît plus ni à chaud, ni à froid.

« En outre la coloration est d'autant plus accentuée que l'eau contient moins de matières organiques.

Nous avons essayé ces réactions et avons constaté avec

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, p. 71, 2^e sem. 1901.

regret qu'avec toutes les eaux analysées, elle a été négative — c'est-à-dire que la coloration n'a pas reparu.

Analyse spectrale

Rappelons pour mémoire que cette méthode d'analyse est d'une sensibilité qui ne connaît pour ainsi dire pas de limites, qu'elle a permis de reconnaître la présence de certains corps là où les méthodes chimiques, cependant perfectionnées, ne les décelaient pas, de découvrir certains métaux auparavant ignorés, d'étudier la constitution de l'univers.

Nous avons effectué l'observation du spectre d'émission à l'aide du spectroscopie ordinaire des laboratoires. Nous avons, au préalable, réglé l'appareil et mis la raie du sodium fournie par la lampe à gaz ordinaire dont la nacelle contenait du NaCl, en coïncidence avec le trait 100 du micromètre. Puis nous avons utilisé la cuiller en platine qui nous sert pour le saccharimètre à pénombre, soigneusement lavée à l'acide chlorhydrique, dans laquelle nous avons placé les sels minéraux provenant de l'évaporation de 10 litres d'eau d'alimentation de Limoges, humectés d'acide chlorhydrique; comme résultat, nous avons obtenu nettement à plusieurs reprises la raie D du sodium, et aucune autre raie même passagèrement.

Conclusion tirée de l'analyse chimique. — Sans oublier qu'une eau répondant à la composition chimique la plus normale, peut contenir les microbes pathogènes les plus dangereux, tels que le bacille d'Eberth par exemple, et que par suite un examen bactériologique est indispensable pour donner une sécurité absolue sur l'inocuité d'une eau potable, nous pouvons cependant tirer de l'analyse chimique, telle que nous venons de la décrire, les conclusions suivantes: toute eau, pour être potable, devra contenir en dissolution des sels divers dans les proportions indiquées, sa composition chimique devra être constante et ne pas varier sensiblement avec les saisons. Toute eau renfermant des nitrites, de l'ammoniaque, du chlore, des

nitrate, au-dessus des doses indiquées, une dose notable de matières organiques, devra être considérée comme suspecte.

CHAPITRE III

Analyse physique

ou détermination de quelques constantes physico-chimiques

Nous avons recherché si la détermination des constantes physico-chimiques, qui tend à se généraliser dans la pratique des essais et analyses techniques, pourrait nous fournir quelques indications sur la valeur des eaux potables.

Nous avons déterminé comme constantes : la densité, la tension superficielle, le point de congélation ou cryoscopie, la tension de vapeur ou tonométrie, l'indice de réfraction, la polarisation. Ces déterminations ont porté, à titre comparatif, sur de l'eau distillée, sur l'eau d'alimentation actuelle de Limoges et sur l'eau impure des sources d'Aigoulène.

Densité

Rappelons que la densité de l'eau distillée pure a été prise pour terme de comparaison, pour unité à laquelle on rapporte la densité de tous les autres corps solides ou liquides, et que la masse d'un centimètre cube d'eau distillée à + 4° C (température où sa densité est maxima), est l'unité de masse G du système C. G. S. ou gramme-masse,

Nous savons aussi que, théoriquement, la densité et le poids spécifique d'un corps sont deux choses très différentes, la densité impliquant une idée de masse, une idée de molécules, si ces molécules pouvaient être comptées, le poids spécifique, impliquant une idée de force, représentée par l'action que la pesanteur exerce sur la totalité des molécules d'un corps, force résultante à laquelle on donne le nom de poids du corps; que la densité est invariable, alors que le poids P, qui est égal au produit de la masse M, par l'accélération due à la force pesanteur g, $P = Mg$, est variable avec g et varie par suite avec l'altitude et la lati-

tude. Mais dans la pratique, la densité, ou mieux *densité relative*, d'un corps étant la masse de l'unité de volume évaluée par rapport à la masse de 1 cmc. d'eau distillée à + 4°, prise comme unité, et le *poids spécifique relatif* étant le poids de l'unité de volume, évalué par rapport au poids de 1 cmc. d'eau distillée à + 4° C, prise comme unité de poids, sont numériquement égaux, c'est-à-dire représentés par un même chiffre, et sont confondus dans le langage courant.

Les nombreuses méthodes de détermination des densités, consistent à prendre le rapport entre le poids P, d'un volume V du corps considéré à 0° C, et le poids P' d'un égal volume d'eau distillée prise à + 4° C soit $D = \frac{P}{P'}$

Comme il est difficile d'opérer pratiquement sur un corps à 0° C et sur l'eau distillée à + 4° C on opère à la température ambiante t°, pour déterminer le poids P d'un volume quelconque du corps et le poids P' d'un volume égal d'eau distillée et on multiplie le rapport $\frac{P}{P'}$ par la densité d de l'eau distillée à la température t°; la valeur de d est donnée par des tables dressées à cet effet de - 9 à + 100° C. Il est facile de démontrer que le résultat est le même. En effet si d est la densité de l'eau distillée à t° C, nous aurons $d = \frac{P'}{V}$ (1) (en désignant par P' le poids du volume V d'eau à t°) et d'autre part pour la densité du corps en expérience à t° sous un volume V, $D = \frac{P}{V}$ (2). si nous remplaçons dans (2), V par sa valeur tirée de (1) nous aurons $D = \frac{P}{\frac{P'}{d}} = \frac{P}{P'} d$.

Parmi les diverses méthodes employées : balance hydrostatique, balance aréothermique de Mohr, éprouvette graduée, vases communicants; flacons à densités, picnomètres, nous avons choisi : la méthode du flacon à densités,

nitrate, au-dessus des doses indiquées, une dose notable de matières organiques, devra être considérée comme suspecte.

CHAPITRE III

Analyse physique

ou détermination de quelques constantes physico-chimiques

Nous avons recherché si la détermination des constantes physico-chimiques, qui tend à se généraliser dans la pratique des essais et analyses techniques, pourrait nous fournir quelques indications sur la valeur des eaux potables.

Nous avons déterminé comme constantes : la densité, la tension superficielle, le point de congélation ou cryoscopie, la tension de vapeur ou tonométrie, l'indice de réfraction, la polarisation. Ces déterminations ont porté, à titre comparatif, sur de l'eau distillée, sur l'eau d'alimentation actuelle de Limoges et sur l'eau impure des sources d'Aigoulène.

Densité

Rappelons que la densité de l'eau distillée pure a été prise pour terme de comparaison, pour unité à laquelle on rapporte la densité de tous les autres corps solides ou liquides, et que la masse d'un centimètre cube d'eau distillée à + 4° C (température où sa densité est maxima), est l'unité de masse G du système C. G. S. ou gramme-masse,

Nous savons aussi que, théoriquement, la densité et le poids spécifique d'un corps sont deux choses très différentes, la densité impliquant une idée de masse, une idée de molécules, si ces molécules pouvaient être comptées, le poids spécifique, impliquant une idée de force, représentée par l'action que la pesanteur exerce sur la totalité des molécules d'un corps, force résultante à laquelle on donne le nom de poids du corps; que la densité est invariable, alors que le poids P, qui est égal au produit de la masse M, par l'accélération due à la force pesanteur g, $P = Mg$, est variable avec g et varie par suite avec l'altitude et la lati-

tude. Mais dans la pratique, la densité, ou mieux *densité relative*, d'un corps étant la masse de l'unité de volume évaluée par rapport à la masse de 1 cmc. d'eau distillée à + 4°, prise comme unité, et le *poids spécifique relatif* étant le poids de l'unité de volume, évalué par rapport au poids de 1 cmc. d'eau distillée à + 4° C, prise comme unité de poids, sont numériquement égaux, c'est-à-dire représentés par un même chiffre, et sont confondus dans le langage courant.

Les nombreuses méthodes de détermination des densités, consistent à prendre le rapport entre le poids P, d'un volume V du corps considéré à 0° C, et le poids P' d'un égal volume d'eau distillée prise à + 4° C soit $D = \frac{P}{P'}$

Comme il est difficile d'opérer pratiquement sur un corps à 0° C et sur l'eau distillée à + 4° C on opère à la température ambiante t°, pour déterminer le poids P d'un volume quelconque du corps et le poids P' d'un volume égal d'eau distillée et on multiplie le rapport $\frac{P}{P'}$ par la densité d de

l'eau distillée à la température t°; la valeur de d est donnée par des tables dressées à cet effet de - 9 à + 100° C. Il est facile de démontrer que le résultat est le même. En effet si d est la densité de l'eau distillée à t° C, nous aurons $d = \frac{P'}{V}$ (1) (en désignant par P' le poids du volume V

d'eau à t°) et d'autre part pour la densité du corps en expérience à t° sous un volume V, $D = \frac{P}{V}$ (2). si nous remplaçons dans (2), V par sa valeur tirée de (1) nous aurons

$$D = \frac{P}{\frac{P'}{d}} = \frac{P}{P'} d.$$

Parmi les diverses méthodes employées : balance hydrostatique, balance aréothermique de Mohr, éprouvette graduée, vases communicants; flacons à densités, picnomètres, nous avons choisi : la méthode du flacon à densités,

la balance aréothermique de Mohr, les picnomètres de Sprengel.

Toutes ces méthodes nous ont donné à des températures différentes qui ont varié de 8 à 15°, des chiffres très concordants dont la moyenne finale a été 1 pour la densité de l'eau d'alimentation de Limoges rapportée à + 4°, les poids ont en effet toujours été égaux en employant de l'eau distillée pure et l'eau de Limoges, dans les divers flacons à densité, picnomètres cités, et balance de Mohr.

Pour la densité de l'eau des sources d'Aigoulène, nous avons obtenu comme moyenne finale $D = 1,000126946$.

Tension superficielle

Nous savons que la *tension superficielle* des liquides, qui peut être comparée à une membrane élastique tendue uniformément et enserrant le liquide, est représentée par la force de réunion du liquide pour lui-même s'exerçant sur une longueur de 1 millimètre; force qui s'exerce normalement à toute coupure faite dans cette *membrane hypothétique* pour empêcher les deux lèvres de cette coupure de s'écarter.

Nous ne nous occuperons pas ici des relations existantes entre la valeur de la *tension superficielle* des liquides et leur *constitution chimique, densité, poids atomique, etc...*, rappelons seulement que toutes les fois que la surface libre d'un liquide n'est pas plane et horizontale, sa *tension superficielle* donne naissance à une force composante qui est *normale* à l'élément de surface considéré et dirigée vers l'intérieur ou vers l'extérieur du liquide selon que la concavité de la surface est tournée vers l'intérieur ou vers l'extérieur du liquide, et que l'*intensité* de cette force N est donnée par la formule de Laplace $N = f \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$ dans laquelle f représente la *tension superficielle* du liquide, R et R' les rayons principaux de courbure de la surface.

Que, d'autre part, la hauteur h d'ascension d'un liquide

dans un tube capillaire dont il mouille parfaitement les parois est égale à : $h = \frac{2f}{d} \times \frac{1}{r}$, en désignant par f la *tension superficielle* du liquide, par d sa densité et par r le rayon du tube capillaire. Cette formule nous indique qu'il est facile d'évaluer f en mesurant à l'aide du *cathétomètre* la hauteur d'ascension h d'un liquide de densité connue, dans un tube capillaire de rayon connu ou mesuré au sphéromètre ou au palmer.

Nous avons donné la préférence à la formule suivante : $P = 2 N r f$, qui a été établie à l'aide du *compte-gouttes*. Si nous considérons, en effet, un tube de verre terminé par un tube capillaire et un liquide mouillant le verre s'écoulant par gouttes : au moment où une goutte va se détacher de l'orifice du tube capillaire, on voit un étranglement se produire dans la goutte près de l'extrémité du tube, puis la goutte se détache et tombe.

À ce moment son poids P fait équilibre ou mieux dépasse d'une quantité infiniment petite la force d'adhésion qui maintient la goutte adhérente au reste du liquide et qui est $2 \pi r f$, en désignant par f la *tension superficielle* du liquide, et par r le rayon de la circonférence *extérieure* de l'orifice. Cette formule générale donnerait, avec des liquides de densités et de tensions superficielles différentes, $P' = 2 \pi r f'$; $P'' = 2 \pi r f''$, etc..., de telle sorte que l'on a pu établir la relation :

$$\frac{P}{P'} = \frac{2 \pi r f}{2 \pi r f'} = \frac{f}{f'}$$

c'est-à-dire : avec un même compte-gouttes, les poids des gouttes fournies par deux liquides différents sont proportionnels à leurs tensions superficielles.

Nous avons aussi utilisé la même formule de la façon suivante : nous prenons 5 cc. de l'eau, ou d'un liquide quelconque du reste, en expérience dans le compte-gouttes de Duclaux d'une capacité de 5 cc. au trait de jauge, et nous comptons le nombre de gouttes fournies, soit N. Nous déterminons la densité du liquide en expérience par la méthode du flacon ou par la *balance aréothermique de Mohr*,

soit d . Si p est le poids d'une goutte, N gouttes pèseront $P = Np$. Nous avons aussi $P = 5 \text{ cc.} \times d$ et $p = 2\pi r f$, de sorte qu'en remplaçant P et p par leurs valeurs en fonctions de f et de d , il vient :

$$5 \times d = 2\pi r f N$$

d'où :

$$f = \frac{5d}{2\pi r N}$$

Or, il a été établi qu'avec l'eau distillée, $N = 100$, $d = 1$ et f (tension superficielle) = 7 milligr, 5, de sorte que le rapport de la tension superficielle f cherchée à la tension f' de l'eau distillée sera :

$$\frac{f}{f'} = \frac{5d}{2\pi r N} = \frac{5 \times 1}{2\pi r \times 100}$$

$$\frac{5d \times 2\pi r \times 100}{5 \times 2\pi r N} = \frac{100d}{N} \text{ d'où } f = 7 \text{ mgr. } 5 \times \frac{100d}{N}$$

Or, nous avons vu que nos expériences nous ont donné pour la densité de l'eau de Limoges $d = 1$ et pour l'eau de la source d'Aigoulène $d = 1,000126946$, soit sans erreur sensible $d = 1$.

Expérimentalement, nous avons pris le compte-gouttes de Duclaux, que nous avons fixé dans un bouchon de caoutchouc percé qui était lui-même pris dans la pince d'un support de burette, cela afin d'éviter les mouvements de la main qui peuvent fausser les résultats en faisant tomber les gouttes avant l'égalité du poids et de la force d'adhésion. Nous avons opéré toujours à la température de $+15^\circ \text{C}$. que nous obtenions facilement en exposant l'eau dans notre laboratoire quelques heures avant les expériences, température vérifiée chaque fois du reste. Nous donnons ci-dessous : 1° Le nombre de gouttes obtenues avec les 5 cc. du compte-gouttes; 2° le poids de ce volume de 5 cc. que nous obtenons en recevant les gouttes dans une capsule de platine tarée; 3° le poids correspondant à 100 gouttes évalué mathématiquement pour chaque expérience.

EAU DISTILLÉE

N° D'ORDRE des Expériences	NOMBRE de gouttes N	POIDS DU nombre N de gouttes des 5 cc.	POIDS de cent gouttes
1	101	4 gr. 975	4 gr. 925
2	101	4 gr. 96	4 gr. 91
3	100	4 gr. 94	4 gr. 94
4	99	4 gr. 96	5 gr. 01
5	101	4 gr. 98	4 gr. 93
Totaux.....	502	24 gr. 815	24 gr. 735
Moyennes...	100 g. 4	4 gr. 963	4 gr. 947

EAU D'ALIMENTATION DE LIMOGES

1	99	4 gr. 935	4 gr. 984
2	101	4 gr. 96	4 gr. 91
3	100	4 gr. 92	4 gr. 92
4	101	4 gr. 95	4 gr. 90
5	100	4 gr. 92	4 gr. 92
Totaux.....	501	24 gr. 685	24 gr. 634
Moyennes...	100 g. 2	4 gr. 937	4 gr. 927

EAU DE LA SOURCE D'AIGOULÈNE

1	97	4 gr. 8564	5 gr. 12
2	100	4 gr. 94	4 gr. 94
3	95	4 gr. 8925	5 gr. 15
4	98	4 gr. 8672	5 gr. 07
5	100	4 gr. 91	4 gr. 91
Totaux.....	488	24 gr. 4661	25 gr. 19
Moyennes...	97,6	4 gr. 8932	5 gr. 038

En appliquant les deux formules $\frac{P}{P'} = \frac{f}{f'}$ et $f = 7 \text{ mgr. } 5$ $\times \frac{100d}{N}$ aux moyennes obtenues, nous aurons :

Pour la 1^{re} formule $\frac{P}{P'} = \frac{f}{f'}$ d'où f (tension superficielle du

liquide en expérience) = $f' \times \frac{P}{P'}$ f' représentant la *tension superficielle* de l'eau distillée, P le poids de cent gouttes du liquide en expérience P' le poids de cent gouttes d'eau distillée :

Pour l'eau de Limoges, sa tension superficielle $f = 7 \text{ mgr. } 5 \times \frac{4.927}{4.947} = 7 \text{ mgr. } 368.$

Pour l'eau de la source d'Aigoulène, sa tension superficielle $f = 7 \text{ mgr. } 5 \times \frac{5.938}{4.947} = 7 \text{ mgr. } 637925.$

Pour la 2^e formule $f = 7 \text{ mgr. } 5 \times \frac{100 d}{N}$ nous aurons :

Pour l'eau de Limoges, sa tension superficielle $f = 7,5 \times \frac{100,4}{100,2} = 7 \text{ mgr. } 51947.$

Pour l'eau de la source d'Aigoulène, sa tension superficielle $f = 7,5 \times \frac{100,4}{97,6} = 7 \text{ mgr. } 7151$

Si, négligeant nos déterminations pour l'eau distillée, nous acceptons $N = 100$ pour le compte-gouttes de Duclaux, et pour l'eau distillée à $+ 15^{\circ}$ de température, nous aurions :

Pour l'eau de Limoges : $f = 7,5 \times \frac{100}{100,2} = 7 \text{ mgr. } 485.$

Pour l'eau d'Aigoulène : $f = 7,5 \times \frac{100}{97,6} = 7 \text{ mgr. } 6844$

Nous ne pensons pas que l'on puisse tirer de la détermination de la *tension superficielle* des eaux potables, une indication précise sur leur valeur alimentaire ou biologique.

Cryoscopie

M. Raoult définit la cryoscopie : « l'étude des corps dissous fondée sur l'observation du point de congélation de leurs dissolutions » (1).

(1) Raoult, sur les progrès de la cryoscopie ou étude du point de congélation des dissolutions. Grenoble 1889.

A la suite de nombreuses expériences, Raoult a pu établir les lois suivantes :

1^o *Toute substance solide, liquide ou gazeuse, en se dissolvant dans un corps défini liquide, capable de se solidifier, en abaisse le point de solidification, et cela d'autant plus que la solution est plus concentrée.* (1)

2^o « *L'abaissement du point de congélation d'une solution d'une ou plusieurs substances est proportionnel au nombre de molécules dissoutes; et indépendant du poids ou de la nature des molécules* ».

Nous nous sommes demandés si nous trouverions dans la détermination du point de congélation de l'eau d'alimentation de Limoges comparée à l'eau distillée et à l'eau impure de la source d'Aigoulène, une indication quelconque, nous avons pratiqué à deux reprises la détermination sur 3 échantillons :

- 1^o d'eau distillée;
- 2^o d'eau de Limoges;
- 3^o d'eau d'Aigoulène;

Nous avons toujours obtenu comme point de congélation 0° très exactement; le thermomètre centigrade, dont nous nous servions était gradué de $- 6, 3$ à $+ 3, 8$ divisé en $1/50^{\circ}$ de degré.

Nos expériences ont été faites avec le cryoscope de MM. Claude et Balthazard (fig. 11) et le mode opératoire suivant :

Remplir d'éther aux $3/4$ environ de sa hauteur le vase V, par la tubulure O, que l'on pourra fermer à l'aide d'un bouchon de caoutchouc.

L'air sec est aspiré au moyen d'une trompe à eau par le tube C, provenant du flacon F, qui contient de l'acide sulfurique concentré, et se dégage par le tube en spirale au fond du vase V.

On verse un peu d'alcool dans le tube A de l'appareil qui sert de conducteur entre la conserve réfrigérante et le liquide à congeler, mais le niveau de l'alcool doit être au-dessous du niveau de l'eau dont on verse 10 cc. environ dans

(1) Raoult. Comptes rendus de l'Académie des sciences, 27 nov, 1882.

le récipient B que l'on introduit ensuite dans A. Le thermomètre, suspendu par le crochet du support, et l'agitateur en spirale qui l'entoure, sont entièrement immergés dans la solution.

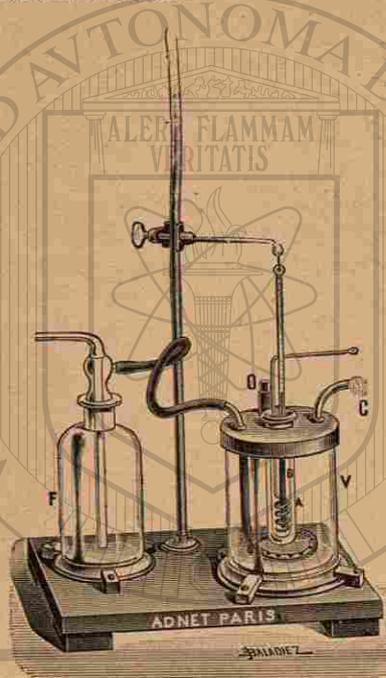


Fig. II. — Cryoscope de MM. Claude et Balthazard.

On fait alors un appel d'air comme il est dit ci-dessus, en ayant soin, pendant le refroidissement, surtout depuis la température de 0°, d'agiter pour maintenir l'eau à une température homogène. En général après dix minutes le thermomètre descend de 1 à 2° 5 au-dessous de zéro, puis il remonte rapidement pour s'arrêter à zéro, où il reste fixé et où nous avons pu le maintenir pendant 5 minutes d'une façon invariable. L'eau est alors en partie congelée, et l'agitateur est immobilisé.

Nous pensons que la cryoscopie ne peut fournir aucun renseignement sur la valeur hygiénique d'une eau potable.

Tonométrie

La tonométrie, étroitement liée à la cryoscopie, et qui consiste à étudier les tensions de vapeurs, soit des liquides purs, soit des dissolutions, permet, concurremment à la cryoscopie, la détermination des poids moléculaires des corps, et aussi le dosage de la quantité du corps dissout par l'élévation du point d'ébullition de la dissolution.

Nous savons que la température d'ébullition est une constante physique qui obéit aux lois suivantes :

1° Sous une pression donnée, un même liquide entre en ébullition à une même température qui est celle à laquelle la tension maxima de sa vapeur est égale à la pression qu'il supporte.

2° Sous une pression constante, la température du liquide ne varie pas pendant toute la durée de l'ébullition.

Nous avons donc dans la détermination de la température d'ébullition de l'eau, un moyen pratique de déterminer la valeur de sa tension de vapeur, et en même temps précis si nous nous entourons des précautions requises pour une détermination exacte, et nous savons d'autre part que la tension de vapeur des liquides volatils varie selon la proportion de corps solides qu'ils tiennent en dissolution. Nous avons employé l'ébullioscope Raoult, qui se compose d'une éprouvette ébullioscopique en verre dans laquelle nous introduirons successivement de l'eau distillée pure, de l'eau d'alimentation de Limoges et de l'eau de la source d'Aigoulène; au fond de cette éprouvette nous plaçons quelques perles de verre pour régulariser l'ébullition, puis dans les trois trous du bouchon qui ferme l'éprouvette, nous plaçons : 1° un tube de verre contenant du mercure dans lequel nous plongeons le réservoir du thermomètre, 2° un réfrigérant à reflux et nous fermons le 3° trou par un tube de verre que nous obturons par du coton hydrophile. Nous mettons alors l'éprouvette ébullioscopique dans la cavité cylindrique de l'étuve annulaire dans laquelle nous plaçons de l'eau distillée ou de l'eau de Limoges ou d'Aigoulène, la même que celle qui est en expérience dans l'éprouvette ébullioscopique, cela de façon à protéger contre le refroidissement l'éprouvette centrale, lorsque nous allons porter l'eau en expérience à l'ébullition.

Puis nous portons à l'ébullition et notons la température indiquée par le thermomètre lorsque celui-ci est stationnaire.

Nous avons obtenu pour les points d'ébullition :

Eau distillée, 99°9;

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 réfractomètre 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 D^r 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 D^r David. — Librairie Ducourtieux et Gout à Limoges.

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 réfractomètre 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 D^r 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 D^r 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 béculé 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 93 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 rose*, 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 cladothrix, 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 adjouvants*, car Metchnikoff a montré que le vibron cholérique a besoin d'autres microbes adjouvants pour produire le choléra, et peut-être sera-t-il de même démontré bientôt que le bacille d'Eberth a besoin d'adjouvants 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.

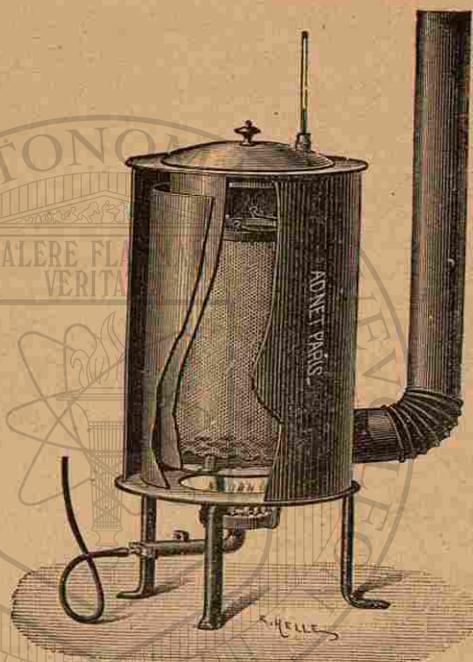


Fig. 12.

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.

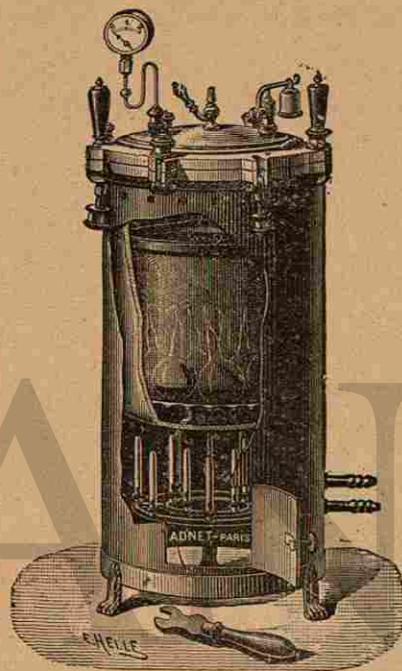


Fig. 13.

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 filtrat parfaitement clair dans des tubes à essai, environ 10 cc. 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 Banes ; 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.

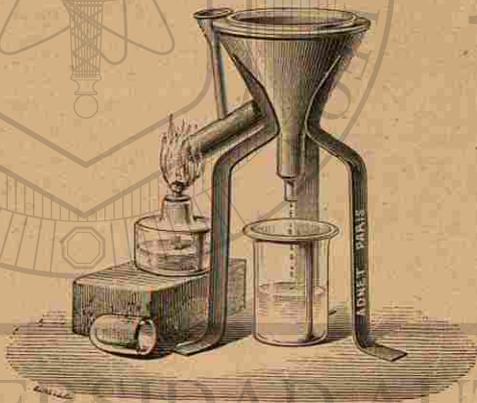


Fig. 14.

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 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

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 Banes ; 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 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

ingénieurs s'efforcent de rechercher en s'appuyant sur les méthodes précises des sciences expérimentales, des procédés permettant d'éliminer, aussi complètement que possible, les microbes pathogènes.

Nous pensons être utile à nos lecteurs en donnant quelques indications sur les divers procédés permettant de purifier une eau quelconque pour la rendre aussi bonne et inoffensive que possible.

Parmi ces procédés, nous avons :

- 1° La distillation ;
- 2° L'ébullition ;
- 3° La congélation ;
- 4° La décantation ;
- 5° La filtration ;
- 6° Les produits chimiques.

Distillation. — La distillation, qui est le procédé employé pour obtenir de l'eau chimiquement pure, est théoriquement le vrai procédé de purification. Il faut avoir soin de rejeter les premières portions distillées qui renferment les gaz dissous, CO_2 ; O ; Az ; et aussi l'ammoniaque que renferment quelques eaux de pluie, à l'état libre ou qui est libéré des sels ammoniacaux et de ne distiller que les $\frac{2}{3}$ environ du volume total, car vers la fin de l'opération il distille un peu d' HCl provenant de la décomposition du chlorure de magnésium.

Mais l'eau distillée pure est d'un goût fade, légèrement odorante (goût de feu) ; n'est pas aérée, et ne joue plus sa fonction naturelle d'aliment salin ; aussi n'utilise-t-on l'eau distillée que sur les navires où on l'aère en la fouettant à l'air, et où on lui enlève le *goût fade* en l'additionnant de sel marin et de bicarbonate de chaux, à faibles doses.

Ebullition. — L'ébullition purifie l'eau par deux actions : 1° une action chimique ; 2° une action microbicide.

L'action chimique consiste à dégager les gaz dissous O , Az et CO_2 ; or, le dégagement de l'acide carbonique libre et de celui des bicarbonates qui sont décomposés à l'ébullition, entraîne la précipitation des carbonates de chaux

et de magnésie, et diminue ainsi le degré hydrotimétrique total. M. Guinard a vérifié que cet abaissement du degré hydrotimétrique ne s'appliquait qu'aux eaux très riches en bicarbonates, et par suite impropres aux usages alimentaires, et conseillé l'ébullition, affirmant que l'eau bouillie, conserve suffisamment de sels dissous, sels que les autres aliments, tels que le pain, le vin, etc., nous fournissent à doses suffisantes du reste, et qu'une exposition de vingt à vingt-quatre heures de l'eau bouillie, au contact de l'air dans un endroit frais suffit pour lui permettre de redissoudre la majeure partie de l'oxygène et de l'azote qu'elle a perdus.

L'action microbicide est des plus énergiques : en général les microbes sont détruits assez facilement par la chaleur, il résulte, en effet, d'expériences de MM. Miquel, Wada, Guinochet, qu'à l'ébullition 995 p. 1.000 des microbes sont détruits, mais ce qui importe surtout c'est que les espèces pathogènes sont détruites même à des températures inférieures, c'est ainsi que le bacille typhique et celui du choléra sont détruits à 50° . Si donc on fait bouillir de l'eau pendant 10 à 20 minutes, on a les plus grandes chances de détruire ses microbes et surtout les plus dangereux.

Pasteur, cependant, a montré qu'il faut porter l'eau à 110 et 120° pour être assuré de la destruction de tous les microbes.

On a imaginé un grand nombre d'appareils dans le but de stériliser ainsi l'eau à 120° , parmi ceux-ci les appareils Rouart, Geneste et Herscher — ceux de MM. Vaillard et Desmaroux — ceux de M. Kuhn, etc. Ces appareils donnent tous de très bons résultats, malheureusement les constructeurs n'ont jusqu'ici fabriqué que des appareils applicables aux villes ou à de grandes usines, il serait désirable, que de petits appareils construits sur le même principe fussent mis à la disposition des familles.

L'eau bouillie est fade, désagréable à boire, et il est bon de la laisser refroidir à l'air libre, pour l'aérer, mais alors on l'expose de nouveau aux microbes de l'air, sauf à stériliser celui-ci.

Quoiqu'il en soit, la pratique de l'ébullition avec ou sans les appareils spéciaux est à conseiller.

On peut alors lui enlever son goût désagréable, en faisant des infusions légères de plantes aromatiques ou stimulantes ; telles que : thé, aya-pana, café, tilleul, etc.

Congélation. — La résistance des microbes au froid est très grande, même des températures bien inférieures à 0° ne font qu'entraver leur développement, sans les détruire ; c'est à ce titre que la glace ou des froids plus intenses conservent les matières organisées en annihilant le développement des microbes, mais ceux-ci reprennent toute leur vitalité endormie lorsque la température redevient favorable à leur développement.

La congélation purifie cependant l'eau des sels minéraux et matières organiques, c'est ainsi que la glace se formant au sein d'une eau chargée de matières organiques, de sels minéraux, sera à peu près pure alors que les impuretés resteront dans l'eau-mère.

La congélation devient donc avantageuse dans certains cas, sur les navires par exemple : pour purifier l'eau de la mer.

Décantation. — Dans les pays où les sources d'eau manquent, on conserve dans des citernes l'eau de pluie, c'est-à-dire l'eau chargée d'un peu d'ammoniaque, de nitrate, etc. Ce mode de conservation est mauvais assurément ; cependant, l'eau ainsi conservée se purifie en abandonnant par le repos les matières étrangères et on a constaté que les microbes eux-mêmes sont en partie détruits.

La décantation est aussi appliquée après purification de l'eau par des agents chimiques précipitant les impuretés.

Filtration. — L'épuration par filtration est effectuée naturellement par les terrains traversés, et artificiellement par plusieurs procédés dont nous allons parler.

La valeur des terrains comme filtres est très variable, mais en général ils constituent de très bons filtres et sous une épaisseur suffisante ils donnent aux points d'émergence, ou sources, des eaux pures privées de microbes ; la

plupart des grandes villes ont eu recours à la filtration par le sol pour se procurer des eaux potables. Mais il ne faut pas oublier qu'il faut souvent une épaisseur de terre de 2 à 10 mètres pour obtenir ce résultat. aussi, étant données les nombreuses souillures que l'homme répand journellement à la surface de la terre pour les besoins de l'agriculture, est-il très important que les conduites amenant l'eau potable d'une source pure, soient placées profondément dans le sol, et soient parfaitement étanches, afin qu'elles ne puissent recevoir les eaux d'infiltrations superficielles.

L'action très énergique du sol comme épurateur, est due à des phénomènes physiques et chimiques complexes, attractions moléculaires, réactions chimiques, etc.

Filtres. — Tous les filtres retiennent un plus ou moins grand nombre de microbes, et la filtration sera d'autant plus parfaite que le filtre sera plus fin. La petitesse des intervalles moléculaires n'est pas cependant le facteur unique, car aucun filtre, même de la plus pure porcelaine, ne serait un obstacle suffisant au passage des microbes. M. Arloing a démontré que le filtre Chamberland appauvriissait l'eau d'une façon très appréciable en matières azotées et hydrocarbonées.

D'où il résulte que les bougies filtrantes diverses retiennent des matières salines, des matières organiques, et les microbes tout au moins au début de leur fonctionnement, et par suite l'intérieur de la bougie devient après peu de durée du fonctionnement un excellent milieu de culture pour les microbes retenus, qui se multiplient à travers les pores du filtre, et il arrive alors que l'eau filtrée en contient autant sinon plus que l'eau avant son passage à travers le filtre. ®

En général, tous les filtres à bougies de porcelaine, dont les filtres Chamberland sont le type, donnent de l'eau pure débarrassée des matières organiques et des microbes, pendant les premiers jours de leur fonctionnement, mais après 3, 5 et 10 jours, ils laissent passer les microbes.

Pour obvier à cet inconvénient, Chamberland a proposé de faire bouillir les bougies dans l'eau acidulée. D'autres

auteurs ont proposé divers produits parmi lesquels le permanganate de potasse en solution à 1/1.000°. Il s'ensuit que les bougies devront être nettoyées souvent, et, de préférence, d'après les indications de M. Guinochet :

« 1° Faire tous les jours un nettoyage superficiel par frottement ;

» 2° Toutes les semaines (plus souvent, si l'eau est très impure), une stérilisation à froid au moyen d'une solution de permanganate à 1/1.000°.

» 3° Faire trois ou quatre fois par an un nettoyage à fond en faisant usage successivement d'une solution de permanganate à 5/1.000 et d'une solution de bisulfite de soude à 1/20. »

Les variétés de filtres sont fort nombreuses ; en dehors de la bougie en porcelaine, dont nous venons de parler, MM. Garros, Maillié, Breyer ont utilisé l'amianté, en bougies ou en disques. MM. Grandjean, Pottevin ont utilisé la cellulose.

Purifications par les actions chimiques. — L'action chimique peut se porter sur les éléments chimiques de l'eau, ou sur les microbes et matières organiques.

La purification qui consiste à débarrasser l'eau d'une partie ou de la totalité de ses sels, n'a guère d'importance qu'au point de vue industriel, c'est ainsi qu'on additionne l'eau calcaire devant servir au lessivage du linge, de *lessives* qui sont en général des carbonates alcalins renfermant des quantités variables d'alcali libre, qui s'empare de CO_2 libre et de CO_2 des bicarbonates terreux et précipite la chaux et le magnésium à l'état de carbonate de chaux ou de magnésium neutre insoluble — alors que le carbonate alcalin précipite de même les sulfate ou chlorure de chaux à l'état de carbonate de chaux insoluble.

De même l'eau calcaire rend durs les légumes, qu'elle cuit mal, et il suffit d'ajouter un cristal de carbonate de soude pour la rendre bonne à la cuisson des légumes.

La purification chimique qui détruit les microbes est beaucoup plus importante. Nous laisserons de côté les produits antiseptiques qui détruisent parfaitement les mi-

crobes, mais rendent l'eau *médicinale* et non utilisable en alimentation.

Nous avons dans la lumière solaire un purificateur chimique naturel dont l'action stérilisatrice est des plus énergiques et peut s'étendre à 2 et 3 mètres de profondeur selon la transparence des eaux.

En général, l'emploi de composés chimiques détermine un précipité qu'il faudra séparer par la filtration, mais ici la filtration peut être quelconque, puisqu'elle s'exerce sur une eau dont les microbes ont été tués par un agent chimique, il suffit alors que le procédé de filtration choisi donne une eau limpide, dont le précipité est bien retenu sur le filtre.

Parmi les nombreux composés chimiques proposés pour purifier l'eau de ses microbes, citons : les divers acides (citrique, tartrique) qui tuent partiellement les microbes, l'acide carbonique qui, sous pression, tue certains microbes et plus spécialement les *aérobies*, mais le *b* typhique se développe très bien dans l'eau de seltz, ces produits ne sont donc pas suffisants, il en est de même de l'alun seul ou uni au carbonate de soude et à la chaux.

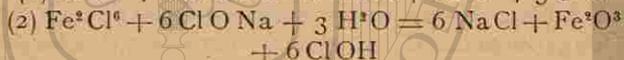
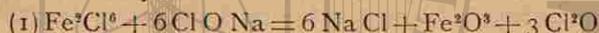
L'iode, proposé par Meillère dès 1894, donne de très bons résultats ; MM. Vaillard et Georges viennent dans un rapport au Comité technique de santé (1903) de recommander l'iode libre après s'être assurés qu'il tue très rapidement les microbes. Ils font préparer pour les troupes en marche des comprimés, mais tout le monde peut facilement stériliser son eau en versant quatre gouttes normales de teinture d'iode que l'on trouve dans toutes les pharmacies, dans la carafe d'eau impure, une demi-heure après on peut boire cette eau iodée, après ou même sans filtration ; mélangée au vin elle ne conserve aucun mauvais goût et n'offre aucun danger pour la santé. ®

Le fer utilisé sous forme d'oxydes divers qui brûlent les matières organiques en se désoxygénant, et qui se peroxydent de nouveau aux dépens de l'oxygène dissous dans l'eau, ne donnent qu'une destruction partielle des microbes.

Le peroxyde de chlore, proposé par M. Bergé, est un oxydant énergique, brûle également les matières organiques et tue les microbes, mais il faut éviter avec soin qu'il ne reste dans l'eau du chlore qui la rendrait mauvaise.

M. Duyk a exposé dans les *Annales de chimie analytique* (nos de janvier, février, mars, avril 1903) un procédé par l'action combinée du peroxyde de fer et de l'oxyde hypochloreux (ferrochlore), qui est appliqué depuis mars 1902 à Middelkerke et produit des résultats excellents à peu de frais.

Le procédé de M. Duyk est basé sur l'action combinée du chlore ou de ses composés oxygénés et des oxydes supérieurs du fer, produits par l'action d'un sel ferrique sur un hypochlorite, et qui peut être exprimée par l'une ou l'autre des équations :



On peut indifféremment faire usage d'hypochlorite de soude, de potasse ou de chaux.

A la suite d'une étude très documentée, M. Duyk est amené à penser que son mélange hypochlorite-perchlorure de fer qu'il désigne sous la dénomination de ferrochlore, renferme de l'acide hypochloreux, du peroxyde de fer et un ferrate. L'expérience lui a démontré que le ferrochlore introduit dans une eau trouble, riche en matières putrescibles et en microorganismes agit par l'anhydride hypochloreux, ou le mélange d'oxydes de chlore, de chlore et d'oxygène, comme toxique sur les diverses bactéries que l'eau renferme, et en même temps oxyde les matières organiques facilement combustibles, ainsi que les premiers produits de leur décomposition (ammoniaque, acide nitreux, gaz sulfurés) et aussi certaines sécrétions microbiennes, zymases et toxines, très sensibles à l'action des oxydants.

Une difficulté à ce procédé réside dans le dosage de la quantité nécessaire du réactif, sans aller à un grand excès, difficulté qui se retrouve du reste avec tous les procédés à

peu près d'épuration chimique. M. Duyk pense que la quantité du réactif est suffisante avec 0 gr. 005 à 0 gr. 007 de chlore, quantité qui lui a toujours permis de retrouver un excès de chlore dans l'eau filtrée décelable à l'aide de l'empois d'amidon ioduré. Il a pu constater en outre que lorsque la quantité de chlore libre restée dans l'eau n'est pas trop grande, le chlore disparaît peu à peu et ne se retrouve plus tel quel, il suppose qu'il s'est salifié, ou qu'il s'est additionné à la molécule organique. Dans tous les cas on peut toujours s'en débarrasser en agitant l'eau traitée avec un peu de fer métallique.

En outre ce procédé introduit toujours une petite quantité de chlorure de sodium ou de calcium, suivant qu'on a pris l'hypochlorite de sodium ou de calcium, cette quantité ne dépasse jamais 0 gr. 02 (exprimée en Cl), comme l'a démontré M. Duyk, par litre, et peut être considérée comme inoffensive d'après M. Pouchet.

Ce procédé au ferrochlore malgré son léger inconvénient d'introduire une trace de chlorure ou même d'un composé du chlore, paraît donc très pratique, par l'élimination de tous les organismes nocifs, par un changement important dans la composition chimique et conséquemment dans les propriétés organoleptiques de l'eau, qui, aussi impure qu'elle soit, possède après traitement et filtration convenable, toutes les qualités d'une eau saine et agréable : elle se montre incolore, inodore (lorsque l'eau brute n'est point trop odorante), d'une limpidité parfaite, dépourvue de toute matière organique nuisible.

La pratique du procédé est des plus simples, si on opère en petit, on verse dans un volume donné d'eau à épurer, le réactif (obtenu en mélangeant parties égales d'une solution à 2 p. 100 d'hypochlorite de soude et d'une solution à 2 p. 100 de perchlorure de fer), on agite fortement et après 10 minutes au plus, on filtre le liquide trouble par l'un des nombreux moyens connus.

Dans une grande exploitation, il suffit de faire arriver constamment dans le courant d'eau une quantité déterminée de réactif et d'assurer le mélange intime par agita-

tion, de filtrer de préférence au sable pour séparer le précipité ferrique.

Purification par les permanganates. — Les permanganates détruisent parfaitement les matières organiques, et ils détruisent également bien les microbes, si, comme l'a démontré le docteur Guinochet, on en met un excès, c'est-à-dire suffisamment pour que l'eau reste colorée en rose.

Or, bien que cet excès puisse être absorbé impunément, il ne paraît pas normal de boire de l'eau ainsi colorée par cet excès. C'est pourquoi divers procédés ont été proposés pour éliminer l'excès de permanganate.

1° Des poudres inertes, telles que : tan, café, thé, réglisse, qui décomposent les permanganates, en donnant de l'oxyde manganique, que l'on sépare par filtration, ainsi que la poudre introduite.

2° M^{lre} Schipiloff a proposé le sucre, le vin ou l'alcool, produits d'un prix un peu élevé, une filtration ultérieure est nécessaire.

3° MM. Bordas et Girard indiquent pour se débarrasser de l'excès de permanganate de chaux, qu'ils emploient aujourd'hui pour l'épuration, la filtration à travers un bloc de charbon animal et d'oxyde de manganèse; ce dernier se transforme en bioxyde, en réduisant le permanganate de chaux. Leur procédé est utilisé dans *le filtre épurateur Lutèce*.

4° M. Guichard indique le fer qui décompose rapidement les permanganates, après formation primitive d'un peu d'oxyde ferreux, et le fer en excès réduit l'oxyde ferrique en oxyde ferreux, point besoin des matières organiques de l'eau pour cette réduction. M. Guichard indique de faire passer l'eau permanganatée dans un flacon rempli de paille de fer, ou l'excès de permanganate est décomposé, puis de la filtrer sur de la ouate hydrophile qui retient les oxydes de fer et de manganèse.

On peut facilement installer dans un ménage un appareil donnant ces résultats, il suffit de quelques flacons tubulés et de produits communs et économiques. On obtient ainsi une eau parfaitement stérilisée à peu de frais.

5° M. Lapéreyre, pharmacien de la marine, a indiqué l'emploi du permanganate d'alumine et de chaux qu'il obtient par mélange du permanganate de potasse ou de chaux avec de la chaux éteinte et du sulfate d'alumine, qui lui a donné d'excellents résultats en 5 à 15 minutes. Il filtre l'eau à la fibre de tourbe purifiée qui détruit l'excès de permanganate. Il a décrit un appareil destiné aux troupes en campagne, extrêmement simple et commode, qu'il appelle filtre d'escouade, de famille ou de ménage. (Comptes rendus de l'Académie de Médecine 1897 et 1900).

Tous ces procédés aux permanganates donnent des eaux pures et peuvent être installés à peu de frais dans les familles. L'Académie de Médecine les a sanctionnés en déclarant, par l'organe du D^r Laveran, rapporteur, au sujet du procédé Lapeyrère, que c'était « une méthode bonne et rapide ».

Purification par l'ozone. — On connaissait depuis longtemps les propriétés énergiquement microbicides et oxydantes de l'Ozone. L'application de ce gaz à la stérilisation des eaux potables a été proposée par plusieurs savants : en particulier, par MM. Ohlmüller, Siemens et Halske, de Berlin, en 1891; plus récemment, en 1893, par MM. Tindal Schnoller et Van der Sleen, en Hollande.

Lors de l'Exposition d'hygiène de Paris, organisée au Champ-de-Mars en 1895, M. Tindal a montré la première réalisation pratique d'un appareil industriel permettant de traiter efficacement environ 2 m. cubes d'eau à l'heure.

MM. Marmier et Abraham ont repris, en 1897, l'étude pratique de cette question, ces deux auteurs ont demandé, en février 1898, à l'administration municipale de Lille, l'autorisation d'installer, à l'usine élévatoire des sources d'Emerin, un appareil industriel producteur d'ozone, en vue d'effectuer une grande expérience qui put permettre de porter un jugement sur la valeur pratique du procédé et sur les appareils de leur invention.

La stérilisation est obtenue grâce à une circulation méthodique de l'ozone et de l'eau.

Les résultats ont été concluants : le procédé de MM. Marmier et Abraham est d'une efficacité incontestable et cette efficacité a été reconnue supérieure à celle de tous les procédés de stérilisation actuellement connus, susceptibles d'être appliqués à de grandes quantités d'eau.

Les microbes pathogènes ou saprophytes que l'on rencontre dans les eaux étudiées sont parfaitement détruits par le passage de ces eaux dans la colonne ozonatrice. Seuls quelques germes du *Bacillus subtilis* résistent. On compte environ un germe appartenant à cette espèce par 15 centimètres cubes d'eau, avec une concentration d'ozone égale à 6 milligrammes par litre d'air. Avec une concentration de 9 milligrammes, le nombre des germes de *Bacillus subtilis*, revivifiables par la culture en bouillon, s'abaisse à moins de 1 pour 25 centimètres cubes d'eau traitée.

Il importe d'observer que le *B. subtilis* ou microbe du foin est tout à fait inoffensif pour l'homme et pour les animaux, et qu'il résiste à la plupart des moyens de destruction, et l'on peut considérer comme très suffisant la stérilisation obtenue par l'air ozonisé avec une concentration de 5 à 6 milligrammes par litre, dans les conditions où se placent MM. Marmier et Abraham.

L'ozonisation de l'eau n'apporte dans celle-ci aucun élément étranger, préjudiciable à la santé des personnes appelées à en faire usage. Au contraire, par suite de la non-augmentation de la teneur en nitrates, et de la diminution considérable de la teneur en matières organiques, les eaux soumises au traitement par l'ozone sont moins sujettes aux pollutions ultérieures, et sont, par suite, beaucoup moins altérables. Enfin l'ozone n'étant autre chose qu'un état moléculaire particulier de l'oxygène, l'emploi de ce corps présente l'avantage d'aérer énergiquement l'eau, et de la rendre plus saine et plus agréable pour la consommation, sans lui enlever aucun de ses éléments minéraux utiles.

La ville de Marseille vient d'installer (1904) un appareil à stérilisation par l'ozone. Il est alimenté par un transformateur donnant au secondaire une différence de potentiel

de 40.000 volts. Cette tension énorme donne, entre deux lames de verre distantes d'un millimètre et demi environ, des effluves électriques très denses où vient s'ozoniser de l'air refoulé par un ventilateur et desséché sur de la ponce sulfurique. Cet air ozonisé est refoulé dans un cylindre en maçonnerie de 6 mètres de hauteur, sur 3 mètres de diamètre, rempli de galets parfaitement lisses sur lesquels l'eau à stériliser circule en lames minces.

L'air contient 6 milligrammes d'ozone par litre. La colonne a un débit de 18 à 22 mètres cubes d'eau par heure.

Les résultats obtenus ont été merveilleux, alors que l'eau avant la stérilisation dans l'ozoniseur renfermait 1.800 à 2.000 germes par c. m. c., l'eau stérilisée ne renferme qu'une colonie par 2 ou 3 c. m. c.

DEUXIÈME PARTIE

Eaux d'Alimentation de Limoges

CHAPITRE I^{er}

Géologie

Le sol du Limousin fait partie de l'ensemble des terrains primitifs qui occupent le centre de la France. Il est constitué presque en totalité par les *granits*, les *micaschistes*, les *leptymites* et les *gneiss*.

On rencontre des porphyres, en face de Limoges, sur la rive gauche de la Vienne, formant un banc d'une grande étendue, ainsi que des filons de quartz disséminés irrégulièrement dans les roches primitives.

Les *micaschistes* et les *leptymites* sont quelquefois traversés par des filons de *pegmatites* dont quelques-unes ont subi la transformation argileuse donnant ces *kaolins* dont certains filons assez éloignés de Limoges (Saint-

Les résultats ont été concluants : le procédé de MM. Marmier et Abraham est d'une efficacité incontestable et cette efficacité a été reconnue supérieure à celle de tous les procédés de stérilisation actuellement connus, susceptibles d'être appliqués à de grandes quantités d'eau.

Les microbes pathogènes ou saprophytes que l'on rencontre dans les eaux étudiées sont parfaitement détruits par le passage de ces eaux dans la colonne ozonatrice. Seuls quelques germes du *Bacillus subtilis* résistent. On compte environ un germe appartenant à cette espèce par 15 centimètres cubes d'eau, avec une concentration d'ozone égale à 6 milligrammes par litre d'air. Avec une concentration de 9 milligrammes, le nombre des germes de *Bacillus subtilis*, revivifiables par la culture en bouillon, s'abaisse à moins de 1 pour 25 centimètres cubes d'eau traitée.

Il importe d'observer que le *B. subtilis* ou microbe du foin est tout à fait inoffensif pour l'homme et pour les animaux, et qu'il résiste à la plupart des moyens de destruction, et l'on peut considérer comme très suffisant la stérilisation obtenue par l'air ozonisé avec une concentration de 5 à 6 milligrammes par litre, dans les conditions où se placent MM. Marmier et Abraham.

L'ozonisation de l'eau n'apporte dans celle-ci aucun élément étranger, préjudiciable à la santé des personnes appelées à en faire usage. Au contraire, par suite de la non-augmentation de la teneur en nitrates, et de la diminution considérable de la teneur en matières organiques, les eaux soumises au traitement par l'ozone sont moins sujettes aux pollutions ultérieures, et sont, par suite, beaucoup moins altérables. Enfin l'ozone n'étant autre chose qu'un état moléculaire particulier de l'oxygène, l'emploi de ce corps présente l'avantage d'aérer énergiquement l'eau, et de la rendre plus saine et plus agréable pour la consommation, sans lui enlever aucun de ses éléments minéraux utiles.

La ville de Marseille vient d'installer (1904) un appareil à stérilisation par l'ozone. Il est alimenté par un transformateur donnant au secondaire une différence de potentiel

de 40.000 volts. Cette tension énorme donne, entre deux lames de verre distantes d'un millimètre et demi environ, des effluves électriques très denses où vient s'ozoniser de l'air refoulé par un ventilateur et desséché sur de la ponce sulfurique. Cet air ozonisé est refoulé dans un cylindre en maçonnerie de 6 mètres de hauteur, sur 3 mètres de diamètre, rempli de galets parfaitement lisses sur lesquels l'eau à stériliser circule en lames minces.

L'air contient 6 milligrammes d'ozone par litre. La colonne a un débit de 18 à 22 mètres cubes d'eau par heure.

Les résultats obtenus ont été merveilleux, alors que l'eau avant la stérilisation dans l'ozoniseur renfermait 1.800 à 2.000 germes par c. m. c., l'eau stérilisée ne renferme qu'une colonie par 2 ou 3 c. m. c.

DEUXIÈME PARTIE

Eaux d'Alimentation de Limoges

CHAPITRE I^{er}

Géologie

Le sol du Limousin fait partie de l'ensemble des terrains primitifs qui occupent le centre de la France. Il est constitué presque en totalité par les *granits*, les *micaschistes*, les *leptymites* et les *gneiss*.

On rencontre des porphyres, en face de Limoges, sur la rive gauche de la Vienne, formant un banc d'une grande étendue, ainsi que des filons de quartz disséminés irrégulièrement dans les roches primitives.

Les *micaschistes* et les *leptymites* sont quelquefois traversés par des filons de *pegmatites* dont quelques-unes ont subi la transformation argileuse donnant ces *kaolins* dont certains filons assez éloignés de Limoges (Saint-

Yrieix, Coussac-Bonneval, Magnac, etc.), sont exploités pour la fabrication de la porcelaine qui a fait la fortune et la réputation universelle de Limoges.

Le *diluvium* et les *alluvions récentes* sont rares, n'existant que dans les vallées et très rares plaines du Limousin, et toujours loin des sources.

Les granits désagrégés par les actions chimiques et atmosphériques, ont constitué les terrains de sédiments, leurs débris emportés par les eaux se sont accumulés dans les bas-fonds, donnant un limon très fertile, par l'épaisseur de plus en plus grande de la couche de terre arable.

C'est là que poussent admirablement ces herbes fines qui constituent les prairies du Limousin qui occupent dans le Haute-Vienne près de cent mille hectares; cette activité dans la végétation est due à l'imperméabilité du sous-sol et aux innombrables sources qui jaillissent à chaque repli de terrain.

De telle sorte que l'on voit communément, au fond de la vallée, une fertilité très grande, qui va en s'atténuant graduellement avec l'élévation du niveau, pour arriver, au sommet, à une terre aride et dénudée.

En dehors de la Vienne grossie de ses affluents : le Taurion, la Maude, le Tard, l'Aurance, la Glane sur la rive droite, et de la Combarde, la Briance, l'Aixette, la Gorre sur la rive gauche, il existe une multitude de ruisseaux aux eaux claires souvent encaissées, dessinant des vallées en miniature très pittoresques, qui sont alimentées par de nombreuses sources et de nombreux étangs, produits par l'imperméabilité du sol, et qui ont fait dire que « *le Limousin était une petite Suisse.* »

En effet, alors que les schistes et les gneiss sont imperméables et, par suite, pauvres en sources, le tuf granitique et le granit décomposé et fissuré qu'il recouvre sont assez perméables et les eaux pluviales y forment des nappes souterraines qui s'épanchent au fond des vallées et alimentent de nombreuses sources, dont les eaux sont excellentes, et qui donnent naissance à un grand nombre de petits cours d'eau.

Les plus intéressants pour l'alimentation de la ville en eau potable sont : l'*Aurance*, qui prend sa source à 12 kilomètres au nord de la ville, et va se jeter dans la Vienne à 10 kilomètres en aval. Son débit a été évalué de 100 litres par seconde dans les étiages ordinaires à 17 mètres cubes dans les crues.

La rivière de Beaune et celle du Palais, à l'est de l'Aurance, se réunissent et vont ensuite se jeter dans la Vienne à 6 kilomètres en amont de Limoges; leur débit commun a été évalué de 300 litres par seconde en basses eaux ordinaires à 15 mètres cubes dans les grandes crues.

Les sources de ces trois rivières sont à une altitude assez élevée pour que leurs eaux puissent être amenées par la gravité aux points culminants de Limoges, de même, du reste, que les autres sources qui sortent du massif montagneux du canton d'Ambazac et qui réunissent leurs eaux aux divers affluents de la Vienne et de la Gartempe.

CHAPITRE II

Historique

L'altitude de la ville varie de 225 mètres à 330 mètres; la partie comprise dans le centre, c'est-à-dire dans l'intérieur des boulevards, est à une altitude variant de 260 à 295 mètres; mais les plateaux qui entourent Limoges s'élèvent rapidement et atteignent au nord-est, à 20 kilomètres, sur la chaîne qui sépare la Vienne de la Gartempe, des altitudes variant de 500 à 600 mètres.

La population, qui était de 21.000 habitants en 1806, dépassait 50.000 habitants en 1875 et 85.000 habitants en 1902.

Nous avons déjà écrit (1) : « Limoges est situé sous le 45°49'52" de latitude septentrionale et le 1°4'48" de longitude occidentale. Elle s'est élevée progressivement sur la rive droite de la Vienne et le long d'un coteau incliné de 20" en moyenne.

(1) Docteur Biais : L'Hygiène à Limoges avant le XIX^e siècle. Veuve Ducourtieux, éditeur à Limoges, 1 brochure, 112 pages, 1895.

Yrieix, Coussac-Bonneval, Magnac, etc.), sont exploités pour la fabrication de la porcelaine qui a fait la fortune et la réputation universelle de Limoges.

Le *diluvium* et les *alluvions récentes* sont rares, n'existant que dans les vallées et très rares plaines du Limousin, et toujours loin des sources.

Les granits désagrégés par les actions chimiques et atmosphériques, ont constitué les terrains de sédiments, leurs débris emportés par les eaux se sont accumulés dans les bas-fonds, donnant un limon très fertile, par l'épaisseur de plus en plus grande de la couche de terre arable.

C'est là que poussent admirablement ces herbes fines qui constituent les prairies du Limousin qui occupent dans le Haute-Vienne près de cent mille hectares; cette activité dans la végétation est due à l'imperméabilité du sous-sol et aux innombrables sources qui jaillissent à chaque repli de terrain.

De telle sorte que l'on voit communément, au fond de la vallée, une fertilité très grande, qui va en s'atténuant graduellement avec l'élévation du niveau, pour arriver, au sommet, à une terre aride et dénudée.

En dehors de la Vienne grossie de ses affluents : le Taurion, la Maude, le Tard, l'Aurance, la Glane sur la rive droite, et de la Combarde, la Briance, l'Aixette, la Gorre sur la rive gauche, il existe une multitude de ruisseaux aux eaux claires souvent encaissées, dessinant des vallées en miniature très pittoresques, qui sont alimentées par de nombreuses sources et de nombreux étangs, produits par l'imperméabilité du sol, et qui ont fait dire que « *le Limousin était une petite Suisse.* »

En effet, alors que les schistes et les gneiss sont imperméables et, par suite, pauvres en sources, le tuf granitique et le granit décomposé et fissuré qu'il recouvre sont assez perméables et les eaux pluviales y forment des nappes souterraines qui s'épanchent au fond des vallées et alimentent de nombreuses sources, dont les eaux sont excellentes, et qui donnent naissance à un grand nombre de petits cours d'eau.

Les plus intéressants pour l'alimentation de la ville en eau potable sont : l'*Aurance*, qui prend sa source à 12 kilomètres au nord de la ville, et va se jeter dans la Vienne à 10 kilomètres en aval. Son débit a été évalué de 100 litres par seconde dans les étiages ordinaires à 17 mètres cubes dans les crues.

La rivière de Beaune et celle du Palais, à l'est de l'Aurance, se réunissent et vont ensuite se jeter dans la Vienne à 6 kilomètres en amont de Limoges; leur débit commun a été évalué de 300 litres par seconde en basses eaux ordinaires à 15 mètres cubes dans les grandes crues.

Les sources de ces trois rivières sont à une altitude assez élevée pour que leurs eaux puissent être amenées par la gravité aux points culminants de Limoges, de même, du reste, que les autres sources qui sortent du massif montagneux du canton d'Ambazac et qui réunissent leurs eaux aux divers affluents de la Vienne et de la Gartempe.

CHAPITRE II

Historique

L'altitude de la ville varie de 225 mètres à 330 mètres; la partie comprise dans le centre, c'est-à-dire dans l'intérieur des boulevards, est à une altitude variant de 260 à 295 mètres; mais les plateaux qui entourent Limoges s'élèvent rapidement et atteignent au nord-est, à 20 kilomètres, sur la chaîne qui sépare la Vienne de la Gartempe, des altitudes variant de 500 à 600 mètres.

La population, qui était de 21.000 habitants en 1806, dépassait 50.000 habitants en 1875 et 85.000 habitants en 1902.

Nous avons déjà écrit (1) : « Limoges est situé sous le 45°49'52" de latitude septentrionale et le 1°4'48" de longitude occidentale. Elle s'est élevée progressivement sur la rive droite de la Vienne et le long d'un coteau incliné de 20" en moyenne.

(1) Docteur Biais : L'Hygiène à Limoges avant le XIX^e siècle. Veuve Ducourtieux, éditeur à Limoges, 1 brochure, 112 pages, 1895.

» Le terrain sur lequel est construite la ville se compose d'abord d'une légère couche d'humus, au-dessous de laquelle on trouve le tuf gneissique et du gneiss décomposé ou fissuré. Dans certaines parties, le tuf est remplacé par un limon argileux. Le gneiss est imperméable et, par suite, très pauvre en sources; mais le tuf et le granit désagrégé qu'il recouvre sont assez perméables et les eaux pluviales y forment des nappes souterraines qui s'épanchent au fond des vallées et alimentent un très grand nombre de sources.

» L'eau de la Vienne n'a jamais été utilisée pour l'alimentation; elle charrie, en effet, toutes sortes de détritifs qu'elle reçoit des petites villes situées en amont sur son cours et sur ses affluents. « A Limoges même, elle a toujours reçu les immondices par suite de l'inclinaison du versant droit sur lequel s'est élevée la ville; elle reçoit en outre une nappe liquide souterraine qui existe sur les deux versants et qui, comme ceux-ci, est très inclinée du sommet au fond de la vallée où elle vient se mêler aux infiltrations que la rivière envoie sous ses berges. Cette nappe ne paraît pas suivre dans sa configuration les divers accidents du sol et semble plutôt couler sous forme d'une lame liquide assez régulière. Aussi se trouve-t-elle plus ou moins rapprochée de la surface du terrain, suivant que celui-ci est plus ou moins déprimé. »

Fontaines et Sources

« Dans le plan de Fayen du XVI^e siècle, nous trouvons cinq fontaines alimentant la ville, sauf la fontaine des Barres, les fontaines du Château paraissent avoir la même disposition; l'eau arrivait par un tuyau au milieu d'une coupe placée au-dessus d'une margelle assez vaste dans laquelle elle se déversait. La margelle des fontaines servait d'abreuvoir aux animaux. Les consuls interdisaient sous peine d'une amende de soixante sous tournois au minimum d'aller lessiver dans les margelles, si ce n'est cependant les langes des petits enfants. »

« Le plan des fontaines du XV^e siècle, que possède la

société archéologique, nous a conservé l'image très curieuse des fontaines de l'abbaye de Saint-Martial et de la fontaine des Barres. »

« La fontaine de Saint-Martial ou de la Claustre, ou encore du Cloître boursier, est la première dont les chroniques de Saint-Martial fassent mention. Cette fontaine recevait à elle seule autant d'eau que les fontaines du Chevalet et des Barres réunies, qui étaient alimentées comme elle par la source de Combes-Ferrades au-dessous de la Mauvendière. »

« La fontaine du Chevalet, désignée au XIII^e siècle par fontaine Constantine, était placée au bas de la rue des Combes, près de l'hôpital Saint-Martial. La fontaine de Saint-Pierre-du-Queyroix, alimentée par la source d'Encombe-Vineuse était placée entre le parvis de l'église Saint-Pierre et le marché au gras. »

« La fontaine Barrée ou des Barres, établie sur l'emplacement de l'ancienne fontaine Servièrre, dont parlent les chroniques de Saint-Martial au XIII^e siècle, devait son nom aux Barres de fer qui protégeaient son ouverture placée au niveau du sol. On se servait pour y puiser de l'eau d'un crochet de douze pieds de longueur. La construction de la fontaine actuelle est de 1615. La fontaine d'Aigoulène, dont le nom vient du latin *agua laenis* ou du patois *aigoleno*, eau douce, remonte à 1244; elle reçoit ses eaux de la source de Laborie, près du village de Corgnac, à 3 kilom. du bassin où elle s'épanche. Le volume de ses eaux était tel au moyen-âge qu'il permettait de remplir les étangs de la Motte et d'inonder les fossés du Château. La notice de l'Atlas de Mercator, au verso du plan de Fayen, fait une remarque qui prouve combien on appréciait cette quantité d'eau à Limoges et quels services elle rendait pour les incendies et pour la salubrité au XVI^e siècle; la belle fontaine des estangs d'Aigoulène ne servait pas seulement à la commodité des hommes et abreuvoir des chevaux, mais à certains jours et heures de la semaine, estans desbondez les serviteurs et les servantes se tenaient prestz pour

nestoyer les rues et jeter les ordures lorsque l'abondance de cette eau passait devant leur maison. »

« On regardait comme un véritable bienfait la possession de fontaines abondantes dans les villes du moyen âge. En outre de l'impression ci-dessus, en 1631, Abraham Golnitz, dans son *Itinerarium Belgico-Gallicum* reproduit par extrait dans l'*Almanach limousin* de 1876, nous signale les fontaines qu'il a remarquées. « Les eaux les plus limpides entretiennent la propreté dans la ville et y portent la richesse. Une fontaine, la fontaine Royale (d'Aigoulène) verse ses eaux en abondance par 12 canaux dans la partie supérieure de la ville, et sert à tous ses besoins. Il y a encore celle des Jésuites (de Saint-Pierre-du-Queyroix) qui donne l'eau par cinq bouches à la fois; celle de Saint-Martial (du Cloître) qui est en marbre noir, mais comme son ancienneté est cause qu'elle est fendue et qu'elle menace ruine, elle a été consolidée avec des liens de fer qui en assurent la durée. »

« L'eau de cette fontaine est regardée comme un médicament par les habitants; elle est aussi utile aux ouvriers qui travaillent les métaux, car sans elle, ils ne pourraient pas donner la couleur bleue aux objets de cuivre. »

« Les anciennes fontaines de Limoges virent s'adjoindre à la fin du XVIII^e siècle, la fontaine de la place Boucherie, qui fut construite au moment de l'ouverture de la route de Toulouse en 1775, et dont les eaux venaient des Augustins. Les Pères feuillants avaient acheté une prise d'eau sur cette fontaine moyennant mille cinq cents livres, et, de plus, ils devaient faire construire un château d'eau adossé à la Porte-Tourny. »

« En 1769, Turgot, intendant, décida l'exécution des deux fontaines suivantes : la fontaine dont Trésaguet était l'auteur et qui devait porter son nom achevée en 1772. Le public la trouva si jolie, qu'il préféra lui donner le nom de Fontaine des Fantaisies. Elle était située près de l'entrée de la rue des Vénitiens actuelle, tout à côté de la maison que Trésaguet habitait. C'était un cube en granit de trois mètres de hauteur, orné sur chacune de ses faces de guir-

landes sculptées, et couronné par une urne aussi enguirlandée. On dut la démolir en 1854, lors de l'ouverture de l'avenue Garibaldi actuelle. Trépon nous a conservé l'image de cette fontaine dans son ouvrage. Dix ans plus tard, Limoges voyait s'élever une fontaine plus monumentale, la fontaine Dauphine, construite à l'occasion de la naissance du Dauphin en 1781, au centre de la place Montmailler, qui prit le nom de place Dauphine et fut pavée cette même année. La fontaine Dauphine était construite au milieu d'un perron circulaire, elle subsista jusqu'en 1851 »

Etangs

Après le grand incendie de 1244, qui brûla vingt maisons dans la rue du Clocher, les consuls firent faire les étangs de la Motte, alimentés par la fontaine d'Aigoulène et destinés aux usages suivants que nous trouvons dans la *Coutume de Limoges* : « Les consuls, en leur nom et en celui de la communauté, font, réparent, nettoient les étangs du Château, lesquels servent à abreuver, éteindre le feu et autres choses nécessaires. » En 1528, nous voyons les consuls nommer un garde des étangs, qui prête serment de tenir la fontaine propre et d'enlever les immondices qui sont autour. Ces étangs étaient un foyer d'infection à cause de la stagnation des eaux et des immondices que l'on y jetait, malgré la surveillance des gardiens. Les consuls durent les faire nettoyer à différentes époques, dans la crainte des maladies que les émanations pouvaient engendrer. Nous voyons par là que les consuls avaient le souci de l'hygiène; malheureusement, ils n'avaient pas et ne connaissaient pas le moyen d'avoir une bonne canalisation des eaux.

CHAPITRE III

Anciennes eaux

Bien que les anciennes sources ne soient plus utilisées pour l'alimentation, nous avons pensé qu'il y avait intérêt à les connaître, et nous avons effectué l'analyse de celles dont nous avons pu obtenir de l'eau.

nestoyer les rues et jeter les ordures lorsque l'abondance de cette eau passait devant leur maison. »

« On regardait comme un véritable bienfait la possession de fontaines abondantes dans les villes du moyen âge. En outre de l'impression ci-dessus, en 1631, Abraham Golnitz, dans son *Itinerarium Belgico-Gallicum* reproduit par extrait dans l'*Almanach limousin* de 1876, nous signale les fontaines qu'il a remarquées. « Les eaux les plus limpides entretiennent la propreté dans la ville et y portent la richesse. Une fontaine, la fontaine Royale (d'Aigoulène) verse ses eaux en abondance par 12 canaux dans la partie supérieure de la ville, et sert à tous ses besoins. Il y a encore celle des Jésuites (de Saint-Pierre-du-Queyroix) qui donne l'eau par cinq bouches à la fois; celle de Saint-Martial (du Cloître) qui est en marbre noir, mais comme son ancienneté est cause qu'elle est fendue et qu'elle menace ruine, elle a été consolidée avec des liens de fer qui en assurent la durée. »

« L'eau de cette fontaine est regardée comme un médicament par les habitants; elle est aussi utile aux ouvriers qui travaillent les métaux, car sans elle, ils ne pourraient pas donner la couleur bleue aux objets de cuivre. »

« Les anciennes fontaines de Limoges virent s'adjoindre à la fin du XVIII^e siècle, la fontaine de la place Boucherie, qui fut construite au moment de l'ouverture de la route de Toulouse en 1775, et dont les eaux venaient des Augustins. Les Pères feuillants avaient acheté une prise d'eau sur cette fontaine moyennant mille cinq cents livres, et, de plus, ils devaient faire construire un château d'eau adossé à la Porte-Tourny. »

« En 1769, Turgot, intendant, décida l'exécution des deux fontaines suivantes : la fontaine dont Trésaguet était l'auteur et qui devait porter son nom achevée en 1772. Le public la trouva si jolie, qu'il préféra lui donner le nom de Fontaine des Fantaisies. Elle était située près de l'entrée de la rue des Vénitiens actuelle, tout à côté de la maison que Trésaguet habitait. C'était un cube en granit de trois mètres de hauteur, orné sur chacune de ses faces de guir-

landes sculptées, et couronné par une urne aussi enguirlandée. On dut la démolir en 1854, lors de l'ouverture de l'avenue Garibaldi actuelle. Trépon nous a conservé l'image de cette fontaine dans son ouvrage. Dix ans plus tard, Limoges voyait s'élever une fontaine plus monumentale, la fontaine Dauphine, construite à l'occasion de la naissance du Dauphin en 1781, au centre de la place Montmailler, qui prit le nom de place Dauphine et fut pavée cette même année. La fontaine Dauphine était construite au milieu d'un perron circulaire, elle subsista jusqu'en 1851 »

Etangs

Après le grand incendie de 1244, qui brûla vingt maisons dans la rue du Clocher, les consuls firent faire les étangs de la Motte, alimentés par la fontaine d'Aigoulène et destinés aux usages suivants que nous trouvons dans la *Coutume de Limoges* : « Les consuls, en leur nom et en celui de la communauté, font, réparent, nettoient les étangs du Château, lesquels servent à abreuver, éteindre le feu et autres choses nécessaires. » En 1528, nous voyons les consuls nommer un garde des étangs, qui prête serment de tenir la fontaine propre et d'enlever les immondices qui sont autour. Ces étangs étaient un foyer d'infection à cause de la stagnation des eaux et des immondices que l'on y jetait, malgré la surveillance des gardiens. Les consuls durent les faire nettoyer à différentes époques, dans la crainte des maladies que les émanations pouvaient engendrer. Nous voyons par là que les consuls avaient le souci de l'hygiène; malheureusement, ils n'avaient pas et ne connaissaient pas le moyen d'avoir une bonne canalisation des eaux.

CHAPITRE III

Anciennes eaux

Bien que les anciennes sources ne soient plus utilisées pour l'alimentation, nous avons pensé qu'il y avait intérêt à les connaître, et nous avons effectué l'analyse de celles dont nous avons pu obtenir de l'eau.

Nous sommes heureux de remercier ici, M. Maître, ingénieur, directeur des travaux de la ville de Limoges, et M. Déchet, chef du service des eaux, qui, avec une amabilité que nous n'oublierons pas, une science et des connaissances approfondies de la question, se sont efforcés de faciliter notre tâche en nous donnant tous les renseignements qu'ils possédaient et se sont montrés, comme nous-même, très heureux d'avoir des connaissances chimiques nouvelles sur la valeur des eaux d'alimentation de Limoges. Disons du reste que ces messieurs s'efforcent toujours d'améliorer le service des eaux, et qu'ils sont aidés sans réserves par une municipalité qui apprécie la valeur d'une bonne eau potable et ne néglige rien pour l'obtenir. Les dépenses énormes que nous mentionnerons plus loin en sont la preuve évidente.

Jusqu'en 1877, la ville de Limoges qui comptait 56.000 habitants, était alimentée en eau potable par les sources suivantes :

Les Carmélites dont le débit était de...	125	m. c.	»
Saint-Cessateur.....	20	—	»
La Poudrière.....	25	—	»
La Fontaine-de-Brettes.....	36	—	»
La Fontaine-des-Barres.....	67	—	39
Saint-Martial.....	129	—	60
La Visitation.....	14	—	»
Encombe-Vineuse ou Fantaisies.....	447	—	55
Casseaux.....	23	—	68
Le Masgoulet.....	11	—	25
Sainte-Marie.....	3	—	97
Sainte-Anne.....	43	—	20

TOTAL..... 946 m. c. 64

soit à peu près 16 litres par habitant, par 24 heures.

Enfin, la fontaine d'Aigoulène restaurée depuis 1873 donnait 2.721 m. c.

Il existait en outre des fontaines ou sources privées qui donnaient de grandes quantités d'eau, quelquefois à tout un quartier, mais, n'appartenaient pas à la ville, tels : l'a-

queduc de la Règle, les sources Ruben, de la Gare, de la brasserie Tarnaud, de la Société Immobilière et de l'Hospice.

Sources d'Aigoulène

Ces sources sont captées par des regards dans des prés situés près de Corgnac, les différentes sources sont réunies en un point et de là se dirigent par gravité sur Limoges, par un souterrain qui traverse divers jardins cultivés, des prairies, le chemin de la Borie, par un syphon la tranchée du chemin de fer des Charentes, suit la rue de la Mauvendièrre pour arriver place d'Aine où un barrage a été établi, dont le trop-plein se déverse dans les égouts, alors qu'une conduite en fonte conduit l'eau qui est utilisée actuellement (1904) pour le lavage des bassins à poissons des halles, de là un branchement conduit encore de l'eau à une borne-fontaine située dans la cour des anciennes prisons, et un autre conduit à la caserne des dragons où elle n'est utilisée que pour les lavages, les nouvelles eaux y existant pour l'alimentation.

Ces sources, qui existaient à Limoges dès l'année 1244, où elles donnaient une eau abondante, ne donnaient plus que 358 m. c. par jour en 1872, et après les travaux de réparation aux aqueducs exécutés par M. Vergne en 1873, donnaient 2.721 m. c. par jour; elles alimentaient six bornes-fontaines placées sur le trajet mentionné, place de la Motte, place des Bancs, rue de la Loi, place Haute-Vienne.

Nous n'avons retrouvé dans les archives de la Mairie qu'une mention d'analyse bactériologique du 12 décembre 1892, sans nom d'auteur, accusant 1.404 germes aérobie[®] par c. c., appartenant aux espèces vulgaires, quelques organismes putrides, liquéfiant, dégageant une odeur forte, désagréable, mais non réellement putride, pas de bactéries pathogènes, et, comme conclusion, eau assez bonne.

Dans le deuxième semestre de 1898, une épidémie de fièvre typhoïde survint, et dans un rapport du 25 jan-

vier 1899, M. le Directeur du bureau d'hygiène (créé en décembre 1894 et toujours dirigé depuis avec autorité et dévouement par le savant docteur Boulland), attirait l'attention du Conseil municipal sur ce fait, que le tiers des cas de fièvre typhoïde pouvait être imputé aux eaux des sources d'Aigoulène, le Conseil municipal décida la suppression de ces eaux et leur remplacement par les nouvelles eaux pour l'alimentation, dans sa séance du 15 mai 1896. Mais sur avis conforme du Conseil d'hygiène, ces eaux continuent, comme nous le mentionnons plus haut, à alimenter les réservoirs aux poissons des halles et le quartier des dragons pour les lavages.

Nous avons effectué, en juillet 1903, l'analyse chimique et bactériologique de cette eau puisée à l'un des robinets qui alimentent le sous-sol des halles. En voici les résultats :

1° ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques : Bons, sauf des matières étrangères en suspension.		
2. Résidu sec à 100° :	390 milligr. par litre.	
3. Cendres ou sels minéraux fixes.	260	—
4. Magnésie.....	néant	
5. Fer.....	001,8	—
6. Alumine.....	néant	
7. Chaux (évaluée en CaO = 56) ..	056	—
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵).	020	—
9. Anhydride sulfurique (SO ³).....	008	—
10. Chlore (Cl).....	029 175	—
11. Acide nitreux.....	néant	
12. Acide nitrique.....	060	—
13. Ammoniaque combinée.....	000 05	—
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée	000 04	—
15. Oxygène (méthode Lévy).....	6 cc. 7	—
16. Oxygène (méthode Zetsche).....	6 cc. 4	—
17. Oxygène (méthode Zetsche, après 76 jours).	5 cc. 6	—
18. Gaz totaux (à 0° et 760 m.m.).	30 cc. 94	par litre.
19. Anhydride carbonique id. ..	9 cc. 10	—
20. Oxygène id. ..	5 cc. 46	—

21. Azote atmosphérique id. ..	16 cc. 38	par litre.
22. Degré hydrotimétrique total... ..	11° 8	—
23. — permanent. ..	10° 3	—
24. Matières organiques, milieu alcalin, oxygène absorbé.....	0 m.m. 6	—
25. Matières organiques, milieu acide, oxygène absorbé.....	0 m.m. 8	—
26. Réaction.....	Neutre.	

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après 4 jours, nous avons compté 1.470.000 microbes par centimètre cube et pas de moisissures. Après 6 jours, la gélatine peptone était liquéfiée avec odeur fécaloïde.

Pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau nettement mauvaise, bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chaux, phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent nettement une souillure de l'eau.

Source de la Visitation

Prend naissance chemin de Beaupuy, traverse par un syphon la tranchée du chemin de fer des Charentes effectuée en 1872, alimentait autrefois la caserne d'infanterie de la route de Paris (caserne de la Visitation) et l'Ecole de médecine où existe encore une bouche dans le laboratoire des travaux pratiques de chimie où nous avons puisé l'eau que nous avons analysée, le surplus se rend par une conduite en fonte dans un réservoir situé au fond de la cour de la caserne de la Visitation, et le trop plein se déverse dans une petite gargouille dans le chemin des Sapeurs. ®

L'analyse effectuée nous a donné :

1° ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques... ..	Bons
2. Résidu sec à 100°.....	030 milligr. par litre
3. Cendres ou sels minéraux fixes.	020
4. Fer.....	000,2

5. Alumine.....	Néant	
6. Magnésie.....	—	
7. Chaux (évaluée en Ca O = 56).	028 milligr. par litre	
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵)....	Néant	
9. Anhydride sulfurique (SO ³)...	—	
10. Chlore (Cl).....	007,875	—
11. Acide azoteux.....	Néant	
12. Acide azotique (AzO ³ H).....	—	
13. Ammoniaque combinée.....	000,875	—
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	000,08	—
15. Oxygène (méthode Lévy).....	6 cc. 7	—
16. Oxygène (méthode Zetsche)...	7 cc.	—
17. Oxygène (méthode Zetsche après 76 jours).....	8 cc. 2	—
18. Gaz totaux (0° et 760 m. m.)...	25 cc. 52	—
19. Anhydride carbonique id.	6 cc. 38	—
20. Oxygène id.	6. cc. 38	—
21. Azote atmosphérique id.	12 cc. 76	—
22. Degré hydrotimétrique total..	2°	—
23. Degré hydrotimétrique permanent.	1° 8	—
24. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé.....	000,7	milligr.
25. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé.....	001,2	—
26. Réaction.....	Neutre	

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE :

Après douze jours, nous avons compté 60 bactéries et pas de moisissures, pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau très pure.

Conclusion : Eau très pure et potable.

Source d'Encombe-Vineuse ou des Fantaisies

Prend naissance dans le haut de l'avenue des Charentes, traverse la route de Paris, l'avenue de Juillet et alimentait la rue Sainte-Valérie (1 borne-fontaine), la communauté

des Sœurs de Saint-Pierre (rue des Vénitiens), la Banque de France, une borne-fontaine au coin de la rue des Vénitiens et de la place Tourny, le Lycée Gay-Lussac et l'Evêché ; aujourd'hui elle n'est plus utilisée pour l'alimentation : elle est déversée dans les égouts, boulevard Carnot, à côté du Grand Bazar, où se trouve un réservoir qui permet de constater l'abondance de l'eau fournie. C'est là que nous avons puisé l'eau que nous avons analysée, et qui était à la température de 13°, alors que la température extérieure était de 26°.

1. ANALYSE CHIMIQUE :

1. Caractères organoleptiques....	Bons	
2. Résidu sec à 100°.....	470 milligr. par litre	
3. Cendres ou sels minéraux fixes.	330	—
4. Fer.....	000 8	—
5. Alumine.....	Néant	
6. Magnésie.....	—	
7. Chaux (évaluée en Ca O = 56).	123	—
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵)	015	—
9. Anhydride sulfurique (S O ³)...	012,8	—
10. Chlore (Cl).....	087,65	—
11. Acide azoteux.....	Néant	
12. Acide azotique Az O ³ H.....	090	—
13. Ammoniaque combinée.....	000,05	—
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	000,07	—
15. Oxygène (méthode Lévy).....	6, cc. 5	—
16. Oxygène (méthode Zetsche)...	6, cc. 93	—
17. Oxygène (méthode Zetsche après 76 jours).....	6, cc. 6	—
18. Gaz totaux (à 0° et 760 m. m.)..	32, cc. 76	—
19. Anhydride carbonique id.	11, cc. 74	—
20. Oxygène id.	6, cc.	—
21. Azote atmosphérique id.	15, cc. 02	—
22. Degré hydrotimétrique total..	19° 7	—
23. Degré hydrotimétrique permanent.....	17° 5	—

- 24. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé..... 001, milligr. par litre
- 25. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé..... 001, 4 —
- 26. Réaction..... Neutre

2^e. ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE :

Après dix jours, nous avons trouvé 18,000 Bactéries par c.c. et pas de moisissures.

Classement d'après Miquel : Eau impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chaux, phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

La fontaine de Brettes

Prend naissance route de Paris et se dirige vers sa mère-fontaine, située 14, rue Prépapaud, puis, par une conduite en mauvais état, se dirige, par la rue des Vénitiens, à la Division militaire (quartier général), dans un réservoir château d'eau, qui est son point terminus; une borne-fontaine, placée rue des Feuillants, était greffée sur sa conduite. Elle ne sert plus à l'alimentation. L'eau que nous avons analysée a été puisée dans un regard placé dans un bûcher, rue Prépapaud, derrière la maison portant le n° 14.

1^o ANALYSE CHIMIQUE

- 1. Caractères organoleptiques : rendus mauvais par la présence de matières en suspension et une odeur infecte.
- 2. Résidu sec à 100°..... 220 milligr. par litre
- 3. Cendres ou sels minéraux fixes. 200 —
- 4. Fer..... 001 —
- 5. Alumine..... Néant
- 6. Magnésie..... —
- 7. Chaux (CaO)..... 112 —
- 8. Anhydride phosphorique..... 030 —
- 9. Anhydride sulfurique... (SO³). 051 —

- 10. Chlore (Cl)..... 134 milligr. par litre
- 11. Acide azoteux..... Néant
- 12. Acide azotique..... 120 —
- 13. Ammoniaque combinée..... 000,08 —
- 14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée..... 000,09 —
- 15. Oxygène (méthode Lévy)..... 8 cc. 2 —
- 16. Oxygène (méthode Zetsche).. 7 cc. 6 —
- 17. Oxygène (méthode Zetsche, après 76 jours). 6 cc. 5 —
- 18. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.). 22 cc. 98 —
- 19. Anhydride carbonique id. . 2 cc. 76 —
- 20. Oxygène id. . 6 cc. 52 —
- 21. Azote atmosphérique id. . 13 cc. 70 —
- 22. Degré hydrotimétrique total.. 36° 2 —
- 23. Degré hydrotimétrique permanent..... 29° 06 —
- 24. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé..... 001 —
- 25. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé..... 000,9 —
- 26. Réaction..... Neutre

2^o ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après dix jours, nous avons trouvé 132.000 bactéries et 4.000 moisissures par cc.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chaux, phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Source des Bénédictins

Prend naissance sous le Champ de Juillet, traverse le cours Bugeaud, alimente même actuellement l'Hôtel de Bordeaux, la maison portant le n° 21 avenue de la Gare, puis traverse la gare et va se terminer dans la cour de la caserne des Bénédictins où elle est utilisée pour le lavage

du linge (une affiche permanente indique aux militaires que cette eau n'est pas potable).

Nous avons effectué deux analyses de cette même eau, l'une prise au n° 21 avenue de la Gare, au bureau de tabac, et l'autre à la caserne des Bénédictins; en voici les résultats :

1° ANALYSE CHIMIQUE

	BUREAU DE TABAC	CASERNE DES BÉNÉDICTINS
1. Caractères organoleptiques.....	Bons	Bons
2. Résidu à 100°.....	360 millig. p. litre	340 millig. p. litre
3. Cendres ou sels minéraux fixes.....	260	240
4. Fer.....	00,6	00,4
5. Alumine.....	Néant	Néant
6. Chaux (CaO).....	106 millig. p. litre	084 millig. p. litre
7. Magnésie.....	Néant	Néant
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵).....	Traces	Traces
9. Anhydride sulfurique (SO ³).....	Néant	Néant
10. Chlore (Cl).....	088,75 milg. p. lit	103,5 milg. p. litre
11. Acide nitreux.....	Néant	Néant
12. Acide nitrique.....	50 milligr. p. litre	110. millg. p. litre
13. Ammoniaque combinée.....	0,05	0,05
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	0,06	0,06
15. Oxygène (méthode Lévy).....	5 cc. 7	6 cc. 7
16. Oxygène (méthode Zetsche).....	6 cc.	6 cc. 3
17. Oxygène (méthode Zetsche, après 76 jours).....	6 cc. 3	6 cc. 7
18. Gaz totaux (à 0° et 760 m. m.).....	29 cc. 4	41 cc. 5
19. Anhydride carbonique id.....	11 cc. 02	21 cc. 89
20. Oxygène id.....	5 cc. 51	5 cc. 93
21. Azote atmosphérique id.....	12 cc. 87	13 cc. 68
22. Degré hydrotimétrique total.....	27,1	27,1
23. Degré hydro imétrique permanent.....	19,7	21,2
24. Matière organique (milieu alcalin) oxygène absorbé.....	4,0 milligr. p. lit.	0,9 milligr. p. lit.
25. Matière organique (milieu acide) oxygène absorbé.....	1,1	1,0
26. Réaction.....		Neutre

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après 10 jours, nous avons trouvé dans l'eau de la caserne des Bénédictins 21.000 bactéries et 12.000 moisissures par c. c., et, dans celle puisée au bureau de tabac de l'avenue de la gare : 81.000 bactéries et 27.000 moisissures par c. c.

Classement d'après Miquel : Eaux impures.

Conclusions : Ces eaux qui, par certaines proportions

très variables par ex. de chaux, de chlorures, de nitrates et de microbes, ne semblent pas provenir de la même source, sont l'une et l'autre mauvaises.

Source Sainte-Marie

Sur la rive gauche de la Vienne, près le pont Saint-Etienne, alimentait ce quartier jusqu'en 1901, époque où furent amenées les nouvelles eaux, mais le public qui tient à ses vieilles routines, répara la fontaine et actuellement encore l'utilise comme boisson, c'est là que nous avons prélevé les échantillons analysés dont voici les résultats :

1. ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques ...	Bons.
2. Résidu sec à 100°.....	180 milligr. par litre.
3. Cendres ou sels minéraux fixes.....	120 —
4. Fer.....	000,6 —
5. Alumine.....	Néant.
6. Magnésie.....	Néant.
7. Chaux (CaO).....	000,56 —
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵).....	Néant.
9. Anhydrique sulfurique (SO ³).....	Néant.
10. Chlore (Cl).....	0 37,34 —
11. Acide nitreux.....	Néant.
12. Acide nitrique.....	110 —
13. Ammoniaque combinée.....	000,05 —
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	000,05 —
15. Oxygène (méthode Lévy).....	6 cc. 1 —
16. Oxygène (méthode Zetsche)...	6 cc. 1 —
17. Oxygène (méthode Zetsche, après 76 jours).....	5 cc. 2 —
18. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)...	28 cc. 08 —
19. Anhydride carbonique id. ..	8 cc. 60 —
20. Oxygène id. ..	5 cc. 98 —
21. Azote atmosphérique id. ...	13 cc. 49 —
22. Degré hydrotimétrique total ...	10°,01 —
23. Degré hydrotimétrique permanent. 8°	—

- | | | |
|---|---------|----------|
| 24. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé..... | 000,5 | milligr. |
| 25. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé..... | 000,6 | — |
| 26. Réaction..... | Neutre. | |

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après dix jours, nous avons compté 204.000 colonies par cc. et 48.000 moisissures. Après 12 jours, toutes les plaques étaient liquéfiées, sans odeur fécaloïde, avec quelques bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées des chlorures et des nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Bassin Sainte-Anne

Sur la rive gauche, en face l'octroi de la route de Nexon, près du pont Saint-Martial, elle sort du rocher dans une cuvette de 0^m,50 de côté environ au niveau de la route.

Malgré une borne-fontaine située en face et qui est alimentée par les nouvelles eaux, le public puise encore à la source, dans laquelle les chiens viennent boire et se baigner, de même que les animaux : moutons ou porcs, passant par là. L'eau que nous avons prélevée était à 12° C. de température, alors que la température extérieure était de 28°. Voici les résultats de notre analyse :

1° ANALYSE CHIMIQUE

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1. Caractères organoleptiques.... | Bons. |
| 2. Résidu sec à 100°..... | 180 milligr. par litre. |
| 3. Cendres ou sels minéraux fixes. | 120 — |
| 4. Fer..... | 000,6 — |
| 5. Alumine..... | Néant. |
| 6. Chaux (Ca O)..... | 056 — |
| 7. Magnésie..... | Néant. |
| 8. Anhydride phosphorique..... | Néant. |
| 9. Anhydride sulfurique..... | Néant. |

- | | |
|---|----------------------------|
| 10. Chlore (Cl)..... | 028,82 milligr. par litre. |
| 11. Acide azoteux..... | Néant. |
| 12. Acide azotique..... | 055 — |
| 13. Ammoniaque combinée..... | 000,04 — |
| 14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée..... | 000,06 — |
| 15. Oxygène (méthode Lévy)..... | 5 cc. 3 — |
| 16. Oxygène (méthode Zetsche)... | 5 cc. 5 — |
| 17. Oxygène (méthode Zetsche après 76 jours)..... | 4 cc. 8 — |
| 18. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.) | 40 cc. 12 — |
| 19. Anhydride carbonique id. | 19 cc. 15 — |
| 20. Oxygène id. | 5 cc. 01 — |
| 21. Azote atmosphérique id. | 15 cc. 96 — |
| 22. Degré hydrotimétrique total.. | 7° 8 — |
| 23. Degré hydrotimétrique permanent..... | 5° 7 — |
| 24. Matières organiques, milieu alcalin, oxygène absorbé..... | 1.2 |
| 25. Matières organiques, milieu acide, oxygène absorbé..... | 0.5 |
| 26. Réaction..... | Neutre. |

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après dix jours, nous avons compté 249.000 bactéries et 90.000 moisissures par cc. ; pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chlorures et de nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Source Saint-Cessateur

Prend naissance sous la place des Carmes, suit l'avenue Foucauld et desservait une borne-fontaine située rue des Pénitents-Rouges, qui a été pourvue des nouvelles eaux en août 1899 ; actuellement elle déverse ses eaux dans un jardin situé avenue Ernest-Ruben, où nous avons prélevé nos échantillons qui étaient à la température de 15°C en juillet, alors que la température extérieure était de 26°.

Elle a été supprimée de l'alimentation sur un rapport de M. Tarnaud au Conseil municipal, dans sa séance du 18 août 1899, à la suite d'une analyse chimique effectuée par notre honorable confrère, M. Girard, pharmacien-major du XII^e corps d'armée, dont nous donnons l'exposé, et d'une analyse bactériologique effectuée par M. Rouget, médecin-major, chargé du laboratoire du XVIII^e corps d'armée à Bordeaux, dont nous donnons également l'exposé :

ANALYSE CHIMIQUE : 10 JUIN 1899

1. Caractères organoleptiques...	Bons.	
2. Résidu fixe à 100°.....	523 milligr. par litre.	
3. Résidu fixe après calcination..	507	—
4. Matière organique dosée en solution acide.....	1.2	—
5. Matière organique dosée en solution alcaline.....	4.6	—
6. Ammoniaque libre.....	0	—
7. Ammoniaque albuminoïde.....	0.01	—
8. Nitrites.....	0	—
9. Nitrates.....	35	—
10. Acide phosphorique.....	Traces.	
11. Acide sulfurique.....	148	—
12. Cl (en Na Cl).....	210	—
13. Pas d'H ² S, de sulfures, de sels métalliques.		
14. Hydrotimétrie : transformés en poids, les degrés donnent :		
CO ² libre.....	2 milligr. par litre.	
CO ² Ca.....	2	—
15. Sulfates de chaux ou sels autres que le carbonate.....	350	—
16. Sels de magnésie.....	160	—
17. Examen microscopique.....	Négatif.	

Conclusion : Eau mauvaise par suite de grandes quantités d'azotates et chlorures.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE. — 7 juin 1899

Analyse quantitative : Plus de 3.000 germes aerobies

par cc., la numération est incomplète, elle a été interrompue le 5^e jour par la liquéfaction de la gélatine.

Analyse qualitative : Les bactéries liquéfiantes et putrides sont prédominantes, les cultures dégagent une odeur forte légèrement ammoniacale.

Le bacillum coli communis et le bacille typhique n'ont pas été rencontrés.

Conclusion : Eau mauvaise à cause de sa teneur exagérée en germes putrides.

Les Analyses que nous avons effectuées nous ont donné :

1^o ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques...	Bons.	
2. Résidu sec à 100°.....	320 milligr. par litre.	
3. Cendres ou sels minéraux....	190	—
4. Fer.....	001	—
5. Alumine.....	Néant,	
6. Chaux (Ca O).....	151	—
7. Anhydride phosphorique.....	030	—
8. Anhydride sulfurique.....	064	—
9. Chlore (Cl).....	134,49	—
10. Acide azoteux.....	néant	
11. Acide azotique.....	120	—
12. Ammoniaque combinée.....	000,04	—
13. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	000,3	—
14. Oxygène (méthode Lévy).....	6 cc.	—
15. Oxygène (méthode Zetsche)...	5 cc. 6	—
16. Oxygène (méthode Lévy, après 76 jours).....	5 cc. 2	—
17. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)..	31 cc. 92	—
18. Anhydride carbonique id. ..	17 cc. 32	—
19. Oxygène id. ..	4 cc. 56	—
20. Azote atmosphérique id. ..	10 cc. 04	—
21. Degré hydrotimétrique total...	23° 4	—
22. Degré hydrotimétrique permanent.....	19° 2	—
23. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé.....	000 5 milligr.	

- 24. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé. 001 5 milligr. par litre.
- 25. Réaction:..... neutre.

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après 12 jours, nous avons compté 12.000 bactéries par cc. et pas de moisissures.

Classement d'après Miquel : Eau impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chaux, phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Source des Carmélites

Prend naissance au-dessous du rond-point Lazare-Carnot, descend l'avenue du Midi, traverse le mur de l'hôpital, la place de la Mairie et arrive rue de la Caserne, à l'ancien hôtel de l'Aigle d'argent où l'eau est encore utilisée en 1903, ainsi que chez M. Colombier; de là, un embranchement la conduit à la Manutention militaire.

Cette source n'appartient pas à la ville. Elle fut adjugée à M. Léonard Ribière, comprise dans le 6^{me} lot de la vente les 14 et 19 janvier 1858 (Veyvialle, notaire), des immeubles appartenant aux Filles-Notre-Dame.

L'analyse que nous avons effectuée en juin de l'eau prise à un robinet dans la cour de l'Aigle d'Argent nous a donné les résultats suivants :

1° ANALYSE CHIMIQUE

- 1. Caractères organoleptiques.. Bons.
- 2. Résidu sec à 100°..... 220 milligr. par litre.
- 3. Cendres ou sels minéraux fixes 180 —
- 4. Fer..... 001,2 —
- 5. Alumine..... Néant.
- 6. Chaux (Ca O = 56)..... 128,8 —
- 7. Anhydride phosphorique..... 010 —
- 8. Anhydride sulfurique..... 032 —
- 9. Chlore..... 064 675 —
- 10. Acide azoteux..... Pas.

- 11. Acide azotique..... 120 milligr. par litre.
- 12. Ammoniaque combinée..... 000,02 —
- 13. Ammoniaque albuminoïde ou amidée..... 000,02 —
- 14. Oxygène (méthode Lévy).... 6 cc. 4 —
- 15. Oxygène (méthode Zetsche).. 7 cc. —
- 16. Oxygène (méthode Lévy), après 76 jours. 9 cc. 6 —
- 17. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.) 28 cc. 08 —
- 18. Anhydride carbonique id. 6 cc. 80 —
- 19. Oxygène id. 6 cc. 34 —
- 20. Azote atmosphérique id. 14 cc. 94 —
- 21. Degré hydrotimétrique total. 26° 4 —
- 22. Degré hydrotimétrique permanent 24° 9 —
- 23. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé.... 1 milligr.
- 24. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé..... 0 8 —
- 25. Réaction..... Neutre.

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après douze jours, nous avons trouvé 516.000 bactéries et 33.000 moisissures par cc.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chaux, phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Bassin des Barres

Prenait sa source au-dessous de Montjovis, suivait le faubourg Montmailler, la place Dauphine, la rue des Combes et arrivait au bassin de la place Fontaine-des-Barres (alimenté aujourd'hui par les nouvelles eaux), après avoir alimenté cinq bornes-fontaines. Il alimentait autrefois la caserne des pompiers et tout le quartier avoisinant. Elle a été supprimée de l'alimentation et, aujourd'hui, son débit, très atténué par les dérivations occasionnées par les constructions, vient se terminer à la tannerie de M. Barraud, quai du Pont-Saint-Martial et, de là, dans la Vienne; nous

avons pris à la tannerie Barraud l'eau que nous avons analysée.

1^o ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques.....	Bons.
2. Résidu sec à 100°.....	450 milligr. par litre.
3. Cendres ou sels minéraux fixes.....	365 —
4. Fer.....	001,6 —
5. Alumine.....	Pas.
6. Chaux (CaO).....	212,8 —
7. Anhydride phosphorique.....	045 —
8. Anhydride sulfurique.....	168 —
9. Chlore.....	063,9 —
10. Acide azoteux.....	Pas.
11. Acide azotique.....	110 —
12. Ammoniaque combinée.....	0,02 —
13. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	0,10 —
14. Oxygène (méthode Lévy).....	5cc.7 —
15. Oxygène (méthode Zetsche).....	5cc.5 —
16. Oxygène (méthode Zetsche) après 76 jours.....	6cc.6 —
17. Gaz totaux (0° et 760 mm.).....	38cc.30 —
18. Anhydride carbonique id.....	23cc.71 —
19. Oxygène id.....	4cc.56 —
20. Azote atmosphérique id.....	10cc.03 —
21. Degré hydrotimétrique total.....	37°5 —
22. Degré hydrotimétrique permanent.....	29°6 —
23. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé.....	1,1 —
24. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé.....	2 —
25. Réaction.....	Neutre

2^o ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après douze jours de culture, les plaques n'étaient pas liquéfiées, et nous avons compté 132,000 colonies et 600 moisissures par centimètre cube.

Pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau très impure.

Conclusions : Eau nettement mauvaise, bactériologiquement et chimiquement, par les doses élevées de chaux, sulfates, phosphates, chlorures et nitrates, qui indiquent une souillure de l'eau.

Source de la Poudrière ou Hervette

Prend naissance à l'extrémité de la route d'Aixe, à une hauteur telle qu'elle pourrait facilement alimenter tous les quartiers de la route d'Aixe, de la route de Saint-Junien, de la place des Carmes, etc.; un essai avait été tenté dans ce sens, mais est resté inachevé, malgré la reconnaissance d'une grande masse d'eau sous le plateau des Trois-Maisons, à quinze mètres de profondeur. N'alimente plus aucune borne-fontaine et est déversée dans le caniveau à côté d'une borne-fontaine alimentée par les nouvelles eaux, en face le n° 92, ancienne route d'Aixe.

L'analyse que nous avons effectuée en juin de l'eau puisée à 5 mètres environ de profondeur, présentant une température de 14° C, alors que la température extérieure était de 28° C, nous a donné :

1^o ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques.....	Bons
2. Résidu sec à 100°.....	370 milligr. par litre.
3. Cendres ou sels minéraux fixes.....	210 —
4. Fer.....	001 —
5. Alumine.....	Pas.
6. Chaux (CaO).....	039 —
7. Anhydride phosphorique.....	025 —
8. Anhydride sulfurique.....	016 —
9. Chlore.....	029,175 —
10. Acide azoteux.....	Pas.
11. Acide azotique.....	40 —
12. Ammoniaque combinée.....	0,08 —
13. Ammoniaque albuminoïde ou amidée.....	0,04 —
14. Oxygène (méthode Lévy).....	6cc.1 —
15. Oxygène (méthode Zetsche).....	5cc.5 —
16. Oxygène (méthode Zetsche) après 76 jours.....	4cc.7 —
17. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.).....	32cc.83 —
18. Anhydride carbonique id.....	14cc.59 —
19. Oxygène id.....	4cc.56 —
20. Azote atmosphérique id.....	13cc.68 —
21. Degré hydrotimétrique total.....	19°9 —

22. Degré hydrotimétrique permanent.	16°8
23. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé...	1 mm. 2 par litre.
24. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé....	1 mm. 4 —
25. Réaction.....	Neutre.

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après dix jours, nous avons compté 24.000 bactéries et 39.000 moisissures par cent. cube.

Classement d'après Miquel : Eau impure.

Conclusions : Eau mauvaise bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de phosphates, sulfates, chlorures et nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Source du chemin de Laroche

Cette source sort dans un rocher, c'est la seule des anciennes eaux qui serve encore à l'alimentation publique; le résultat de notre analyse indique que cette eau qui pourrait être réputée bonne dans une contrée où les eaux sont plus chargées en principes minéraux qu'à Limoges, devient ici douteuse par les doses élevées des chlorures et des nitrates, et aussi par le chiffre élevé de ses microbes. Il y aurait lieu à notre avis de reprendre son analyse tous les 3 à 6 mois et de la maintenir ou la supprimer selon les résultats de plusieurs analyses.

1° ANALYSE CHIMIQUE

1. Caractères organoleptiques.....	Bons.
2. Résidu sec à 100°.....	160 milligr. par litre.
3. Cendres ou sels minéraux fixes.....	060 —
4. Fer.....	0,4 —
5. Alumine.....	Pas.
6. Chaux (CaO).....	031 —
7. Anhydride phosphorique.....	Pas.
8. Anhydride sulfurique.....	Pas.
9. Chlore.....	025,15 —
10. Acide azoteux.....	Pas.

11. Acide azotique.....	020 milligr. par litre.
12. Ammoniaque combinée.....	0,05 —
13. Ammoniaque albuminoïde ou amidée	0,06 —
14. Oxygène (méthode Lévy).....	5cc. 7 —
15. Oxygène (méthode Zetsche).....	5cc. 5 —
16. Oxygène (méthode Zetsche) après 76 jours..	4cc. 5 —
17. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)...	29cc. 6 —
18. Anhydride carbonique id.	9cc. 96 —
19. Oxygène id.	5cc. 44 —
20. Azote atmosphérique id.	13cc. 60 —
21. Degré hydrotimétrique total.....	10°8 —
22. Degré hydrotimétrique permanent.	10°1 —
23. Matière organique, milieu alcalin, oxygène absorbé..	1,3 —
24. Matière organique, milieu acide, oxygène absorbé...	1,8 —
25. Réaction.....	Neutre.

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après douze jours de culture, nous avons trouvé 8.000 bactéries et 2.000 moisissures par c. c., quelques bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau médiocre.

Conclusions : Eau douteuse bactériologiquement et chimiquement par les doses élevées de chlorures et de nitrates qui indiquent une souillure de l'eau.

Source de Saint-Martial

Prend naissance au-dessous du musée Adrien-Dubouché, traverse le faubourg Saint-Antoine, le boulevard Montmailler, arrive rue Froment (quartier démoli où on construit la nouvelle préfecture) où se trouve sa mère-fontaine, se dirige rue Portail-Imbert, et allait alimenter les bornes-fontaines de la rue de la Terrasse, de la place Royale, de la rue de la Courtine, de la place Saint-Martial, du faubourg Boucherie et du boulevard de la Cité; en juin 1893, elle alimentait aussi les deux robinets de la Pyramide, place Fontaine-des-Barres. Aujourd'hui, insitée, va se perdre dans la Vienne.

CHAPITRE IV

Projets du XIX^e siècle

En 1847, M. Malevergne de Lafaye avait proposé de créer dans la partie supérieure du bassin de l'Aurance et de la rivière du Palais de grands réservoirs dont les eaux auraient été amenées à Limoges, pour irriguer les terrains environnants, créer des forces motrices et alimenter la ville. Il avait surtout en vue l'irrigation et la création des forces motrices ; car, au point de vue de l'alimentation, il était plus facile d'amener l'eau des nombreuses sources qui doivent toujours être préférées à l'eau des étangs.

Projet Massaloux

Suivant délibération du 21 novembre 1857, du conseil municipal, émettant le vœu que des études fussent faites pour conduire en ville une ou plusieurs des petites rivières environnantes, dans un rapport du 28 juillet 1859, M. Massaloux, conducteur principal, faisant fonctions d'ingénieur, propose d'amener à Limoges, qui comptait alors 42.000 habitants, les eaux prises en aval du bassin supérieur de l'Aurance, d'une étendue de trente kilomètres carrés ; captées à une profondeur suffisante pour permettre d'obtenir des eaux pures par cela même qu'elles seront filtrées naturellement à travers les couches siliceuses qui constituent le sol et le sous-sol du bassin de l'Aurance.

Il évaluait à 35 litres par seconde la quantité d'eau à introduire dans l'aqueduc qui devait être souterrain et en maçonnerie ; un vaste système de drainage au moyen d'aqueducs à pierres sèches dont les débouchés devaient varier entre 0 m. 60 et 0 m. 30, selon qu'ils serviraient comme collecteurs ou comme simples branchements. Le rapport prévoyait que les eaux n'auraient pas besoin d'être filtrées avec grands soins comme à Paris pour l'eau de la Seine, parce que le sol du bassin de l'Aurance étant déprimé et très perméable sur une épaisseur assez notable, était dans de bonnes conditions pour conserver les eaux de pluie et les filtrer naturellement, et que les eaux de l'Aurance étaient limpides comme celles de tous les cours

d'eau des contrées granitiques. En conséquence, il jugeait suffisant de leur faire traverser un massif de cailloux et de gravier, qui, même lorsqu'elles seraient en crûe, les dépouillerait suffisamment des matières tenues en suspension pour les ramener à la pureté que comportent les divers usages auxquels on les destine.

Le rapport ne prévoyait tout d'abord que l'aménée des eaux de la nappe souterraine du bassin supérieur de l'Aurance, auxquelles on pourrait plus tard, selon les besoins, adjoindre les eaux de la partie supérieure de la vallée du ruisseau du Palais et de ses trois affluents principaux.

L'aqueduc devait être à des profondeurs variant de 4 m. 70 à 7 m. 20, et dans du tuf, et d'une longueur de 10.946 mètres ; avec une pente de 0 m. 60 à 0 m. 70 par kilomètre ; il devait aboutir à un grand bassin-réservoir situé à la Mauvendièrre, et qui dominait tous les terrains de la ville, ce qui facilitait la distribution, qui comprenait, en outre, divers bassins secondaires, permettant d'augmenter l'approvisionnement en diminuant la pression dans les tuyaux.

Voici un extrait de son rapport : « Le grand réservoir de la Mauvendièrre, qui doit recevoir les eaux à leur sortie de l'aqueduc, sera établi dans le jardin de M. Verrier ; sa forme sera circulaire avec un diamètre intérieur de 33 mètres ; les voûtes annulaires que l'on exécutera à deux compartiments, auront 6 mètres de diamètre et 5 mètres de hauteur entre le radier et la clef ; 24 baies de communication seront ménagées dans le mur séparatif, et au centre de l'édifice, on laissera un vide de 3^m,50 de diamètre pour y placer les divers mécanismes ou robinets nécessaires au mouvement de l'eau dans le réseau distributeur et dans les aqueducs de vidange. »

» Ce réservoir sera surmonté, vers son centre, d'un pavillon destiné au logement du préposé à la distribution des eaux et à des bureaux ; il aura 13 m. 60 de long, et 6 m. 60 de largeur, et se composera d'un rez-de-chaussée et d'un premier, dans lesquels on formera quatre pièces ; les deux du rez-de-chaussée seront affectés à des bureaux.

» Indépendamment du réservoir principal dont nous venons de donner la description, on construira six réservoirs secondaires dans divers quartiers de la ville; « Le premier sera établi au sommet du champ de foire;

» Le deuxième, dans la cour de la nouvelle caserne d'infanterie;

» Le troisième, à l'origine de l'avenue du Champ-de-Juillet;

» Le quatrième, sur la place de la Motte;

» Le cinquième, sur la place Haute-Vienne;

» Et le sixième, sur la place Tourny.

» Chaque réservoir aura dans son œuvre 20 mètres de long et 10 m. 80 de largeur; il affectera une forme rectangulaire et se composera de deux berceaux en plein centre de 5 mètres de diamètre, séparés par un mur ou pied droit commun de 0,80 c. d'épaisseur et 0 m. 60 c. de hauteur; on y ménagera trois baies pour réunir les eaux et pour le service ou le nettoyage du réservoir.

» Les dimensions du réservoir principal permettront d'y retenir un volume d'eau de 3.170 m. c.

» Celles des réservoirs secondaires donneront le moyen d'y emmagasiner un volume d'eau totale de 2.830 m. c.

» On aura donc constamment une réserve totale d'eau de 6000 m. c.

» Ce qui permettra de parer à toutes les éventualités, puisque ce volume peut fournir continuellement pendant six jours un débit de 20 litres par personne à une population de 50.000 âmes, et il deviendra très productif et pour la ville et pour l'agriculture, quand il sera possible d'en affecter une bonne partie aux irrigations.

» Les tuyaux de distribution formant le réseau de conduite qui doit porter les eaux dans tous les quartiers de la ville et à proximité des monuments et établissements publics, seront en fonte de fer.»

Suivent les détails de branchements, tuyauterie qui devait être à 1^m,30 de profondeur en ville, établissant dans la ville et les faubourgs 106 bornes-fontaines munies d'un régulateur et donnant l'eau par la pression de la

main. La dépense occasionnée par ce projet était prévue à 1.350.000 francs et le rapporteur ajoutait : « Les besoins d'eau se font d'ailleurs trop vivement sentir à Limoges pour que la question des dépenses puisse faire ajourner un pareil projet. » Et à l'appui, le rapporteur reproduisait le travail de M. l'ingénieur en chef Darny, sur les fontaines de Dijon, qui fonctionnaient admirablement depuis 1842.

Voici cet extrait toujours vrai : « Le lavage des rues, dit M. Emmerly, est sûrement bien utile, mais, consultez les hommes de l'art, reprenez tous les procès-verbaux des commissions sanitaires, et, ils vous diront qu'il est bien autrement important de laver les allées des maisons, les petites cours intérieures mal aérées, les lieux d'aisance qui y sont ordinairement placés, les rez-de-chaussée. Ils ajouteront qu'il faut surtout donner à la classe malheureuse la possibilité de multiplier gratuitement les lavages de toutes espèces, soit du corps, soit du linge qui souvent se trouve reparté en proportion si faible à chaque individu. Voilà, vous répéteront-ils, comment vous attaquerez avec quelque profondeur la question de l'assainissement d'une grande ville. Tel est le service immense que rendent les puisages gratuits aux bornes-fontaines.

« Ces réflexions si justes démontrent qu'il faut par tous les moyens possibles chercher à favoriser la salubrité du domicile en construisant les bornes de telle sorte qu'on puisse en user à volonté en les multipliant assez pour que la classe la plus nombreuse les trouve aisément dans son passage et ne soit pas rebutée par la longueur du trajet à faire, par le temps à perdre et la peine à supporter. Il faut, en un mot, que partout l'eau se trouve prête à satisfaire à chaque besoin, il faut, pour ainsi dire, qu'elle sollicite la population aux habitudes hygiéniques, et l'on sait que le développement de ces habitudes tient essentiellement à la facilité de les contracter. ®

» La salubrité publique exigeait que le grand égout du Lusson fut parcouru presque constamment par un volume d'eau considérable : La prise d'eau des répartiteurs n° 8, a

été exécutée dans ce but ; elle voulait **que toutes les** rues fussent arrosées, des bornes-fontaines **ont été placées** à de très rares exceptions près, à tous les **points culminants** des rues. »

« La sûreté publique demandait que **de prompts secours** fussent disponibles en cas d'incendie, **tous les édifices** publics ont été entourés de bornes-fontaines, **on les a multipliées** aussi dans les quartiers où ces **sinistres sont** le plus à craindre, dans ceux où ils causeraient **le plus grand** dommage. »

« Enfin, les convenances et l'hygiène **privée exigeaient** que ces appareils fussent multipliés **de telle sorte** que chaque habitant rencontrât une borne-fontaine à quelques pas de son domicile, et l'Administration municipale a décidé qu'entre les bornes-fontaines **déjà faites**, seraient encore intercalées de nombreuses bornes destinées à répartir tous les bienfaits de la distribution.

« M. l'ingénieur en chef Emmerly regarde la suppression d'une borne-fontaine comme une calamité, comme un accroissement de mortalité pour la classe malheureuse. La ville de Dijon paraît s'être inspirée de la pensée de M. Emmerly, elle a pris le programme et toutes ses conséquences ; elle a fait le bien presque avec excès, s'il pouvait y avoir de l'excès dans le bien. »

M. Grellet, dans un nouveau rapport du 28 août 1862 :

Après avoir noté la situation fâcheuse où la ville se trouvait par rapport à son approvisionnement d'eau, situation démontrée par les sécheresses des années 1861 et 1862 ; et, frappé du contraste existant entre l'abondance des sources, qui pendant l'été se répandent sur les terrains des campagnes du département, y entretiennent une végétation et une fraîcheur des plus agréables, et la pénurie des eaux dont disposait la ville de Limoges, démontre que, malgré le bon parti que l'on a tiré jusqu'ici des sources qui naissent à proximité de Limoges, le volume d'eau qu'elles fournissent, n'est plus suffisant pour la population actuelle et l'accroissement qu'elle tend à prendre chaque année.

M. Grellet insiste sur l'avantage que trouveraient les habitants à avoir une prise d'eau à tous les étages des maisons (ce qui n'existait pas encore) tant au point de vue de l'hygiène que du temps économisé, et, après une étude approfondie des divers moyens, conclut à l'adoption du projet étudié par M. Massaloux et présenté dans son rapport du 28 juillet 1859, et qui consistait à amener à 89^m753 au-dessus de l'étiage de la Vienne au Pont-Neuf, et par seconde, 35 litres au minimum et 153 litres au maximum, d'eaux propres à la boisson, dans les moments où il devenait nécessaire d'accroître les ressources des fontaines existantes.

Pour terminer, M. Grellet concluait ainsi : « La situation actuelle de Limoges, sous le rapport de l'approvisionnement d'eau, est réellement déplorable. L'expérience que l'on vient de faire en 1861 et 1862 a certainement démontré à tout le monde la nécessité impérieuse de porter un remède à cette situation et nulle entreprise d'utilité publique ne pourra être plus populaire que celle qui aura pour objet de faire cesser un état de choses intolérable, et de porter la ressource disponible par habitant de 10 litres à 64 litres dans les grandes sécheresses extraordinaires.

» Je livre donc avec confiance ce projet à l'examen du conseil municipal, de l'administration et de nos concitoyens, persuadé que je suis, qu'il se réalisera, et que son exécution assurera la salubrité et l'embellissement de la ville, ainsi que le bien-être de tous les habitants.

« Le jour où les eaux de l'Aurence, amenées par l'aqueduc de dérivation, viendraient se précipiter pour la première fois sous les voûtes du grand réservoir de la Mauvendière, serait le commencement d'une ère nouvelle pour les conditions hygiéniques de nos rues, de nos places, de nos habitations et de tous les établissements publics. » Mais il ne fut pas donné suite à ce projet, par suite des réclamations des propriétaires des importantes usines de l'Aurance, et aussi par suite des préjugés existant dans la population contre l'usage des eaux de rivière.

Projet Leygonie

En novembre 1864, M. M. Leygonie, géologue hydrographe, présenta un rapport au conseil municipal, dans lequel il concluait au rejet formel de l'alimentation de Limoges par l'eau de la Vienne, basé non seulement sur la difficulté qui résultait de l'emploi de machines élévatoires, mais surtout sur la mauvaise qualité de l'eau de la Vienne.

Il avait en effet constaté que cette eau se réchauffait facilement pendant l'été, ce qui s'explique par le peu d'épaisseur qu'offre en général la couche liquide et qui favorise son réchauffement, aussi par la nature rocheuse du fond de la rivière qui ne permettait pas qu'une partie de ses eaux s'infiltrât pour reparaitre plus loin refroidie dans le sol, comme cela se produit dans certaines rivières telles que la Loire et la Garonne dont le talweg repose sur des couches d'alluvions.

Le réchauffement de l'eau de la Vienne était encore dû à ce fait que le talweg de la Vienne est très resserré et que les roches escarpées et parfois verticales qui la bordent, en amont de Limoges, constituent autant de réflecteurs qui envoient dans le bassin resserré une grande quantité de calorique.

M. Leygonie avait constaté, en août 1864, que ces eaux marquaient 30° C. alors que le thermomètre à l'air ambiant et au soleil marquait 41° C. et que les eaux des sources alimentant Limoges, qui n'étaient point d'une fraîcheur irréprochable, n'accusaient que 16° C.

Ces considérations auraient pu être augmentées de la souillure des eaux de la Vienne par les débris déversés en amont de Limoges par les riverains et les nombreuses usines situées sur ses rives.

M. Leygonie insistait d'autre part sur la diminution lente mais constante du débit des sources qui alimentaient Limoges, par suite de captations partielles et de dérivations occasionnées par les constructions neuves aux alentours de la ville, et prétendait que le projet de la dérivation

de l'Aurence subirait le même sort et ne donnerait qu'une quantité d'eau très faible et insuffisante, il faisait remarquer que l'agriculture progressant rapidement par des irrigations nombreuses, absorberait toute l'eau des nombreuses sources situées à des points différents et dont l'ensemble alimentait l'Aurence, cours d'eau produit par une infinité d'affluents extérieurs, formés eux-mêmes par une masse de petites sources dispersées sur une infinité de points différents, qui offrent autant par leur position élevée que par l'inclinaison du sol où elles jaillissent, toutes les facilités nécessaires pour être dispersées sur des surfaces perméables qui les absorberont complètement à l'époque des irrigations. D'où il devait résulter que l'Aurance, dans un avenir prochain, serait presque à sec.

M. Leygonie, sollicité, à la suite de ce premier rapport, de présenter un projet pour conduire à Limoges des eaux saines et abondantes, proposa l'achat immédiat qui fut du reste effectué par la municipalité de six groupes de sources situées à des altitudes de 334 à 376 mètres, qui devaient être ensuite amenées sur le plateau de Montjovis, le plus élevé de la ville, et dont le débit était évalué par lui à 2.000 mètres cubes par 24 heures, soit 60 litres par habitant et par 24 heures, alors que les sources existantes ne donnaient que 17 litres.

Rapport de M. Chambrelent

La municipalité confia l'examen du projet de M. Leygonie à M. Chambrelent, ingénieur en chef, qui, après une étude minutieuse, proposa de revenir au projet de M. Grellet en introduisant dans l'aqueduc les eaux des sources achetées conditionnellement par la ville sur les conseils de M. Leygonie. ®

Une analyse faite par MM. Robinet, ancien président de l'Académie impériale de médecine, et Astaix, professeur de chimie à l'École préparatoire de médecine et de pharmacie de Limoges, concluait ainsi :

« Il n'est pas possible de trouver mieux ; la ville de

Limoges se trouvera dans une position exceptionnelle à cet égard. »

Sur un rapport présenté par M. Chamiot, le 12 novembre 1869, le conseil municipal vota un crédit de 33.000 francs pour payer le prix des acquisitions des sources et des droits de fouilles en galeries faites par M. Leygonie. Les sources achetées étaient :

« Groupe des Planchettes, altitude 334 m., débit en 24 heures, 47 mètres cubes.

Groupe du Malabre, altitude 334 m., débit en 24 heures, 24 m. c.

Groupe de Nouailhas, altitude 371 m., débit en 24 heures, 218 m. c.

Groupe de Couty et Dumas, altitude 368 m., débit en 24 heures, 518 m. c.

Groupe d'Anglard, altitude 376 m., débit en 24 heures, 164 m. c.

Groupe de Chantegrelle, altitude de 353 m., débit en 24 heures, 437 m. c.

Et autorisa M. le maire à recevoir les propositions qui pourraient être faites pour l'approvisionnement d'eau, conformément au projet de M. Chambrelent, qui consistait notamment « à conduire au col de la Mauvendière, les sources de la vallée des Planchettes, celle de la lande d'Anglard et, s'il y a lieu, toutes autres acquises ou à acquérir » et à y joindre, si besoin est, les eaux de l'Aurance et du ruisseau du Palais.

Mais, deux compagnies seulement firent des propositions jugées inacceptables et le Conseil municipal, dans sa séance du 25 juin 1870, décida qu'à défaut de ressources suffisantes, il y avait lieu de scinder le travail, et chargea M. Leygonie de faire exécuter les travaux nécessaires pour amener dans un bassin commun les sources provenant de la vallée des Planchettes, achetées par la ville l'année précédente, la dépense était prévue à 270.000 francs, dont le Conseil votait l'emprunt remboursable en sept années, à l'aide de 10 centimes additionnels.

Fontaine d'Aigoulène. — Aqueducs Romains

Les fâcheux événements de 1870 ne permirent pas de remplir les formalités exigées par la loi et arrêtaient l'exécution du projet.

Il revint en discussion au Conseil municipal le 9 février 1872. M. Dubreuil, rapporteur, fit alors entrevoir l'avantage que la ville pouvait tirer d'anciens aqueducs romains découverts par M. Vergne, sous la partie haute de la ville, en traçant le tunnel du chemin de fer des Charentes, et proposa le vote d'un crédit de 8.000 francs pour permettre à M. Vergne de rechercher l'état des aqueducs qui, dans les siècles antérieurs, avaient dû servir à amener à Limoges, qui avait alors une importance double, les eaux de la source d'Aigoulène, située dans la vallée de l'Aurance et qui, alors d'après les aqueducs découverts, devait avoir un débit de 7.774 mètres cubes par 24 heures, débit diminué par les captations effectuées par les propriétaires riverains.

Le conseil décida d'ajourner sa décision au 6 mars 1872, et dans l'intervalle fit constater l'état de l'aqueduc d'Aigoulène, du branchement de Cognac et de celui du Puy-las-Rodas, et vota un crédit de 8.000 francs pour travaux à exécuter dans les aqueducs d'Encombe-Vineuse et de la fontaine d'Aigoulène, réservant le projet Leygonie pour le cas où ces travaux ne donneraient pas le résultat attendu.

Dans un nouveau rapport au conseil municipal du 2 avril 1873, M. Dubreuil rend compte des travaux effectués qui ont consisté à débayer les aqueducs d'Aigoulène, qui étaient obstrués en beaucoup d'endroits, et à les reconstruire sur beaucoup de points, et ainsi à porter leur longueur de 3.418 m. à 5.253, en augmentant le débit des eaux de 2.000 m. cubes. En outre, au cours de ces travaux, on a découvert un nouvel aqueduc identique à celui d'Aigoulène, et qui se dirige vers la route de Paris, cet aqueduc paraît devoir prendre les eaux du plateau de Beaubreuil qui communique directement avec celui de l'Aurance et

des Planchettes, et permettrait d'amener à peu de frais, l'eau des sources achetées par M. Leygonie, sur le plateau des Planchettes, à 8 kilomètres, au nord de Limoges.

Rapport de M. Lesguillier

Le conseil municipal décida alors de faire étudier le projet par M. Belraud, directeur des eaux de la ville de Paris, mais celui-ci, empêché, conseilla de s'adresser à M. Lesguillier (attaché au service des eaux de la ville de Paris). Celui-ci se livra à une étude approfondie sur la configuration, la nature du sol, la topographie des lieux, etc... et dans un rapport fortement motivé, après l'étude des projets proposés antérieurement, conclut qu'il convenait de remonter jusqu'aux sources, et de n'amener dans la ville que des eaux qui ne voient le jour qu'en arrivant au lieu de consommation, et qu'il y avait lieu de capter les sources des rivières de Beaune et du Palais, en prenant au passage les eaux acquises par la ville aux Planchettes, celles de l'Aurance n'étant considérées que comme un appoint secondaire. Le débit de ces deux rivières étant de 20.000 m. cubes par jour, ils semblent devoir suffire pendant longtemps aux besoins de la population de Limoges. Du reste, si besoin était dans l'avenir, il suffirait de prolonger l'aqueduc pour aller plus loin et même jusqu'à Ambazac chercher de nouvelles sources.

Voici un extrait de son rapport : « L'aqueduc aura une section ovoïde de 1^m,40 de hauteur et 0^m,80 de largeur maxima. Il partira du ruisseau de Pléquet, affluent de la rivière du Palais, près du hameau de Juniac, à l'altitude de 333 mètres et arrivera après un parcours de 15 kilomètres, aux Thuilières, à l'altitude de 330 mètres, c'est en ce point qu'on a placé le réservoir principal.

» De petits aqueducs en ciment et des drains en poterie recueilleront les eaux souterraines, et les amèneront dans l'aqueduc principal.

» Outre le réservoir des Thuilières, dont la capacité sera de 6000 m. cubes, on établira deux réservoirs de 3000 m.

cubes chacun, à la Mauvendièrre et sur la place Haute-Vienne.

» La canalisation intérieure présentera un développement de 27800 mètres. L'aqueduc d'Aigoulène sera utilisé pour alimenter le réservoir de la place Haute-Vienne ; il recevra en outre le trop-plein des autres réservoirs ».

Le projet Lesguillier fut adopté par le conseil municipal dans les séances des 26 mai et 30 juillet 1874 ; le 5 août fut promulguée la loi votée par l'Assemblée nationale, autorisant la ville de Limoges à emprunter 2.600.000 fr., pour amener les sources des Planchettes, celles formant les rivières de Beaune et du Palais et les sources de la Crouzille.

Le 21 septembre, le conseil municipal, adopta le projet de mise en adjudication présenté par M. Dubreuil, et plus tard, le 19 février 1875, il décida d'acheter les sources au fur et à mesure qu'il s'en rencontrerait à proximité du grand aqueduc, et jusqu'en 1876, nous trouvons aux archives de nombreuses délibérations, portant achat de sources diverses dans les vallées des Planchettes, de Beaune, de La Crouzille, des Chabannes, de la Borderie (haute), de la Borderie (basse), des Vergnes, des Courrières, d'Excideuil, des Coteaux, des Hureaux, des Sagnes, le plateau de l'étang charmant, la propriété Devignerie à Nepoulas, le passage de Royères.

Le 29 mai 1875, le conseil municipal résolut de faire glutiner les tuyaux de fonte de la nouvelle canalisation afin d'éviter la formation des tubercules. De diverses délibérations, il résulte que fin 1876, les aqueducs d'aménée, les trois réservoirs, sont achevés et dès le 1^{er} janvier 1877, les habitants peuvent obtenir les premières concessions d'eau dans les maisons.

Le 18 juillet de la même année, M. Orliaguet, après avoir affirmé que la ville dispose de 6.000 m. c. d'eau potable par jour, dit qu'il sera prochainement présenté un projet de captation des sources de la vallée de la Cane qui portera à 8.000 m. c. la quantité disponible par jour.

Le Conseil d'hygiène se préoccupait de cette question.

Ainsi, dans la séance du 9 octobre 1874, M. le maire dit au conseil d'hygiène : « A Limoges, il y a un grand nombre de maisons qui n'ont pas de fosses d'aisance ; plusieurs grands édifices communaux et départementaux en sont eux-mêmes dépourvus : tels sont la préfecture, le théâtre, l'ancien et le nouveau palais de justice. Ce sont les égouts de la ville qui servent de récipients communs pour les matières fécales des quartiers qu'ils traversent. En 1856, il y avait environ 1.550 maisons construites sans fosses d'aisance, et ce nombre n'a fait qu'augmenter. Il en résulte que les égouts sont engorgés, et plus spécialement le ruisseau d'Anjoumard ; d'où, une viciation de l'air et surtout une infiltration à travers les parois des conduites d'eau situées à côté des égouts, qui est la cause des altérations fréquemment observées dans l'eau des fontaines Saint-Martial, des Barres, de la Cité, du boulevard de la Corderie ». Il demande l'appui du Conseil d'hygiène pour vaincre la résistance des propriétaires à faire construire des fosses d'aisance, conformément à un arrêté pris le 9 avril 1872, cet avis est favorable à l'unanimité.

En 1878, d'une communication de M. Lemaistre au Conseil d'hygiène, il ressort que la ville est pourvue abondamment des nouvelles eaux, et qu'en même temps qu'elle a fait placer les canalisations, elle a fait construire des égouts souterrains, destinés à recevoir les eaux de toute nature provenant des évier, cabinets de toilette, laboratoires, etc., qui, auparavant, étaient déversées dans le ruisseau de la rue à ciel ouvert.

En 1882, M. Raymondaut expose au Conseil d'hygiène qu'une épidémie de fièvre typhoïde a éclaté à l'hôpital, occasionnée, selon toute apparence, par des travaux à un égout obstrué, vers la fin de septembre, égout qui recevait les matières fécales, alors que, pendant l'été, plusieurs cas de fièvre typhoïde avaient été constatés à l'hôpital militaire.

Le 9 mars 1887, le Conseil municipal vote 6.000 francs pour capter les eaux offertes par M. Pailler, provenant de la propriété du Masneuf, au lieu dit des Planchettes, commune de Chaptelat.

M. Teillet de Chandiat, expert-chimiste, avait été chargé de l'analyse que nous reproduisons plus loin ; dans son rapport, il dit que la prairie des Planchettes forme une cuvette où séjourne une quantité considérable d'eau qui transforme le pré en un vaste borbier de 1 mètre à 1 m. 50 de profondeur, dont le trop-plein va se déverser dans le ruisseau des Planchettes.

Enfin, nous retrouvons une note d'une délibération du 13 février 1891 qui montre l'importance attachée depuis longtemps à la bonne qualité des eaux de Limoges. Sur interpellation de M. Charles-Lavauzelle, qui dit qu'un docteur-médecin de la ville, lui a déclaré qu'il fallait user avec modération des eaux de la ville, et qui exprime ses craintes sur la salubrité de ces eaux, M. Labussière, maire, déclare que ces craintes lui paraissent peu fondées, les nouvelles eaux paraissant à tous parfaitement saines, et les partisans du système qui voit dans l'eau potable le véhicule des maladies épidémiques n'hésitent pas à déclarer « que les nouvelles sources amenées par la ville sont actuellement dans des conditions de salubrité excellentes ».

A la séance du 30 mai 1892 du conseil d'hygiène, M. Leygonie, dans un rapport sur l'alimentation en eau potable de Saint-Mathieu, comme comparaison, disait : « Les eaux des bas quartiers de Limoges traversent plusieurs bassins très vastes, dont les deux extrêmes sont séparés par une distance de plusieurs kilomètres, ce qui n'empêche pas qu'à chaque orage elles arrivent aux bornes-fontaines et aux robinets de ceux qui ont des concessions, excessivement troubles. Ce même inconvénient se produit aussi à la suite des pluies prolongées et lorsque les propriétaires détournent les ruisseaux pour arroser les pacages et les prairies, dans lesquels la ville a capté des sources à l'aide de simples drainages, pratiqués à de très faibles profondeurs dans des terrains tourbeux qui, une fois qu'ils sont desséchés, sont devenus de véritables éponges et leur permet d'absorber les eaux d'irrigation distribuées à leur surface, de les mêler à celles des sources et d'amener ainsi à Limoges les lavures des prairies avec

le jus des fumiers de toute sorte qu'on répand aujourd'hui en grande quantité sur ces prairies. »

Nous avons nous-même observé ce fait à maintes reprises de 1890 à 1902, mais depuis près de deux ans, des réparations effectuées ont fait disparaître à peu près complètement cet inconvénient.

Le 20 avril 1894, M. Bignaud, rapporteur, dit : « En 1886, la ville avait fait remplacer, pour cause d'insuffisance, par des tuyaux de 0 m. 30 de diamètre intérieur, la conduite de 0 m. 20 de la vallée des Planchettes, à la tête amont du grand siphon de l'Aurance. La pose d'un deuxième siphon devait s'exécuter à bref délai pour compléter l'amélioration entreprise, mais, faute de ressources, ce tuyau est encore à poser.

» Les sources des Planchettes fournissent pendant onze mois de l'année un débit moyen de 30 à 35 litres par seconde, tandis que le siphon existant ne peut en conduire que 18. La quantité d'eau perdue représente donc un cube moyen de 1.200 mètres cubes par 24 heures. Ce n'est pas une quantité négligeable et il est de toute utilité que la ville ne laisse pas perdre ce qui lui fait si grand besoin. Le conseil vote 12.000 francs pour la pose d'un deuxième siphon.

Plusieurs délibérations en 1895 aboutissent à établir une retenue sur les ruisseaux de la Cane et du Pléquet, en amont du moulin Guillot, pour donner aux usiniers l'eau en remplacement des sources captées ou à capter dans les vallées de ces ruisseaux.

Le 12 juin 1896, M. Marquet dit dans un rapport : « Les demandes de concessions d'eau étant tous les jours de plus en plus nombreuses, l'administration etc... vote un crédit de 16.500 fr. pour travaux de captation de sources à exécuter dans les vallées de la Côte et de Fond-Bœuf (communes de Compreignac et de Bonnac).

Le 29 août 1896, M. Borde fait le rapport suivant : « En 1874, lors des grands travaux entrepris pour alimenter d'eau la ville de Limoges, de nombreuses sources ont été captées dans la vallée de l'étang Charmant. Les eaux ont

été drainées, les conduites posées et les regards établis ; mais, les travaux n'ayant pas été achevés, les eaux se répandent sur les terrains sans profit pour la ville. Il s'agit de les amener dans la conduite qui passe près du village de Chabannes, à 3.083 mètres du dernier regard de la vallée de l'étang Charmant. Ainsi donc, c'est non pas une captation à faire, mais une simple canalisation à poser. Les travaux en question se divisent en deux parties :

« 1° Conduites en fonte ; 2° conduites en ciment. »

Suivent les détails des conduites, frais s'élevant à 15.500 fr. votés par le conseil, qui, comme nous venons de le constater, a constamment été préoccupé d'assurer une bonne alimentation d'eau.

CHAPITRE V

Nouvelles eaux

Depuis 1902 toutes les fontaines publiques (sauf celles du chemin de la Roche) et toutes les concessions d'eau sont alimentées par les nouvelles eaux, c'est-à-dire entièrement à l'aide de captation de sources : Ces sources sont situées, savoir :

- | | | |
|----------------------------------|---|---|
| 1° Dans le bassin de la Gartempe | } | 1° Fontaniche, la Borderie, Chabannes, Les Sagnes, Ventillac dans la commune de St-Sylvestre et font partie d'un groupe alimentant l'étang de la Crouzille. |
| | | 2° Font-Bœuf, La Côte, dans la commune de Compreignac. |
| | | 3° Les Vergues, Le Coteau, Excideuil, les Courrières, La Drouille, dans la commune d'Ambazac. |
| | | 4° Royère, dans la commune de Bonnac. |
| 2° Dans le bassin de l'Aurence | } | 5° Le Masneuf, les Planchettes, dans les communes de Couzeix et de Chaptelat. |

le jus des fumiers de toute sorte qu'on répand aujourd'hui en grande quantité sur ces prairies. »

Nous avons nous-même observé ce fait à maintes reprises de 1890 à 1902, mais depuis près de deux ans, des réparations effectuées ont fait disparaître à peu près complètement cet inconvénient.

Le 20 avril 1894, M. Bignaud, rapporteur, dit : « En 1886, la ville avait fait remplacer, pour cause d'insuffisance, par des tuyaux de 0 m. 30 de diamètre intérieur, la conduite de 0 m. 20 de la vallée des Planchettes, à la tête amont du grand siphon de l'Aurance. La pose d'un deuxième siphon devait s'exécuter à bref délai pour compléter l'amélioration entreprise, mais, faute de ressources, ce tuyau est encore à poser.

» Les sources des Planchettes fournissent pendant onze mois de l'année un débit moyen de 30 à 35 litres par seconde, tandis que le siphon existant ne peut en conduire que 18. La quantité d'eau perdue représente donc un cube moyen de 1.200 mètres cubes par 24 heures. Ce n'est pas une quantité négligeable et il est de toute utilité que la ville ne laisse pas perdre ce qui lui fait si grand besoin. Le conseil vote 12.000 francs pour la pose d'un deuxième siphon.

Plusieurs délibérations en 1895 aboutissent à établir une retenue sur les ruisseaux de la Cane et du Pléquet, en amont du moulin Guillot, pour donner aux usiniers l'eau en remplacement des sources captées ou à capter dans les vallées de ces ruisseaux.

Le 12 juin 1896, M. Marquet dit dans un rapport : « Les demandes de concessions d'eau étant tous les jours de plus en plus nombreuses, l'administration etc... vote un crédit de 16.500 fr. pour travaux de captation de sources à exécuter dans les vallées de la Côte et de Fond-Bœuf (communes de Compreignac et de Bonnac).

Le 29 août 1896, M. Borde fait le rapport suivant : « En 1874, lors des grands travaux entrepris pour alimenter d'eau la ville de Limoges, de nombreuses sources ont été captées dans la vallée de l'étang Charmant. Les eaux ont

été drainées, les conduites posées et les regards établis ; mais, les travaux n'ayant pas été achevés, les eaux se répandent sur les terrains sans profit pour la ville. Il s'agit de les amener dans la conduite qui passe près du village de Chabannes, à 3.083 mètres du dernier regard de la vallée de l'étang Charmant. Ainsi donc, c'est non pas une captation à faire, mais une simple canalisation à poser. Les travaux en question se divisent en deux parties :

« 1° Conduites en fonte ; 2° conduites en ciment. »

Suivent les détails des conduites, frais s'élevant à 15.500 fr. votés par le conseil, qui, comme nous venons de le constater, a constamment été préoccupé d'assurer une bonne alimentation d'eau.

CHAPITRE V

Nouvelles eaux

Depuis 1902 toutes les fontaines publiques (sauf celles du chemin de la Roche) et toutes les concessions d'eau sont alimentées par les nouvelles eaux, c'est-à-dire entièrement à l'aide de captation de sources : Ces sources sont situées, savoir :

- | | | |
|----------------------------------|---|---|
| 1° Dans le bassin de la Gartempe | } | 1° Fontaniche, la Borderie, Chabannes, Les Sagnes, Ventillac dans la commune de St-Sylvestre et font partie d'un groupe alimentant l'étang de la Crouzille. |
| | | 2° Font-Bœuf, La Côte, dans la commune de Compreignac. |
| | | 3° Les Vergues, Le Coteau, Excideuil, les Courrières, La Drouille, dans la commune d'Ambazac. |
| | | 4° Royère, dans la commune de Bonnac. |
| 2° Dans le bassin de l'Aurence | } | 5° Le Masneuf, les Planchettes, dans les communes de Couzeix et de Chaptelat. |

La longueur développée des conduites ou des drains rayonnant sur le territoire de dix communes est d'environ 65 kilomètres.

Dans chaque vallée des conduites étanches reçoivent l'eau des drains pour les conduire sur différents points dans une galerie d'amenée qui a une longueur de 14 kilomètres.

L'aqueduc d'amenée a une section ovoïde, hauteur 1 m. 40, largeur 0 m. 80 aux naissances.

Réservoirs

La distribution intérieure est assurée à l'aide de 3 réservoirs :

1° Le réservoir des Tuilières, d'une capacité de 6.000 mètres cubes.

Ce bassin a une double destination : il assure la distribution dans le haut service et fait l'office de régulateur dans toutes les parties de la ville.

C'est dans ce but qu'on lui a donné une capacité de 6.000 m. c., équivalente à la quantité d'eau amenée par l'aqueduc pendant la nuit.

Le plan d'eau supérieur est établi à la cote 330 m., la hauteur d'eau est fixée à 5 mètres.

L'altitude du sol à l'emplacement du réservoir est à 331 m. 68.

Le réservoir est donc entièrement construit en déblai.

En plan, il a la forme d'un carré ayant 37 m. de côté.

Les murs d'enceinte ont 0 m. 60 d'épaisseur en raison de la consistance du terrain contre lequel ils sont appliqués (tuf tendre et granit décomposé).

Le radier a 0,30 d'épaisseur, il est raccordé avec les murs par un large solin de 2^m de rayon.

Le radier, les murs d'enceinte, les piliers et contreforts sont recouverts d'un enduit en ciment Portland de 0,03 d'épaisseur sur rocaillage.

Le réservoir est couvert par une toiture formée de voûtes légères en briques de 0,11 d'épaisseur. Les voûtes sont supportées à l'intérieur par des piliers carrés et au pourtour

par des contreforts adossés au mur. Les piliers ont 0^m,60 de côté et les contreforts également 0^m,60 d'épaisseur et 0^m,80 de longueur.

L'espacement de ces supports est de 4 mètres d'axe en axe.

La couverture est complétée par une couche de béton maigre posé sur les voutes et par une couche de terre végétale de 0^m,40 sur la couverture. De cette façon, l'eau emmagasinée conserve en été sa fraîcheur, et étant à l'abri des rayons solaires, aucun végétal pouvant altérer sa composition, ne peut s'y développer.

2° Les réservoirs de la place Haute-Vienne et de la Mauvendière.

Le réservoir du moyen service est établi à la Mauvendière dans un emplacement dont le sol est à l'altitude de 311 mètres. Le plan d'eau supérieur est à la cote 310 mètres.

Le réservoir du bas service est situé sous le terre plein de la place Haute-Vienne dont le sol est à l'altitude de 273 mètres 60.

Le plan d'eau supérieur de ce bassin est à la cote de 272 mètres.

Ces deux bassins ont chacun une capacité de 3.000 m. c. La hauteur d'eau dans chacun d'eux est de 5 mètres. Comme le réservoir des Tuilières, ils sont entièrement construits en déblais. En plan ils ont la forme d'un carré de 25 mètres de côté. L'épaisseur des murs de pourtour varie suivant la nature des terrains, les piliers et les contreforts supportant les voûtes présentent les mêmes dispositions que ceux du bassin des Tuilières.

Distribution

Importance du réseau urbain. — Le réseau urbain a un développement d'environ 50 kilomètres en tuyaux de fonte de tous diamètres, savoir :

Tuyaux de 0,500.....	1 kilomètre environ.
— 0,400.....	2 k. 500

Tuyaux de 0,350... ..	} 5 k. 500
— 0,300.....	
— 0,200.....	
— 0,100.....	
de 0,06 et 0,081.....	10 k.
	31 k.

La ville poursuit actuellement le remplacement des tuyaux de 0,06 et 0,081 dont le diamètre est insuffisant dans la plupart des rues.

Nombre de bornes fontaines.....	180
Bouches de lavage.....	200
Urinoirs.....	32
Etablissements municipaux.....	45
Nombre de concessions particulières.....	2.450

Consommation

Volume d'eau consommé par jour :

Maximum.....	10.000 m. c.
Moyen.....	8.000
Minimum.....	6.000

Nombre d'habitants : 83.569. Nombre approximatif de maisons : 7.225.

De nouveaux projets sont à l'étude, ayant pour but d'augmenter l'adduction de sources et la construction du réseau d'égout.

Depuis quelques années, la ville a fait construire de nombreux égouts collecteurs (forme ovoïde) et poursuit le projet de construction d'un réseau complet d'égouts se déversant dans la Vienne.

ANALYSE DES NOUVELLES EAUX

Nous avons trouvé mention des analyses suivantes :

1° Effectuée sur les sources offertes par M. Pailler, du Masneuf, dans la vallée des Planchettes, par M. Theillet de Chaudiat, en 1887.

M. Theillet de Chaudiat traite l'eau après 15 jours de repos :

1° Par l'eau de chaux, qui lui donne un léger trouble d'où il conclut à la présence de l'acide carbonique ;

2° Par le nitrate d'argent qui donne un précipité opalin, mais sans grumeaux, et il conclut à la présence des chlorures, mais sans excès ;

3° Par le nitroprussiate de sodium qui ne donne pas de coloration violette, d'où il conclut à l'absence de sulfures ;

4° Il n'a pu déceler aucune trace d'azotates, d'azotites et de sels ammoniacaux en employant la solution d'indigo sur l'extrait sec, l'emploi d'amidon et le réactif de Nessler.

5° Le chlorure de B a ne produit aucun précipité, donc pas de sulfates.

6° L'oxalate d'ammoniaque donne un trouble à peine sensible, d'où traces de sels de chaux ;

7° La présence des sels de magnésie est à peine sensible sur l'extrait sec ;

8° Les matières organiques, dit-il, sont en très petites quantités et ce ne sont que des matières d'origine végétale, car celles d'origine animale font complètement défaut (1).

Il conclut que ces eaux ne contiennent rien de nuisible, qu'elles sont très pures et excellentes à boire. Il a dosé le degré de dureté ou degré hydrotimétrique qui a varié de 2°,5 à 4°,7, et l'extrait sec par litre, qui a varié de 0 gr. 034 à 0 gr. 056.

2° L'analyse chimique et l'analyse bactériologiques suivantes des sources des Sagnes, de la Borderie, O. de Saint-Sylvestre, de Védresme, O. du Puy-Gonsaut, des Planchettes, S. O. de Chaptelat, effectuée le 15 janvier 1891.

Degré hydrotimétrique... ..	2°
Matière organique.....	1 mill. par litre.
Azotate ammoniacal.....	Traces.
— albuminoïde.....	0 4 de milligr.
— nitrique.....	0,5 de milligr.
Chaux.....	15.3
Magnésie.....	2.00

(1) Nous regrettons vivement que M. Theillet de Chaudiat, aujourd'hui décédé, n'ait pas fait connaître son procédé, pour distinguer les matières organiques d'origine végétale, de celles d'origine animale, distinction que nous n'avons pas encore en 1904, les moyens d'effectuer. (Note de l'auteur.)

Alcali.....	5.00 de milligr.
Fer.....	Néant.
Acide sulfurique.....	1.4
Chlore.....	5.2
Acide carbonique.....	0.5
Silice.....	11.00
Matières minérales.....	40.40
— combustibles...	41.6
Résidu sec total.....	82.00

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE (25 octobre 1892)
VAL-DE-GRACE (PARIS)

50 germes aérobie, 100 moisissures par centimètre cube.

Les germes bactériens sont représentés par quelques espèces banales, la plupart chromogènes. Les bactéries putrides font complètement défaut.

Absence du bacille typhique et du bactérium coli.

Eau de très bonne qualité.

3° La communication suivante faite par M. Chénieux au Conseil d'hygiène le 15 janvier 1891 d'une analyse de l'eau des conduites de la ville dont les échantillons ont été envoyés par le proviseur du lycée au ministère de l'instruction publique.

Analyse, examen et étude micrographique. — Eau de la ville.

ANALYSE CHIMIQUE

Degré hydrotimétrique.....	202
Matière organique.....	5,0
Azote ammoniacal.....	Traces
— albuminoïde.....	0,4
— nitrique.....	0,5
Chaux.....	15,3
Magnésie.....	2,0
Alcalis.....	5,0
Fer.....	0,0
Acide sulfurique.....	1,4

Chlore.....	5,2
Acide carbonique.....	0.5
Silice.....	11,0
Matières minérales.....	40,4
Matières combustibles.....	41,6
Résidu sec total.....	82,0

Ces nombres sont exprimés en milligrammes par litre.

EXAMEN ET ÉTUDE MICROGRAPHIQUES

Organismes par cc.....	22.900
Pour 100 organismes.	
Proportion de micrococcus.....	40
— bacilles.....	23
— bactériums.....	37

Une grande proportion de ces organismes liquéfient la gélatine en dégageant une odeur putride.

CONCLUSIONS

Cette eau, quoique très peu chargée en sels, doit cependant être classée parmi les eaux dangereuses à cause de la forte proportion de matières organiques.

De plus, les organismes s'y trouvent en grande abondance et s'il ne nous a pas été possible d'en isoler appartenant à des espèces nuisibles, la forte proportion de bacilles n'est pas sans être inquiétante.

Paris-Auteuil, le 10 janvier 1891.

Signé : Docteur MARIE DAVY,

Expert près le Conseil de préfecture et le Tribunal de commerce de la Seine.

M. Chénieux pense que les conclusions de cet examen ne sont pas conformes à celles tirées d'autres analyses qui ont été faites par M. Chantemesse, et que, eu égard à certaines contradictions qui ne doivent être attribuées qu'à la proportion des matières organiques, variables suivant les conditions atmosphériques aux diverses époques où l'examen a pu être fait, il importe que l'administration réclame de nouvelles analyses. M. Besnard du Temple appuie ces

conclusions en disant que l'absence de sels calcaires rend les eaux de Limoges potables, et que leur emploi n'a jamais causé d'épidémie.

Résultats de nos analyses :

Nous avons puisé en mai, juin et juillet 1903, les échantillons analysés au robinet de la conduite de la ville, de notre laboratoire situé place des Bancs, chaque fois après une demi-heure de fonctionnement du robinet.

En mai, il n'avait pas plu depuis 8 jours, l'eau était parfaitement limpide, insipide, incolore, ne renfermant aucune trace de matières en suspension ; sans odeur, non seulement au moment du prélèvement, mais même quatre mois après, conservée dans des litres légèrement bouchés pour éviter la pénétration des poussières. Elle était fraîche, à 12° C alors qu'au dehors et au laboratoire le thermomètre marquait 17° C.

Le 11 juin, les mêmes caractères organoleptiques bons, sans odeur après 3 mois de conservation. La température de l'eau puisée a été de 13° 5 C alors que la température extérieure était de 20° C. Il n'avait pas plu depuis plus de 10 jours.

Le 21 juillet, après 5 jours de pluie continue, les mêmes caractères organoleptiques bons. Température de l'eau 14° C. Température extérieure 28°.

1° Analyse chimique, les chiffres sont des milligrammes ou des centimètres cubes par litre d'eau.

	MAI	JUIN	JUILLET
1. Caractères organoleptiques ...	Bons	Bons	Bons
2. Résidu sec à 100-120°	48	42	34
3. Cendres ou sels minéraux fixes.	30	21	18
4. Silice (Si O ²).. ..	3	2,5	2
5. Fer.....	1	0,8	1
6. Alumine.....	Néant	Néant	Néant
7. Magnésie.....	Traces	Traces	Traces
8. Chaux (Ca O).....	5,04	5,6	4,2
9. Strontiane (par l'analyse Spectrale)...	Néant	Néant	Néant
10. Lithine — ...	Néant	Néant	Néant

	MAI	JUIN	JUILLET
11. Potasse.....	Néant	Néant	Néant
12. Soude (NaOH).....	3,7	4,12	3,83
13. Chlore.....	6,3	6,1	5,81
14. Acide sulfurique	Néant	Néant	Néant
15. Acide phosphorique.....	Néant	Néant	Néant
16. Acide azoteux.....	Néant	Néant	Néant
17. Acide azotique.....	1	1	1
18. Anhydride carbonique combiné (CO ²)..	2,64	3,408	2,339
19. Ammoniaque combinée.....	0,04	0,07	0,08
20. Ammoniaque albuminoïde	0,09	0,08	0,04
21. Matières organiques, O absorbé en milieu acide.....	1,1	1,9	1,8
22. Matières organiques, O absorbé en milieu alcalin (par bicarbonate de potasse).....	1	1,2	2,2
23. Matières organiques, O absorbé en milieu alcalin (par potasse)	1,2	1,5	2,1
24. Matières organiques, O absorbé en milieu alcalin (par carbonate neutre de soude)	1,2	1,2	1,4
25. Oxygène dosé par le procédé Lévy..	8cc.	7cc.27	7cc.8
26. — — — Zetsche	7cc.6	7cc.2	6cc.7
27. — — — — (après 60 jours).....	»	»	6cc.75
28. Oxygène dosé par le procédé Lévy (après 60 jours).....	»	»	7cc.2
29. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)..	28cc.66	27cc.32	26cc.50
30. Anhydride carbonique id. ..	6cc.	5cc.46	5cc.68
31. Oxygène id. ..	7cc.54	6cc.83	6cc.62
32. Azote atmosphérique id. ..	15cc.12	15cc.03	14cc.20
33. Degré hydrotymétrique total id. ..	2°	2°	2°
34. — — — permanent id. ..	1°8	1°6	2°
35. Réaction.....	Neutre	Neutre	Neutre

ANALYSE PHYSIQUE

Densité a + 4° C 1

Tension superficielle { 1^{er} esp.: 7 milligr. 368
2^e — 7 milligr. 485
3^e — 7 milligr. 51947

Température de Congélation 0°.
Tension de vapeur, 757 millim. 3.
Indice de refraction, 1.334 à + 11° de température.
Polarisation ou activité optique, nulle.

La composition chimique probable paraît donc être en :

	MAI	JUIN	JUILLET
Chlorure de sodium (NaCl).....	5.44	6.1	5.59
Chlorure de calcium (CaCl ²).....	4.6846	3.747	3.777
Azotate d'ammonium (AzO ³ AzH ⁴).....	0.188	0.329	0.376
Azotate ferreux (AzO ³ Fe).....	1.2354	1.0744	1.0208
Carbonate ferreux (CO ³ Fe).....	1.2763	0.9658	1.4142
Carbonate de calcium (CO ³ Ca)....	4.903	6.6475	4.117
Silice SiO ²	3.	2.5	2.
Carbonate de magnésium.....	traces	traces	traces

Les chiffres représentent des milligrammes par litre.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Le 15 juin, après 4 jours de culture, nous avons compté 660 bactéries par cc. et, le 19 juin, après 8 jours, les plaques étaient partiellement liquéfiées, sans odeur fécaloïde. Pas de moisissures et pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Le 26 juillet, après 5 jours de culture, nous avons compté 520 bactéries et 10 moisissures par cc. Le 30, après 9 jours, les plaques étaient en partie liquéfiées ; sans odeur fécaloïde. Pas de bactéries chromogènes.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Conclusion : Eau pure et potable tant au point de vue bactériologique que chimique.

Les analyses effectuées en Mai, Juin et Juillet nous renseignaient sur la qualité des eaux de Limoges à une époque où les eaux sont en général rares et partant moins pures. Aussi nous avons repris l'analyse le 18 septembre, et afin de juger de la différence chimique ou bactériologique qui

pourrait exister par suite d'une différence dans l'état des conduites, nous avons prélevé avec les précautions habituelles pour l'analyse chimique et bactériologique en un espace de temps d'une heure de l'eau :

1° Chemin des Arcades, dans la conduite des arcades du cimetière qui amène l'eau des sources au grand réservoir des Thuillères.

2° A la première borne-fontaine située chemin des Thuillères et distante de 100 mètres environ de la sortie du réservoir. Cette conduite est de construction récente, elle date de cinq années.

3° A notre laboratoire place des Bancs, après un parcours d'environ deux kilomètres dans les conduites d'eau.

4° A notre domicile, 10, chemin de Naugeat, situé à l'opposé du réservoir des Thuillères et distant d'environ trois kilomètres.

Les analyses effectuées simultanément sur ces quatre échantillons nous ont donné :

1° Analyse chimique : les chiffres sont des milligrammes ou c. c. par litre.

Echantillons	1	2	3	4
1. Caractères organoleptiques.	Bons	Bons	Bons	Bons
2. Résidu sec à 100-120°.	60	60	70	60
3. Sels minéraux fixes ou cendres...	30	27	35	28
4. Silice (SiO ²).....	2.7	3.2	2.8	1.9
5. Fer.....	0.8	0.8	0.8	1.2
6. Alumine.....	Néant	Néant	Néant	Néant
7. Magnésie.....	Traces	Traces	Traces	Traces
8. Chaux (CaO).....	5.6	5.5	5.6	5.6
9. Strontiane	Néant	Néant	Néant	Néant
10. Lithine } par l'analyse spectrale	id.	id.	id.	id.
11. Potasse.....	id.	id.	id.	id.
12. Soude (NaOH).....	4.1	5.3	4.8	4.7
13. Chlore.....	7	7.1	6.86	7
14. Anhydride carbonique combiné (CO ²).....	2.6632	3.4065	3.1373	2.64
15. Acide sulfurique.....	Néant	Néant	Néant	Néant

Échantillons	1	2	3	3
16. Acide phosphorique ..	Néant	Néant	Néant	Néant
17. Acide azoteux	id.	id.	id.	id.
18. Acide azotique	1	0 05	1	1
19. Ammoniaque combinée	0 09	0.085	0.09	0.09
20. — albuminoïde ..	0.07	0.06	0.06	0.06
21. Matières organiques, oxygène absorbé en m. acide	1.1	1.2	1.4	1.4
22. Matières organiques, oxygène absorbé en m. alcalin	0.6	0.6	0.8	0.6
23. Oxygène dosé par le procédé Levy.	7cc.27	6cc.71	6cc.71	6cc.71
24. — — Zetsche.	7cc.41	6cc.43	6cc.62	6cc.43
25. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)	29cc.72	28cc.54	29cc.31	27cc.03
26. Anhydre carbonique id.	7cc.18	6cc.38	7cc.14	6cc.03
27. Oxygène id.	6cc.85	6cc.85	6cc.41	6cc.17
28. Azote id.	15cc.69	15cc.32	15cc.76	14cc.83
29. Degré hydrotimétrique total	1°8	1°8	1°8	1°8
30. Réaction	Neutre	Neutre	Neutre	Neutre

La composition chimique probable des échantillons 1, 2, 3, 4, serait donc :

	1	2	3	4
Chlorure de sodium (Na Cl) ..	5.98	7.1	7.	6 85
Chlorure de calcium (Ca Cl ²) ..	5.2696	3.7635	4.0809	4.4422
Azotate d'ammonium (AzO ³ AzH ⁴) ...	0.423	0.3995	0.423	0.423
Azotate ferreux (AzO ³) ² Fe ..	1.1265	0.2689	1.1265	1.1265
Carbonate ferreux (CO ³ Fe) ..	0.932	1.4833	0.932	2.2963
Carbonate de calcium (CO ³ Ca)	5.25	6.45	6.3275	6.
Silice Si O ²	2.7	3.2	2.8	1.9
Carbonate de Magnésium ...	Traces	Traces	Traces	Traces

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Après dix jours de culture, nous avons compté avec l'échantillon n° 1 : eau puisée avant son entrée dans le réservoir, 50 bactéries par cc. ; avec l'échantillon n° 2 : eau puisée à 100 mètres après sa sortie du réservoir, 200 bactéries par cc. ; avec l'échantillon n° 3 : eau puisée place des Bances, 400 bactéries par cc. ; enfin, avec l'échantillon n° 4 : eau puisée chemin de Naugeat, 200 bactéries

par cc. ; quelques moisissures, pas de bactéries chromogènes ; le 4 octobre, c'est-à-dire après 16 jours de culture, 3 plaques seulement sur 24 sont en partie liquéfiées.

Classement d'après Miquel : *Eau très pure* avant son arrivée au réservoir et *pure et potable* après son passage dans la canalisation de la ville.

Conclusions : Eau pure et parfaitement potable ; nous dirons même trop pure au point de vue chimique, car, pour l'alimentation, il serait préférable qu'elle contint des bicarbonates de chaux, ce qui est impossible en Limousin.

Etang de La Crouzille

L'étang de la Crouzille est situé à 20 kilomètres au nord de Limoges, route de Paris, superficie 40 hectares, profondeur moyenne 6 mètres, entouré de collines qui l'alimentent par des sources abondantes, ainsi qu'un ruisseau qui débouche à la pointe Nord, et un deuxième, à l'extrémité Sud-Est, peu important.

Le bassin environnant l'étang est constitué de près humides même en été, marécageux dans les parties basses, quelques taillis de chêne dans les parties hautes, peu de terrain labouré.

Deux hameaux, Chabanne et Vantillac, comprenant environ 50 maisons — quelques pêcheries qui servent de lavoirs — y déversent leurs eaux sales. La route d'Ambazac permet de déverser dans l'étang directement toutes sortes de détritus.

L'eau de cet étang n'est amenée dans les conduites d'eau de la ville de Limoges que pendant les sécheresses estivales, et pas tous les étés, 7 fois en 11 années seulement ; la première utilisation remonte à 1892 ; elle donna lieu, au sein du Conseil d'hygiène, à une discussion que nous reproduisons d'après le compte rendu :

M. Rouchaud, adjoint du maire empêché, expose que par suite de la sécheresse extrême qui persiste depuis de longs mois, les sources qui alimentent d'eau potable la ville de Limoges ont un débit qui diminue de jour en jour. Pour peu que la sécheresse continue encore, la ville de Limoges n'aura plus la quantité d'eau nécessaire à ses

besoins urgents. Dans ces conditions, l'administration municipale s'est occupée de remédier à ces inconvénients très graves pour la population, la salubrité et l'hygiène publique devant en souffrir.

« L'administration a pensé qu'elle pourrait alors utiliser l'eau de l'étang de la Crouzille, propriété de la ville, et qui se trouve à proximité des sources captées par elle. Cet étang, d'une étendue de 38 hectares environ, possède la quantité d'eau suffisante pour parer à tous les inconvénients résultant du faible débit des sources actuelles. Il suffirait pour cela, au moyen de pompes faciles à mettre en place, de refouler dans la canalisation actuelle l'eau de l'étang. Mais avant de rien décider, l'administration a pensé qu'il était d'une grande importance au point de vue de la santé publique, d'avoir l'avis du Conseil d'hygiène. Tel est le but de la convocation de ce jour.

» M. Pillault estime que le Conseil d'hygiène, avant de donner un avis quelconque, doit connaître la composition de l'eau de l'étang et qu'il est de toute nécessité qu'une analyse de cette eau soit faite.

» M. Rouchaud dit qu'elle est faite et M. Peyrusson, membre du Conseil, est prié de donner lecture de son analyse de l'eau de l'étang de la Crouzille.

» L'eau de l'étang de la Crouzille a pour *titre hydrotimétrique* 1°7, ce qui rend inutile la détermination de la nature des éléments minéraux.

» Les matières organiques dosées seulement par le permanganate acide sont susceptibles d'absorber 3 millig. 2 d'oxygène par litre, tandis que l'eau de la Vienne absorbe 7 millig. 2 d'oxygène par litre, prise au moulin Constantin.

» L'eau de la ville n'absorbe qu'une quantité insignifiante, 3 dixièmes de milligramme.

» Etant donné qu'on ne considère généralement comme suspecte que l'eau susceptible d'absorber plus de 3 milligr. d'oxygène, on peut admettre que l'eau de l'étang de la Crouzille est à la limite tolérée pour les eaux potables.

» Seulement, il faut observer que la *nature* des éléments organiques est bien plus importante que leur quantité et il

y aurait lieu de faire l'analyse bactériologique de ces eaux, ce qui malheureusement ne peut se faire ici et qui de plus demande plusieurs jours. Si donc, par suite de la sécheresse actuelle, l'eau manque d'une façon immédiate pour l'alimentation et pour le service des incendies, l'administration pourrait, je crois, employer ces eaux à la dernière extrémité s'il est constaté :

» 1° Que cet étang est alimenté par des eaux de sources plutôt que par des eaux de lavage des terres cultivées ;

» 2° Que l'eau de cet étang est employée sur place pour l'alimentation des hommes et des animaux ;

» 3° Qu'il n'y a pas eu dans la contrée de maladies contagieuses depuis un certain temps.

» Après la lecture de cette analyse une discussion générale s'engage.

» Un membre du Conseil fait remarquer que d'après l'analyse précédente, l'eau de l'étang, au point de vue potable, par les matières organiques qu'elle contient se trouve à la limite tolérée, que l'on ne doit y avoir recours que dans des conditions exceptionnelles, ce qui n'est peut-être pas le cas.

» M. Delahousse est convaincu que l'eau de l'étang de la Crouzille doit contenir des myriades de bacilles provenant d'égouttage des terrains avoisinants et de la putréfaction des plantes aquatiques de l'étang, et que, par suite, elle ne saurait être acceptée pour l'alimentation publique ; et, pour répondre à la proposition de filtration faite par un membre du Conseil, il la considère comme inutile, la filtration au sable étant sans action sur les bacilles (1).

» MM. Périgord et Pillault sont de cet avis. Ce dernier considère l'emploi de l'eau de l'étang de la Crouzille étant malsain, car personne n'ignore que l'eau de tous les étangs, quelle que soit leur disposition, contient

(1) Cette affirmation de M. Delahousse paraît inexacte, car non seulement de tout temps la nature a fourni des eaux pures uniquement par filtration à travers les terrains traversés : les grandes villes comme Toulouse, Perpignan, Mâcon, imitant la nature ont employé le sable comme filtre et obtenu de bons résultats. Mais MM. Miquel et Mouchot viennent de faire connaître qu'ils sont parvenus à purifier des eaux très impures et chargées de microbes, en les faisant traverser lentement par la seule force de leur pesanteur une masse homogène de sable fin de 1 mètre d'épaisseur. L'eau est ainsi clarifiée et épurée au point de vue bactériologique d'une façon parfaite (Note de l'auteur).

toujours et en forte proportion des matières organiques provenant de la fermentation des plantes qui y végètent et de la vase qui s'y accumule. Il ne saurait, quant à lui, accepter de jeter, même pour peu de temps, l'eau de l'étang dans la canalisation des eaux de source. — N'y aurait-il pas à craindre pour plus tard un ensemenement continu de bacilles dans les anfractuosités de la conduite en ciment ?

» Plusieurs membres pensent qu'il n'y a pas à redouter ces inconvénients et que devant une disette d'eau, il faudrait accepter l'eau de la Crouzille.

» M. Raymondaut est d'avis que la question ne peut être tranchée immédiatement, l'analyse bactériologique n'ayant pas été faite et demande son renvoi à une commission qui s'occupera de cette analyse.

» M. Delahousse propose au nom de l'armée, de faire exécuter cette analyse à Paris, au Val-de-Grâce; M. Raymondaut, de son côté, pense que cette analyse peut se faire à Limoges.

» La proposition de M. Delahousse est acceptée; celle de M. Raymondaut, aussi et une commission composée de MM. Delahousse, Peyrusson, Besnard, Pillault, est nommée pour s'occuper de cette analyse bactériologique. »

La question revint à la séance du 20 juin 1893 :

« M. Peyrusson demande au conseil d'hygiène d'émettre le vœu que l'analyse bactériologique de l'eau de l'étang de La Crouzille soit faite actuellement pour qu'on soit fixé, si besoin est, sur la valeur de cette eau, excellente sous tous les rapports.

» M. Pillault la juge inutile, étant donnée l'analyse satisfaisante des autres eaux de la région. Il ajoute que l'année dernière, après des chaleurs excessives, l'administration était à la veille d'en ordonner l'emploi et, qu'à son avis, il serait préférable de capter les sources achetées par la ville et qui ne sont pas utilisées.

» M. Peyrusson objecte que cet étang est destiné en cas d'insuffisance des eaux d'alimentation de la ville déterminée par la sécheresse persistante, à apporter à bref délai

son contingent à la consommation des habitants, et qu'il n'est pas sans intérêt de donner cette satisfaction à la population limousine.

M. Delahousse désire, à ce propos, s'expliquer sur la valeur des eaux de la ville de Limoges; il rappelle un commencement d'épidémie qui a sévi sur la caserne des chasseurs; il a fait faire l'analyse des eaux que nous buvons; les eaux des sources qui alimentent le Vincou sont très bonnes; celles de la Borie, connues sous le nom d'eaux d'Aigoulène, autrefois si parfaites, sont de médiocre qualité, et ne doivent pas être mélangées aux autres eaux de la ville. L'usage de la source dite des Carmélites a été pros crit et certaines prises condamnées.

» M. Dubois, à l'appui de ce fait, dit qu'il y a deux ans des cas de fièvre typhoïde se manifestèrent spontanément dans un orphelinat alimenté par cette source, l'eau fut aussitôt examinée et reconnue contaminée. La prise d'eau fermée, l'épidémie cessa.

L'administration prévenue ordonna des recherches et découvrit que les aqueducs dans lesquels se faisaient l'écoument étaient en mauvais état. Il serait d'avis de conserver les anciennes sources, à la condition de les capter à nouveau et de les rendre indemnes de toutes souillures à la consommation.

» Le conseil, prenant en considération le vœu émis par M. Peyrusson, juge nécessaire l'analyse qu'il propose. »

L'analyse bactériologique fut effectuée au Val-de-Grâce le 29 juillet 1893; en voici les résultats, il n'y eut pas d'analyse chimique :

Eau de l'étang de la Crouzille, moins de 50 germes aérobies par cc.

Les bactéries isolées appartiennent aux espèces banales. Le bacillus subtilis domine — absence de bacilles putrides ou de provenance suspecte.

Eau bonne. »

Le 18 juin 1900, le conseil municipal a voté un crédit pour couvrir les frais du fonctionnement de la pompe élévatoire à La Crouzille pour l'été de 1899.

Le 18 juillet 1900, M. Borde, 1^{er} adjoint, expose que la période actuelle de grandes chaleurs a amené une diminution considérable sur le débit des sources qui alimentent la ville, et que l'administration se voit forcée, comme les années précédentes, d'avoir recours à l'eau de l'étang de la Crouzille, qui a déjà été reconnue de très bonne qualité et parfaitement propre à la consommation — et demande le crédit nécessaire.

Le 22 août 1900, M. Betoule, rapporteur, expose qu'à partir de l'étang de la Crouzille et jusqu'au tunnel de Né-poulas l'eau captée dans la vallée du Vincou ou pompée dans l'étang est recueillie par une conduite secondaire en tuyaux de ciment de 0 m. 35 de diamètre; cette conduite, où il existe de nombreuses fuites, a été posée d'une façon déplorable au point de vue des nivellements; il existe des parties surélevées formant contre-pentes. Il demande ensuite amélioration de cet état de choses, crédit, etc.

Résultats de nos analyses

Le 26 mai nous avons prélevé 20 litres d'eau, dont 10 à l'orifice de la conduite en fonte qui vient plonger dans l'étang à 5 mètres environ de la route qui borde l'étang, cette conduite se rend à la machine élévatoire et ne fonctionne que lorsque l'eau de l'étang de la Crouzille est dirigée dans la conduite des eaux d'alimentation de Limoges, c'est-à-dire pendant les sécheresses estivales et pas tous les ans. Un ouvrier habitué, en marchant sur la conduite en fonte, est arrivé à plonger chacune de nos bouteilles attachée au bout d'une perche, à 3 mètres de profondeur, et rapidement de telle sorte que l'eau puisée n'était ni de surface ni de fond. Nous avons prélevé avec les mêmes précautions et tout d'abord l'échantillon destiné à l'analyse bactériologique.

Nous avons prélevé les dix autres litres en divers points en faisant le tour de l'étang et toujours en plongeant nos bouteilles à environ 4 mètres des bords de l'étang.

L'eau puisée était à la température de 20° et la température extérieure était de 28°C. au soleil.

Le 24 juin, nous avons prélevé 20 litres dans les mêmes conditions.

La température extérieure était de 28°C et celle de l'eau 19°C.

1° ANALYSE CHIMIQUE

Les chiffres sont des milligr. ou des cc. par litre.

	MAI	JUIN
1. Caractères organoleptiques.....	Bons	Bons
2. Résidu sec à 100°-120°.....	028	030
3. Sels minéraux fixes ou cendres... ..	012	014
4. Fer.....	000.2	000.2
5. Alumine.....	pas	pas
6. Chaux (CaO).....	005.6	006.4
7. Magnésie.....	pas	pas
8. Anhydride phosphorique (P ² O ⁵)..	pas	pas
9. Anhydride sulfurique (SO ³).....	pas	pas
10. Chlore.....	007.1	007.875
11. Acide azoteux.....	pas	pas
12. Acide azotique.....	pas	pas
13. Ammoniaque combinée.....	000.053	000.04
14. Ammoniaque albuminoïde ou amidée	000.07	000.08
15. Matières organiques, O absorbé en milieu acide....	001.8	001.6
16. — — — — — alcalin par bicarbonate de soude	001.7	001.5
17. — — — — — alcalin par carbonate de soude	001.9	001.9
18. — — — — — alcalin par potasse	002	001.9
19. Oxygène dosé par la méthode Lévy	8cc.4	7cc.6
20. — — — — — Zetsche	8cc.8	7cc.2
21. — — — — — Lévy après 90 et 120 jours	6cc.6	6cc.2
22. — — — — — Zetsche id.	6cc.2	6cc.78
23. Gaz totaux (à 0° et 760 mm.)..	23cc.44	22cc.725
24. Anhydride carbonique id.	1cc.87	2cc.27
25. Oxygène id.	7cc.49	6cc.82
26. Azote atmosphérique id.	14cc.08	13cc.635
27. Degré hydrotimétrique total.....	1°8	1°6
28. Degré hydrotimétrique permanent..	1°1	1°
29. Réaction.....	Neutre	Neutre

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Le 26 mai, l'eau conservée dans la glace nous a servi à ensemençer 12 plaques de Pétri, dont 6 avec 1 goutte et 6 avec 2 gouttes de l'eau non diluée. Le 30 mai, soit après 4 jours de culture, nous avons 2 plaques liquéfiées et les 10 autres nous ont donné une moyenne de 335 bactéries et 2 moisissures par cc. Le 3 juin, soit après 8 jours de culture, 4 plaques étaient liquéfiées et la moyenne des 8 autres nous a donné 131 bactéries et 77 moisissures par cc.; l'abaissement du nombre de bactéries par cc. provient de ce que les deux plaques liquéfiées entre la 1^{re} et la 2^e numération avaient une culture fructueuse dans la numération du 30 mai. Le 6 juin, soit après 11 jours de culture, toujours 4 plaques liquéfiées et la moyenne des 8 autres, nous a donné 188 bactéries et 168 moisissures par cc. Pas de bactéries chromogènes, ni d'odeur fécaloïde.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Le 25 juin au matin, avec l'eau conservée dans la glace, nous avons encore ensemençé 12 plaques; le 1^{er} juillet, soit après 6 jours, nous avons trouvé 35 bactéries et 26 moisissures par cc. Le 5 juillet, c'est-à-dire après 11 jours de culture, nous avons trouvé 422 bactéries et 37 moisissures par cc. Le 10 juillet, soit après 16 jours, nous avons une seule plaque liquéfiée, et nous avons trouvé comme moyenne des 11 autres, 450 bactéries et 144 moisissures par cc.

Pas de bactéries chromogènes, pas d'odeur fécaloïde.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Conclusions : Eau potable très pure.

CHAPITRE VI

CONCLUSIONS

La composition géologique des terrains traversés, constitution qui varie avec les régions, donne à l'eau de la région, sa composition propre qui constitue l'eau normale du lieu.

C'est ainsi qu'à Limoges et aux environs, l'eau par suite du terrain granitique traversé, prend un degré de pureté spécial exceptionnel, nous pouvons dire d'après les analyses effectuées des eaux d'alimentation habituelles, et de l'eau de l'étang de la Crouzille, que l'eau normale de Limoges ne doit contenir que de 20 à 80 milligr. d'extrait sec par litre, 10 à 60 milligr. de sels minéraux, des traces de chaux, de fer, de 4 à 8 milligr. de chlore, pas de sulfates, pas de phosphates, pas de nitrites et pas de nitrates.

La composition chimique de cette eau normale nous étant connue, il nous a été possible, par l'analyse chimique seule de conclure que les eaux des anciennes sources qui étaient plus riches en : chaux, chlorures, sulfates, phosphates, nitrates; et dont quelques-unes, tout en présentant une composition chimique qui pourrait être normale dans bien des pays, moins bien pourvus en eau potable, devaient être contaminées, et en effet la numération du nombre des microbes, nous a confirmé la contamination qui s'explique par les constructions des maisons, des fosses d'aisance non parfaitement étanches avoisinant les conduites qui, en général, sont primitives, creusées simplement dans le tuf, perméable forcément aux infiltrations des matières qui exercent souvent une pression sur la paroi de la conduite.

Nous tenons donc à insister sur ce fait que l'analyse chimique seule, en décelant une dose anormale d'un principe normal, ou un principe anormal, pourra permettre de conclure avec assez de certitude à une souillure.

L'analyse bactériologique, quoique sommaire, que nous avons effectuée a confirmé du reste l'analyse chimique

Cette analyse bactériologique n'en reste pas moins la méthode de choix en cas d'épidémie, et nul n'ignore au-

2° ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Le 26 mai, l'eau conservée dans la glace nous a servi à ensementer 12 plaques de Pétri, dont 6 avec 1 goutte et 6 avec 2 gouttes de l'eau non diluée. Le 30 mai, soit après 4 jours de culture, nous avons 2 plaques liquéfiées et les 10 autres nous ont donné une moyenne de 335 bactéries et 2 moisissures par cc. Le 3 juin, soit après 8 jours de culture, 4 plaques étaient liquéfiées et la moyenne des 8 autres nous a donné 131 bactéries et 77 moisissures par cc.; l'abaissement du nombre de bactéries par cc. provient de ce que les deux plaques liquéfiées entre la 1^{re} et la 2^e numération avaient une culture fructueuse dans la numération du 30 mai. Le 6 juin, soit après 11 jours de culture, toujours 4 plaques liquéfiées et la moyenne des 8 autres, nous a donné 188 bactéries et 168 moisissures par cc. Pas de bactéries chromogènes, ni d'odeur fécaloïde.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Le 25 juin au matin, avec l'eau conservée dans la glace, nous avons encore ensementé 12 plaques; le 1^{er} juillet, soit après 6 jours, nous avons trouvé 35 bactéries et 26 moisissures par cc. Le 5 juillet, c'est-à-dire après 11 jours de culture, nous avons trouvé 422 bactéries et 37 moisissures par cc. Le 10 juillet, soit après 16 jours, nous avons une seule plaque liquéfiée, et nous avons trouvé comme moyenne des 11 autres, 450 bactéries et 144 moisissures par cc.

Pas de bactéries chromogènes, pas d'odeur fécaloïde.

Classement d'après Miquel : Eau pure.

Conclusions : Eau potable très pure.

CHAPITRE VI

CONCLUSIONS

La composition géologique des terrains traversés, constitution qui varie avec les régions, donne à l'eau de la région, sa composition propre qui constitue l'eau normale du lieu.

C'est ainsi qu'à Limoges et aux environs, l'eau par suite du terrain granitique traversé, prend un degré de pureté spécial exceptionnel, nous pouvons dire d'après les analyses effectuées des eaux d'alimentation habituelles, et de l'eau de l'étang de la Crouzille, que l'eau normale de Limoges ne doit contenir que de 20 à 80 milligr. d'extrait sec par litre, 10 à 60 milligr. de sels minéraux, des traces de chaux, de fer, de 4 à 8 milligr. de chlore, pas de sulfates, pas de phosphates, pas de nitrites et pas de nitrates.

La composition chimique de cette eau normale nous étant connue, il nous a été possible, par l'analyse chimique seule de conclure que les eaux des anciennes sources qui étaient plus riches en : chaux, chlorures, sulfates, phosphates, nitrates; et dont quelques-unes, tout en présentant une composition chimique qui pourrait être normale dans bien des pays, moins bien pourvus en eau potable, devaient être contaminées, et en effet la numération du nombre des microbes, nous a confirmé la contamination qui s'explique par les constructions des maisons, des fosses d'aisance non parfaitement étanches avoisinant les conduites qui, en général, sont primitives, creusées simplement dans le tuf, perméable forcément aux infiltrations des matières qui exercent souvent une pression sur la paroi de la conduite.

Nous tenons donc à insister sur ce fait que l'analyse chimique seule, en décelant une dose anormale d'un principe normal, ou un principe anormal, pourra permettre de conclure avec assez de certitude à une souillure.

L'analyse bactériologique, quoique sommaire, que nous avons effectuée a confirmé du reste l'analyse chimique

Cette analyse bactériologique n'en reste pas moins la méthode de choix en cas d'épidémie, et nul n'ignore au-

jourd'hui que seule cette analyse bactériologique renseigne sur l'étiologie de la fièvre typhoïde par ex, et permet d'enrayer rapidement une épidémie soit en procurant aux habitants d'une ville contaminée une eau pure, non souillée du bacille d'Eberth, soit en stérilisant l'eau contaminée.

Nous en tirerons une autre conclusion : c'est que la ville de Limoges depuis 1902 et grâce à des travaux importants, est assurément l'une des villes de France la mieux pourvue en eau potable quant à l'abondance et à la pureté.

On peut seulement regretter qu'elle ne soit pas un peu plus riche en sels de calcium nécessaires à l'alimentation.

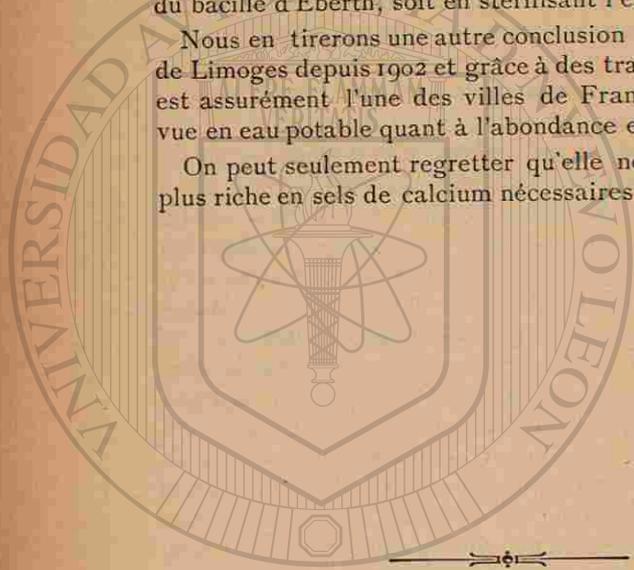


TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

PREMIÈRE PARTIE

	Pages.
I Composition chimique des Eaux potables.....	12
II Analyse chimique des Eaux potables.....	15
III Analyse physique ou détermination de quelques constantes physico-chimiques.....	78
IV Analyse bactériologique des Eaux potables.....	89

DEUXIÈME PARTIE

EAUX D'ALIMENTATION DE LIMOGES

I Géologie.....	109
II Historique.....	111
III Anciennes Eaux.....	115
IV Projets du XIX ^e siècle.....	136
V Nouvelles Eaux.....	151
VI Conclusions.....	171

jourd'hui que seule cette analyse bactériologique renseigne sur l'étiologie de la fièvre typhoïde par ex, et permet d'enrayer rapidement une épidémie soit en procurant aux habitants d'une ville contaminée une eau pure, non souillée du bacille d'Eberth, soit en stérilisant l'eau contaminée.

Nous en tirerons une autre conclusion : c'est que la ville de Limoges depuis 1902 et grâce à des travaux importants, est assurément l'une des villes de France la mieux pourvue en eau potable quant à l'abondance et à la pureté.

On peut seulement regretter qu'elle ne soit pas un peu plus riche en sels de calcium nécessaires à l'alimentation.

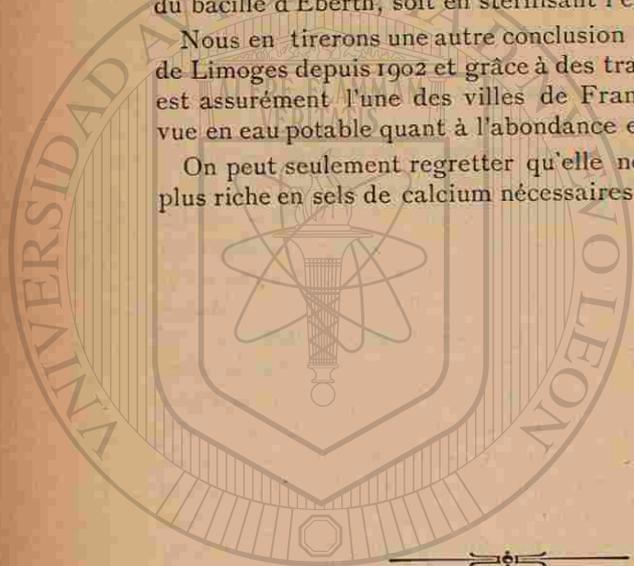


TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

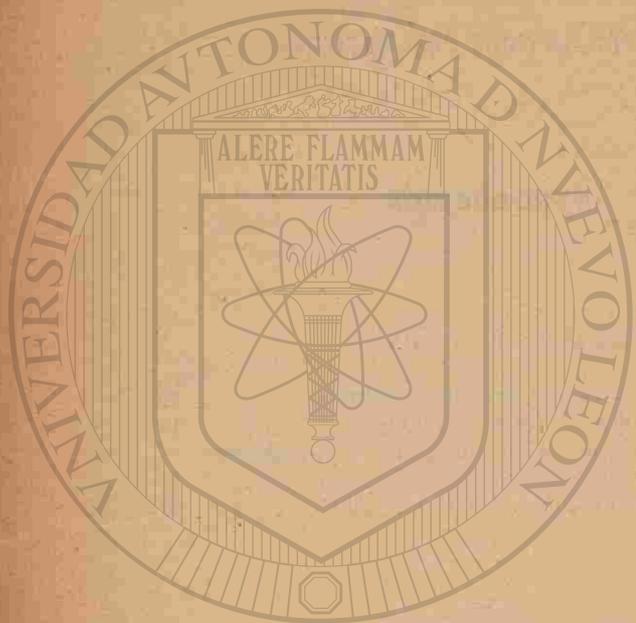
PREMIÈRE PARTIE

	Pages.
I Composition chimique des Eaux potables.....	12
II Analyse chimique des Eaux potables.....	15
III Analyse physique ou détermination de quelques constantes physico-chimiques.....	78
IV Analyse bactériologique des Eaux potables.....	89

DEUXIÈME PARTIE

EAUX D'ALIMENTATION DE LIMOGES

I Géologie.....	109
II Historique.....	111
III Anciennes Eaux.....	115
IV Projets du XIX ^e siècle.....	136
V Nouvelles Eaux.....	151
VI Conclusions.....	171

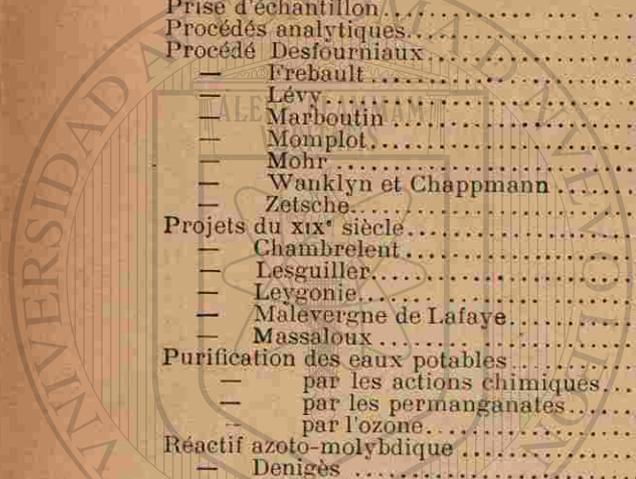


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages
Acide Carbonique.....	55
— chlorhydrique.....	35
— phosphorique.....	30
— sulfurique.....	33
Activité optique.....	88
Alumine.....	22-25
Amidol ou diamidophénol.....	48
Ammoniaque combinée et albuminoïde.....	45
Analyse chimique des Eaux potables.....	15
— bactériologique des Eaux potables.....	89
— physique.....	78
— spectrale.....	77
Appareil colorimétrique.....	23
— Aubin.....	47
Autoclave.....	95
Azote.....	55
Azotates ou nitrates.....	43
Azotites ou nitrites.....	39
Calcul de l'analyse chimique.....	16
Caractères organoleptiques.....	18
Cendres ou sels minéraux fixes.....	21
Chaux.....	26
Chlore.....	35
Composition chimique de l'Eau potable.....	12
Conclusions tirées de l'analyse physique.....	48
— Chimique.....	77
Congélation.....	100
Cryoscopie.....	84
Conclusions.....	171
Décantation.....	100
Densité.....	78
Distillation.....	98
Ebullition.....	98
Filtres.....	101
Filtration.....	100
Four à flamber.....	94
Etang de la Crouzille.....	163
Fer.....	22
Gaz dissous dans l'eau.....	49
Gélatine-peptone.....	93
Géologie.....	109
Historique.....	111
Hydrotimétrie.....	57
Indice de réfraction.....	88
Introduction.....	5
Magnésie.....	29
Matières organiques des Eaux potables.....	7
Nitrates ou azotates.....	43

	Pages.
Nitrites ou azotites.....	39
Oxygène.....	49
Phosphates.....	30
Phosphate ammoniac-magnésien.....	32
Polarisation.....	88
Potasse.....	29
Prise d'échantillon.....	18
Procédés analytiques.....	17
Procédé Desfourniaux.....	41
— Frebault.....	56
— Lévy.....	50
— Marboutin.....	34
— Momplot.....	24
— Mohr.....	27
— Wanklyn et Chappmann.....	45
— Zetsche.....	52
Projets du XIX ^e siècle.....	136
— Chambrelent.....	143
— Lesguiller.....	146
— Leygonie.....	142
— Malevergne de Lafaye.....	136
— Massaloux.....	136
Purification des eaux potables.....	97
— par les actions chimiques.....	102
— par les permanganates.....	106
— par l'ozone.....	107
Réactif azoto-molybdique.....	31
— Denigès.....	40
— Sulfophéniqué.....	44
Réaction.....	39
Résidu sec à 100°.....	19
Silice.....	21
Soude.....	29
Sulfates.....	33
Sulfocyanure d'ammonium.....	38
Sources d'Aigoulène.....	117
— des Barres.....	131
— de Brettes.....	122
— des Bénédictins.....	123
— des Carmélites.....	130
— d'Encombe-Vineuse ou des Fantaisies.....	120
— Hervette ou de la Poudrière.....	133
— du chemin de Laroche.....	134
— Ste-Anne.....	126
— St-Cessateur.....	127
— Ste-Marie.....	125
— St-Martial.....	135
— de la Visitation.....	119
Tension superficielle.....	80
Tonométrie.....	86
Violet sulfureux.....	76

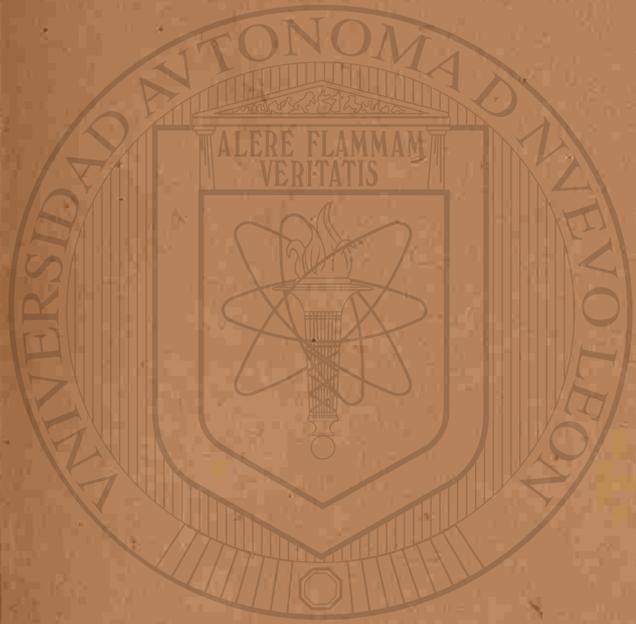


JANIL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





TE