

CONTRIBUTION

A

# L'ÉTUDE BACTÉRIOLOGIQUE

## DES EAUX

---

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

par

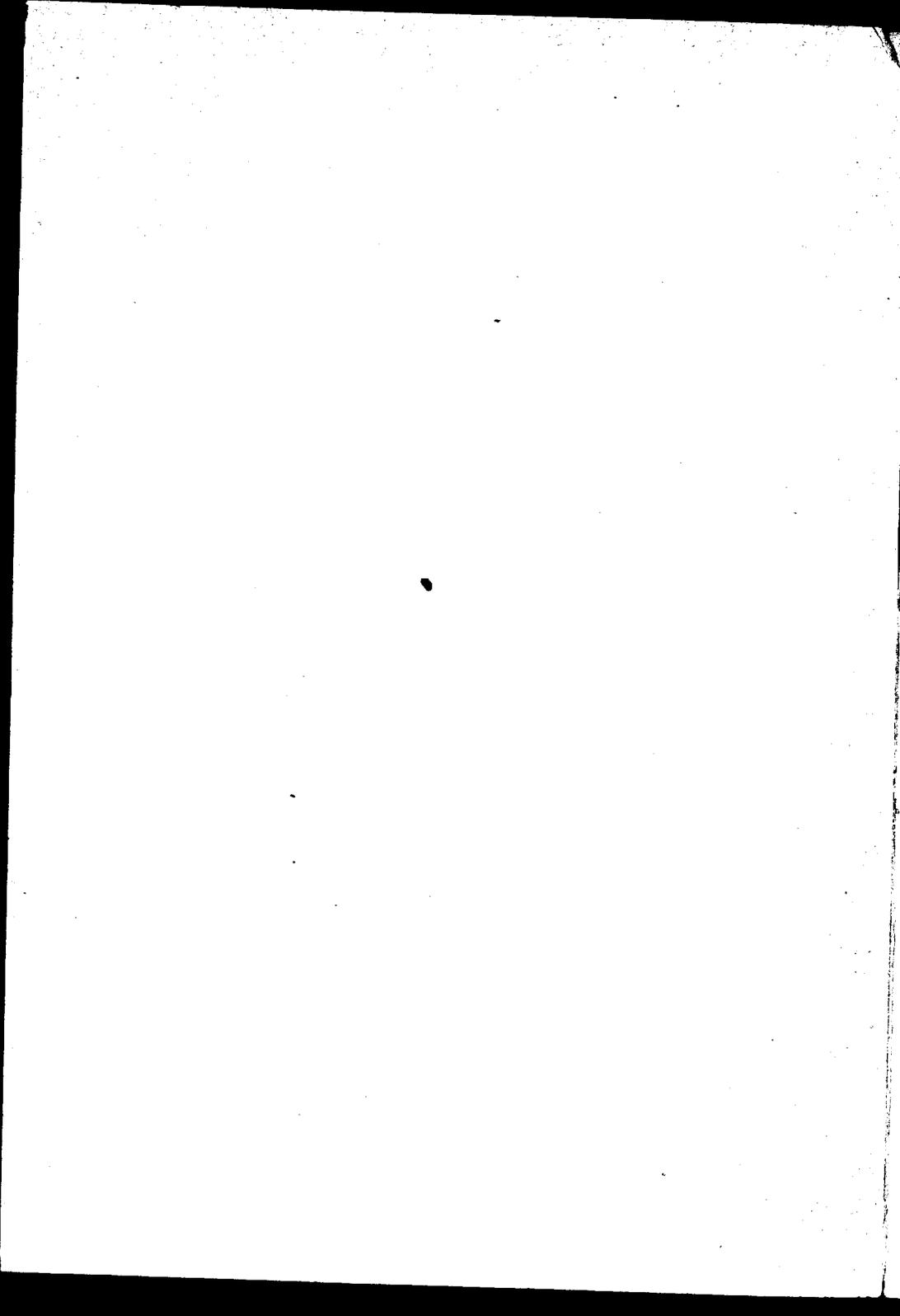
Jean ROSSI.



GENÈVE

IMPRIMERIE TAPONNIER ET STÜDER, ROUTE DE CAROUGE

1892



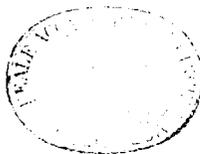
CONTRIBUTION  
A  
L'ETUDE BACTERIOLOGIQUE  
DES EAUX

---

THÈSE  
PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

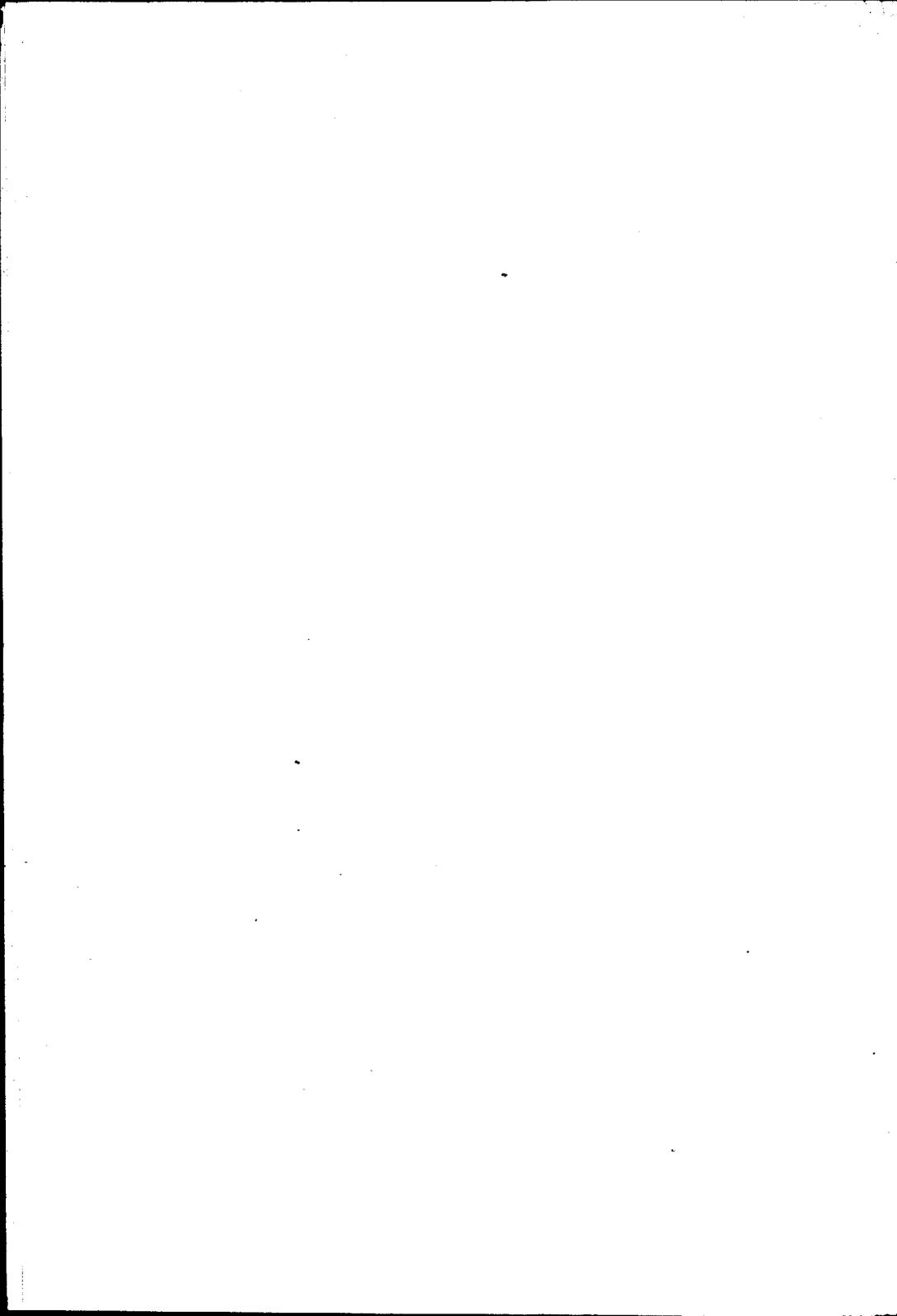
par

Jean ROSSI.



GENÈVE  
IMPRIMERIE TAPONNIER ET STUDEL, ROUTE DE CAROUGE

1892

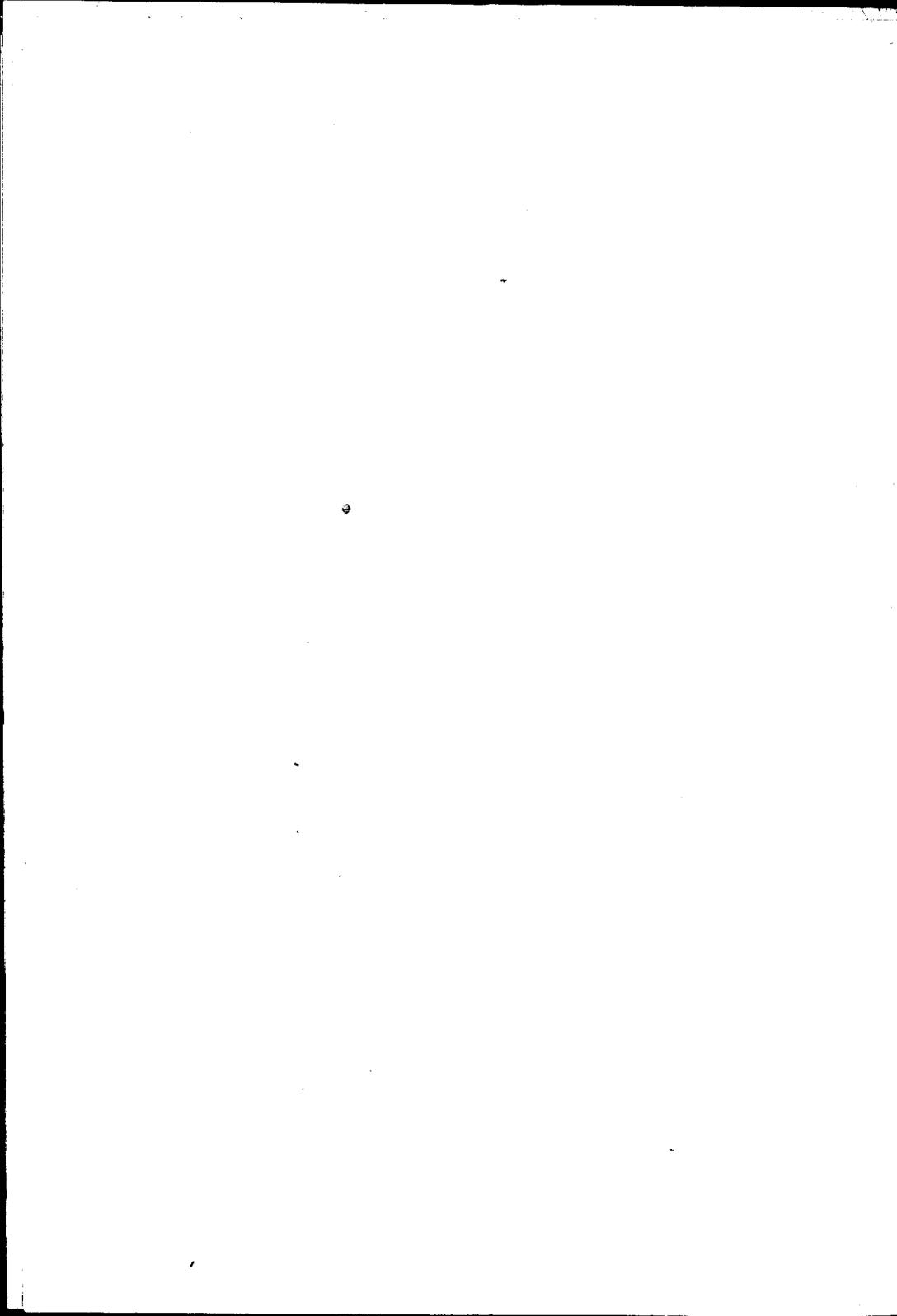


*La Faculté de médecine autorise l'impression de  
la présente thèse sans entendre par là émettre d'opi-  
nion sur les propositions qui s'y trouvent énoncées.*

*Genève, le 20 février 1892.*

Le Doyen de la Faculté de Médecine :

*Dr Prof. LASKOWSKI.*



## AVANT-PROPOS

---

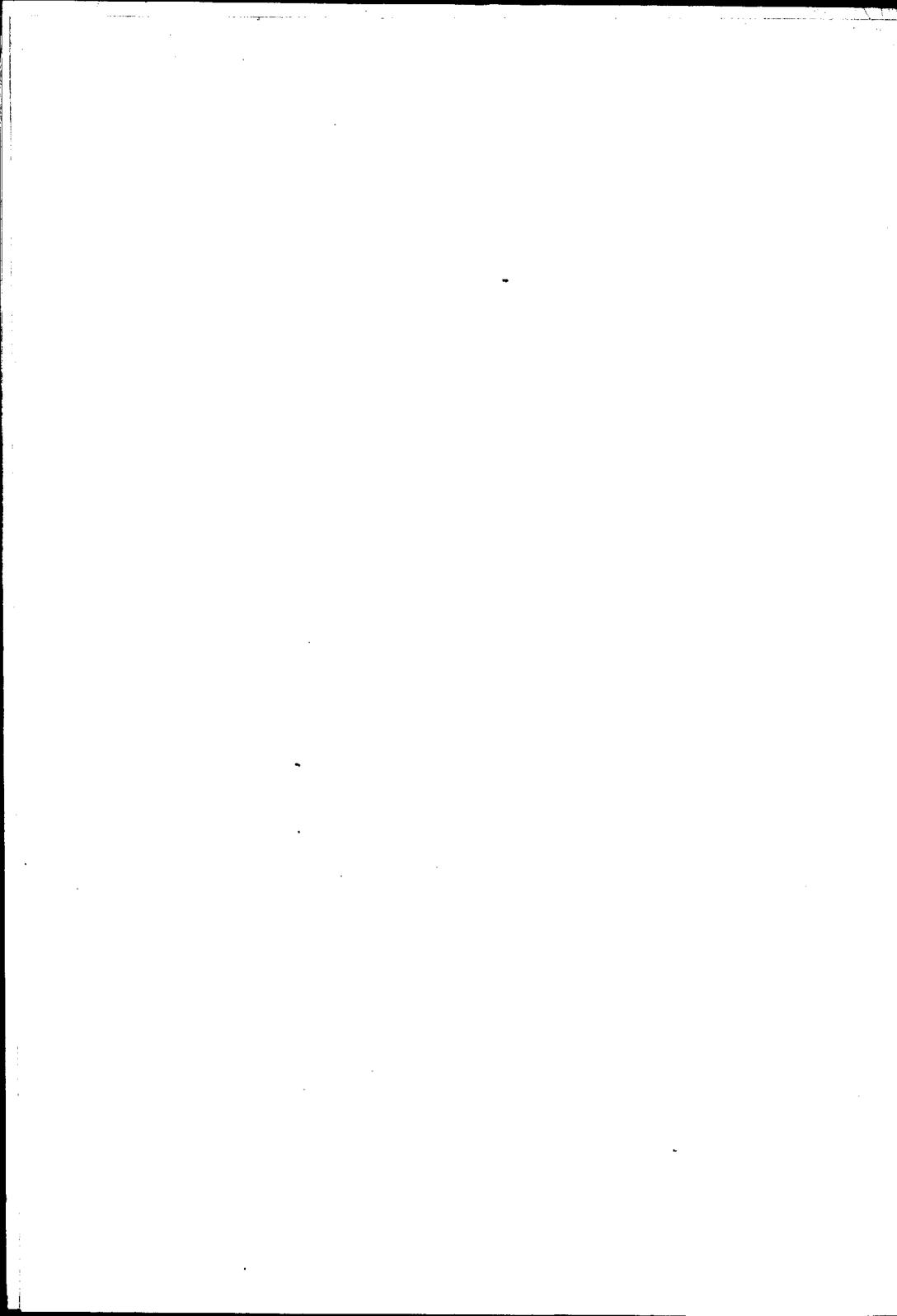
Avant d'entrer en matière, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à M. le D<sup>r</sup> Cristiani, privat-docent de l'Université de Genève, à qui je suis redevable de toutes mes connaissances bactériologiques, et aux conseils assidus duquel je dois d'avoir pu mener à bonne fin mes recherches.

Je prie de même M. le professeur Eternod d'agréer tous mes remerciements pour la cordiale hospitalité qu'il m'a accordée pendant plus de six mois dans le laboratoire d'histologie, où ces recherches ont été faites.

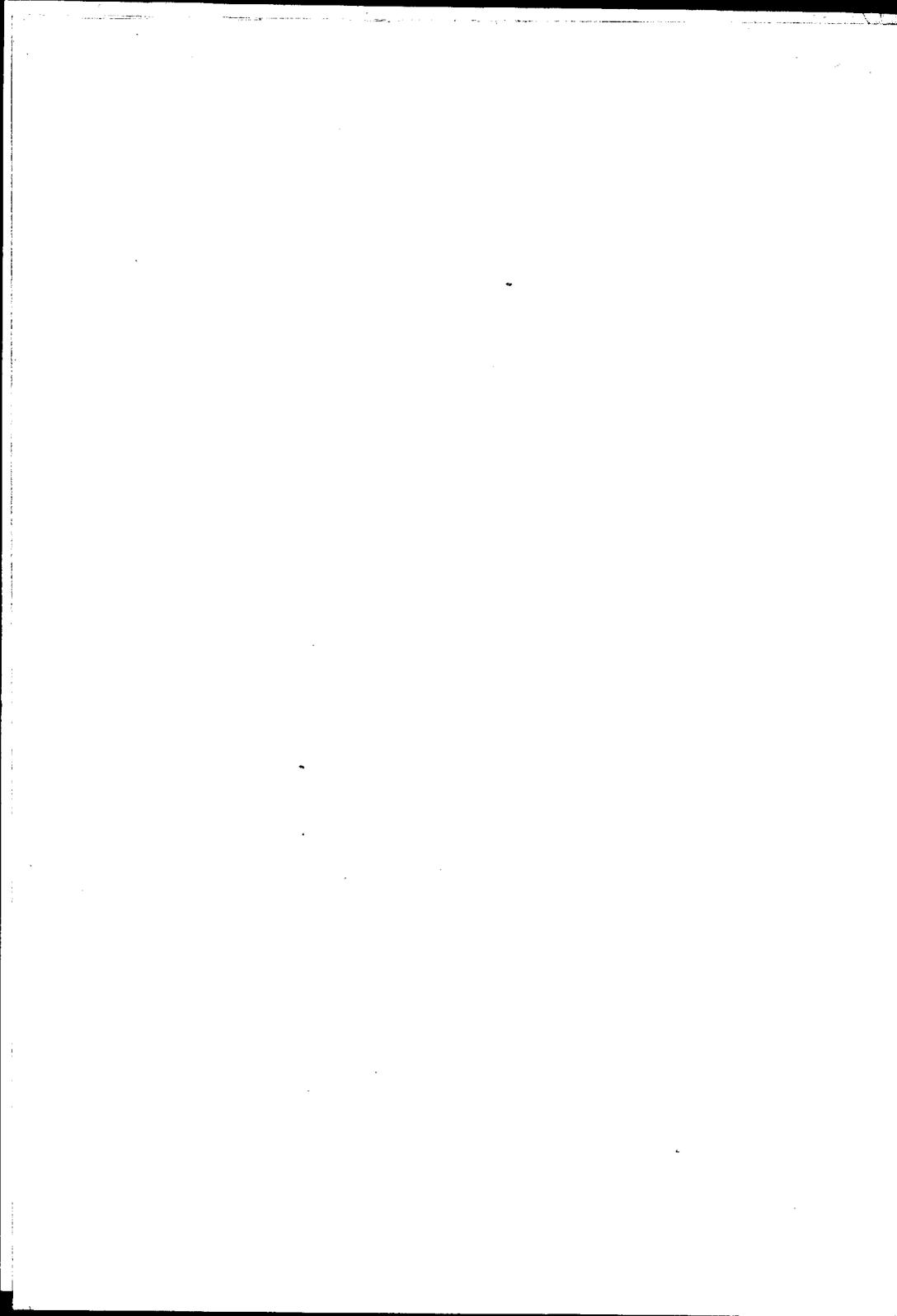
JEAN ROSSI.

Genève, le 11 février 1892.

---



- I Introduction.
- II De l'influence des différentes substances alcalines sur le développement des bactéries.
- III Analyses bactériologiques quantitatives des différentes eaux de Genève.
- IV De l'influence du mouvement sur le développement des bactéries.
- V Conclusions.



## INTRODUCTION

On n'a pas encore dit le dernier mot sur l'importance des analyses bactériologiques des eaux. Après avoir été en grand honneur, il y a quelques années, il s'en est suivi une réaction dans l'opinion des hygiénistes dont quelques-uns ont nié toute valeur aux résultats de ces opérations.

Evidemment la vérité doit se trouver entre ces deux extrêmes. En premier lieu, il faut distinguer la part qui revient à l'analyse quantitative et celle qui revient à l'analyse qualitative.

Assurément une eau contenant les bactéries de la fièvre typhoïde, du choléra, ou d'une autre maladie infectieuse devra être retenue comme infecte et condamnée comme impropre à la consommation. Il n'y a pas de contestation à cet égard, tout le monde convient donc de l'utilité des analyses bactériologiques qualitatives.

Il en est bien autrement des analyses quantitatives; une eau peut contenir un certain nombre, même assez considérable, de bactéries, mais si elles ne sont pas pathogènes, l'eau n'en sera pas moins propre à la consommation.

Il y a cependant des limites à tout : il doit donc être utile de les connaître.

Le nombre de microbes qui se trouve dans une quantité d'eau déterminée (on prend comme unité de mesure 1 centimètre cube) peut dépendre d'un grand nombre de circonstances.

On s'accorde généralement à dire que les eaux les plus riches en matières organiques sont aussi les plus riches en microbes, ceux-ci trouvant dans ces eaux une nourriture abondante et facile à être assimilée.

C'est vrai dans la règle, mais il existe aussi des faits qui prouvent que l'analyse chimique ne pourrait suffire pour en déduire la quantité probable de microbes vivant dans une eau.

En effet il est des eaux chimiquement très pures et qui contiennent un nombre extraordinairement grand de bactéries. Il y a plus encore : un petit nombre de bactéries ensemencées dans de l'eau distillée peuvent au bout de peu de jours se développer tellement qu'on en trouve des millions.

Un auteur français (Viron. Académie des sciences, 18 janvier 1892) vient même de faire une étude intéressante sur des bactéries chromogènes se développant dans les eaux distillées des laboratoires. Ces bactéries sécrètent des substances colorantes qui teintent les eaux en jaune, vert, brun, jaune-verdâtre fluorescent, et ce qui est le plus important, parmi ces substances qui sont le plus souvent inoffensives, il y en a qui sont très toxiques.

Or, comme toutes les eaux sont sujettes à des causes très nombreuses et variées de contamination, on comprendra que même celles qui sont

chimiquement pures ne sont pas à l'abri d'une végétation parfois très luxuriante de bactéries qui y sont tombées par hasard.

*Toutes les eaux donc, même les distillées, peuvent à un moment donné contenir un grand nombre de bactéries.*

Lorsqu'il s'agit d'un lac ou d'une rivière on trouvera toujours des microorganismes, la stérilité absolue d'une pareille eau étant impossible à concevoir.

Cependant un ruisseau de montagne inhabitée, dont les eaux claires courent exposées à un air presque absolument pur, contiendra dans la règle bien moins de bactéries qu'un fleuve d'une plaine, où bon nombre de rivières secondaires viennent se déverser, en y amenant des ordures de différents centres d'habitation.

En outre tout fleuve fatalement souillé le sera toujours à un degré bien moindre en amont d'une ville ou d'un village qu'en aval ; l'expérience est facile à faire et a été faite pour la plupart des rivières passant par des villes.

Il reste donc établi qu'une eau chimiquement impure est dans la règle aussi riche en microorganismes, mais on peut rencontrer aussi le cas opposé, où une eau chimiquement pure peut contenir un nombre excessivement grand de bactéries ; et dans ce cas l'analyse bactériologique seule pourra nous donner des renseignements utiles.

L'analyse bactériologique a rencontré un grand nombre de sceptiques à cause des différences si énormes que présentent les résultats obtenus par

différents auteurs. Il y a en effet toute une série de conditions qui peuvent faire varier ces résultats. Les précautions nécessaires pour les différents temps de l'opération, la nécessité fréquente de transport à de longues distances, le puisage difficile, le temps écoulé entre le puisage et l'analyse, peuvent fausser les résultats de telle manière que ces analyses perdent parfois toute valeur.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire ces différentes opérations si connues aujourd'hui. D'ailleurs le lecteur en trouvera des descriptions très exactes dans les livres de Miquel et celui encore plus récent de Roux.

Etant données tant de causes d'erreurs qui sont indépendantes du bactériologiste et qu'il ne peut éviter, il est d'une nécessité absolue de se mettre complètement à l'abri de toute inexactitude dépendant de la technique suivie.

Or ces nouvelles causes d'erreurs existent et sont même très nombreuses.

Nous savons, surtout après les belles expériences de Raulin, le rôle important que joue dans le développement des bactéries la composition du milieu. Et en parlant de composition du milieu on n'entend plus aujourd'hui les différences grossières telles que les bouillons de différentes viandes ou à la même viande, mais avec le concours d'autres substances telles que l'agar, la gélatine, la glucose, le sucre, la glycérine, etc. ; ces distinctions sont banales aujourd'hui.

Tout bactériologiste a eu bien souvent l'occasion de remarquer les différences frappantes que

donne l'analyse bactériologique d'un même liquide selon que l'on emploie l'un ou l'autre des milieux nutritifs.

Mais des différences très remarquables peuvent être dues à des causes apparemment bien plus insignifiantes. Ainsi Raulin a vu l'absence des traces de potasse contenue dans son liquide faire diminuer la récolte de *Aspergillus niger* dans la proportion de 25 à 1; la suppression de l'acide phosphorique l'a diminuée de 200 à 1; celle de l'ammoniaque de 150 à 1.

Ce fait doit donc nous mettre en garde contre les petites causes, peu importe la manière de laquelle elles agissent.

Un des facteurs capables de faire varier dans une proportion très large les résultats d'une analyse bactériologique quantitative est certainement la réaction du milieu nourricier.

Il est généralement admis qu'un milieu légèrement alcalin permet le développement du plus grand nombre de colonies, les milieux neutres en donnent un peu moins et les milieux à réaction légèrement acide beaucoup moins.

Si l'alcalinité ou l'acidité deviennent plus fortes, toute germination cesse, avec cette remarque que la réaction alcaline a une latitude beaucoup plus grande.

Or rien n'est plus traître que l'expression *légèrement alcaline* ou *acide*, car la personne qui fabrique le bouillon peut avoir à un moment donné la main plus lourde que d'habitude; or le contrôle de cette réaction se fait ordinairement avec le papier de



tourne-soleil dont la sensibilité est loin d'être exquise.

Dernièrement M. Reinsch a étudié quel était le degré d'alcalinité le plus favorable au développement des bactéries en général et a fait cette étude comparative en prenant comme milieu nutritif le bouillon gélatine, comme substance alcalinisante le carbonate de soude, comme substance acidifiante l'acide tartrique.

Les expériences de M. Reinsch ont démontré, que si le bouillon légèrement alcalin qu'il avait au laboratoire donnait 475 colonies, l'adjonction de carbonate de soude dans la proportion de 0.02 pour 10 gr. de bouillon pouvait en donner 2376, sensiblement 6 fois autant ; et que 3,00 pour 10 gr. arrêtait tout développement.

En ajoutant au contraire de l'acide tartrique à son bouillon cet auteur a trouvé que la dose de 0.0056 pour 10 gr. donnait 173, celle de 0.0224 arrêtait complètement tout développement ; le bouillon sans adjonction d'acide tartrique donnait par contre 406 colonies.

On comprend facilement, que si une même eau peut donner 0 ou 2375 colonies par centimètre cube, selon que l'on emploie un milieu plus ou moins alcalin, on ne puisse comparer les résultats obtenus par des auteurs différents, que tant que l'on connaisse exactement la composition et notamment le degré d'alcalinité, exactement mesuré, du milieu employé.

Nous avons poursuivi sur une vaste échelle des expériences analogues et nous avons pu déterminer, non seulement l'influence exercée sur le

développement des bactéries par l'adjonction de doses progressives de la substance alcalinisante, mais encore établir comparativement l'action différente de quatre substances employées le plus couramment dans ce but, c'est-à-dire :

Carbonate de soude.

Carbonate de potasse.

Soude caustique.

Potasse caustique.

Nous nous bornerons à relater seulement les expériences ayant quelque importance, et nous nous contenterons de résumer les autres sous forme de tableau qui donnera le résultat moyen accompagné, s'il y a lieu, des résultats maxima et minima obtenus.

Nous n'avons pas arrêté là notre étude, mais avons profité de ces recherches comparatives pour analyser bactériologiquement un grand nombre d'espèces d'eaux de Genève et nous avons pu enfin ajouter quelques observations sur la question si controversée de l'influence du mouvement sur le développement des bactéries.

Pour nous mettre à l'abri des causes d'erreur dépendant du hasard, toutes nos expériences ont été répétées plusieurs fois et nous avons toujours opéré sur de grandes quantités ; nous pourrions en donner une idée en disant que nous avons employé en tout près de cent litres de bouillon gélatinisé.

---

## II

### **De l'influence de différentes substances alcalines sur le développement des bactéries.**

Avant d'entreprendre l'étude du développement des bactéries sur des milieux différemment alcalinisés, nous avons établi des recherches alcalimétriques sur le pouvoir alcalinisant relatif de ces différentes substances.

Nous n'avons pas fait de la chimie pure, mais avons employé une méthode empirique donnant des résultats assez exacts et qui est facile à exécuter dans tout laboratoire.

En fait de réactif nous avons abandonné le papier et la teinture de tournesol et adopté la phénolphtaléine comme étant plus sensible.

Voici comme nous procédons : Nous préparons une solution acide phénolphtaléinisée que nous formulons ainsi :

Acide citrique 1 gr.

Solution alc. de phénolphtaléine (1 : 300) 1 gr.

Eau 1000 gr.

On verse 50 gr. exactement mesurés de la solution dans un godet blanc en porcelaine ou en cris-

tal ; dans ce dernier cas on le place sur une feuille de papier blanc. On aspire avec une pipette exactement jaugée et graduée (1 centimètre cube divisé en 100 parties) une des solutions alcalines au  $\frac{1}{5}$  et on verse goutte à goutte dans le godet contenant la solution acide phénolphtaléinisée pendant qu'un aide mélange avec une baguette de verre. Au tomber de chaque goutte il se forme une auréole rose qui disparaît rapidement en remuant et on arrête lorsque tout le liquide a pris une légère teinte rosée.

La quantité de solution alcaline nécessaire à atteindre ce but varie avec les différentes substances. Avec nos solutions au  $\frac{1}{5}$  nous avons vu que pour neutraliser 50 gr. de la solution acide précitée il faut avec :

la soude caustique	0.175	c. c.
la potasse caustique	0.225	
le carbonate de soude	0.875	
le carbonate de potasse	0.650	

Ce qui, réduit en unités par rapport à la soude caustique, nous donne par ordre d'énergie :

Soude caustique	1
Potasse caustique	1.286
Carbonate de potasse	3.714
Carbonate de soude	5.000

Cela nous sert de facile contrôle pour les produits que nous employons, car ayant essayé de

la même manière des substances de provenance différente, nous n'avons pas obtenu des résultats identiques. Voici quelques chiffres que nous ont donné des solutions anciennes de produits achetés chez un droguiste :

Soude caustique	0.225
Potasse caustique	0.250
Carbonate de soude	0.975
Carbonate de potasse	0.700

En voici encore d'autres obtenus avec des produits d'une pharmacie non garantis purs :

Soude caustique	0.220
Potasse caustique	0.370
Carbonate de soude	1.000
Carbonate de potasse	0.885

Comme bouillon nous avons adopté la formule de bouillon peptone de Miquel, non parce que nous le considérons comme le meilleur milieu nutritif, mais parce qu'il présente des garanties suffisantes de constance.

En effet le bouillon à la viande varie non seulement avec la qualité de la viande, mais aussi selon qu'il s'est écoulé un temps plus ou moins long après l'abattage de l'animal; la réaction sera plus ou moins acide selon les cas et il faudra par conséquent ajouter des quantités variables de substance alcalinisante.

Ce bouillon de peptone que nous employons est composé de :

Peptones sèches (Gehe) 20 gr.  
Chlorure de sodium 5 gr.  
Eau 1000 gr.  
Gélatine française (papier bleu, marque d'or)  
100 gr.

Ce bouillon n'est pas tout à fait neutre, cependant nous n'y ajoutons pas les cendres de bois préconisées par Miquel ; nous le prenons tel quel comme base de nos expériences.

Dans une première série de recherches nous avons étudié l'effet de doses croissantes de carbonate de soude ajoutées au bouillon de peptone non alcalinisé et avons obtenu :

*Expériences avec carbonate de soude.*

Bouillon peptone sans adjonction.	=	28	colories.
» avec 0.03 % $\text{Na}_2\text{CO}_3$	=	69	»
» » 0.06 % »	=	79	»
» » 0.03 % »	=	52	»

Ces chiffres représentent la moyenne de cinq expériences dont les deux extrêmes étaient :

		Minimum.	Maximum.
Bouillon peptone sans adjonction	=	10	55
» » 0.03 % $\text{Na}_2\text{CO}_3$	=	46	76
» » 0.06 % »	=	40	145
» » 0.09 % »	=	56	30

Et dans une autre expérience se composant de trois analyses, nous avons obtenu comme moyenne :

Bouillon peptone sans adjonction	=	48
»           »   0.05 % $\text{Na}_2\text{CO}_3$	=	87
»           »   0.10 %   »	=	49
»           »   0.20 %   »	=	36

Nous voyons les résultats les plus favorables être obtenus par l'adjonction de quantités de carbonate de soude variant entre 0.03-0.06.

*Expériences avec carbonate de potasse.*

Nous avons répété ces expériences avec le carbonate de potasse; en voici les résultats :

Bouillon peptone sans adjonction	=	28
»           »   0.03 % $\text{K}_2\text{CO}_3$	=	61
»           »   0.06 %   »	=	99
»           »   0.09 %   »	=	86

Moyenne de cinq expériences dont les extrêmes étaient :

		Minimum.	Maximum.
Bouillon peptone sans adjonction	=	15	39
»           »   0.03 % $\text{K}_2\text{CO}_3$	=	49	76
»           »   0.06 %   »	=	44	179
»           »   0.09 %   »	=	55	126

Et dans une autre expérience avec des doses différentes, nous avons obtenu :

Bouillon peptone sans adjonction	=	192
»           »   0.05 % $\text{K}_2\text{CO}_3$	=	161
»           »   0.10 %   »	=	179
»           »   0.20 %   »	=	127

Ici encore (sauf un petit écart dans la dernière expérience) nous voyons le maximum nous être fourni dans l'ensemble par l'adjonction d'une quantité de substance alcaline de 0.06 %.

D'autres analyses comparatives avec des doses très petites nous ont donné :

Bouillon peptone sans adjonction	=	146
»           »   0.005 % $K_2CO_3$	=	132
»           »   0.015 %   »	=	114
»           »   0.025 %   »	=	190
»           »   0.035 %   »	=	247
»           »   0.045 %   »	=	158

Et avec des doses intermédiaires aux précédentes :

Bouillon peptone sans adjonction	=	117
»           »   0.01 % $K_2CO_3$	=	77
»           »   0.02 %   »	=	182
»           »   0.03 %   »	=	120
»           »   0.04 %   »	=	238
»           »   0.05 %   »	=	126

Avec des maxima oscillant entre 0.035-0.040 de substance alcaline employée.

#### *Expériences avec la soude caustique.*

Une série de recherches entreprises avec des solutions au  $\frac{1}{3}$  de soude caustique nous ont fourni comme moyenne :

0.03 % de soude caustique	=	78
0.06 %	»	= 72
0.09 %	»	= 44

Avec des oscillations de :

Minimum.	Maximum.
49	109
56	96
35	55

Ces expériences, tout en confirmant le fait bien connu que l'adjonction de petites quantités de substances alcalines favorisent le développement du nombre de bactéries, ne nous paraissent cependant pas bien concluantes quant à la dose exacte de substance alcalinisante à ajouter. Nous nous étions proposé de préciser quelles étaient les doses les plus avantageuses de chaque substance en particulier, en égard à son pouvoir alcalinisant.

Dans ce but nous avons entrepris d'abord quatre séries d'expériences, chacune comprenant des doses toujours croissantes de 0 jusqu'à 1.5 % (dose produisant la stérilité<sup>1</sup> du milieu pour toutes les substances employées) de carbonate de soude et potasse, soude caustique et potasse caustique.

En voici les détails :

25 ballons à 100 gr. chacun de bouillon de peptone, dont nous avons précédemment donné la formule.

1) Nous calculons « stérilité relative » c'est-à-dire pas de colonies le huitième jour.

1 ballon sans adjonction de substance alcaline.  
6 ballons contiennent du carbonate de potasse  
avec doses suivantes :

- I. 0,05 %.
- II. 0,10 »
- III. 0,15 »
- IV. 0,20 »
- V. 0,50 »
- VI. 1,50 »

6 autres ballons. Carbonate de soude même dose.  
» Soude caustique »  
» Potasse caustique »

Chaque ballon estensemencé avec 1 gr. d'eau  
du robinet du laboratoire d'histologie.

Voici un tableau exposant le résultat de la  
moyenne des 4 expériences :

Doses de	Carbonate soude.	Carbonate potasse.	Soude caustique.	Potasse caustique.
0	72	72	72	72
0,05	133	60	30	73
0,10	73	67	0	25
0,15	62	53	0	0
0,20	55	47	0	0
0,50	39	6	0	0
1,50	0	0	0	0
	362	233	30	98

*Minimum.*

0	64	64	64	64
0,05	98	51	12	39
0,10	53	35	0	11
0,15	36	16	0	0
0,20	29	31	0	0
0,50	27	0	0	0
1,50	0	0	0	0

*Maximum.*

0	76	76	76	76
0,05	167	81	40	101
0,10	88	104	0	36
0,15	81	120	0	0
0,20	63	53	0	0
0,50	51	12	0	0
1,50	0	0	0	0

De l'ensemble de ce tableau, il résulte que le plus grand nombre de bactéries existant dans une eau a été mis en évidence par les alcalis faibles avec des doses entre 0 et 0,10 %, pour les alcalis forts avec des doses inférieures à 0,05. Toutes les substances alcalines rendaient stériles<sup>1</sup> les milieux à la dose de 1,5 %. Pour la soude caustique il suffisait d'une dose de 0,10, et pour la potasse de 0,15 pour obtenir ce but.

1. Voir à ce propos la note plus loin.

En prenant chacune de ces substances à part et en comparant le résultat avec ceux que nous avons déjà obtenus, nous voyons pour le carbonate de soude le maximum nous être fourni par le chiffre 0,05 dans cette dernière expérience et osciller entre 0,03-0,06 dans des expériences précédentes. Parmi ces dernières, nous en voyons une série nous donner comme maximum 0,05.

Nous remarquons en outre que l'adjonction de 0,10 de carbonate de soude amène un résultat analogue à celui fourni par le bouillon peptone non alcalinisé, et cette observation nous est encore confirmée par une expérience précédente.

Pour le carbonate de potasse la quantité de substance alcaline ayant donné le maximum est de 0,10 dans notre tableau; elle est en moyenne de 0,06 dans une des expériences précédentes et de 0,10 dans une autre de ces expériences. Le chiffre le plus favorable est donc supérieur à celui du carbonate de soude et oscille entre 0,06 et 0,10.

Pour les alcalis caustiques nous avons vu que des doses minima sont déjà suffisantes à stériliser les milieux. Nous avons en outre constaté qu'il suffisait d'une dose plus petite de soude caustique que de potasse caustique pour obtenir ce but. La dose de 0,05 de soude caustique donnait des résultats inférieurs au bouillon non alcalinisé. La même dose de potasse donnait un chiffre légèrement plus haut.

La soude à 0,10 était déjà stérile, la potasse par contre ne l'a été qu'à 0,15.

Il est donc nécessaire de rechercher les résul-

tats que l'on peut obtenir avec des doses beaucoup plus petites de ces substances.

Pour la soude, des expériences avaient été déjà entreprises précédemment, expériences qui ont été relatées ici, et le maximum nous l'avions obtenu avec 0,03 de cette substance.

Mais pour que nous puissions avoir des résultats positifs, nous permettant de tirer des conclusions très exactes, nous avons refait encore quatre expériences comprenant les quatre substances déjà employées, à des doses progressives très petites, comprises dans les limites ayant fourni les meilleurs résultats jusqu'ici.

Pour les carbonates nous avons fixé les doses à :

0	‰.
0,03	»
0,06	»
0,09	»
0,12	»
0,15	»

Pour les alcalis caustiques à :

0	‰.
0,02	»
0,04	»
0,06	»

Une première expérience comprenant 90 godets à 20 gr. chacun échoua à cause d'une élévation accidentelle de la température du milieu ambiant

au-dessus de 22 degrés ; le quatrième jour toutes les plaques étaient fondues et illisibles.

Nous l'avons par conséquent recommencée et voici les résultats définitifs groupés dans un tableau :

*Moyenne.*

Doses de	Carbonate soude.	Carbonate potasse.
0	106	106
0,03	165	110
0,06	365	220
0,09	355	280
0,12	285	240
0,15	275	200
	1445	1050

Doses de	Soude caustique.	Potasse caustique.
0	106	106
0,02	120	162
0,04	292	185
0,06	213	142
	625	489

Ces résultats nous confirment ce que nous avons déjà trouvé dans les expériences précédentes et nous précisent la quantité de substance alcaline qu'il faut employer pour obtenir le chiffre

maximum de colonies de bactéries se trouvant suspendues dans un liquide.

Cette quantité -varie avec chaque substance expérimentée; elle est de :

0,09 pour le carbonate de potasse.  
0,06 » de soude.

Quant aux alcalis caustiques, elle oscille entre 0,02-0,04 pour les deux substances. Il serait peut-être opportun de répéter les expériences à leur égard avec des doses encore plus fractionnées.

Il y aurait de l'intérêt à déterminer comparativement à laquelle de ces substances il faut donner la préférence et on pourrait arriver à cette conclusion en additionnant la somme totale des bactéries obtenues avec chacune dans toutes les expériences similaires à la condition qu'elles aient été faites contemporanément et avec les mêmes doses et qualités d'eau.

Pour obtenir des résultats exacts, il faudrait tenir compte de ce que l'on pourrait appeler le *coefficient d'alcalinité*, en d'autres termes le pouvoir alcalinisant de chacune de ces substances. En aucun cas, à doses égales, les carbonates ne sauraient être comparés aux alcalis caustiques.

Si nous comparons entr'eux seulement les résultats totaux obtenus par les carbonates de soude et de potasse, nous voyons dans une expérience :

Carbonate de soude 200  
» de potasse 246

Mais par contre toutes les autres expériences ont donné au carbonate de soude un chiffre plus élevé<sup>1</sup>.

Mettons maintenant en regard de nos conclusions celles que M. Reinsch a tirées d'après ses propres expériences et nous voyons qu'elles sont loin de se trouver d'accord, il y a même entre elles un écart assez considérable. Bien entendu que nous ne prenons ici en considération que le carbonate de soude, cet auteur ayant seulement étudié cette substance.

Voici un des tableaux de Reinsch, celui qui lui a donné ses meilleurs résultats. Pour qu'on puisse immédiatement établir une comparaison avec les nôtres, nous multiplions par 10 ses doses, cet auteur ayant pris comme unité de mesure la quantité de 10 centimètres cubes au lieu de 100 comme nous l'avons fait.

Quantité de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ajoutée à 100 centim. cubes de bouillon de viande à la gélatine légèrement alcalinisé :

0	=	475 colonies.
0,0504		1140
0,1008		2976
0,2016		2486
0,3024		1612
0,5040		1302

1) Carbonate soude 362  
   potasse 233  
   soude 1445  
   potasse 1050

(Voir tableaux précédents).

0,7560	= 748 colonies.
1,0080	348
1,5120	216
2,0160	74
3,0240	0

D'après ce tableau le maximum oscillerait entre 0,10 et 0,20 ; or nous avons vu que dans nos expériences il se trouvait entre 0 et 0,10 et plus particulièrement entre 0,03 et 0,06.

Nous y remarquons encore que les résultats donnés par 0,3-0,5 et même 0,7 sont supérieurs à ceux obtenus avec son bouillon sans adjonction de carbonate de soude ; or cela ne nous est jamais arrivé.

L'auteur a dû en outre ajouter 3 % de carbonate de soude pour rendre le milieu stérile ; la dose de 1,5 % qui a produit chez nous cet effet, lui donnait encore un chiffre respectable de bactéries, 216 sur 475 que produisait le bouillon simple.

Ces écarts sont d'autant plus remarquables que, tandis que nous avons ajouté la substance alcaline à du bouillon qui n'était pas même complètement neutre, Reinsch ajoutait le carbonate de soude à du bouillon présentant déjà une réaction alcaline.

A quoi peuvent tenir ces différences ?

Il se peut que la nature des bactéries prédominantes dans l'eau employée n'y soit pas étrangère. Aussi avons-nous vu dans quelques expériences où nous nous sommes servi de l'eau d'Arve à 200 m. environ en aval d'un égout, les bactéries

(surtout les espèces liquéfiantes) être moins difficiles sur le choix de leur nourriture et s'accommoder parfaitement de milieux que d'autres bactéries — les aristocrates du groupe — ne trouvaient pas à leur goût à cause d'un excès d'alcalinité<sup>1</sup>.

Dans nos expériences comparatives nous avons toujours employé l'eau du robinet du laboratoire d'histologie. Cette eau venant des pompes du bâtiment des Forces Motrices est, malgré son séjour dans le grand réservoir, notoirement pure et contient en moyenne de 30 à 80 germes par centim. cube, parmi lesquels les espèces liquéfiantes sont rares.

C'est peut-être là la cause de nos divergences avec les résultats de M. Reinsch; nous ne prétendons pas en donner l'explication pour le moment, mais nous tenons à relater une expérience qui n'est que le commencement d'une série de recherches analogues.

Nous prenons une série de ballons contenant du bouillon différemment alcalinisé et nous les enseignons tous avec une goutte d'eau très riche en bactéries, l'eau d'Arve près de l'École de Médecine, qui est presque une eau d'égout.

Si nous divisons les colonies en 3 groupes :

I. Celles qui fondent rapidement la gélatine (larges plaques de fusion le 4<sup>me</sup> jour).

(1) Des expériences de contrôle établies plus tard nous ont démontré que l'eau du robinet donnant de 30-50 bactéries sur bouillon neutre ne donnait absolument rien sur bouillon alcalinisé à 1,50 0/0 de carbonate de soude, tandis qu'une goutte d'eau d'Arve donnait sur ce même bouillon alcalin un très grand nombre de colonies.

II. Celles qui la fondent lentement (petites colonies de 1 mm. environ de diamètre).

III. Celles qui ne la fondent pas ; nous verrons les rapports réciproques entre ces différents groupes de même que les caractères de chaque colonie varier profondément avec les différents milieux.

La planche que nous ajoutons à la fin de ce travail donnera de ces changements, une idée bien plus nette que nous ne pourrions le faire avec une description détaillée.

Dans la plaque n° 1 nous avons du bouillon sans adjonction de substance alcaline ; nous y voyons une dizaine de larges colonies liquéfiantes, une vingtaine de petites colonies liquéfiantes et de nombreuses petites colonies ponctiformes.

Dans les 5 plaques suivantes nous avons :

N° 2 =	bouillon avec	0,06	% carb. de soude.
» 3 =	»	0,15	» » »
» 4 =	»	0,06	» carb. de potasse.
» 5 =	»	0,15	» » »
» 6 =	»	0,02	» soude caustique.

Nous voyons dans le n° 2 les colonies fondant rapidement, être plus petites <sup>1</sup> que dans le bouillon n° 1 ; dans celui-ci elles atteignaient des dimensions d'environ 6 mm. ; dans le n° 2 elles arrivent à peine à dépasser 5 mm. Tandis que les colonies fondant lentement, qui dans le bouillon n° 1,

(1) Ces détails sont beaucoup moins manifestes dans la planche que sur les plaques même, à cause de la réduction (1/2 grandeur naturelle).

n'avaient à peine que 1 mm., ont dans le n° 2 deux et trois mm. : leur nombre est d'ailleurs beaucoup plus considérable.

Ces faits sont beaucoup plus manifestes dans la plaque n° 3 contenant 0,15 % de carbonate de soude. Les colonies précédemment très larges ont encore diminué et celles qui fondent lentement ont augmenté progressivement de dimension. Elles ne se distinguent presque plus les unes des autres ; la plaque est par le fait presque illisible.

Dans les plaques 4 et 5 les mêmes faits se reproduisent pour la potasse avec quelques différences sur lesquelles nous ne voulons pas insister pour le moment.

Le n° 6 nous donne l'image fournie par une plaque avec de la soude caustique, 0,02 %.

Ce que nous pouvons conclure de cette dernière expérience est de la plus haute importance pour la question qui nous occupe ; il s'en dégage en effet la démonstration d'un enseignement très intéressant : l'adjonction d'une matière alcaline est favorable à un certain nombre de bactéries, mais défavorable à d'autres. — Cette action est différemment exercée par les différentes substances alcalines, indépendamment de leur pouvoir alcalinisant.

Cela peut déjà nous expliquer les causes des différents résultats obtenus par nous et M. Reinsch, vu que nous avons employé de l'eau relativement pure et M. Reinsch de l'eau d'Elbe en aval d'Altona qui peut être comparée à de l'eau d'Arve sortant de Carouge.

### III

#### *Remarques bactériologiques sur quelques eaux de Genève.*

Dans le cours de nos expériences nous avons eu l'occasion de faire de très nombreuses analyses bactériologiques de différentes eaux de Genève.

Nos recherches ont été surtout quantitatives; au point de vue qualitatif nous avons fait quelques recherches sur le *bacille d'Eberth* et le *bactérium coli*; nous ne les rapporterons pas ici car elles ne sont pas encore complètes et sortent d'ailleurs du cadre des questions que nous nous sommes proposé de traiter dans ce travail.

Nous laisserons de même de côté les observations que nous avons faites relativement au nombre de bactéries chromogènes des eaux analysées et nous mentionnerons seulement quelques faits concernant les espèces liquéfiantes; ce caractère bien plus que la couleur nous donne une idée des propriétés des bactéries.

Quant à la technique employée nous avons dû apporter quelques modifications aux diverses méthodes préconisées par différents auteurs.

Nous n'avons pas grand'chose à dire pour le *puisage*; nous avons adopté tour à tour le tube scellé au feu avec aspiration automatique, des

ballons stérilisés à sec couchés avec bouchon en caoutchouc stérilisé à la vapeur et le tout restérilisé à la vapeur dans une boîte métallique portable pouvant aller à la glace.

Pour le puisage dans la profondeur, nous avons construit un appareil de Miquel, mais devons avouer n'avoir jamais pu tirer la deuxième corde passée dans les anneaux attachés à la première. Le poids enroulait régulièrement les deux cordes l'une sur l'autre en les empêchant de glisser. Pour casser le bec enroulé au flacon il nous a fallu disposer les deux cordes d'une manière indépendante, comme le conseille du reste Roux et les tenir écartées pendant que le poids descendait.

Pour les grandes profondeurs dans le lac, la longueur de notre bateau s'y opposait absolument, l'enroulement de la corde se faisant lorsque chaque opérateur se trouvait aux extrémités du même.

L'ensemencement était pratiqué aussitôt que possible, après le puisage, ce temps variait entre quelques minutes, et une heure et quart (pour le lac).

Nous avons en outre évité les manipulations dont on pouvait se passer et n'avons eu recours à la dilution que pour les eaux très riches en microbes, telles que les eaux d'égouts.

Voici notre manière de procéder : au lieu d'ensemencer chaque tube et de le verser sur la plaque, nous faisons toujours 10 ou 20 plaques en ensemençant un ballon contenant 200 ou 400 gr. de gélatine nutritive (nos plaques contiennent toujours 20 gr. de gélatine). Une fois l'ensemence-

ment fait, nous versions dans les godets de Petri de manière à répartir le bouillon en quantité approximativement égale dans les 10 ou 20 godets.

Pour les eaux contenant jusqu'à 5000 bactéries par centim. cube, si nous ensemençons une goutte dans un ballon de 400 gr. à répartir dans 20 plaques, nous aurons en moyenne la goutte représentant  $\frac{1}{25}$  de cm., c'est-à-dire 200 bactéries réparties en 20 gouttes, environ 10 par plaques, nombre généralement très bien lisible le 14<sup>me</sup> jour lorsque la température ambiante ne dépasse pas 20 degrés et que l'eau ne contienne pas trop d'espèces liquéfiantes.

Lorsque l'eau contient jusqu'à 50000 bactéries par cmc., nous préférons encore ne pas la diluer et donnons le choix à la pipette capillaire d'Arloing, soigneusement contrôlée, avec laquelle on obtient facilement des gouttes de  $\frac{1}{200}$  de cmc. Si la jauge n'est pas exacte à  $\frac{1}{200}$  (on conçoit qu'il soit difficile d'arriver à une pareille exactitude) nous nous contentons de mesurer d'une façon précise le nombre de gouttes nécessaire pour former un centim. cube et calculons sur ces données le résultat final.

Une eau de 50000 bactéries analysée dans les proportions d'une goutte à  $\frac{1}{200}$  sur 20 plaques, donnerait 10-12 colonies par plaque.

Pour les eaux dont la contenance en microbes est supérieure à 50000 par centim. cube, et notamment pour les eaux d'égout si riches en espèces liquéfiantes, la dilution devient nécessaire.

Déjà pour les eaux entre 5000 et 50000 bactéries nous employons parfois la dilution comme étant d'exécution plus rapide; nous l'excluons systématiquement pour les eaux relativement pures au-dessous de 5000 bactéries par cmc.

Nous avons déjà mentionné le fait que nous versions toujours sur nos plaques 20 gr. de gélatine, les 10 gr. préconisés par les auteurs donnant sur les godets de Petri de 10 cm. de diamètre une couche trop mince se desséchant très facilement.

Nous faisons la lecture des résultats dans la règle le 14<sup>me</sup> jour lorsqu'il s'agissait d'analyses quantitatives; pour d'autres recherches nous nous contentions de lire le 8<sup>me</sup> jour, pour ne pas immobiliser pendant trop longtemps le matériel de verrerie, chaque expérience comprenant en moyenne une centaine de plaques.

Déjà en 1884 Föl et Dunant avaient publié un intéressant mémoire sur le nombre des germes vivants de quelques eaux de Genève. Leurs recherches ont été toutes faites au moyen du bouillon liquide, la seule méthode en honneur à cette époque.

Ce mémoire donnant compte de nombreuses expériences, est riche en résultats récapitulés en un tableau à la fin du travail.

Les chiffres obtenus par ces auteurs sont difficilement comparables aux nôtres.

D'après ce que nous venons de relater dans le chapitre précédent où il est nettement démontré l'énorme différence qu'il peut y avoir entre deux analyses de la même eau faite avec des milieux si

peu différents l'un de l'autre, on comprendra facilement le peu d'importance que peuvent avoir des comparaisons entré une analyse faite avec un milieu liquide dont le degré d'alcalinité est inconnu et une analyse faite avec un milieu gélatinisé.

Pour la première partie de nos recherches qui avaient été faites avant les expériences sur les effets du degré d'alcalinité, nous avons employé le bouillon de peptone d'après Miquel :

Peptone	20	‰
Chlorure de sodium	5	»
Cendres de bois	0,10	»

Voici quelques résultats :

Lac. 500 m. environ des jetées, 2 m. profondeur, par cc. . . . .	46
Lac. Entre les deux jetées, par cc. . . . .	52
Lac. Extrémité jetée Eaux-Vives, légères vagues, 50 cm. du bord, 10-20 cm. profondeur, par cc. . . . .	82
Port. Extrémité jetée Eaux-Vives, légères vagues, 50 cm. du bord, 10-20 cm. profondeur, par cc. . . . .	180
Port. Angle Jardin Anglais et quai de décharge, lac agité, par cc. . . . .	532
Epuisoir. Vis-à-vis Enfant Prodigue . . . . .	340
Rhône (Coulouvrenière) . . . . .	346
Rhône. Aval des Forces Motrices . . . . .	386
Rhône. Bac de St-Jean, rive gauche à 100 m. égout collect. après fort orage.	20400
Arve. Ecole de Médecine . . . . .	12316

Arve. Casernes . . . . .	12464
Arve. Egout Abattoirs, illisible. plus que	20000
Grand réservoir. Ecole de Médecine . . .	18
Robinet laboratoire histologie . . . . .	50
Robinet corridor du laboratoire . . . . .	68
Puisard. Bâtiment Forces Motrices (bise).	356
Puisard. Bâtiment Forces Motrices . . . .	220
Robinet pompe. Forces Motrices (bise) . .	928
Robinet après fort écoulement d'eau . . .	588
Puits. Stand Coulouvrenière (pompe) . . .	576
Fontaine. Cimetière Plainpalais, 2 <sup>e</sup> allée à g.	610
Fontaine. Cimetière Plainp., allée du milieu.	2300
Pompe. Charmilles . . . . .	280
Puits. Meyrin (odeur mauvaise) . . . . .	3800

Des analyses faites avec du bouillon de peptone alcalinisé avec du carbonate de soude à la dose de 0,05 % au lieu de 0,10 ‰ de cendres nous ont donné des résultats un peu différents.

En voici quelques-unes des plus importantes :

Lac. Jetée Eaux-Vives . . . . .	102
Port. Jardin Anglais . . . . .	642
Epuisoir. Enfant Prodigue . . . . .	420
Arve. Ecole de Médecine, environ . . . . .	3500
Grand réservoir. Ecole de Médecine . . . .	17
Grand réservoir. Ecole de Médecine . . . .	33
Grand réservoir. Ecole de Médecine . . . .	21
Robinet laboratoire histologie . . . . .	143
Puits. Stand Coulouvrenière . . . . .	1112

Nous n'avons rapporté ici que des expériences faites dans des conditions atmosphériques sensi-

blement les mêmes. D'autres analyses des mêmes eaux, pratiquées soit après de forts orages ou de bises répétées, nous ont donné des résultats différents d'avec ceux qui précèdent.

Nous laissons pareillement de côté toute une série de recherches sur l'eau de quelques réservoirs de maisons, ces examens ayant été faits d'une manière non classique, soit par puisage défectueux, soit par retard entre le puisage et l'analyse.

Si nous comparons nos résultats (sans donner de l'importance à la comparaison) avec ceux obtenus par MM. Fol et Dunant, nous voyons d'abord pour le lac le chiffre osciller entre 16 et 90 (excepté une analyse au niveau de l'égout du Prieuré ayant donné plus de 125) le maximum que ces auteurs pouvaient obtenir avec leur méthode.

Nos chiffres sont supérieurs, cependant il faut remarquer que nous n'avons obtenu le maximum de 180 qu'une fois près de la jetée par une forte bise et une eau trouble.

Ce port, notamment près du Jardin Anglais, a troublé dans l'expérience de MM. Fol et Dunant 100 ballons sur 100, donnant ainsi son maximum ; chez nous il a fourni 532.

Le Rhône depuis l'épuisoir de l'Enfant Prodigue jusqu'au bac de St-Jean (dernière limite de nos analyses) suit la règle des fleuves qui traversent les villes ; il se souille de plus en plus. On aurait mauvaise grâce à prétendre le contraire vu les nombreux cadeaux qu'on lui fait le long de son cours sous forme de bouches à égouts et de bateaux à laver.

Il nous donne en effet d'amont en aval 340-346-386 et 20400 à 100 m. du collecteur de la rive gauche.

Il en est de même de l'Arve qui entre assez propre à Carouge et d'égout en égout, s'en vient à la Jonction donnant 12316-12464 et enfin plus de 20000 près de l'égout des Abattoirs.

Quant aux bactéries qui liquéfient la gélatine, voici leurs proportions par rapport au nombre total observé dans différentes analyses.

6 <sup>me</sup> jour.	Nomb. total.	Esp. liquéf.
Grand réservoir. Ecole de Médecine	99	0
» » »	87	1
» » »	47	0
Robinet. Laboratoire histologie	79	0
» » »	81	0
» » »	133	3
Lac	47	0
Lac	54	1
Port	346	36
Fontaine. Cimetière de Plainpalais	680	36
Arve. Ecole de Médecine	2142	487
» » »	2820	1060

Ces espèces liquéfiantes rares dans les eaux potables, réservoirs et robinets, sont fréquentes dans le port, endroit très contaminé et surtout dans le Rhône et Arve en aval de Genève et Carouge. Nous les avons aussi rencontrées en grand nombre dans la fontaine de l'allée du milieu du cimetière de Plainpalais, qui doit être évidemment souillée par des infiltrations.

Du reste nous ne voulons pas nous appesantir sur un chapitre que nous n'avons intercalé dans notre travail qu'à titre accessoire plutôt pour montrer la technique suivie.

Nous allons passer à l'étude d'une autre question qui nous a intéressé, comme elle intéresse encore le plus grand nombre des bactériologistes ; nous voulons parler de l'influence du mouvement sur le développement des bactéries.

IV

*De l'influence du mouvement sur le développement  
des bactéries.*

Le développement des bactéries dans des liquides en mouvement a été étudié par un grand nombre d'auteurs, mais les conclusions auxquelles ils sont arrivés sont si différentes qu'on peut considérer la question comme pas du tout résolue.

En effet si nous voulons résumer en quelques mots la littérature sur ce sujet, voilà ce qu'on peut en conclure.

I. Le mouvement n'a pas d'action sur le développement des bactéries (Hoppeseiler, Miquel, Léone).

II. Le mouvement favorise le développement des bactéries, au moins de certaines d'entre elles — aérobies — (Pasteur, Tumas).

III. Le mouvement retarde et empêche même la croissance des microbes (Horvatt, Reinke, Poehl, Cramer, cité par Duclaux).

On avouera que de pareilles conclusions ne sont pas faites pour entraîner la conviction et donner une idée bien nette de la question.

L'action du mouvement a été surtout étudiée à l'aide de différents moteurs de laboratoire ou bien en examinant le nombre de bactéries d'une eau

en amont et en aval d'une turbine établie sur un fleuve.

Nous avons commencé notre étude avec un appareil combiné par M. Cristiani ; malheureusement la pression et la quantité d'eau dont on dispose à l'École de Médecine étant insuffisantes pour faire marcher l'appareil jour et nuit, il nous a fallu renoncer à ce moyen.

Nous avons profité alors des Forces Motrices du Rhône et avons analysé l'eau qui entre et celle qui sort des turbines à des profondeurs différentes.

Voici quelques expériences les plus concluantes.

En prenant de l'eau à une faible profondeur, 10-20 centim., tant en amont qu'en aval de la turbine, nous avons obtenu les résultats suivants :

*Amont.*

20 plaques en 2 séries de 10 avec 200 gr. de bouillon peptone pour chaque série.

I. Série, total = 76 colonies (bouillon sans adjonction).

II. Série, total = 92 colonies (bouillon légèrement alcalinisé).

*Aval.*

I. Série, total = 98 colonies (bouillon sans adjonction).

II. Série, total = 107 colonies (bouillon légèrement alcalinisé).

En résumé il y a plus de bactéries dans l'eau en aval qu'en amont d'une turbine.

Il faut cependant remarquer plusieurs points :

a) L'eau analysée n'a pas passé par la turbine qui se trouve à 2 m. environ de profondeur.

b) L'eau en aval est à la *surface* presque une eau stagnante, étant protégée comme dans une baie par le bâtiment des Forces Motrices. En disant stagnante nous avons évidemment exagéré; nous entendons dire que cette eau a un courant moins fort que celle d'amont.

Quatre séries d'expériences faites avec de l'eau puisée dans la profondeur nous ont donné en effet des résultats différents.

Nous en relaterons deux en inscrivant les deux résultats extrêmes obtenus, qui d'ailleurs sont assez voisins l'un de l'autre. Les profondeurs ont varié de 1,50 - 2 m.

Bouillon simple gélatine-peptone, 2 séries de 10 plaques à 20 gr. par plaque; ensemencement par ballon de 200 gr.

I.	Amont	20 plaques	=	198
	Aval	»	=	170
II.	Amont	»	=	214
	Aval	»	=	119

D'après l'ensemble de ces expériences, il résulte que l'eau qui a passé à travers les tourbillons d'une puissante turbine en est sortie dépurée d'environ la sixième partie des bactéries qu'elle contenait avant d'y entrer.

La même eau prise à la surface ou du moins à une moindre profondeur contenait plus de bacté-

ries en aval qu'en amont de la turbine, mais elle en était évidemment indépendante.

Si nous voulons rechercher les causes des résultats contradictoires auxquels sont arrivés les différents auteurs, nous trouvons que ces raisons sont multiples et variées.

D'abord tous les auteurs ne se sont pas mis dans les mêmes conditions tant au point de vue de la méthode employée, que de la nature du liquide soumis au mouvement ou des espèces microbiennes étudiées.

Le fait que les eaux des fleuves se purifient en courant et que les eaux des mares se souillent de plus en plus et ne se dépouillent de leurs bactéries que lorsqu'elles sont auto-vaccinées, c'est-à-dire chargées de ptomaines, empêchant la croissance des bactéries qui les ont produites —, nous font prévoir *a priori* que le mouvement est nuisible au développement des bactéries.

Les eaux stagnantes contiennent dans la règle, toutes choses égales d'ailleurs, un nombre plus grand de bactéries que les eaux courantes, mais cela ne nous démontre encore rien, car l'on sait que les bactéries prédominantes dans les eaux stagnantes, ne sont pas les mêmes que celles que l'on rencontre de préférence dans les eaux courantes. — On pourrait tout au plus en déduire qu'il y a certaines espèces de bactéries qui aiment la tranquillité.

Mais Pasteur a depuis longtemps démontré qu'un bouillon contenant une culture de levure que l'on fait tourner autour de l'axe du ballon

donne une récolte très riche, plus riche qu'une même culture laissée au repos.

C'est que le bouillon qui tourne se sature d'air et procure à la levure une grande quantité d'oxygène qu'elle peut absorber.

On peut en déduire que l'agitation d'un liquide en présence de l'air fournit aux microbes qui s'y trouvent de l'oxygène et que ces bactéries aimant l'oxygène pourront en tirer profit.

Mais l'on sait par contre qu'il existe des bactéries qui n'aiment pas l'oxygène, pour lesquelles même ce corps est un poison très violent. — Ces bactéries devront évidemment souffrir de l'agitation en présence de l'air.

Dans des cultures mixtes d'aérobies et anaérobies dans un liquide on voit ordinairement les aérobies se porter vers la surface où elles forment un voile plus ou moins épais; ce voile de microbes — *le mycoderma* — est même un précieux moyen pour les anaérobies du fond parce qu'il les protège contre toute atteinte de la part de l'oxygène, car les aérobies en sont si avides qu'il n'en laissent passer aucune trace dans le liquide <sup>1</sup>.

Si l'on vient à agiter un vase contenant une pareille culture on y apportera un trouble général; d'un côté le voile déchiré ira flotter en lambeaux au fond du vase où les organismes qui le composent ne trouveront plus suffisamment d'oxygène et d'un autre côté les anaérobies verront leur

(1) L'on sait d'ailleurs que ces propriétés ont été même utilisées pour cultiver les anaérobies et que les résultats obtenus en sont assez satisfaisants.

craintive tranquillité mis à mal par le peu d'oxygène qui se sera dissous dans le liquide.

En un mot, théoriquement, l'on peut s'attendre que le mouvement profite indirectement aux bactéries aérobies en leur fournissant de l'oxygène ; l'agitation en présence de l'air doit être fatale aux anaérobies.

Si cela était ainsi le mouvement devrait faire augmenter le nombre des bactéries des eaux, car d'après Miquel il n'y aurait guère dans les eaux qu'environ une bactérie anaérobie sur cent aérobies (2-10 sur 800 — Vanne).

Par conséquent la perte produite par les anaérobies détruites serait compensée et amplement dépassée par l'augmentation des aérobies.

Mais le mouvement compris de cette manière ne représente qu'un côté de la question.

Pour obtenir un résultat plus net, il faudrait pouvoir séparer la question d'aération d'avec celle du mouvement.

En effet s'il devait arriver pour les bactéries en général, ce qui arrive pour la levure de Pasteur, il devrait y avoir dans les cultures soumises avec mouvement énormément plus de bactéries que dans celles laissées au repos. Or cette observation n'a pas été faite par la plupart des auteurs qui ont étudié les effets du mouvement sur les eaux, c'est-à-dire sur des cultures très complexes dans un milieu très peu fertile.

Ce fait doit nous mettre en garde et nous rendre prudents dans la déduction des conclusions qui seraient pour le moins prématurées.

En effet ne pouvons-nous peut-être pas soupçonner que le mouvement dans ce cas a été directement défavorable aux bactéries, mais que son influence mauvaise a été en partie ou en totalité compensée par l'aération de l'eau, et que même dans les cas les plus favorables l'aération a dépassé en bienfait ce que le mouvement avait produit de malfait ?

Il doit en être du mouvement ce qu'il en est d'autres facteurs capables de modifier les conditions de vie des bactéries.

En effet, ne connaissons-nous pas des bactéries vivant dans les eaux thermales que des températures à peine tempérées tuent, et d'un autre côté des bactéries vivant dans les glaces qui ne supportent pas de températures même très douces ?

Il y a de même des bactéries aimant la lumière, d'autres préférant de beaucoup l'obscurité, d'autres enfin que la lumière, surtout celle directe du soleil, tue pour ainsi dire instantanément.

Il y a des bactéries vivant dans des solutions plus ou moins acides et d'autres qui meurent dès que la réaction du milieu dépasse la neutralité absolue.

On pourrait ainsi citer une foule d'exemples des différences individuelles parmi les bactéries. Pourquoi leur refuserait-on la propriété de se comporter diversément vis-à-vis d'un facteur aussi puissant que le mouvement ?

Ne voit-on pas des différences analogues même chez des organismes supérieurs, même chez l'homme ?

Tel bourgeois habitué à la régularité d'une vie sans tempêtes risquerait fort de se trouver mal s'il était obligé de quitter son rond de cuir pour le métier de facteur de poste. Et qu'arriverait-il à cet autre qui passe d'un train éclair à un paquebot transatlantique, d'une bicyclette au dos rapé d'un chameau, que lui arriverait-il si on le forçait subitement à mener une vie sédentaire ?

Il doit donc exister des différences parmi les bactéries sur la manière de supporter le mouvement et la question ne pourra être résolue qu'en expérimentant sur des cultures pures de chaque espèce en particulier.

Tant qu'une pareille étude n'aura pas été faite, la question devra fatalement rester controversée et il ne faudra pas s'étonner de retrouver des résultats diamétralement opposés obtenus par des auteurs aussi bien dignes de foi les uns que les autres.

Jusque là on pourra énoncer les résultats obtenus en expérimentant avec les eaux de la manière suivante :

Tel mouvement, agissant de telle manière, produit sur telle eau, tel effet.

Et c'est ainsi que nous énonçons les résultats de nos expériences :

« L'eau du Rhône en passant par les turbines  
» des Forces Motrices a perdu en moyenne dans  
» une série de 4 expériences faites en hiver la  
» sixième partie des bactéries qu'elle contenait  
» avant d'y arriver. »

Notons que le mouvement se fait ici dans la profondeur, que la turbine se meut à l'abri de l'air et que par conséquent on se trouve dans des conditions différentes de l'expérience de Pasteur.

## CONCLUSIONS

De l'ensemble de nos expériences, il nous est permis de déduire quelques règles dont les bactériologistes pourraient tirer profit surtout pour les analyses quantitatives des eaux.

Pour que deux analyses soient *comparables* il faut avoir suivi pour les pratiquer la même méthode et employé des milieux dont la composition soit identique.

Ainsi les bouillons légèrement alcalinisés donnent lieu à un développement d'un plus grand nombre de germes que les mêmes bouillons neutres ensemencés dans les mêmes conditions.

Cependant l'expression — *léger degré d'alcalinité* — est une condition difficile à préciser et présente encore une latitude trop grande, et par là dangereuse.

Nous avons établi ce degré le plus favorable en chiffre représentant le poids de substance alcaline à ajouter à un bouillon de composition connue.

Ce chiffre varie avec les différentes substances alcalines ordinairement employées.

Nous l'avons précisé pour :

le carbonate de soude	0,06 %
» potasse	0,09 »
les alcalis caustiques entre	0,02 et 0,04,

en employant le bouillon de peptone dont nous avons donné plus haut la formule.

Le choix de la substance alcalinisante n'est pas indifférent et nous allons mentionner ces substances par ordre de mérite :

Carbonate de soude.  
Carbonate de potasse.  
Potasse caustique.  
Soude caustique.

Jusqu'à plus ample informé, nous préférons les carbonates aux alcalis caustiques.

Ajoutons encore comme conclusion générale à notre dernier chapitre que la modeste contribution que nous avons apportée à l'étude complexe de l'influence du mouvement sur le développement des bactéries nous amène à conclure que le mouvement d'une turbine dans le fond d'un fleuve diminue le nombre des bactéries de l'eau qui la meut et cela dans les proportions d'un sixième.

Nous avons démontré cela pour les Forces Motrices du Rhône en hiver; nous ne croyons pas que cette conclusion soit susceptible d'être généralisée.

## BIBLIOGRAPHIE

---

Pour les renseignements bibliographiques, voir, outre les principaux *Traité de bactériologie*, les *Baumgarten's Jahresberichte* et les travaux spéciaux suivants :

DUCLAUX. — De l'influence des mouvements du liquide sur la multiplication des microbes. — *Annales de l'Institut Pasteur*. 1892, n° 1, janvier.

FOL et DUNANT. — Recherches sur le nombre des germes vivants, etc. — *Mémoire de la Société de physique et d'histoire naturelle*. 1884.

HOPPE-SEYLER. — Ueber die Wirkung des Sauerstoffes auf die Gaehrung. — *Festschrift*. Strasburg, 1881.

LEONE. — *Atti della Regia accademia dei Lincei*. — Rome. 1885.

MIQUEL. — *Manuel pratique d'analyses bactériologiques des eaux*. Paris, 1891.

MIQUEL. — Divers articles. « *Annales de l'Observatoire de Montsouris*. »

POEHL. — *Wratsch*. 1886 (en russe).

REINSCH. — Zur bacteriologischen Untersuchung des Trinkwassers. *Centralblatt für Bakter. und Parasitenkunde*. 1891. X. n° 13.

ROUX, G. — *Précis d'analyse microbiologique des eaux*. Paris, 1891.

SCHMIDT, B. — Ueber der Einfluss der Bewegung, etc. — *Arch. f. Hyg.* 1891.

SCHULTZ, W.-K. — Zur Frage von der Bereitung einiger Naehrsubstrate. *Centralblatt für Bakter. und Parasitenkunde*. 1891. X. n° 2-3.

TUMAS. — *Wratsch*. 1880 (en russe).

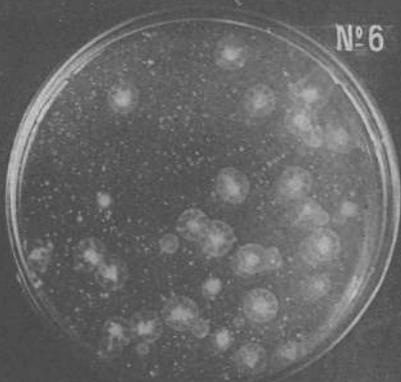
VIRON. — *Acad. des sciences*. 18 janv. 1892.

---

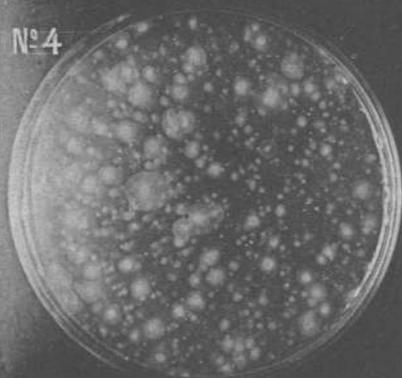
N°1



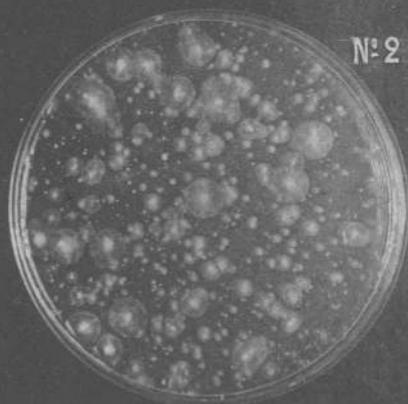
N°6



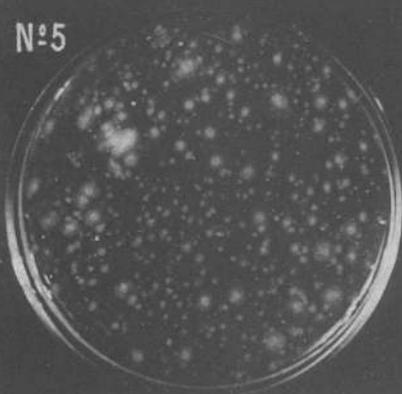
N°4



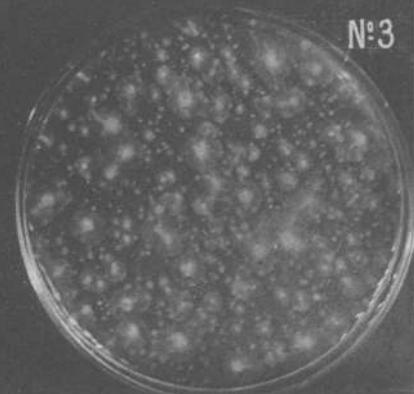
N°2



N°5



N°3





13605

11/11/11

