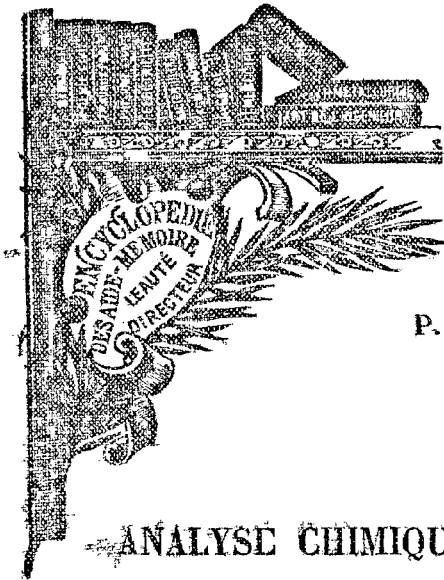


*Section de l'Ingénieur*



P. GUICHARD

ANALYSE CHIMIQUE

ET PURIFICATION

DES EAUX POTABLES

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & C<sup>ie</sup>



ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉS

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

GUICHARD — Purification des eaux potables

1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie  
scientifique des Aide-Mémoire ; L. Ister, Secrétaire  
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

**N° 274 A**

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

---

ANALYSE CHIMIQUE & PURIFICATION

DES

EAUX POTABLES

PAR

P. GUICHARD

Membre de la Société chimique de Paris  
Vice-Président de la Société de Pharmacie de Paris



PARIS

GAUTHIER-VILLARS

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)



## INTRODUCTION

---

L'eau est la boisson naturelle de tous les êtres vivants : Les animaux et les plantes s'en contentent. L'homme seul a cru devoir y ajouter les boissons fermentées et les liqueurs enivrantes pour montrer son degré de civilisation et pour prouver son plus grand développement intellectuel : En quoi il a fait erreur ; il a prouvé seulement son imprudence et ses instincts pervers.

Cet abandon de l'eau a déchaîné sur l'humanité les maux les plus divers et les plus terribles, il a produit la dégénérescence de la race humaine.

Tandis que les races animales se perfectionnent tous les jours par notre influence qui règle leur alimentation suivant de saines doctrines, nous voyons rapidement diminuer la vitalité de notre espèce, et s'arrêter son développement moral, intellectuel en même temps que physique par suite de l'oubli de ces mêmes principes que nous appliquons si bien aux animaux.

.

La statistique montre, en effet, qu'à mesure que la consommation de l'eau diminue, à mesure que la consommation de l'alcool augmente ; on voit croître les maladies, les mauvais instincts, les crimes même.

La science qui se fourvoie et s'emballe aussi facilement que l'ignorance, avait, poussée par la mode, déclaré que l'alcool était un aliment de premier ordre, aussi le crédule public s'était laissé aller à son goût pour les nouvelles boissons qui flattaient son palais blasé.

Depuis quelques années, la science reconnaissant son erreur s'est brusquement retournée, elle a compris, un peu tard, hélas ! que l'alcool n'a pas la même action que l'eau, celle-ci n'agit pas sur notre économie, l'alcool, au contraire, est un combustible d'une énergie considérable, funeste par son activité même qui détruit peu à peu notre pauvre machine humaine ; il n'est que temps de virer de bord et d'appeler l'eau au secours pour arrêter notre décadence.

Mais pour donner à l'eau des chances de succès dans cette lutte, il faut qu'elle ne soit pas elle-même dangereuse et elle l'est bien souvent, elle est dans nombre de cas la cause de beaucoup de maladies et c'est même pour combattre ces dangers quelquefois imaginaires que les médecins conseillaient d'ajouter à l'eau du vin, du cognac, du rhum. Ignorant la cause des effets



funestes de l'eau ils les combattaient par un mal plus grand encore.

Il ne fallut rien moins que la découverte des microbes par Pasteur pour remettre les choses au point, montrer l'innocuité de l'eau quand elle est pure, faire connaître les vrais coupables et renvoyer l'alcool à sa vraie place dans l'arsenal de la thérapeutique d'où il n'aurait jamais dû sortir.

Mais pour obtenir ce résultat, il faut trouver de l'eau pure ou le moyen de la purifier des impuretés qu'elle contient.

Telle est la question que nous allons examiner dans ce volume.

---



# PREMIÈRE PARTIE

---

## ÉTUDE DE L'EAU

### CHAPITRE PREMIER

---

#### IMPURETÉS DE L'EAU

Quelles sont donc ces impuretés de l'eau ? Et quel rôle jouent-elles vis-à-vis de nous ?

Tout ce que les eaux contiennent, en dehors des deux gaz oxygène et hydrogène, constitue des impuretés. Elles sont nuisibles ou non, mais ce sont des impuretés quand même.

Passons en revue les différentes matières étrangères qui peuvent se trouver dans l'eau : Elle peut contenir d'abord des matières en suspension de nature minérale ou organique, vivantes ou inertes.

Elle peut renfermer en dissolution des gaz : d'abord de l'air qu'elle enlève à l'air ambiant, les deux éléments de l'air sont dans l'eau dans des proportions différentes de celles de l'air.

Elle emprunte aussi à l'air de l'acide carbonique et, plus rarement, on y trouve encore un peu d'acide sulfhydrique, d'ammoniaque, etc., qui proviennent généralement de la décomposition des matières organiques.

Lors donc qu'on chauffe de l'eau, elle laisse dégager ses gaz, puis elle se trouble et laisse déposer des carbonates de chaux et de magnésie qui étaient maintenus en dissolution par l'acide carbonique. On peut les séparer par le filtre; si on continue l'évaporation avec précaution jusqu'à siccité, il reste un dépôt solide formé de différents sels solubles et de matières organiques dont on constate la présence en calcinant le résidu, on le voit noircir puis se décolorer, si l'eau n'est pas ferrugineuse.

Ces matières organiques sont des produits de décomposition provenant des êtres vivants animaux ou plantes que l'eau a rencontrés sur sa route.

Outre ces matières organiques mortes, on trouve dans les eaux des êtres vivants. D'après M. Gérardin, ces matières vivantes peuvent donner des indications sur la qualité de l'eau.

En général, la présence de plantes vertes à chlorophylle indique une bonne eau, à mesure que les plantes vertes diminuent et sont remplacées par des algues incolores, la qualité des eaux diminue aussi.

Cependant leur grande abondance peut devenir nuisible. M. Dehérain signale notamment la lentille d'eau qui forme à la surface des mares un voile vert tellement épais qu'il ne permet pas à la lumière de pénétrer dans les parties profondes, de sorte que les plantes situées au-dessous, ne recevant plus de lumière, ne décomposent plus l'acide carbonique et meurent de même que les animaux.

La présence d'animaux dans une eau n'est pas une indication de mauvaise qualité, au contraire, les animaux ne peuvent vivre que dans une eau bien aérée, riche en oxygène, mais ils ne contribuent pas à l'amélioration ; les infusoires qui ont besoin pour vivre, de matières organiques, indiquent une eau mauvaise.

Si donc on examine une eau au microscope, on y constatera la présence d'animaux inférieurs et de plantes diverses variables suivant la nature de l'eau et sa qualité, mais les indications ainsi obtenues sont encore incomplètes, c'est cependant tout ce qu'on savait, il y a quelques années, c'est-à-dire avant les travaux de Pasteur.

Avec un grossissement très fort, on reconnaît que les eaux contiennent d'autres êtres vivants infiniment plus petits, difficiles à observer par les procédés ordinaires. Ce sont les *microbes* entre-

vus par Leuwenhœck, mieux étudiés par Ehrenberg, Dujardin et Pasteur.

Ces microbes sont incolores en cellules isolées, transparents, aussi sont-ils à peine visibles ; pour les bien observer, on est obligé de les colorer ou de les cultiver afin de les avoir en grandes masses.

Nous pouvons donc diviser les impuretés des eaux en plusieurs groupes :

1° Les impuretés mécaniques : matières en suspension.

2° Les impuretés chimiques : matières en dissolution.

3° Les impuretés biologiques : Êtres vivants microscopiques.

4° Les impuretés microbiologiques : microbes.

A côté des microbes, il convient de signaler les produits élaborés pendant leur vie, les *toxines* qui sont, du reste, des produits chimiques solubles.

---

## CHAPITRE II

---

### CARACTÈRES DES EAUX POTABLES

L'analyse d'une eau se bornait, il y a peu d'années, à l'analyse chimique et même souvent à l'analyse dite hydrotimétrique; mais actuellement c'est à l'analyse bactériologique que l'on donne le plus d'importance au point de vue de l'hygiène.

Pour cette dernière analyse, nous renverrons aux volumes de cette Encyclopédie (*Technique bactériologique*, par Würtz; *Analyse biologique des eaux potables*, par le Dr Gasser).

Cependant l'analyse chimique de l'eau n'est pas inutile, elle complète et précise quelquefois les renseignements fournis par la bactériologie, le simple dosage hydrotimétrique lui-même peut rendre des services dans certaines circonstances, par exemple, pour suivre les variations des sels calcaires dans une eau.

L'analyse chimique indique en bloc la quantité de matières organiques contenues dans une

eau, elle n'en indique pas la nature mais elle permet, à la condition d'opérer toujours de la même manière, de suivre facilement et rapidement les variations de quantité de ces matières. En indiquant en même temps la présence et la quantité de phosphates, de nitrates, d'azotites, elle permet dans bien des cas de se prononcer immédiatement sur la valeur d'une eau.

Il ne faut rien exagérer :

Le coli-bacille qui, depuis quelque temps, était regardé comme nocif et même très nocif, est un peu discuté par divers auteurs qui ont signalé un grand nombre de bacilles ayant les mêmes propriétés que le coli mais n'ayant aucune importance ; de sorte que bien souvent la présence de bacilles analogues au coli ne devrait pas faire rejeter une eau ; d'où la conclusion, toujours la même, que ce n'est pas trop des lumières apportées par les deux modes d'analyse pour assurer la marche de l'hygiéniste sur ce terrain, mais aussi la conclusion que, dans le doute, il vaut mieux être trop sévère que trop facile.

Pour apprécier la qualité des eaux, on se sert de chiffres conventionnels qui permettent de les classer d'après leur composition chimique ou bactériologique. Ces limites sont malheureusement variables, aussi bien en bactériologie qu'en chimie, et il faut avoir soin (en attendant



l'unification des nombres) d'indiquer à quelles limites on se rapporte pour se prononcer sur la valeur d'une eau.

Rappelons seulement les limites admises pour 1 centimètre cube par les bactériologistes.

Ces limites très variables, comme on le voit par le tableau I ne s'appliquent qu'aux microbes inoffensifs. Un seul microbe pathogène suffit pour classer une eau comme mauvaise.

Il y a aussi des limites, tout aussi variables, du reste, pour les éléments chimiques (tableau II et III).

TABLEAU I

Désignation	en France		En Suisse Roger-Chavanne
	Miquel	Macé	
Eau excessivement pure	0 à 10	//	//
// très pure . . . .	10 à 100	0 à 20	15
// pure ( <i>bonne</i> ). . . .	100 à 1 000	100 à 200	50
// médiocre . . . .	1 000-10 000	200-500	80
// impure ( <i>mauvaise</i> ).	10 000 et au delà	500 à 1 000	plus de 80
// très mauvaise . . .	//	1 000-10 000	//

TABLEAU II. — LIMITES DE POTABILITÉ

Désignation	Laboratoire municipal de Paris		
	Eau pure	Eau potable	Eau mauvaise
Degré hydrotim. total . . . . .	15 à 20	— 30	+ 100
"  après ébullition . . . . .	5 à 12	12 à 18	+ 20
Résidu fixe d'évaporation . . . . .		+ 500	
"  de calcination . . . . .			
Chlorures en NaCl . . . . .	30 à 70	80 à 160	+ 160
"  en Cl . . . . .			
Acide sulfurique en anhydride . . . . .	8 à 50	50 à 85	+ 85
"  en $SO^4Ca$ . . . . .			
Azotite . . . . .			
Azotate en $AzO^3K$ . . . . .		— 1	+ 1
"  en anhydride . . . . .			
Ammoniaque totale . . . . .			
"  saline . . . . .			
"  albuminoïde . . . . .			
Matières organiques en acide oxalique . . . . .			
"  en O . . . . .	1 à 2	3 à 4	+ 4
Phosphates en anhydride . . . . .		traces	
Sulfures . . . . .		traces	
Sulfate de potasse . . . . .			
Alcalinité en $CO^2Ca$ . . . . .		— 250	
Magnésie . . . . .		+ 30	
Chaux totale . . . . .		+ 200	
Silice . . . . .			
Oxyde de fer . . . . .			
		cent.eub.	
Acide carbonique libre . . . . .	15 à 20		
Air dissous . . . . .		32	
Oxygène . . . . .		3	
Température moyenne . . . . .		9° à 11°	
Rapport de O à Az. . . . .			
Oxydabilité en permanganate de potasse.			

EN MILLIGRAMMES PAR LITRE

Conseil d'hygiène				Formulaire des hôpitaux militaires (Eau potable)	Congrès de pharmacie de Bruxelles 1885 (Eau potable)
Eau très pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau mauvaise		
5 à 15	15 à 30	+ 30	+ 100		
2 à 5	5 à 12	12 à 18	+ 20		— 500
— 27	— 66	— 165	+ 165		
— 15	— 40	— 100	+ 100		— 8
(sauf au bord de la mer)					
2 à 5	5 à 30	+ 30	+ 50		— 60
3 à 8	8 à 51	+ 51	+ 85		0
					— 2
				0,5	— 0,5
				23 au plus	— 0,15
— 1	— 2	3 à 4	+ 4	— 3	— 20
				0	
				0	0
				0	
					— 200
					— 30
					— 3
				centim. cubes	
				25 à 30	pl. riche en O
				par litre	que l'air

TABLEAU III

LIMITES DE POTABILITÉ EN MILLIG. PAR LITRES (*suite*)

Désignation	M. Vivier Stations agronomiques Eau potable	Allemagne Tiemann et Gärtner Eau potable	Suisse, D'après le Département fédéral de l'Intérieur (a) Eau potable
Degré hydrotim total . . . . .	30 au plus		
" après ébullition . . . . .	10 à 20 au plus		
Résidu fixe d'évaporation . . . . .	500 à 800	500	500
" de calcination . . . . .			450
Chlorures en NaCl . . . . .	50		
" en Cl . . . . .		20 à 30	20
Acide sulfurique en anhydride . . . . .		80 à 100	(3)
" en SO <sup>4</sup> Ca . . . . .			
Azotites . . . . .	0,02 au plus	0 (1)	0
Azotates en AzO <sup>3</sup> K . . . . .	0,03 "		
" en anhydride . . . . .		5 à 15	20
Ammoniaque totale . . . . .	0,5 à 1	0 (1)	0,02 (2)
" saline . . . . .			
" albuminoïde . . . . .	0,2	0,20	0,05
Matières organiques en acide oxalique . . . . .	20,5 au plus		30
Matières organiques en O . . . . .	2 au plus		
Phosphates en anhydride . . . . .	0		
Sulfures . . . . .	0		
Sulfate de potasse . . . . .	0		
Alcalinité en ClO <sup>3</sup> Ca . . . . .			
Magnésio . . . . .		180 à 200	(3)
Chaux totale . . . . .			
Silice . . . . .			
Oxyde de fer . . . . .			
Acide carbonique libre . . . . .			
Air dissous . . . . .	2,5cc à 3,0cc		
Oxygène . . . . .	6cc à 8 ou 8cc,5 à 11,5 par litre		
Température moyenne . . . . .			
Rapport de O à Az . . . . .	1/2 Eau pure 1/3 à 1/5 Eau potable		
Oxydabilité en permanganate de potasse . . . . .		8 à 10	6

(1) Ou traces à peine perceptibles.  
(2) Par dosage direct = 0.  
(3) Subordonnée aux circonstances géologiques.  
(a) Communication de M. F. Coone, chimiste cantonal de Neufchâtel.

## CHAPITRE III

---

### DÉFINITION DE L'EAU POTABLE

Une eau potable doit être fraîche, limpide, transparente, incolore. Elle ne doit pas contenir de matières en suspension, elle doit être inodore et ne pas acquérir d'odeur, même après un assez long temps. Elle ne doit pas dégager de produits odorants à la température de 50°.

Elle doit être aérée, l'air dissous doit contenir plus d'oxygène que l'air atmosphérique. Elle doit renfermer un peu d'acide carbonique, cuire les légumes et être propre au savonnage.

On ne doit pas y trouver de saprophytes, ni de leptothrix, ni de leptomites, ni d'hypheatrix et autres algues blanches, ni infusoires, ni bactéries, ni matières en décomposition. Cultivée avec la gélatine, elle ne doit pas donner de nombreuses bactéries liquéfiant la gélatine en moins de huit jours.

C'est l'examen et l'analyse qui montrent si une eau remplit ces conditions.

L'eau n'est pas incolore ; au moins sous une certaine épaisseur, on reconnaît qu'elle est colorée, cette coloration varie suivant la pureté du liquide ; d'après M. Gérardin, les eaux pures sont bleues, transparentes, elles ne réfléchissent pas les images comme un miroir, et se conservent sans altération. Si on trouble une eau bleue par des matières en suspension, elle reste trouble et les matières en suspension sont animées du mouvement brownien ; elle contient toujours 7 centimètres cubes à 8 centimètres cubes d'oxygène par litre.

En devenant stagnante, elle perd sa couleur bleue et devient verte, elle n'est plus transparente, elle réfléchit les images, est souvent odorante et d'une saveur désagréable. Cependant les animaux la boivent avec plaisir, elle se putréfie au bout de quelques jours, elle laisse déposer ses matières en suspension qui sont inertes et privées du mouvement brownien. Cette coloration verte est due à des algues du genre *chroococcus*.

Une eau verte ne peut jamais devenir bleue, elles n'ont ni la même faune, ni la même flore. La Seine est verte bien avant d'entrer à Paris, jamais elle ne redeviendra bleue quand même on cesserait d'y jeter les eaux d'égout, mais elle pourra devenir potable à la condition de ne pas la conserver.

## DEUXIÈME PARTIE

---

### ANALYSE DE L'EAU

#### CHAPITRE PREMIER

---

##### ANALYSE MICROGRAPHIQUE

L'eau doit être analysée à plusieurs points de vue. Nous ne nous occuperons ici que de l'analyse micrographique et de l'analyse chimique.

**Analyse micrographique.** — L'eau contient des éléments en suspension que le microscope seul permet de reconnaître. On y trouve des matières minérales et des matières organiques.

Parmi les premières, on remarque de l'argile en particules très fines formant quelquefois des petites masses d'aspects très variés. Ces aspects sont dus à la composition de l'eau et surtout à la quantité de matières salines qu'elle contient. On sait, en effet, que l'argile ne se dépose pas dans l'eau pauvre en sels. On y trouve également des paillettes de quartz fortement réfringentes. L'oxyde de fer est en petites masses noirâtres.

Le règne végétal est représenté par des élé-

ments organiques inertes et des êtres vivants ; parmi les premiers, il faut signaler les fibres ligneuses, des grains de pollen, d'amidon, de chlorophylle dans des débris de cellules végétales, puis des algues ; on y trouve également des débris d'aliments non digérés dont la forme est encore reconnaissable (fibres musculaires, fibres végétales) ; ces débris sont l'indice de pollutions par les matières fécales. On trouve aussi des fibres textiles (lin, chanvre, coton, laine, soie, poils) reconnaissables à leur forme particulière. Les eaux polluées par des matières fécales contiennent fréquemment des œufs de vers intestinaux. On conçoit que ces eaux sont impropres à la boisson, car ces œufs introduits dans l'intestin se développent et donnent des hôtes nuisibles à la santé.

D'autres animaux encore s'agitent dans les eaux polluées. Plusieurs rhizopodes, sous forme de petites masses protoplasmiques, portent tout autour de leur corps des prolongements ressemblant à des pattes : l'*amœba princeps*, l'*arcella vulgaris*, le *diffugia oblonga*, l'*artinophrys Tichornii*.

On y trouve aussi plusieurs espèces d'infusoires qui se divisent en trois groupes principaux :

1° les *Flagellés* ; 2° les *Acinités* ; 3° les *Ciliés* : les *Holotrichés*, les *Hétérotrichés* et les *Péritrichés*.



Les *Rotifères* sont en forme de fuseaux, on peut distinguer une tête, un tronc et une queue, ils portent des cils sur la tête, ils ont un appareil masticateur, la queue porte des appendices préhenseurs, le plus commun est le *rotifer vulgaris*. Les *Arthropodes* ont le corps annelé, formé de plusieurs anneaux : le *macrobiotus ursellus*, les *hydrachnes*, le *cyclops quadricornis*.

Le monde végétal est abondamment représenté, la Flore des eaux contient surtout des algues munies de chlorophylle qui leur sert à décomposer l'acide carbonique sous l'influence de la lumière. Elles sont quelquefois en si grande abondance qu'elles meurent et déterminent la putréfaction de l'eau. D'autres sont colorées de diverses couleurs. Les plus simples sont formées de quelques cellules groupées.

D'autres formes sont plus compliquées, ramifiées et pourvues de chlorophylle.

On trouve aussi dans l'eau des moisissures dont la nature peut être reconnue en les cultivant dans des liquides nourriciers, elles donnent ainsi des spores qui permettent de les reconnaître. On trouve surtout les genres les plus communs, les *mucors*, les *aspergillus*, les *penicilium*.

On rencontre aussi des levures plus faciles à reconnaître dans les cultures, particulièrement le *saccharomyces cerevisiæ* qui peut indiquer une pollution par les eaux des brasseries ou des distilleries.

## CHAPITRE II

—

### ANALYSE CHIMIQUE QUALITATIVE

L'origine des impuretés chimiques de l'eau est d'abord dans les terrains qu'elle traverse et sur les éléments desquels elle exerce son action dissolvante grâce au concours de l'acide carbonique qu'elle dissout dans l'air, elle se charge ainsi de nombreux sels et de matières organiques.

Quand elle sort de terre, elle reçoit encore les eaux de ruissellement qui lavent le sol et lui apportent les parties solubles ou insolubles qu'elles ont ramassées sur leur passage et qui proviennent des résidus laissés par l'homme et les animaux et par les plantes.

Toutes les eaux contiennent des matières organiques en plus ou moins grande quantité, surtout quand elles ont circulé un peu à l'air libre.

**Recherche de la chaux et de la magnésie.** — La présence de la chaux peut se déceler par un grand nombre de réactifs ; l'oxalate d'ammoniaque en présence de l'acide acé-

tique donne un précipité d'oxalate de chaux. L'eau de chaux donnera un précipité s'il y a de la chaux à l'état de bicarbonate, de même l'ébullition fera également précipiter le carbonate de chaux ainsi que celui de magnésie. Après filtration de l'eau bouillie, l'oxalate d'ammoniaque acidulé par l'acide acétique donnera encore un précipité d'oxalate de chaux s'il y a de la chaux à l'état de sulfate ou de chlorure. L'eau de savon donne aussi un précipité de savon calcaire ou magnésien. Les bicarbonates sont décelés encore par la teinture de bois de Campêche qui colore l'eau en rouge, elle reste jaune si l'eau ne contient pas de bicarbonate.

Le microscope peut aussi être utilisé pour cette recherche. On prend quelques gouttes d'eau qu'on évapore à siccité sur le porte-objet avec un petit grain d'acétate de calcium, on recouvre le résidu sec d'une couche de gélatine, on laisse refroidir et on ajoute sur la gelée une goutte d'acide chlorhydrique, des bulles d'acide carbonique décelent la présence des carbonates.

La magnésie se reconnaît en ajoutant du phosphate de soude ammoniacal, il se forme du phosphate ammoniaco-magnésien par agitation. Il faut aussi quelquefois évaporer le liquide et chercher la magnésie dans le liquide concentré. Au microscope, on reconnaît facilement les cris-

taux de phosphate ammoniac-magnésien à leur forme rhombique ou en X.

**Recherche des chlorures.** — Le nitrate d'argent donne un précipité cailleboté de chlorure d'argent soluble dans l'ammoniaque, insoluble dans l'acide nitrique, et devenant violet à la lumière. En évaporant la solution ammoniacale, on a des cubes ou des octaèdres. Au microscope, le nitrate de thallium donne des cubes fortement réfringents de chlorure thalleux.

Le chlorure de sodium est très abondant dans les puits situés au bord de la mer.

**Recherche des sulfates.** — Les sulfates se reconnaissent par le nitrate de baryte acidulé par l'acide nitrique, mais souvent, il faut évaporer l'eau pour la concentrer. Dans l'eau concentrée, le microscope permet de reconnaître facilement le sulfate de chaux qui cristallise en aiguilles courtes réunies en faisceaux ou en lames rhombiques maclées.

**Recherche du potassium.** — Dans l'eau concentrée, le chlorure de platine donne un précipité de chloroplatinate qui, par évaporation lente se dépose en octaèdres ou en tables hexagonales.

**Recherche du sodium.** — On concentre le résidu presque à siccité, on ajoute de l'acétate d'uranyle, il se fait aux bords de la goutte surtout des cristaux tétraédriques jaune clair d'acétate

double d'uranyle et de sodium, si on ajoute un peu d'acétate de magnésium, on a un acétate triple, il faut éviter un excès de chlorure de platine.

Le fluosilicate d'ammonium donne au microscope des rosettes hexagonales.

**Recherche des phosphates.** — S'il y en a une quantité appréciable, le sulfate de magnésie et le chorhydrate d'ammoniaque ammoniacal donnent le phosphate ammoniaco-magnésien.

En concentrant sans faire bouillir, et ajoutant une goutte d'acide azotique et un petit grain de molybdate d'ammonium, on a sur les bords de la goutte des grains sphériques de phosphomolybdate très reconnaissables au microscope.

Avec le ferrocyanure de potassium, on pourra, sur la même goutte, reconnaître le fer.

**Recherche de l'ammoniaque.** — Quelques gouttes du liquide précédent sont entourées d'un fil de verre, on ajoute un excès de soude et on couvre d'un couvre-objet mouillé d'acide chlorhydrique, on chauffe doucement, une vapeur blanche se forme, on laisse refroidir un instant, on enlève la lamelle, on mélange l'acide chlorhydrique et la vapeur formée et on ajoute une trace de chlorure de platine; on a des octaèdres jaunes.

La liqueur de Nessler peut aussi être utilisée.

Le réactif de Nessler se prépare en dissolvant 50 grammes d'iodure de potassium dans 50

centimètres cubes d'eau distillée bouillante. On ajoute une solution bouillante concentrée de bichlorure de mercure jusqu'à précipité permanent, on filtre et on mélange avec 150 grammes de potasse caustique dissoute dans 300 centimètres cubes d'eau, on ajoute encore quelques centimètres cubes de bichlorure, on laisse refroidir et on complète le volume d'un litre. On conserve dans des flacons bien bouchés.

**Recherche des azotates et azotites.** — On additionne l'eau d'acide sulfurique, d'iodure de potassium et d'amidon, on a une coloration bleue s'il y a des azotites. S'il n'y a rien, on plonge une lame de zinc qui réduit les azotates et la coloration bleue apparaît.

Si on ajoute dans l'eau quatre centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et, après refroidissement, quelques gouttes d'une solution sulfurique de carvacrol, on a une coloration verte très sensible avec laquelle on peut procéder à un titrage colorimétrique. On peut se servir également du réactif suivant :

On mélange 1 gramme d'acide sulfanilique, 1 gramme d' $\alpha$ -naphtylamine et 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique; on fait bouillir avec du noir animal, on filtre et on fait 500 centimètres cubes. On ajoute 10 centimètres cubes de ce réactif dans 50 centimètres cubes d'eau, on a une coloration rose avec les azotites

et, en réduisant les azotates par le zinc, on a la même coloration pour les azotates.

**Matières organiques.** — On reconnaît les matières organiques par leur action sur le permanganate de potasse en solution alcaline qui est réduit à l'ébullition.

L'eau évaporée à siccité et chauffée, brunit, puis redevient blanche si elle ne contient pas de fer.

**Infiltrations de fosses d'aisance.** — E. Baudrimont opérait de la façon suivante : il s'assurait que l'eau ne contenait ni sulfure ni acide sulfhydrique. Il l'évaporait et le résidu calciné devenait noir et dégageait une odeur repoussante.

50 centimètres cubes d'eau sont agités en deux fois avec la moitié de leur volume d'éther.

L'éther évaporé à une basse température donne un résidu dont l'odeur ne laisse aucun doute sur la nature de l'infection.

M. Balland a pu constater la présence de l'urée par l'action de l'hypobromite de soude qui dégage de l'azote. Pélignot a même pu isoler l'urée dans l'eau de la Seine. M. Gautrelet a examiné le dépôt formé dans une eau suspectée, ce dépôt était formé de cellules sphériques sans divisions intérieures, à parois minces, colorées en jaune brun. L'enveloppe extérieure plissée formait 4 triangles courbes dont le sommet portait une ouverture ponctuée avec un bourrelet circulaire. Le

diamètre était de  $\frac{1}{200}$  de millimètre. Elles étaient azotées et l'eau ne contenait pas d'oxygène. Il a désigné les cellules sous le nom de *stercogona tetrastoma*.

L'acide paradiazobenzène sulfonique en solution au  $\frac{1}{100}$  se combine avec les matières organiques de la putréfaction animale et se colore en jaune au bout de cinq minutes, on peut déceler ainsi un cinq millième d'urine. Cette réaction est attribuée au phénol (Griess).

#### ANALYSE CHIMIQUE QUANTITATIVE

**Prise d'échantillon.** — Comme la quantité des éléments contenue dans l'eau est généralement faible, leur dosage est une opération toujours délicate, étant donnée surtout cette condition souvent nécessaire : aller vite ; aussi les chimistes se sont efforcés de donner des méthodes de dosages rapides en même temps qu'exactes.

L'échantillon d'eau destiné à l'analyse doit être prélevé avec beaucoup de précautions.

Suivant les conditions dans lesquelles se trouve le réservoir où il faut puiser, on modifiera le mode opératoire. L'eau ne doit pas être agitée au moment de la prise d'échantillon qui ne doit être faite ni à la surface, ni au fond ni sur les



bords, mais au milieu de la masse liquide de façon à ne pas prendre les matières en suspension non normales. Quand l'eau arrive par une conduite ou un tuyau, il faut laisser couler au moins 10 minutes avant de prendre l'échantillon, afin d'éliminer l'eau qui a séjourné dans la canalisation. Pour l'eau d'un puits, il faudra prendre l'eau de même au milieu de la masse, mais il sera utile d'examiner l'état de la maçonnerie du puits, afin de voir s'il n'y a pas d'infiltration possible, de même pour les conduits et aqueducs qui amènent l'eau de loin.

Pour prélever l'échantillon à une certaine profondeur, on se sert d'un ballon qui porte une garniture en laiton traversée par deux tubes à robinets plongeant bien jusqu'au fond du ballon, l'autre à l'entrée. Après avoir bien lavé le ballon, on le plonge dans l'eau à la profondeur voulue, puis on ouvre les robinets, l'eau pénètre dans l'intérieur du ballon. Quand il est plein, on ferme les robinets en tirant les cordes et on remonte le ballon.

Il faut environ trois à cinq litres d'eau pour faire l'analyse. On commence d'abord par déterminer les données physiques de l'eau.

La température se détermine sur les lieux au moyen d'un thermomètre de précision ; on note l'aspect, l'odeur, la saveur de l'eau et son action sur les réactifs colorés. Il faut examiner aussi les

alentours de la prise d'eau pour voir si les précautions nécessaires ont été prises pour éviter les pollutions accidentelles.

Dans les campagnes, il faut examiner l'état et la situation des fosses d'aisances, des fosses à fumier, à purin.

Il faut examiner aussi la nature du sol : la présence de marais, de tourbières, peut influencer notablement la quantité des matières organiques. La nature géologique du sol peut donner des indications sur la composition chimique. Il faut examiner le voisinage du cours d'eau, la nature des eaux de ruissellement qu'il reçoit. L'état météorologique au moment du prélèvement de l'échantillon et dans les jours qui ont précédé, peut influencer aussi sa composition. Il est utile de faire plusieurs analyses à des époques différentes, autrement il faut, s'il se peut, choisir une période moyenne et, dans tous les cas, noter toutes les circonstances utiles à connaître.

La coloration et le poids spécifique n'ont généralement qu'une importance secondaire.

Pour apprécier l'odeur de l'eau, il est bon de la chauffer jusqu'à 50 ou 60°, afin de rendre l'odeur plus sensible, on peut ajouter un peu de sulfate de cuivre dans un essai, pour voir si l'odeur est due à l'hydrogène sulfuré.

La saveur doit être déterminée à 15 ou 20°.

On procède alors à l'analyse chimique proprement dite.

**Matières en suspension.** — Suivant le trouble de l'eau, on opérera sur une quantité plus ou moins grande, environ un litre ou deux.

On laisse déposer les matières en suspension dans un endroit frais. Puis on verse sans agiter sur un filtre à analyses, séché à 100 ou 110° et pesé. On fait ensuite tomber le dépôt sur le filtre, on lave le vase avec un peu d'eau pour entraîner toutes les matières déposées, on sèche et on pèse.

On incinère le dépôt avec le filtre dont le rendement en cendres est connu, jusqu'à ce qu'il soit blanc. On pèse de nouveau et en tenant compte des cendres du filtre, on détermine la perte de poids qui est formée par les matières organiques, et les sels en partie décomposés.

On ne doit chauffer que jusqu'au rouge sombre pour ne pas volatiliser les chlorures et on ajoute un peu de carbonate d'ammoniaque pour régénérer le carbonate de chaux décomposé, ou mieux un peu d'une solution d'acide carbonique, on peut également ajouter un peu de carbonate de soude pour retenir le chlore dans le cas d'eaux riches en chlorures. On note le chiffre : *pertes par calcination*.

Quand il y a une grande quantité de matières organiques, il est quelquefois difficile d'arriver à

une cendre blanche ; il faut aussi tenir compte de la présence fréquente du fer.

On passe ensuite à l'analyse de l'eau.

**Résidu sec.** — On évapore doucement l'eau 100 centimètres cubes dans une capsule de platine à fond plat de 8 centimètres à la partie supérieure et 6 à la base avec 45 millimètres de hauteur, quand l'évaporation est terminée, on chauffe à l'étuve à 180° et on pèse. Il est préférable de ne pas prendre une quantité trop forte qui peut donner lieu à des décompositions.

On calcine comme précédemment au rouge sombre et on note le *résidu sec* et la *perte par calcination*.

**Chlore.** *Dosage par pesées.* — On acidule 200 centimètres cubes d'eau avec un peu d'acide azotique pur, on chauffe et on ajoute une solution d'azotate d'argent en agitant fortement pour réunir le précipité, on jette sur un filtre taré, on lave à l'eau distillée, on sèche et on pèse. On peut également recueillir le précipité sec sur une feuille de papier glacé, incinérer le filtre dans un creuset de porcelaine, reprendre la cendre par quelques gouttes d'acide azotique et d'acide chlorhydrique ; on évapore au bain-marie, on ajoute le précipité, on chauffe jusqu'à commencement de fusion et on pèse après refroidissement dans l'exsiccateur, on calcule le chlore en multipliant le poids trouvé par 0,2474.

*Procédé de Mohr.* — On prend 50 centimètres cubes d'eau qu'on introduit dans un verre à précipité, on ajoute quelques gouttes d'une solution neutre de chromate de potasse et on verse une solution de nitrate d'argent décime (17 pour 1000) jusqu'à ce que la teinte vire au rouge d'une façon permanente, on répète la même expérience plusieurs fois jusqu'au résultat constant.

1 centimètre cube de la solution décime vaut 0,00355 de chlore ou 0,00585 de NaCl.

**Dosage de l'acide sulfurique.** — On opère sur 200 centimètres cubes ou 500 centimètres cubes d'eau suivant le résultat de l'analyse qualitative.

*Procédé par pesées.* — On acidifie avec un peu d'acide chlorhydrique et on évapore à un petit volume, on ajoute à l'ébullition un léger excès de nitrate de baryte. On laisse bouillir un instant et on filtre sur un papier à analyses en lavant par décantation le précipité qu'on réunit ensuite sur le filtre, on lave, on sèche et on incinère, on ajoute ensuite une goutte d'acide sulfurique pour sulfater le sulfure formé; on laisse refroidir dans l'exsiccateur, on pèse.

*Procédé volumétrique de Wildenstein.* — On fait bouillir l'eau pendant une demi-heure en ajoutant de l'eau distillée pour compenser l'évaporation, on filtre pour séparer les

carbonates de chaux et de magnésie, on ajoute toujours à l'ébullition un excès de solution de chlorure de baryum (10 ou 20 centimètres cubes), puis la solution chromatée en essayant de temps en temps dans des petits tubes à essais jusqu'à ce que le liquide reste jaune. On remet chaque fois dans le ballon le liquide de l'essai. Quand l'opération est terminée, on fait 150 centimètres cubes, on filtre 100 centimètres cubes et, dans un autre vase, 100 centimètres cubes d'eau distillée, on verse du chromate dans ce dernier jusqu'à ce que la teinte soit la même dans les deux, on multiplie le chiffre par  $\frac{3}{2}$  et on le retranche du chiffre primitif. On a la quantité de chromate qui a saturé le chlorure de baryum versé en trop.

Solutions titrées :

Chlorure de baryum	12,185	} 1 centim. cube de solution décime
Eau distillée . . . . .	1 000	

correspond à 4 milligrammes d'acide sulfurique anhydre.

Bichromate de potassium purifié . . . . .	7,370
Eau distillée . . . . .	100
Ammoniaque pure jusqu'à coloration jaune	
Eau distillée, pour faire . . . . .	1 000

Calculs :

Eau employée. . . . .	100
Sol. barytique . . . . .	20
" chromatée . . . . .	17,6
Excès de chrome $0,3 \times \frac{3}{2} =$ . . . . .	0,45
Différence . . . . .	17,15
Solution barytique réelle. . . . .	2,85
Acide sulfurique anhydre $2,85 \times 4 =$	11,40

*Procédé du laboratoire municipal.* — On prend 50 centimètres cubes de solution normale de chlorure de baryum, on étend à 1 litre et de même 50 centimètres cubes de solution de bichromate de potasse neutralisée par l'ammoniaque qu'on étend aussi à un litre.

Dans une série de tubes jaugés, on introduit de  $0^{\text{cc}}$ , 1 à 1 centimètre cube de solution de chromate divisée par dixièmes, on complète le volume de 50 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on conserve à l'abri de l'air.

On prend 50 centimètres cubes d'eau, on ajoute 10 à 20 centimètres cubes de chlorure de baryum, on fait bouillir cinq minutes, on ajoute du chromate jusqu'à coloration jaune, on refroidit à l'eau froide et on compare la coloration avec celles des tubes-types, le tube de même teinte indique le chromate ajouté en trop.

La différence est calculée en sulfate de chaux anhydre, 1 centimètre cube de chlorure de baryum vaut  $0^{\text{gr}}$ , 068 de sulfate par litre.

*Procédé Marboutin.* — On précipite l'acide sulfurique par le chlorure de baryum et l'excès de baryte par le chromate de potasse, l'acide arsénieux et l'iode. On fait la même opération sur une eau ne contenant pas de sulfate pour corriger le résultat.

On prend 100 centimètres cubes d'eau, on acidule par l'acide chlorhydrique et on fait bouillir.

On verse goutte à goutte 30 centimètres cubes de chlorure de baryum, on laisse reposer douze heures dans un bain chaud.

On neutralise avec l'ammoniaque à 22°, on ajoute 30 centimètres cubes de chromate de potasse, on chauffe et, après refroidissement, on fait 300 centimètres cubes. On décante 100 centimètres cubes de liquide clair, on ajoute 2 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/4 et 5 centimètres cubes de liqueur arsénieuse, on chauffe légèrement jusqu'à décoloration.

On neutralise par le carbonate de potasse et on verse avec la burette une solution d'iodure de potassium et d'amidon.

Si  $t$  est la valeur de 1 centimètre cube de liqueur en milligrammes d'iode;  $n$ , le nombre de centimètres cubes d'iode exigé par l'eau distillée (100 centimètres cubes);  $n'$ , le nombre de centimètres cubes d'iode exigé par l'eau à analyser (100 centimètres cubes);

Le nombre  $x$  de milligr. d'acide sulfurique contenu dans l'eau est donné par l'équation

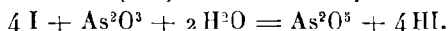
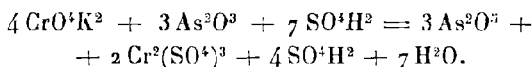
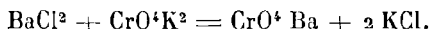
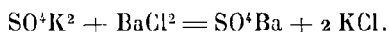
$$x = 10 (n - n') 3 t \cdot \frac{4 \times 80}{3 \times 4 \times 127}$$

Si la liqueur d'iode est exactement  $\frac{N}{50}$  ou si 1 centimètre cube = 2<sup>ms</sup>,54 d'iode, la formule se réduit à  $x = 16 (n - n')$ .

Ce procédé est très exact et très rapide.



Les équations suivantes montrent les réactions :



Les liqueurs titrées employées sont les suivantes :

1° Solution de chlorure de baryum  $\frac{\text{N}}{50}$ , environ 4<sup>gr</sup>,8 de chlorure de baryum par litre.

2° Solution de chromate de potasse  $\frac{\text{N}}{50}$ , 3<sup>cc</sup>,9 de chromate cristallisé par litre.

3° Solution arsénieuse : Peser 4<sup>gr</sup>,95 d'acide arsénieux, faire dissoudre dans une solution de 10 grammes de potasse caustique, chauffer légèrement, et après refroidissement aciduler par l'acide sulfurique et faire 1 litre. Cette liqueur sert à titrer la solution d'iode, sans cela, il ne serait pas nécessaire qu'elle soit exactement titrée.

4° Solution d'iode  $\frac{\text{N}}{50}$ , 2<sup>gr</sup>,54 d'iode, 5 grammes d'iodure de potassium exempt d'iode pour faire 1 litre. On titre comme pour l'ozone.

5° Solution d'amidon : Triturer 1 gramme d'amidon avec 2<sup>cc</sup>,3 d'eau, ajouter 100 centimètres cubes d'eau contenant 30 grammes de sel

marin, faire bouillir, filtrer, ajouter quelques gouttes d'aldéhyde méthylique à 40 % pour la conservation.

6° Solution d'acide sulfurique : 25 centimètres cubes d'acide sulfurique pur pour 100 centimètres cubes d'eau.

7° Solution de carbonate de potasse saturant à volume égal la solution sulfurique.

**Dosage de l'acide carbonique.** — On dose l'*acide total*, l'*acide libre*, l'*acide demi-combiné* (CaO, MgO) et l'*acide tout à fait combiné* (K Na).

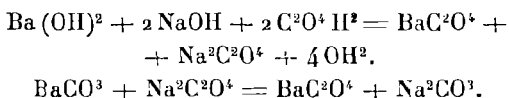
• Acide total = acide libre + acide 1/2 combiné + acide combiné.

a) **Acide total. Méthode pondérale.** — On ajoute un excès de chaux qui précipite l'acide libre et l'acide combiné aux terres, puis on ajoute du chlorure de calcium qui précipite l'acide combiné aux alcalis, on recueille le précipité et on le décompose par l'acide chlorhydrique, l'acide carbonique se dégage, traverse des tubes desséchant, puis des tubes à potasse où il est absorbé et pesé.

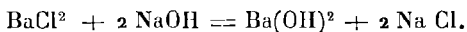
**Méthode volumétrique.** — On opère de même, mais on reçoit l'acide carbonique dans une solution titrée de baryte qu'on titre de nouveau avec l'acide oxalique après l'expérience. La différence donne l'acide total. Comme le carbonate de chaux n'est pas tout à fait insoluble,

le chiffre d'acide carbonique est trop faible de 10 à 15 milligrammes par litre.

Solution de baryte : On dissout environ 9 grammes d'hydrate de baryte  $\text{Ba}(\text{OH})^2 + 8\text{H}^2\text{O}$ , on ajoute 0,5 de chlorure de baryum  $\text{BaCl}^2$ , parce que la baryte contient toujours du carbonate de baryum et de l'hydrate de potasse ou de soude qui, en présence de l'acide oxalique, réagissent les uns sur les autres et faussent le résultat



Le chlorure de baryum fait disparaître l'hydrate de soude et empêche ces réactions.



Solution d'acide oxalique :

Acide oxalique 2,8636 pour eau 1000.

1 centimètre cube vaut 1 milligramme d'acide carbonique.

Comme indicateur on emploie une solution de phénol-phtaléine (3 grammes dans 100 centimètres cubes d'alcool dilué).

*b) Acide libre et demi-combiné. Méthode de Pettenkofer et Tritsch.* — On prend 100 centimètres cubes d'eau, on ajoute 50 centimètres cubes de solution de baryte ci-dessus ou bien

5 centimètres cubes de solution de chlorure de baryum et 45 centimètres cubes de solution d'hydrate de baryte, en tout 150 centimètres cubes; il se fait du carbonate de baryte et du carbonate de chaux, on laisse déposer douze heures au frais pour rassembler le dépôt, on prélève 50 centimètres cubes de liquide clair et on titre, avec l'acide oxalique et la phénol-phtaléine, l'excès de baryte qu'on multiplie par 3.

La différence donne l'acide libre et demi-combiné.

Si l'eau, par exemple, contient 4 milligrammes de magnésie dans 100 centimètres cubes, il faut retrancher 4,4 du chiffre obtenu (1 de MgO = 1,1 de CO<sup>2</sup>).

45 centimètres cubes correspondent à 39 d'acide oxalique ou 39 milligrammes d'acide carboniques; les 50 centimètres cubes d'eau ont donc exigé 8 centimètres cubes d'acide oxalique, l'acide libre et demi combiné est donc  $39 - 3 \times 8 = 15$  milligrammes pour 100 centimètres cubes d'eau ou  $15 - 4,4 = 10,6$  en retranchant la magnésie soit 106 milligrammes par litre.

c) **Acide libre.** — Si, de l'acide total, on retranche l'acide libre et demi combiné on a l'acide combiné qui retranché de l'acide libre et demi-combiné donne l'acide libre.

Tous ces procédés manquent de précision,

l'acide demi-combiné est entaché d'une erreur en trop, d'après M. Albert Lévy qui préfère les procédés suivants qu'il emploie à Montsouris :

**I. Dosage de l'acide total, de l'oxygène et de l'azote.** — Au moyen de la pompe à mercure dont il faut au préalable bien vérifier les robinets, on fait le vide dans un ballon tubulé dont le col très long est refroidi par un mélange réfrigérant, après avoir ajouté dans le ballon quelques centimètres cubes d'eau distillée additionnée d'acide sulfurique pur. Le ballon plonge dans un bain à 80°.

On fait le vide et on introduit 300 centimètres cubes d'eau, en évitant les rentrées d'air, au moyen d'une olive en verre jaugée à 300 centimètres cubes 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 centimètres cubes sont entrés. On refait le vide et on recueille les gaz dans une éprouvette étroite graduée.

On a :

$V_1$ , le volume total du gaz ;

$V^2$ , volume du gaz traité par KOH ;

$V_3$ , volume du gaz traité par acide pyrogallique ;

d'où

$$V^3 = \text{azote ;}$$

$$V^2 - V^3 = \text{oxygène ;}$$

$$V_1 - V_2 = \text{acide carbonique.}$$

On a noté la température et la pression et on calcule les volumes à 0° et 760 avec la formule

$$V = V_{760} \frac{H - 1}{760} \frac{f}{1 + \alpha t}$$

Au moyen d'une table, on peut supprimer ce calcul.

On aura le poids de chaque gaz en le multipliant par le poids du centimètre cube de chacun :

$$P.O = 1^{mg},430 ;$$

$$P.Az = 1, 256 ;$$

$$P.CO^2 = 1, 977.$$

On peut éviter l'emploi de la pompe à mercure en opérant par le procédé suivant :

Dans un ballon de 670 centimètres cubes environ, on met 500 centimètres cubes d'eau et 150 centimètres cubes de chlorure de baryum ammoniacal, on bouche, on agite et on laisse reposer douze heures ; le précipité est formé de sulfate de baryte provenant de l'eau et de carbonate de baryte provenant de l'acide libre et de l'acide demi-combiné.

On filtre, on lave à l'eau bouillie et on traite par l'acide chlorhydrique qui dissout le carbonate ; on dose la baryte dans cette solution par l'acide sulfurique en léger excès, 116,5 de sulfate correspondent à 22 d'acide carbonique.

Solution ammoniacale de chlorure de baryum :

Solution de chlorure de	}	volumes égaux
baryum au 10° . . . . .		
Ammoniaque à 22° Bé. . . . .		

**II. Acide carbonique demi-combiné.** — On se sert de la pompe à mercure comme précédemment. On introduit dans le ballon 200 centimètres cubes d'eau, on fait bouillir une demi-heure à l'air pour chasser l'acide libre et l'acide des bicarbonates, on met le ballon en communication avec la trompe, on fait le vide, puis on acidule l'eau avec l'acide sulfurique, on chauffe, on fait le vide de nouveau, on traite le gaz par la potasse, ce qui donne l'acide carbonique demi-combiné, si  $v$  est l'acide demi-combiné,  $V - 2v$  est l'acide libre.

Voici, comme exemple, l'analyse des gaz de l'eau de la Vanne :

1<sup>o</sup> Volume total :

	$117\text{cm}^3,500$	$t = 11^{\circ},8$	$H = 769,1$ ,
on a $V_1 =$	$112\text{cm}^3,5$	volume corrigé pour 1 litre d'eau.	
$V^2 =$	23, 95	//	//
$V_3 =$	15, 8	//	//

2<sup>o</sup> Volume total :

45 centimètres cubes,  $t = 14,2$ ;  $H = 769,1$ ;  $v = 42,6$ ; d'où acide carbonique total :  
 $V_1 - V_2 = 88\text{cm}^3,55$  et en poids  $1,977 \times 88,55 = 175\text{mg},1$

demi-combiné :

$$v = 42^{\text{cm}^3}, 6 \quad // \quad 1,977 \times 42,6 = 84, 2$$

libre :

$$V_1 - V_2 - 2v = 3^{\text{cm}^3}, 35 \quad // \quad 1,977 \times 3,35 = 6, 7$$

oxygène :

$$V_2 - V_3 = 8, 15 \quad // \quad 1,430 \times 8,15 = 11, 7$$

azote :

$$V_3 = 15, 8 \quad // \quad 1,256 \times 15,8 = 19, 8$$

Le nombre de l'acide demi-combiné peut être trop faible par suite d'une décomposition partielle du carbonate de magnésie pendant l'ébullition, par suite l'acide libre est trop fort, mais comme l'acide demi-combiné est, au maximum, la moitié de l'acide total, on peut se rendre compte de l'erreur. On pourrait employer la pompe sans robinet de M. Henriet avec laquelle on n'a pas à craindre les rentrées d'air.

On calcule quelquefois l'acide demi-combiné, en supposant toutes les bases à l'état de sulfates, on calcule le poids d'anhydride sulfurique qu'il faut pour faire des sulfates neutres avec chaque base.

On additionne les chiffres et, du total, on déduit l'acide sulfurique normal de l'eau augmenté de l'acide sulfurique correspondant au chlore, et aux acides nitreux, nitrique, phosphorique, etc. La différence donne l'acide sulfurique correspondant à l'acide des carbonates neutres ; on calcule



l'acide carbonique sachant que 40 d'acide sulfurique correspondent à 22 d'acide carbonique.

*Acide demi-combiné.* — Comme vérification, on peut doser l'acide demi-combiné directement. La dissolution alcoolique de cochenille décèle l'alcalinité des eaux au point de vue des carbonates, des silicates alcalino-terreux et de l'ammoniaque. On fait bouillir pour chasser l'acide carbonique libre et la moitié de celui des bicarbonates, et l'ammoniaque libre. On ajoute quelques gouttes de teinture de cochenille qui colore en violet et on verse de l'acide sulfurique titré jusqu'à ce que la coloration passe au jaune; l'acide sulfurique déplace l'acide des carbonates neutres et la silice des silicates, on déduira facilement l'acide des carbonates neutres. Le changement de couleur du jaune au violet étant plus sensible que celui du violet au jaune, M. Lévy préfère mettre un excès d'acide à titrer par une liqueur ammoniacale.

Par exemple, on verse dans un ballon 100 centimètres cubes d'eau de la Vanne et 8 centimètres cubes d'acide sulfurique normal décime; on fait bouillir, on ajoute après refroidissement cinq gouttes de cochenille, on sature ensuite par la liqueur ammoniacale titrée soit 19<sup>cm<sup>3</sup></sup>,80.

1 centimètre cube de liqueur ammoniacale

correspond à  $1^{\text{m}^{\text{s}}},587$  d'acide sulfurique ou à  $0^{\text{m}^{\text{s}}},873$  d'acide carbonique, on aura :

8 centimètres cubes d'acide sulfurique .	19,80
Pour l'eau essayée . . . . .	9,38
	10,42
Différence. . . . .	10,42

qui fait, par litre,  $8,73 \times 10,42 = 91$  milligrammes.

**Dosage de l'acide azotique.** *Procédé Ulsch.* — On réduit à 25 centimètres cubes un litre d'eau rendue alcaline, puis on ajoute de l'acide sulfurique étendu de deux volumes d'eau et du fer réduit par l'hydrogène, on chauffe doucement pour réduire l'acide azotique en ammoniacque, on chauffe jusqu'à ce que le dégagement gazeux soit fini et un peu plus, on ajoute de la lessive de soude et on recueille l'ammoniacque dans l'acide sulfurique titré.

Exemple : 25 centimètres cubes d'acide sulfurique titré n'exigent plus que 18 centimètres cubes d'ammoniacque titrée.  $25 - 18 = 7$  centimètres cubes représentent l'acide sulfurique neutralisé par l'ammoniacque ou 7 centimètres cubes d'ammoniacque normale décime ou  $7 \times 1,7 = 11,9$  de  $\text{AzH}^3$ , ce qui fait, pour un litre,  $11,9 \times 3,2$  d'acide azotique anhydre, on retranche ensuite l'acide azoteux trouvé.

Si la quantité d'acide nitrique est très faible

on peut opérer par la méthode colorimétrique avec la liqueur de Nessler.

*Méthode du Comité consultatif d'hygiène.*

Solution d'acide sulfophénique :

Acide phénique cristallisé. . . . .	12 grammes
Acide sulfurique . . . . .	114

Solution d'azotate de potassium :

Azotate de potassium séché à 110° . . . . .	80 <sup>mg</sup> ,26
Eau distillée. . . . .	1 000 grammes
Ammoniaque diluée au $\frac{1}{3}$ .	

On met, dans deux verres, 10 centimètres cubes d'eau à analyser et 10 centimètres cubes de solution d'azotate, on évapore à siccité et on ajoute après refroidissement dans chaque verre 1 centimètre cube d'acide sulfophénique, 5 centimètres cubes d'eau distillée et 10 centimètres cubes d'ammoniaque. On compare les deux colorations avec un colorimètre. Si la coloration est trop faible on indique traces d'azotates.

**Dosage de l'acide azoteux.** *Procédé de Tromsdorff.* — Dans une éprouvette à pied, on verse 100 centimètres cubes d'eau, puis une solution d'iodure de zinc, de l'eau d'amidon, et de l'acide étendu, on mélange. On fait, en même temps, quatre éprouvettes avec 1,2,3,4 centimètres cubes d'une dissolution titrée d'azotite de sodium et les mêmes quantités de réactifs, on compare les colorations après quelques minutes, on recommence, s'il y a lieu, avec des solutions

intermédiaires pour avoir un résultat plus précis.

*Procédé du laboratoire municipal.* — On fait dissoudre 0,406 de nitrite d'argent, on précipite par un léger excès de chlorure de sodium et on fait 1 litre. Chaque centimètre cube contient 0,0001 milligramme de  $Az^2O^3$ .

On prépare une solution de métaphénylène diamine à 1 %, on décolore par le noir et on conserve à l'obscurité.

On introduit 100 centimètres cubes d'eau dans une éprouvette, puis, dans une autre, on étend à 100 centimètres cubes de 1 à 10 centimètres cubes de la solution de nitrite de soude.

On ajoute 1 centimètre cube de métaphénylène diamine et 1 centimètre cube d'acide sulfurique dilué et on compare les colorations. Si la réaction était trop forte, il faudrait diluer.

*Procédé Barbet et Jandrier.* — On peut employer la résorcine additionnée d'acide sulfurique, au bout d'une heure, on compare les colorations comme précédemment.

**Dosage de l'acide phosphorique.** *Procédé par le phosphomolybdate d'ammonium.* — On évapore 1 ou 2 litres d'eau acidulée par l'acide azotique. On arrose le résidu deux ou trois fois avec de l'acide azotique (1,4) qu'on évapore chaque fois à siccité pour rendre la silice insoluble et détruire les matières organiques qui gêneraient la précipitation. On reprend par

l'acide azotique étendu, on filtre. On ajoute 40 centimètres cubes de solution de molybdate d'ammonium, 12<sup>gr</sup>,5 d'azotate d'ammonium et on laisse au repos douze heures, on sépare le précipité par le filtre, on le lave avec une solution d'azotate d'ammonium à 20 % jusqu'à ce qu'une goutte du liquide ne laisse plus de résidu ; le premier lavage doit être acidulé avec l'acide azotique.

On arrose le précipité avec de l'eau distillée, on le fait tomber dans un creuset de porcelaine avec une pipette ; on dissout dans l'ammoniaque étendue chaude les parties adhérentes, on filtre, on évapore cette solution, on ajoute de l'acide azotique dilué et on réunit au reste du précipité. On chauffe doucement le creuset pour volatiliser l'azotate d'ammonium jusqu'à ce qu'un verre de montre placé au-dessus ne blanchisse plus. On laisse refroidir et on pèse le précipité dont la composition est  $3 P^2O^3$  72  $MoO^3$ , 16  $AzH^3$  + 9  $H^2O$ .

Il contient 3,8 % d'acide anhydre, ce qui permet de calculer la richesse de l'eau.

*Solution de molybdate.* — On dissout :

Molybdate d'ammonium. . .	40 grammes
Ammoniaque à 10 % (densité 0,96) . . . . .	160 centimètres cubes
Eau distillée. . . . .	240 "

On verse la solution dans :

Acide azotique à 27,5 % . .	600 "
-----------------------------	-------

On laisse reposer, on filtre et on conserve la solution.

*Procédé au pyrophosphate de magnésie.*

— Quand il y a beaucoup d'acide phosphorique, il est préférable de transformer le précipité molybdique en pyrophosphate.

Le précipité lavé un peu à l'azotate d'ammonium est dissous dans l'ammoniaque, on ajoute la solution magnésienne et on ajoute 10 % d'ammoniaque à 0,96, on laisse cristalliser pendant vingt-quatre heures et on recueille le précipité qu'on traite comme au dosage de la magnésie. On multiplie le pyrophosphate par 0,639 pour avoir l'acide phosphorique correspondant.

*Solution magnésienne.*— On dissout 50 grammes de chlorure de magnésium et 70 grammes de chlorure d'ammonium dans 350 centimètres cubes d'ammoniaque liquide à 10 % et 750 centimètres cubes d'eau distillée, on laisse reposer plusieurs jours, on filtre.

*Procédé colorimétrique Lepierre.* — On fait d'abord une gamme de couleur. Pour cela, on pèse 75 milligrammes de phosphate de soude pour 1 litre, on distribue la solution dans des tubes jaugés 50 ; 40 ; 30 ; 20 ; 10 ; 8 ; 4 ; 2 ; 1,6 ; 1,2 ; 0,8 ; 0,4 ; 0,2 centimètres cubes qui contiennent la moitié d'anhydride phosphorique. On ajoute, dans chacun, 2 centimètres cubes de solution de molybdate d'ammonium, on agite et

on paraffine les tubes, les liqueurs sont très stables, sauf les plus concentrées. On évapore 1 litre d'eau, on reprend par l'acide azotique étendu, on évapore encore une fois pour rendre la silice insoluble, on dissout dans l'acide azotique, on fait 50 centimètres cubes et on ajoute 2 centimètres cubes de molybdate, on compare la coloration aux liqueurs types.

**Dosage de la chaux et de la magnésie.**

— On évapore de 500 centimètres cubes à 1 litre d'eau, suivant la richesse, après avoir acidulé avec l'acide chlorhydrique, on réduit à 150 centimètres cubes, on additionne d'ammoniaque et d'acide chlorhydrique. On précipite ainsi le fer, l'alumine et la silice, on filtre et on lave le précipité, on porte le liquide à l'ébullition et on précipite par l'oxalate d'ammonium, on laisse refroidir, on fait 250 centimètres cubes avec de l'eau distillée, on laisse déposer, puis on filtre sur un filtre d'analyse, le liquide d'abord, puis le précipité. On prélève 200 centimètres cubes de liquide clair pour doser la magnésie et on lave le précipité d'oxalate de chaux. On le dessèche, on l'incinère, on pèse en déduisant le poids de la cendre du filtre.

Les 200 centimètres cubes de liquide prélevés sont additionnés d'ammoniaque et de 20 centimètres cubes de solution saturée de phosphate de soude, on ajoute encore un peu d'ammo-

niaque au bout d'un quart d'heure, et plus tard encore, jusqu'à 50 centimètres cubes, en agitant toujours circulairement sans frotter les parois. Après douze heures, on jette sur un filtre, on lave avec un mélange de 1 volume d'ammoniaque à 0<sup>sr</sup>,96, trois volumes d'eau distillée et un quart de volume d'alcool, on sèche et on incinère dans un creuset de platine, on laisse refroidir et on pèse.

Le poids du pyrophosphate multiplié par 0<sup>sr</sup>,3603 donne la magnésie, on multiplie par 5/4 pour avoir la teneur des 250 centimètres cubes d'eau. On passe ensuite au litre.

*Procédé Mohr modifié par A. Lévy.* — On verse, dans un ballon, 50 centimètres cubes d'eau, on ajoute 2 centimètres cubes d'une solution saturée de chlorure d'ammonium et un excès d'oxalate d'ammonium, on laisse reposer douze heures, on filtre et on lave le précipité par décantation à l'eau ammoniacale, puis à l'eau pure.

On lave le filtre avec de l'acide azotique étendu de son volume d'eau et on reçoit le liquide sur le précipité. On ajoute 100 centimètres cubes d'eau distillée, on chauffe à 60° et on titre au permanganate normal centime jusqu'à coloration rose persistante. On fait le même titrage avec de l'eau distillée et on retranche le résultat. 1 centimètre cube de



permanganate normal centime correspond à  $0^{\text{sr}},00028$  de chaux.

**Dosage des alcalis, potasse et soude. —**

On évapore, à 500 centimètres cubes d'eau au plus, quelques litres d'eau, on ajoute un excès d'eau de baryte et on fait bouillir, on filtre et on lave le précipité; on précipite l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque, on fait bouillir et on filtre, on lave le précipité. On acidule le liquide avec l'acide chlorhydrique, on évapore dans une capsule de platine tarée, on calcine légèrement pour ne pas volatiliser les chlorures et on les pèse.

On les redissout dans un peu d'eau distillée, on ajoute un excès de chlorure de platine jusqu'à coloration jaune, on évapore au bain-marie; on reprend le résidu de l'évaporation par un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther, on filtre et on lave avec le mélange éthéro-alcoolique jusqu'à ce que la liqueur passe incolore, on sèche le précipité et on le pèse. Ce précipité, multiplié par  $0^{\text{sr}},30507$ , donne le chlorure de potassium. Par différence, on a le chlorure de sodium.

**Dosage de la silice. —** On évapore à siccité un litre d'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, on reprend par l'acide chlorhydrique étendu, on recommence encore une fois la même évaporation, on reprend de même par

l'acide chlorhydrique pur étendu, on filtre, on lave, on sèche, on incinère et on pèse.

**Dosage du fer et de l'alumine.** — Dans le liquide filtré, on verse un excès d'ammoniaque, on fait bouillir jusqu'à disparition de l'odeur, on filtre, on reprend le précipité par l'acide chlorhydrique et on le précipite de nouveau, on chasse l'ammoniaque, on filtre, on sèche et on pèse; le poids donne le sesquioxyde de fer et l'alumine.

On redissout dans l'acide chlorhydrique concentré et pur, on réduit le sesquioxyde de fer à l'état de protoxyde avec une lame de zinc pur, au bout d'un quart d'heure, on titre la liqueur avec une solution de permanganate normale centime qui donne le protoxyde de fer; on a l'alumine par différence.

*Méthode colorimétrique* — On prend de 200 centimètres cubes à 500 centimètres cubes on ajoute quelques cristaux de bichromate de potasse et 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique concentré exempt de fer, on fait bouillir pour transformer en sel ferrique, on laisse refroidir, on rétablit le volume primitif avec de l'eau distillée, on prend 100 centimètres cubes qu'on additionne de 2 à 3 centimètres cubes de sulfocyanate d'ammoniaque au 10° et 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique concentré pur, on compare la coloration avec celle d'une

solution titrée au moyen d'un colorimètre.

*Détermination de l'alcalinité.* — On se sert des indicateurs colorimétriques habituels et d'une solution d'acide sulfurique normale décime.

L'expérience se fait sur 100 centimètres cubes avec la solution de méthylorange (orangé 3, Poirrier). Quand l'alcalinité est très faible, on se sert du rouge de toluylène (chlorhydrate de diméthyl-diamido-toluylphénazine) en solution au 100°. On a une coloration jaune intense, jaune orangé, puis rouge pâle, suivant l'alcalinité, les eaux sont toujours alcalines.

**Dosage de l'oxygène.** — Ce dosage doit être fait aussitôt après la prise de l'échantillon.

*Procédé Muller-Chalamey.* — On prend un flacon de 2 ou 3 litres portant un entonnoir à robinet et un tube recourbé réuni à un tube vertical. On mesure le volume du flacon, on le remplit de l'eau à essayer, on ajoute 1 gramme de sulfate de magnésie, on bouche, on remplit tous les tubes avec de l'eau pour chasser tout l'air, on verse 5 centimètres cubes de lessive de potasse, on agite ; l'oxyde de manganèse absorbe tout l'oxygène de l'eau, on ajoute après une demi-heure de contact 15 centimètres cubes d'acide chlorhydrique additionné d'un peu d'iode de potassium, on verse dans une capsule

de porcelaine et on titre l'iode mis en liberté avec une solution d'hyposulfite de soude (12<sup>gr</sup>,4 par litre) et un peu d'amidon.

*Procédé Mohr modifié par A. Lévy.* — On aspire l'eau à analyser avec une pipette spéciale de 100 centimètres cubes, on ferme les robinets, on rejette l'excès d'eau, on fixe la pipette dans un support en faisant plonger le bec dans l'acide sulfurique étendu. On introduit, par en haut, 2 centimètres cubes de lessive de potasse et 4 centimètres cubes de solution de sulfate de fer ammoniacal à 39<sup>gr</sup>,2 par litre. L'oxyde de fer précipité absorbe l'oxygène, se rassemble au fond, on le redissout dans l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, et on titre avec la solution de permanganate. La même solution a servi à titrer la solution de sulfate de fer, la différence donne la quantité d'oxyde de fer transformé en sesquioxyde. Si  $V$  est le volume de la pipette,  $V - 6$  est le volume de l'eau qui a servi à l'analyse.

**Dosage des métaux divers.** — On peut avoir encore à doser, dans les eaux potables, divers métaux usuels qui peuvent s'y trouver accidentellement, par exemple, le plomb, le cuivre, le zinc et l'arsenic. On se sert des procédés ordinaires de l'analyse chimique.

**Dosage de l'ammoniaque.** — On se sert généralement du réactif Nessler, il précipite

l'ammoniaque sous forme d'une poudre rouge d'iodure de mercurammonium.

Quand l'ammoniaque est en petite quantité on a seulement une coloration.

Il faut toujours éliminer d'abord les terres alcalines.

On prend 200 centimètres cubes d'eau dans une éprouvette, on ajoute 1 centimètre cube de lessive de soude au  $\frac{1}{4}$  et 2 centimètres cubes de carbonate de soude, on laisse déposer le précipité pendant douze heures, puis on décante 100 centimètres cubes de liquide clair qu'on verse dans une éprouvette à pied avec 1 centimètre cube de réactif Nessler. On observe la coloration ou le précipité sur une surface blanche en regardant de haut en bas.

On a, en même temps, une solution de chlorure d'ammonium, on fait dissoudre 3<sup>gr</sup>,141 de chlorure dans 1 litre d'eau et, avec 50 centimètres cubes de cette solution, on fait 1 litre : 1 centimètre cube correspond à 0<sup>mg</sup>,05 d'ammoniaque, on en met 2 centimètres cubes dans une éprouvette semblable à la première et on fait 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque, on ajoute 1 centimètre cube de réactif Nessler et on compare les colorations.

*Procédé par distillation.* — On distille un litre au plus avec 10 grammes de magnésie cal-

cinée, on reçoit l'ammoniaque dans 2 centimètres cubes d'acide sulfurique normal décime ou centime, on titre l'acide en excès.

*Procédé Wanklin et Chapmann.* — Dans ce procédé, on détermine l'ammoniaque libre ou saline, et l'ammoniaque albuminoïde provenant des matières azotées.

On distille 500 centimètres cubes d'eau additionnée d'assez de bicarbonate de soude pour être alcaline, on recueille 50 centimètres cubes, dans lesquels on dose l'ammoniaque à l'aide du réactif Nessler ; cette ammoniaque représente les  $\frac{3}{4}$  de l'ammoniaque libre, on continue la distillation et on recueille 150 centimètres cubes qu'on jette.

On laisse refroidir et on ajoute, dans la cornue, 50 centimètres cubes d'une solution contenant 8 grammes par litre de permanganate de potasse et 200 grammes de potasse caustique, on fait bouillir un quart d'heure et on recueille trois éprouvettes de 50 centimètres cubes dans lesquelles on dose l'ammoniaque de la même manière, les trois tubes contiennent la totalité de l'ammoniaque albuminoïde.

D'après M. Malmejac, il faut souvent distiller encore un quatrième et même un cinquième tube pour avoir toute l'ammoniaque albuminoïde, il faut distiller jusqu'à ce que le réactif Nessler ne donne plus de précipité.

**Dosage des matières organiques.** — Les matières organiques se dosent au moyen du permanganate de potasse.

**Dosage en liqueur acide.** — Au laboratoire municipal, on opère ainsi : on fait deux dosages simultanés, l'un sur 200 centimètres cubes d'eau à analyser, l'autre sur 200 centimètres cubes d'eau distillée. On ajoute 10 centimètres cubes d'acide sulfurique, 20 centimètres cubes de permanganate, on fait bouillir exactement pendant dix minutes, on refroidit les deux opérations dans l'eau à 30°, on verse dans chacune 20 centimètres cubes de sulfate ferreux et on ramène au rose par le permanganate. La différence entre les deux résultats donne le chiffre du permanganate correspondant à 200 centimètres cubes d'eau :

Solution de permanganate décime :

Permanganate, . . . . .	3gr,182
1 centimètre cube correspond :	
Eau. . . . .	1 000 grammes

On vérifie le titre avec le fil de Clavecin. On prend 125 grammes de cette solution pour faire 1 litre dont 1 centimètre cube vaut 0<sup>gr</sup>,0001 d'oxygène ou 0<sup>gr</sup>,000788 d'acide oxalique :

Solution de sulfate ferreux :

Sulfate ferreux cristallisé . . . . .	5
Acide sulfurique . . . . .	20
pour faire 1 litre.	

Solution acide :

Acide sulfurique . . . . .	200 centimètres cubes
Eau distillée . . . . .	800            "            "

**Dosage en solution alcaline.** *Laboratoire municipal.* — On introduit, dans un ballon, 100 centimètres cubes et, dans un autre, 200 centimètres cubes d'eau ; on introduit 20 centimètres cubes de solution saturée de bicarbonate de soude, 20 centimètres cubes de permanganate, on fait bouillir pendant dix minutes, on refroidit rapidement, on ajoute 10 centimètres cubes de sulfate ferreux et on ramène au rose comme précédemment.

La différence des deux résultats correspond à 100 centimètres cubes de l'eau.

*Procédé de Montsouris en liqueur alcaline.* — On prend 100 centimètres cubes d'eau qu'on introduit dans un ballon et 200 centimètres cubes dans un autre, on ajoute, dans chacun, 3 centimètres cubes d'une dissolution de bicarbonate de soude au 10<sup>e</sup> et 5 centimètres cubes, 10 centimètres cubes ou 15 centimètres cubes d'une dissolution titrée de permanganate de potasse.

On porte à l'ébullition exactement pendant dix minutes, la liqueur doit rester rouge, autrement il faudrait ajouter encore du permanganate. Après refroidissement lent, on ajoute 4 centimètres cubes d'acide sulfurique pur



étendu de son volume d'eau et, aussitôt, 4 centimètres cubes d'une solution de sulfate de fer ammoniacal, la décoloration est rapide, quand la liqueur est devenue tout à fait transparente, on ajoute goutte à goutte du permanganate titré  $\frac{N}{50}$  jusqu'à apparition d'une teinte rose, le volume total de permanganate versé, retranché de celui de l'autre opération, donne la quantité correspondante à 100 centimètres cubes d'eau, on en déduit la quantité d'oxygène qui a brûlé la matière organique.

La solution de permanganate est faite avec 0<sup>gr</sup>,6324 par litre, c'est la liqueur normale  $\frac{N}{50}$ , 1 centimètre cube fournit 0<sup>mgr</sup>,16 d'oxygène.

Le sulfate ferreux ammoniacal se fait avec

Sulfate ferreux ammoniacal . . . . .	31G <sup>3</sup> ,36
Acide sulfurique . . . . .	4 <sup>cc</sup>

pour 1 litre.

M. Lévy évalue la matière organique en milligrammes d'oxygène.

En Allemagne, on prend un nombre cinq fois plus fort, d'autres prennent pour unité le milligramme de permanganate, ce qui donne un chiffre quatre fois plus fort, d'autres évaluent en acide oxalique, les chiffres sont huit fois plus forts.

On titre la solution de permanganate avec une solution titrée d'acide oxalique en versant

la solution de permanganate dans 10 centimètres cubes d'acide oxalique bouillant pendant dix minutes, la quantité consommée est le titre de la solution de permanganate.

*Procédé alcalin des hôpitaux militaires* (1884). — On prend 1/2 litre d'eau, 10 centimètres cubes d'une solution de soude caustique pure à 10 % et 10 centimètres cubes d'une solution de permanganate à 3<sup>es</sup>,95 par litre, on fait bouillir vingt minutes au bain de sable, on laisse refroidir puis on verse 10 centimètres cubes d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau et 10 centimètres cubes d'acide oxalique normal décime, on titre l'excès d'acide oxalique avec la solution du permanganate  $\frac{N}{10}$ , on fait de même sur de l'eau distillée, la différence donne la quantité de permanganate qui a brûlé la matière organique de 1/2 litre d'eau.

La soude caustique de commerce contient souvent des matières réductrices qui pourraient troubler le résultat (cyanures, azotites). Schultze conseille d'employer la soude préparée par l'action du sodium pur sur l'eau.

Mohr a conseillé le carbonate de potasse.

(Voir pour tous les dosages au permanganate le chapitre suivant : *Matières organiques dans l'eau*).

**Procédés d'analyse rapides.** *Hydrotimé-*

*trie.* — Ce procédé qui, autrefois, était presque seul employé, est aujourd'hui à peu près abandonné, il est scientifiquement sans valeur et n'a d'intérêt que pour l'industriel qui a besoin de suivre rapidement les variations de la quantité de chaux dans une eau.

On se sert d'une solution de savon de Marseille dans l'eau alcoolisée :

Savon de Marseille ou médicinal bien sec.	100
Alcool à 90° . . . . .	1 600
Eau . . . . .	1 000

On titre avec une solution de

Nitrate de baryte . . . . .	0,59
Eau distillée. . . . .	1 000

On fait le titrage avec 40 centimètres cubes de cette solution. Il faut 22 ou 23 divisions avec la burette de Boudet.

Nous nous sommes servi, dans l'industrie, de liqueurs oléiques qui se conservent mieux :

Acide oléique. . . . .	300
Soude normale . . . . .	300
Eau distillée . . . . .	400
Alcool à 90° . . . . .	1 100

ou bien :

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

Nous avons également employé une liqueur huileuse

Huile d'amandes douces . . . . .	10 grammes
Lessive de soude. . . . .	q. s.

On chauffe à l'étuve pour saponifier, on laisse refroidir, on jette la lessive en excès et on dissout dans 360 centimètres cubes d'eau alcoolisée.

M. Courtonne a également indiqué une liqueur huileuse et M. d'Huart une liqueur oléique.

Tous les chimistes se bornent actuellement à faire le titrage de l'eau normale et de l'eau ayant bouilli, on nomme les chiffres obtenus : degré de dureté ou hydrotimétrique total et degré permanent.

Le degré français vaut 0,56 de degré allemand et 0,70 de degré anglais.

Le degré français indique la quantité de sels calcaires contenus dans l'eau.

Le degré anglais, le nombre de grammes de carbonate de chaux contenus dans un gallon ou 0,43 de carbonate par litre.

Le degré allemand indique le nombre de centigrammes de chaux par litre.

Il y a, dans cette méthode, un grand nombre de causes d'erreurs. Il importe d'opérer toujours de la même façon.

Mais le mieux serait de laisser de côté cette méthode sans valeur. Il est à remarquer que ce sont les procédés les plus défectueux qui donnent lieu aux plus nombreuses recherches.

*Méthode rapide du Comité consultatif d'hygiène.* — 1° — Évaporer au moins 1 litre d'eau au bain-marie, chauffer pendant quatre heures après l'évaporation et, sur le résidu, chercher les nitrates dont on mentionnera la présence.

2° Chauffer le résidu d'une même quantité d'eau au rouge sombre et peser. La différence est le poids des *matières organiques et volatiles*.

3° Déterminer les quatre degrés hydrotimétriques : degré permanent II, degré total I, degré par oxalate III, sur l'eau normale et sur l'eau bouillie IV.

On calcule ainsi :

Degré total . . . . .	I
Degré permanent . . . . .	II
Acide carbonique . . . . .	III — IV
Carbonate de chaux . . . . .	I — (II + III + IV)
Autres sels de chaux. . . . .	II — IV
Sels de magnésie . . . . .	IV

4° Concentrer 1 litre à 50 centimètres cubes et doser le chlore en volume. Calculer en Na Cl.

5° Doser les matières organiques au permanganate et bicarbonate de soude.

6° Examen bactériologique.

*Méthode rapide de l'Observatoire de Mont-*

*souris*. — On fait les dosages suivants, par les procédés de M. A. Lévy que nous avons indiqués :

Oxygène dissous, chlore, matières organiques, résidu fixe et matières volatiles, azote nitrique, chaux, carbonate alcalino-terreux, analyse hydrochimétrique.

*Méthode du laboratoire municipal*. — On détermine le degré hydrotimétrique total et permanent ; la matière organique, par les acides et le bicarbonate ; les nitrates, par l'acide sulfophénique ; les azotites, par le métaphénylène diamine ; les phosphates, par l'acide molybdique ; les chlorures, par les volumes ; le résidu sec à 180° ; la magnésie, par le pyrophosphate ; les sulfates, par le chlorure de baryum et le chromate de potasse ; l'alcalinité, par l'orange méthyle ; on dose par le vide ou à l'ébullition, l'acide carbonique, l'oxygène, l'azote. On se borne souvent au dosage de l'oxygène par le procédé de Mohr-Lévy.

Nous avons employé, dans les analyses précédentes, plusieurs liqueurs titrées pour les dosages volumétriques. Le tableau IV résume les principales de ces liqueurs, et leur valeur.

---

TABLEAU IV

Liquens normales et leur valeur	Poids du corps dans un litre	Valeur de 1cc. <sup>3</sup> de liq.			Valeur de 1cc. <sup>3</sup> de liq. centime
		grammes	grammes	grammes	
Acide sulfurique monohydraté . . . . .	49	0,049	0,0049	0,00049	
" " anhydre . . . . .	40	0,040	0,0040	0,00040	
" azotique monohydraté . . . . .	63	0,063	0,0063	0,00063	
" carbonique . . . . .	22	0,022	0,0022	0,00022	
Potasse anhydre. . . . .	47	0,047	0,0047	0,00047	
Hydrate de potasse . . . . .	56	0,056	0,0056	0,00056	
Carbonate de soude neutre fondu . . . . .	53	0,053	0,0053	0,00053	
Chaux . . . . .	28	0,028	0,0028	0,00028	
Carbonate de chaux . . . . .	50	0,050	0,0050	0,00050	
Sulfate de chaux . . . . .	68	0,068	0,0068	0,00068	
Nitrate d'argent . . . . .	170	0,170	0,0170	0,00170	
Chlore . . . . .	35,5	0,0355	0,00355	0,000355	
Chlorure de sodium . . . . .	58,5	0,0585	0,00585	0,000585	
Acide chlorhydrique . . . . .	36,5	0,0365	0,00365	0,000365	
Ammoniaque. . . . .	17	0,017	0,0017	0,00017	
Azote . . . . .	14	0,014	0,0014	0,00014	

## CHAPITRE III

### ÉTUDE DES MATIÈRES ORGANIQUES DE L'EAU

C'est une des questions les plus importantes de la constitution des eaux potables. C'est, en même temps, la plus obscure; nous sommes bien renseignés sur la nature des principes minéraux des eaux, nous sommes bien renseignés sur la nature des organismes vivants qui se trouvent dans les eaux; mais la nature et la quantité absolue des principes organiques solubles nous échappent absolument. Le moment est prochain, sans doute, où se déchirera le voile, déjà même un petit coin est soulevé, il nous paraît donc utile d'examiner la situation actuelle et de voir à quel point nous sommes arrivés.



Il se trouve dans l'eau des composés ternaires non azotés, et des composés azotés qui sont, les uns de nature albuminoïde, les autres de composition plus simple, mais aucun réactif ne permet jusqu'à présent de les sérier, de les séparer en groupes, de reconnaître leur composition ni leur nature à cause de la petite quantité qu'on trouve dans l'eau. Il y aurait pourtant grand intérêt à pouvoir les caractériser, car si quelques-uns sont inoffensifs, d'autres sont très dangereux. Ce sont surtout les matières azotées qui sont considérées comme nuisibles à la santé.

En outre, les microbes laissent dans l'eau les produits élaborés pendant leur vie et la bactériologie ne tient aucun compte de ces produits cependant très dangereux.

Si la nature des matières organiques est d'une grande importance, la quantité est importante aussi à connaître, et, comme nous le verrons, nous ne sommes pas plus en état de répondre à cette question qu'à la première.

**Action des permanganates.** — On avait fondé de grandes espérances sur l'emploi des oxydants et particulièrement des permanganates, malheureusement là encore le résultat a été presque nul; le dosage de l'ammoniaque albuminoïde (procédé Wanklin et Chapmann) donne un chiffre qui a le même défaut que le dosage de l'azote brut.

L'abondance des matières organiques a pour- tant de l'importance puisqu'elle a permis de classer la potabilité des eaux d'après leur teneur en matières albuminoïdes. Wanklin et Chapmann divisent les eaux en trois groupes : les *eaux très pures* qui contiennent moins de 0<sup>mg</sup>,05 d'ammoniaque albuminoïde, les *eaux potables* qui en contiennent de 0,05 à 0,10, les *eaux impures* qui en renferment plus de 0,10.

L'action du permanganate sur les matières organiques est toujours incomplète, même en continuant très longtemps son action, on n'arrive pas à détruire toutes les matières organiques, de plus, elle est inégale. Lehmann a essayé de déterminer quelle quantité des produits suivants était détruite par le permanganate après dix ou cinq minutes d'ébullition. La quantité est évaluée d'après la proportion absorbée d'oxygène théoriquement nécessaire à la destruction complète.

Durée de l'ébullition	Acide tartrique	Sucre de raisin	Sucre de canne	Acide benzoïque	Acide phénique	Iracine
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
10 minutes . . .	95,6	61	53,1	3,7	73,5	11,4
5 " . . .	75	42,7	53,8	2,1	41,1	10,8

Les composés organiques sont brûlés en quantité très irrégulière.

Dans une eau très pure, l'oxydation est très difficile. Aussi Lehmann considère comme suspecte une eau qui exige de 2 à 2,5 milligrammes d'oxygène par litre. Tiemann et Gartner n'admettent comme limite que 2 milligrammes. MM. Pouchet et Bonjean ont montré que les produits d'origine végétale absorbent plus d'oxygène en solution acide qu'en solution alcaline, tandis que le contraire a lieu avec les produits de putréfaction des matières albuminoïdes, les eaux de lessivage des terres renfermant du fumier ou des déjections alvines, et les eaux de lavage du linge. Ils admettent qu'une eau, qui absorbe plus de 1 milligramme par litre d'oxygène, quand ce chiffre est plus élevé en solution alcaline qu'en solution acide, doit être considérée comme suspecte, mais une eau absorbant moins de 1 milligramme ne doit pas être considérée comme inoffensive car c'est dans les eaux pauvres en matières oxydables qu'on rencontre surtout les bacilles pathogènes.

D'après M. Malméjac, l'action du permanganate en milieu acide ou alcalin ne permet pas de conclure à la nature animale ou végétale de la souillure de l'eau, il a traité, par le permanganate alcalinisé et acide, de l'eau additionnée de 1 centimètre cube d'urine par litre et, d'autre part, de l'eau macérée pendant douze heures avec 1 gramme d'une substance végétale lavée. Les

deux eaux ont été oxydées toutes deux par les permanganates, les substances végétales, comme les substances animales, ont donné un chiffre élevé de matières organiques dosables en milieu alcalin et en milieu acide mais l'eau souillée par l'urine a donné beaucoup plus de matières albuminoïdes. Ces dosages ne peuvent donc servir d'indication sur la nature animale ou végétale de l'impureté.

Nous pensons de plus que le procédé de dosage en milieu acide est sans valeur. On sait, en effet, que l'acide permanganique et les permanganates en solution acide perdent de l'oxygène, se décomposent déjà à une très basse température voisine de 45°, à plus forte raison à l'ébullition ; ce dosage n'indique donc rien. Nous avons traité la même eau par les divers procédés indiqués et nous avons obtenu les chiffres suivants dans les mêmes conditions de temps et de température :

Désignation	Matières organiques en oxygène
Eau traitée par le permanganate et l'acide sulfurique . . . . .	4 <sup>mg</sup> ,0172
Eau traitée par le permanganate et le bicarbonate de sodium . . . . .	2, 337
Eau traitée par le permanganate et le carbonate de sodium . . . . .	1, 994
Eau traitée par le permanganate et la potasse caustique . . . . .	1, 96

Ces essais montrent que le dosage en milieu acide a donné un chiffre beaucoup plus considérable qu'en milieu alcalin, que le bicarbonate de soude qui se décompose à 50° s'est comporté à peu près comme un dosage en milieu acide à cause de l'acide carbonique mis en liberté, que les dosages par le carbonate de soude et par la potasse caustique ont donné sensiblement le même résultat, on devrait donc s'en tenir à ces deux procédés et abandonner l'action absolument incertaine du permanganate en solution acide.

En Angleterre, on fait usage aussi du permanganate acide d'après le procédé de Frankland mais il laisse en contact à *froid* pendant *trois heures* ; de cette façon, la décomposition spontanée de l'acide permanganique est évitée. M. A. Lévy a fait de nombreux dosages par ces deux procédés, le chiffre donné par le procédé Frankland est naturellement plus faible, un peu plus de la moitié de celui obtenu par le procédé au bicarbonate de M. A. Lévy. C'est, en effet, à peu près la différence que nous avons obtenue dans les déterminations ci-dessus. Le chiffre du procédé au bicarbonate et celui du procédé à l'acide sulfurique à chaud sont, en effet, à peu près deux fois plus forts que ceux en liqueur alcaline qui se trouvent dès lors très voisins de ceux qu'on obtient par le procédé anglais.

On pourrait donc reprendre les essais de

Lehmann, de Pouchet et Bonjean et de M. Malméjac en opérant avec une solution alcaline à chaud et avec une solution acide à froid.

Il n'y a aucun rapport entre la quantité de matières organiques des eaux et le nombre des germes.

**Transformations des matières organiques.** — Que deviennent les matières organiques après leur dissolution dans l'eau ? Quelles transformations éprouvent-elles avec le temps ? M. Malméjac a fait un certain nombre d'expériences pour répondre à cette question.

Il a conservé, pendant six mois, un certain nombre d'eaux dans lesquelles il avait dosé l'azote nitrique et nitreux, l'ammoniaque libre et albuminoïde, la matière organique par le permanganate alcalin et acide, enfin l'oxygène. Les flacons ont été conservés à une température constante, à l'abri d'une vive lumière et fermés avec un tampon de ouate. Les mêmes dosages ont été faits après les six mois de repos.

Les résultats obtenus sont très variables, on ne peut indiquer une marche générale.

Il est difficile d'expliquer ces résultats, l'auteur examine diverses hypothèses :

« 1<sup>o</sup> En remarquant la constance de l'azote albuminoïde, on pourrait penser que ce n'est pas la matière azotée qui se détruit puisqu'elle aug-

mente parfois. Cette hypothèse n'explique pas les cas où la matière azotée disparaît.

2° D'après Emmergen, on pourrait admettre que l'ammoniaque albuminoïde indique simplement la présence d'amides résultant de la destruction la plus avancée des matières albuminoïdes, mais cela n'explique pas l'augmentation des azotates, ni la constance de l'albuminoïde, ni sa diminution.

3° Dans l'état actuel de la question, on expliquerait tous les faits en admettant, avec Berthelot, qu'il existe dans le sol, et sans doute aussi 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 ».

Cette question des transformations des matières organiques dans l'eau reste donc ouverte, elle ne pourra, à notre avis, être résolue que quand nous posséderons des réactifs différentiels permettant de caractériser les espèces chimiques formées dans ces décompositions.

On pourra arriver à ces constatations, soit en concentrant sous un petit volume les matières contenues dans l'eau, soit en cherchant des réactifs plus sensibles qui permettront de reconnaître ou de doser les produits formés.

**Recherche de la cystine.** — M. Causse, dans un travail récent, a montré que des puits

de Lyon, dont l'eau avait propagé la fièvre typhoïde, contenaient de la cystine à l'état de cystinate de fer et il a pu reconnaître et doser ce corps, malgré la petite quantité qui se trouvait dans ces eaux au moyen d'un réactif très sensible : le *chloromercurate de paradiazo sulfonate de sodium*. Ce réactif donne avec les eaux cystinées une coloration jaune orangé que l'acide sulfureux ne détruit pas. Cette coloration permet de doser la cystine.

Voici comment l'auteur prépare son réactif :

« On dissout 50 grammes de paramidobenzènesulfonate de sodium dans environ 1 litre d'eau distillée, on décolore au noir et on filtre ; d'autre part, on prépare deux solutions saturées à froid, l'une de bichlorure de mercure, l'autre de chlorure de sodium ; dans la solution de paramido-benzène sulfonate de sodium, on verse 1 litre de sublimé, il se fait un précipité blanc très ténu, composé d'aiguilles microscopiques de chloromercurate ; on laisse reposer, on lave à l'eau distillée, et lorsque le précipité est réuni, on ajoute 1 demi-litre de solution de chlorure de sodium ; le chloromercurate se dissout lentement : Après deux jours de contact, on obtient une liqueur incolore qui se conserve plusieurs mois, si on a eu soin d'éviter le contact des matières organiques. Sur la combinaison mercurielle ainsi préparée, il faut faire agir une solu-



tion diazotante ; on la prépare en dissolvant 4 grammes de nitrite de potassium dans 1 litre d'eau, enfin on doit aussi se procurer une solution saturée d'acide sulfureux exempt de produits nitrés.

Pour se servir du réactif, dans un flacon à l'émeri, on mesure 100 centimètres cubes d'eau à analyser, on ajoute successivement 5 centimètres cubes de chloromercurate, 2 centimètres cubes de nitrite de potassium et quinze gouttes d'acide chlorhydrique normal ; on agite, on ferme le flacon que l'on place dans un lieu obscur. Il se forme progressivement et lentement une coloration jaune ; si l'eau est cystinée, il se développe simultanément une coloration orangée résultant de la combinaison de la cystine avec le chloromercurate, qui atteint son maximum d'intensité après six heures de contact. On ajoute alors 25 centimètres cubes de solution sulfureuse, on abandonne le tout à lui-même durant deux heures.

Voici donc un premier pas dans la voie que je viens d'indiquer plus haut, il est probable que bientôt le chimiste sera en mesure d'indiquer, lui aussi, la marche des épidémies hydriques.

La recherche de la cystine serait intéressante dans l'eau de la Seine et dans l'eau des sources qui alimentent Paris en eau.

M. Molinié, de l'Observatoire de Montsouris,

dans une note à l'Institut, conteste les résultats de M. Causse ; suivant lui, l'eau distillée acide donne la même réaction. On ne peut donc pas encore faire état de cette observation, mais néanmoins, elle indique la voie à suivre ; c'est en cela surtout qu'elle est importante (*Académie des Sciences*, novembre 1900).

Dans un nouveau travail, M. Causse signale la présence, dans l'eau de Rhône, de l'oxysulfocarbonate de fer qui serait formé par la combinaison de l'acide carbonique et du sulfure ferreux.

La caractérisation des toxines et des produits analogues serait aussi désirable, or cette question ne peut tarder à être tranchée, déjà nous connaissons un certain nombre de caractères différentiels et même de réactifs pouvant permettre de les caractériser. C'est, pensons-nous, cette recherche qu'il faut tenter et l'exemple de M. Causse montre que cette recherche sera féconde en résultats intéressants et inattendus.

Quant aux propriétés des toxines, nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer le lecteur au livre de M. A. Gautier <sup>(1)</sup> paru dans cette Encyclopédie.

---

(1) A. GAUTIER. — *Chimie de la Cellule Vivante*. Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire. MASSON et Gauthier-Villars, éditeurs.

# TROISIÈME PARTIE

---

## PROCÉDÉS DE PURIFICATION

### CHAPITRE PREMIER

---

#### NÉCESSITÉ DE LA PURIFICATION DE L'EAU

Il est donc nécessaire de purifier l'eau, suivant qu'on envisage cette opération au point de vue de la purification totale ou de la purification partielle le procédé sera différent. Au point de vue des eaux potables, c'est la purification microbienne qui a le plus d'importance.

Nous avons indiqué précédemment les limites admises en analyse chimique pour les quantités de matières minérales contenues dans les eaux, mais ces chiffres n'ont plus maintenant qu'une importance secondaire.

On attribuait autrefois à l'abondance plus ou moins grande de la chaux, des inconvénients au point de vue de l'hygiène, mais il est évident

que la quantité de chaux contenue dans l'eau est insignifiante en comparaison de celle que contiennent les aliments. La chaux a surtout des inconvénients au point de vue du savonnage et de la cuisson des légumes. Les autres matières minérales n'ont pas plus d'importance et leur rôle hygiénique dans les eaux potables peut être négligé, elles contribuent seulement à donner à l'eau une saveur que l'habitude nous fait trouver agréable.

Pour la même raison, nous trouvons peu agréable et même mauvaise l'eau purifiée privée de ses principes minéraux. Il n'est pas jusqu'à la matière organique qui contribue à donner à l'eau une saveur quelquefois appréciée.

**Eau pour le bétail.** — Les animaux préfèrent une eau chargée de matières organiques à une eau pure et claire. Il ne faudrait pas croire cependant, comme on le pense généralement, qu'ils sont rebelles aux microbes qui nous seraient funestes, certainement ils sont moins sensibles que nous, la température plus élevée d'un certain nombre est certainement pour beaucoup dans cette immunité apparente et relative. En Amérique du Sud, les *eaux noires* sont très appréciés des habitants.

Néanmoins, c'est certainement dans les impuretés de l'eau qu'il faut chercher la cause de certaines épizooties, il faut donc aussi purifier

l'eau que boivent les animaux ou au moins prendre quelques précautions pour éviter la souillure accidentelle de l'eau de boisson qui peut, tout au moins, dans certains cas, servir de véhicule pour transporter d'un animal à un autre les microbes et les virus de certaines maladies contagieuses.

Pour étudier la purification de l'eau, nous allons successivement passer en revue l'action des divers agents physiques sur l'eau et l'action de certains réactifs chimiques.

Pour la question de la purification de l'eau, il faut distinguer la purification totale qui ne peut être obtenue pratiquement que par la distillation et la purification partielle qu'on obtient par divers procédés suivant le but qu'on se propose.

**Eau dans l'économie domestique.** — Dans l'industrie et dans certaines opérations de l'économie domestique, le problème posé est souvent la suppression ou au moins la diminution de la quantité de chaux contenue dans l'eau, le problème est résolu par un grand nombre de procédés industriels que nous n'avons pas à examiner ici, mais qui ont tous pour base l'emploi d'un alcali ou d'une terre alcaline et d'un carbonate alcalin, on sature ainsi l'acide carbonique libre et celui des bicarbonates et alors le carbonate de chaux ainsi que celui de magnésie se précipitent, en même temps, le car-

bonate de soude en excès agit sur le sulfate de chaux et le chlorure de calcium de l'eau et précipite la chaux à l'état de carbonate.

Dans l'économie domestique, on emploie les carbonates alcalins qui précipitent la chaux des sels solubles et diminuent beaucoup la quantité de chaux. Beaucoup de produits vendus pour cet usage sous le nom de *lessive* contiennent en même temps divers autres produits, notamment un peu de soude caustique qui contribuent à

V. — *Composition des lessives commerciales*

Désignation	Lessive de soude	Lessive française	Lessive du Progrès	Lessive ammoniacale	Lessive désinfectée à l'ozone	Lessive adipeuse
Carbonate de soude	45	45	60	21,20	50	57,30
Eau . . . . .	20	„	„	4,30	30	21,30
Panama . . . . .	5	„	„	„	„	„
Oléine . . . . .	1	„	„	„	„	„
Acide oléique . . . . .	„	3	„	„	„	„
Silicate de soude . . . . .	15	20	50	„	„	„
Résine . . . . .	7	8	„	„	„	13,80
Soude caustique . . . . .	8	15	60	„	„	„
Caragahen . . . . .	„	3	„	„	„	„
Huile de coco . . . . .	„	„	10	„	„	„
Gelée d'algues . . . . .	„	„	17	„	„	„
Silice, argile . . . . .	„	„	„	36,10	10	1,73
Carbonate de chaux . . . . .	„	„	„	34,80	„	„
Magnésie . . . . .	„	„	„	1,70	„	„
Sulture de calcium . . . . .	„	„	„	1,90	„	„
Savon oléique . . . . .	„	„	„	„	10	„
Soude combinée . . . . .	„	„	„	„	„	5,84

compléter la purification, ces lessives dont le tableau V donne la composition sont utilisés pour la purification de l'eau destinée au savonnage. Pour la cuisson des légumes que la chaux rend durs, il suffit d'ajouter du carbonate de soude, on enlève ainsi la chaux soluble et l'ébullition, en chassant l'acide carbonique libre et celui des bicarbonates, achève la purification en précipitant le carbonate de chaux.

**Purification microbienne.** — Au point de vue microbien les impuretés à enlever sont surtout les microbes, et, pour atteindre ce but, il n'est pas nécessaire de faire subir à l'eau une purification chimique, il suffit de détruire les microbes en les tuant, soit par la chaleur, soit par des agents chimiques appropriés ou de les éliminer.

Nous laisserons de côté la méthode des antiseptiques qui ne sauraient être employés pour l'eau alimentaire et nous n'étudierons, dans les chapitres suivants, que les moyens qui permettent de tuer les microbes sans rien laisser de nuisible dans l'eau. L'eau ainsi obtenue, purifiée partiellement, se nomme *eau stérilisée* et on nomme *aseptique*, l'eau stérilisée par des procédés qui ne peuvent pas être employés pour l'eau d'alimentation.

---

## CHAPITRE II

—

### PURIFICATION PAR LE FROID ET LA GLACE

C'est une croyance vulgaire et malheureusement très répandue que le froid et même la simple congélation purifient l'eau en tuant les microbes qu'elle contient. Il n'en est rien. Non seulement la température de 0° est insuffisante pour tuer les microbes mais même des températures bien inférieures sont sans effet.

Le refroidissement n'est pas cependant sans effet sur les eaux.

**Congélation.** — Lorsque l'eau se congèle c'est l'eau pure qui se solidifie la première, de sorte que les matières étrangères se concentrent dans l'eau-mère. L'eau de mer, par exemple, soumise à la congélation donne de la glace formée sensiblement d'eau pure. Ce qui fait que les navigateurs dans les régions polaires ne manquent jamais d'eau douce. M. A. Gautier



pense qu'on pourrait utiliser cette propriété à bord des navires pour se procurer de l'eau potable. Ce procédé serait probablement plus économique que la distillation.

Les eaux potables se comportent de même, la glace obtenue pourrait dans beaucoup de cas être employée à la place de l'eau distillée.

Les matières organiques sont aussi contenues en bien moindre quantité dans la glace que dans l'eau. Cela résulte des expériences de MM. Heyroth-Anthon et Rieder, James Carder, Chantemesse et Vidal ; si on examine comment se comportent les microbes, les conclusions sont toutes différentes, comme nous l'avons dit.

**Glace.** — La glace naturelle ou artificielle contient toujours des microbes, d'après M. Frankel.

M. Prudden a constaté que la glace bulleuse contient plus de microbes que la glace transparente.

La congélation, du reste, ne purifie pas l'eau complètement ; d'après des expériences faites dans le Massachussets, 69 % des impuretés de l'eau (évaluées en ammoniacque) restent dans la glace de neige, la glace ordinaire n'en retient que 12 %, la glace transparente 6 %. Le nombre des bactéries était, dans chaque cas, de 81 %, 10 %, 2 %.

D'après M. Riche la congélation élimine

moins de matières organiques que de matières minérales.

La glace d'eau distillée est sensiblement plus pure.

M. Riche a examiné la glace qui est consommée à Paris dans un rapport au Conseil d'hygiène fait au nom d'une commission composée de MM. Collin, Gautier, Brousse, Jungfleisch, Bezançon, Drujon.

L'étang de Chaville, l'étang de Tourvois, les étangs du château Frayel, la pièce d'eau des Suisses, à Versailles, les grands bassins du parc de Saint-Cloud, les lacs du bois de Boulogne et du bois de Vincennes fournissent la glace consommée à Paris.

Or, toutes ces eaux sont souillées par des eaux de ruissellement et par le mauvais entretien des rives. Il est donc évident que la glace doit contenir en grande quantité de la matière organique et de nombreuses colonies microbiennes.

On fait venir, en outre, de la glace de Suisse et de Norvège et enfin on emploie encore la glace artificielle.

Dans les départements, elle est empruntée soit à des lacs voisins des villes, soit aux glaciers des Alpes ou bien elle arrive de Norvège.

La situation est la même à l'étranger. Nulle part, il n'y avait de surveillance.

Le laboratoire municipal a examiné la glace consommée à Paris. MM. Girard et Bordas ont reconnu que la glace contient des quantités énormes de matières organiques et des microbes pathogènes tels que le *bacillus coli communis*, le *mesentericus vulgaris*, le spirille de Frinkler et Prior, le bacille des matières fécales.

La glace naturelle est donc impropre à l'alimentation. Il en est de même de la glace artificielle, quand elle est préparée avec de l'eau ordinaire et même, comme nous le verrons, quand elle est préparée avec l'eau de source distribuée par les villes, ces eaux pouvant être accidentellement contaminées; elle doit donc pour l'usage alimentaire être préparée avec de l'eau stérilisée ou distillée.

Le Conseil d'hygiène a attiré l'attention de la Ville de Paris sur cette question et une surveillance est maintenant établie sur la vente de la glace.

Les fabricants et les détaillants doivent avoir chez eux deux réservoirs à glace, l'un avec une *étiquette fond rouge (glace non alimentaire)* contient la glace destinée à rafraîchir les aliments mais elle ne doit jamais être mise en contact avec les aliments, l'autre portant une *étiquette fond blanc (glace alimentaire)* contient la glace réservée à la boisson, elle doit être fabriquée avec l'eau des sources qui alimentent Paris.

Comme nous venons de le dire, cette précaution est insuffisante : l'eau devrait être stérilisée ou distillée.

Il faut même employer des eaux peu salines qui donnent de la glace plus transparente, ces eaux salines donnant souvent un dépôt boueux d'un aspect peu agréable. Les matières salines et les microbes se réunissent au centre du bloc, de sorte que la glace est opaque au centre et transparente à la périphérie. L'eau pure donne de la glace transparente, mais, grâce à un tour de main, les fabricants ont trouvé le moyen de faire de la glace transparente avec de l'eau impure ; il ne faut donc pas s'y fier.

Non seulement les microbes pathogènes résistent très bien à l'action du froid, particulièrement le microbe de la fièvre typhoïde ; mais les matières congelées qui se conservent très bien, tant que le froid est maintenu dans le voisinage de 0, s'altèrent très vite aussitôt que la température s'élève et fait cesser la congélation ; les matières alimentaires doivent donc être conservées à une température voisine de 0 jusqu'au moment de la consommation ou au moins jusqu'au moment où elles sont livrées au consommateur qui ne doit pas les conserver longtemps.

**Action des grands refroidissements.** — Non seulement la congélation ne tue pas les mi-

crobes, comme nous l'avons dit, mais un froid plus énergique n'a également d'autre action que d'arrêter momentanément le développement, la végétation microbienne qui reprend quand la température remonte et redevient voisine de la normale.

La conclusion qu'on peut tirer de toutes les recherches faites sur ce sujet est donc que le froid efficace pour conserver les matières organisées ou vivantes, est incapable de priver l'eau et la glace des microbes qu'elles renferment.

Il est donc inutile d'essayer ces moyens de purification, la seule conséquence pratique qu'on peut en tirer c'est que le froid arrête le développement des microbes contenus dans l'eau et dans la glace.

Il faut, en outre, conserver l'eau potable dans des réservoirs aussi froids que possible.

## CHAPITRE III

—

### PURIFICATION PAR LA CHALEUR

Puisque le refroidissement est sans action sur les microbes, étudions quel sera l'effet de la chaleur sur les impuretés des eaux potables.

**Ébullition.** — Nous avons déjà signalé que l'acide carbonique libre et celui des bicarbonates se dégagent dans le voisinage de l'ébullition, et que le carbonate de chaux se dépose, il en résulte une grande diminution du degré hydrotimétrique, c'est-à-dire de la contenance en chaux et en magnésie pour les eaux carbonatées calcaires magnésiennes qui ne retiennent plus que les sels solubles. Si on concentrait l'eau, la purification se continuerait par le dépôt de certains sels peu solubles, mais qui, ordinairement, ne sont pas en assez grande quantité.

Pour les microbes, l'élévation de la température a des effets plus énergiques que le froid, à partir du moment où on atteint la température normale, les microbes recommencent à se déve-

opper, puis ils passent par une température variable pour chacun d'eux et qui leur est particulièrement favorable, c'est son *optimum* de température.

Cet *optimum* est, pour le *bacillus outhrain*, 20 à 25° ; le *bacillus subtilis*, 30° ; le bacille de la tuberculose, 37-38° ; le *bacillus typhosus*, 25-35° ; le *bacillus coli communis* résiste mieux à la chaleur, il se développe encore très bien à 46°.

Après l'*optimum*, la végétation diminue de vigueur et, à 60°, presque tous les microbes sont tués. Pasteur a montré que tous les microbes provenant des maladies des vins meurent à 50-60°, mais certaines espèces résistent mieux. Von Thiegen a décrit deux espèces, un *micrococcus* et un *bacillus* dont l'*optimum* est à 77°. Miquel a trouvé dans l'eau un bacille, le *bacillus thermophilus* qui se développe encore abondamment à 70°. Globig a décrit une bactérie qui se développe aussi à 70°.

Dans beaucoup d'eaux thermales, il y a des bactéries qui se développent aux points d'émergence où la température est encore plus élevée.

La végétation du bacille typhique s'arrête à 45°, 5, et celle du *bacillus coli communis* est encore active à cette température. Les spores des microbes résistent à des températures plus élevées encore. Miquel a montré qu'ils résistent à des

températures de 110, 120, 130 et même 145° ; dans l'air sec, à 150°, ils sont tués.

On voit donc que les microbes succombent tous à une température probablement inférieure à 100°. Un très petit nombre résiste cependant, ainsi que les spores. Miquel et Wada ont chauffé de l'eau ordinaire à des températures croissantes en la maintenant un quart d'heure à chacune des températures étudiées, ils ont obtenu pour l'eau puisée un robinet de l'Observatoire de Montsouris :

Température de l'eau	bactéries par centimètre cube
20° . . . . .	464
45 pendant 15 minutes . . . . .	396
55 . . . . .	33
65 . . . . .	20,8
75 . . . . .	9,6
85 . . . . .	6,6
95 . . . . .	2,8
100 . . . . .	3,3

Cette eau abandonnée à l'air à 24° a donné :

après 24 heures . . . . .	2,4
" 48 " . . . . .	116,0

D'après M. Guinochet, à 45°, on voit déjà les eaux s'appauvrir en microbes et, si la température est maintenue quelque temps, plusieurs micrococcus et quelques bactéries fragiles disparaissent ; à 50-55°, beaucoup de micrococcus et de bactéries sont tués ; à 60°, les mucédinées, les algues et la majorité des coccus disparaissent.



sent ; de 60 à 80°, il n'y a pas une grande diminution, il n'y a plus que quelques espèces qui fructifient à 70° ; après quinze minutes d'ébullition, il y avait encore en moyenne quatre germes par centimètre cube. L'ébullition détruit les microbes dans la proportion de 995  $\frac{0}{100}$ . Ce sont surtout les bacilles qui résistent le mieux même après plusieurs heures d'ébullition, mais il y a lieu de remarquer que les espèces pathogènes ne résistent pas à cette température.

D'autre part, Pasteur a montré qu'il faut aller jusqu'à 110 et 120° pour être certain que tous les microbes sont détruits. On voit, de plus, que l'eau reprend rapidement le chiffre des bactéries perdues.

Si on fait usage de l'ébullition simple, prolongée pendant dix ou vingt minutes, on a les plus grandes chances pour avoir détruit tous les germes et particulièrement les germes pathogènes (*bacillus typhosus* et *bacillus coli communis*) sauf les spores.

Ce procédé est employé de temps immémorial. En Chine et dans les régions voisines, ils aromatisent leur eau avec des infusions végétales, surtout le thé, et ils la battent à l'air pour l'aérer. Dans ces conditions, elle est assez bien supportée par l'estomac.

L'eau bouillie pure est lourde, indigeste, fade, même après avoir été aérée par le battage, elle

est encore désagréable et il ne faut pas oublier qu'à l'air, elle reprend rapidement, en même temps que de l'air, un grand nombre de bactéries qui, il est vrai, sont vraisemblablement inoffensives si elles ne proviennent des spores. Aussi ce procédé qui n'exige aucun appareil extraordinaire ne s'est pas vulgarisé, il est long, dispendieux et, en somme, il donne un produit peu apprécié comme goût.

**Chauffage sous pression.** — Le véritable procédé de stérilisation est le chauffage de l'eau sous pression dans un autoclave, on la filtre ensuite et on la laisse en contact avec de l'air filtré également ; de cette façon, on a une eau absolument stérilisée.

Un certain nombre d'appareils utilisent ce procédé.

Les appareils de la maison Rouart se composent :

1° D'une chaudière où se fait le chauffage de l'eau ;

2° D'un ou de plusieurs échangeurs de température ayant pour but d'économiser la chaleur tout en ramenant l'eau stérilisée au plus près de la température initiale ;

3° D'un ou de plusieurs clarificateurs destinés à arrêter les matières en suspension dans l'eau et à assurer à cette dernière une limpidité parfaite.

Suivant le type adopté, la chaudière est chauffée à feu nu, à la vapeur, au gaz ou au pétrole.

Les échangeurs sont des serpentins renfermés dans des enveloppes cylindriques. L'eau stérilisée circule dans les serpentins et se refroidit au contact de l'eau qui passe autour du serpentin en sens inverse en se réchauffant, elle atteint ainsi le voisinage de 100° et se rend à la chaudière, tandis que l'eau stérilisée ayant cédé sa chaleur se trouve ramenée presque à sa température primitive.

Les clarificateurs sont constitués par des cailloux concassés renfermés dans des vases en métal.

Les appareils fixes Rouart, Geneste et Herscher produisent de 200 à 800 litres à l'heure pour les villes et communes; les appareils mobiles sur roues, 300 litres à l'heure. Un appareil automatique pour les armées en campagne, est chauffé au gaz et fournit 75 litres à l'heure, il est destiné aux petites agglomérations (hôpitaux, écoles).

Le stérilisateur Vaillard et Desmaroux est fondé sur les mêmes principes.

L'appareil se compose du caléfacteur où l'eau est chauffée à la température convenable et le temps nécessaire pour la stérilisation, de deux échangeurs de température composés de lames

métalliques concentriques, enroulées, entre lesquelles circulent, d'une part, l'eau impure, d'autre part, l'eau stérilisée, les surfaces de contact étant les mêmes, l'eau qui sort a sensiblement la température, à 1 ou 2° près que l'eau naturelle. Cette température est mesurée par un thermomètre régulateur. Enfin deux régulateurs de pression, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie, complètent l'appareil.

**Appareil Kuhn « Girator ».** — L'auteur fait remarquer que la chaleur produit des effets utiles (destruction des microorganismes) et des effets nuisibles (précipitation, volatilisation, dissociation, décomposition) qui constituent le goût de cuisson, les premiers peuvent être obtenus avant les seconds en hâtant les premiers en retardant les seconds et en cessant l'action de la chaleur aussitôt qu'on a obtenu les effets utiles.

M. Kuhn a combiné un appareil pour réaliser ces conditions, soit au point de vue industriel, soit au point de vue agricole, soit pour l'emploi dans les ménages pour la stérilisation de l'eau et de tous les liquides susceptibles d'altération.

L'appareil des ménages se compose d'une bouteille qu'on emplit du liquide à traiter, on bouche avec une vis-robinet et on plonge dans l'eau bouillante pendant vingt minutes, on imprime alors un mouvement de rotation pour

uniformiser la température, puis on plonge dans l'eau froide. Le liquide est alors stérilisé.

Cet appareil est conçu sur le même principe que les grands appareils industriels : Pression de dilatation, argenture des parois de la bouteille, instantanéité du chauffage et du refroidissement.

**Distillation.** — Théoriquement, c'est le procédé le plus parfait de purification puisqu'on enlève toutes les matières minérales et organiques, mortes ou vivantes.

En pratique, il n'en est pas tout à fait de même ; l'eau distillée n'est pas une eau potable à proprement parler, elle est d'un goût fade encore plus désagréable que l'eau bouillie. De plus, sa préparation exige quelques précautions : au commencement, il se dégage un peu d'ammoniacque provenant de la décomposition des sels ammoniacaux ; à la fin, il se dégage un peu d'acide chlorhydrique provenant de la décomposition du chlorure de magnésium. Ce dernier défaut peut être évité facilement et n'est pas à redouter en pratique où l'on emploie plutôt des appareils continus, les sels de l'eau ne sont donc jamais chauffés par l'action directe du feu. Enfin elle a une odeur empyreumatique connue sous le nom de *goût de feu*, qu'elle soit distillée à feu nu ou à la vapeur, dans des vases en cuivre ou en verre.

Cette saveur est due à la décomposition des matières organiques, elle disparaît par l'oxydation à l'air, par l'action du charbon, par la congélation. Il lui manque aussi les gaz des eaux potables ; acide carbonique, oxygène et azote.

L'eau distillée peut être obtenue exempte du goût de feu en ajoutant dans l'alambic 1 ou 2 millièmes de permanganate de potasse qui détruit les matières organiques. On peut également lui rendre facilement les gaz de l'air par l'agitation et enlever sa fadeur en ajoutant 0<sup>gr</sup>,05 de sel marin et 0<sup>gr</sup>,15 de bicarbonate de chaux par litre.

L'usage de l'eau distillée est très commode dans la marine et en médecine dans quelques circonstances. Dans l'industrie, elle serait très avantageuse, mais son prix est trop élevé, on n'emploie aux usages industriels que les eaux de condensation de la vapeur, mais ces eaux sont souvent impures (eau des condenseurs), elles contiennent fréquemment des matières grasses provenant des huiles de graissage. Celle des appareils à double fond et celle des serpentins sont assez pures.

En somme, l'eau distillée n'est employée que dans la marine, on se sert fréquemment de l'appareil Perroy.

L'appareil se compose de trois parties : l'aérateur, le réfrigérant et le filtre à noir animal ;

l'aérateur est placé devant le réfrigérant sur le passage de la vapeur qui vient des chaudières du bâtiment, il se compose de deux cônes entrant l'un dans l'autre, le cône extérieur communique avec l'air par un robinet, la vapeur arrive dans le cône intérieur, passe dans le cône extérieur, entraîne une grande quantité d'air, puis la vapeur se condense dans le réfrigérant tubulaire au milieu d'une masse d'air dont elle se sature, enfin elle se rend dans la caisse à noir où elle se filtre et se débarrasse du goût de feu, l'eau de mer pour la condensation arrive par le seul effet de la diminution de densité. Les grands appareils produisent 10 000 litres par vingt-quatre heures, les petits produisent 6 000 et 3 500 litres.

---

## CHAPITRE IV

---

### PURIFICATION PAR LA DÉCANTATION

**Citernes. Réservoirs.** — La décantation ne purifie l'eau que des matières solides qu'elle tient en suspension. La purification, comme on le voit, est très sommaire.

La décantation consiste à laisser reposer l'eau, les matières solides se déposent peu à peu et se réunissent au fond, la partie supérieure s'éclaircit, on la sépare au moyen de robinets placés sur la paroi latérale.

La décantation n'est pas toujours facile, certains dépôts se déposent très lentement, d'autant plus lentement que l'eau est moins chargée de sels, les eaux salines se clarifient plus vite; c'est ce qui explique la formation des deltas à l'embouchure des fleuves à cause du mélange avec l'eau de mer.

La décantation se fait soit dans des appareils intermittents, soit dans des appareils continus. Le premier procédé exige des réservoirs de grandes dimensions qui ne permettent pas son



emploi lorsqu'il faut une grande quantité d'eau. Les appareils continus ne réalisent qu'une décantation imparfaite, les précipités lourds et grossiers se déposent seuls. Elle n'est employée que dans l'industrie, ou comme opération préliminaire de la filtration ; on facilite la décantation par l'addition d'une certaine quantité de sels solubles ou bien par la formation dans le liquide d'un précipité qui entraîne les matières en suspension ; on emploie particulièrement pour cet usage les sels d'alumine et de fer seuls ou additionnés de chaux, mais ces procédés ne peuvent être employés que dans l'industrie ou, comme nous le verrons, pour le traitement des eaux d'égout et des eaux résiduaires de l'industrie.

La décantation a aussi une action sur les microbes ; après huit jours de repos, l'eau ne contient plus que 6 % des microbes qu'elle contenait.

La décantation, pour les eaux potables, est surtout employée pour la conservation des eaux ; on se sert alors de citernes ou de grands réservoirs en maçonnerie dans le cas où il faut conserver l'eau pour l'approvisionnement d'une ville. Envisagée à ce point de vue, la décantation ne doit employer que des eaux sensiblement pures qui, seules, peuvent se conserver un peu de temps. Les eaux des villes, qui proviennent de sources ou qui ont subi une purification préa-

lable comme nous le verrons, sont dans de bonnes conditions ; il n'en est pas de même dans l'économie domestique où l'eau conservée dans les citernes est l'eau de pluie déjà saturée de germes atmosphériques et de nitrates et qui a, en outre, servi auparavant à laver les toits souillés par les déjections des oiseaux ; il faut tenir compte que ces réservoirs ne sont souvent nettoyés qu'à de très longs intervalles, car il faut compter avec la négligence et l'indifférence du public. C'est évidemment un mauvais procédé pour avoir de l'eau potable, surtout maintenant, car les appareils permettent, comme nous allons le voir, de produire facilement de l'eau potable au moment du besoin, ce qui vaut bien mieux que de conserver de l'eau malpropre. L'eau conservée dans des bassins pour le service du culte sous le nom d'eau bénite rentre dans la catégorie des eaux de citerne, elles peuvent être polluées non seulement par la stagnation, mais par les microbes provenant du contact avec les mains. Elle n'est pas heureusement destinée à la boisson.

---

## CHAPITRE V

---

### PURIFICATION PAR LA FILTRATION

La filtration a pour but de séparer d'un liquide les matières qu'il contient en suspension.

Autrefois on était satisfait quand un filtre fournissait une eau claire et limpide. Aujourd'hui ce n'est plus suffisant.

Une filtration sera d'autant plus parfaite que le sable sera plus fin, puisque les vides seront moins grands, les particules solides seront donc mieux retenues et, de plus, l'action capillaire se fera sentir d'une façon bien plus énergique. L'étude de la filtration est surtout intéressante au point de vue de l'action sur les microbes, le meilleur filtre sera nécessairement celui qui en retiendra le plus. Les microbes sont retenus non seulement par la petitesse des pores, mais encore et surtout par une adhérence à la surface des parois des pores. Sans cela, les filtres à sable n'en retiendraient pas, aussi tous les filtres retiennent des microbes en plus ou moins grande quantité, c'est ce qui résulte des expériences de Frankland.

L'action sur les matières d'origine microbienne a été étudiée par Arloing qui a montré que le filtre Chamberland appauvrit le liquide d'une quantité très appréciable de matières azotées et hydrocarbonées. Les bougies ne se comportent pas également et les bougies ayant servi présentent encore de plus grandes différences.

Pour résumer, on voit que les filtres retiennent des matières minérales solubles et aussi des matières organiques, mais les différents produits n'agissent pas de la même façon ; il en résulte que les filtres s'imprègnent très vite des éléments renfermés dans l'eau et qu'ils deviennent peu à peu eux-mêmes très aptes à nourrir les microbes qui, alors, se développent dans les pores du filtre comme ils faisaient dans l'eau ; ils végètent ainsi de proche en proche à travers le filtre et bientôt on les trouve dans l'eau filtrée, c'est pour cela qu'un filtre ne dure pas indéfiniment, non seulement la filtration au bout d'un certain temps finit par s'arrêter, mais bien avant ce moment les microbes passent à travers par le phénomène de vie que nous venons de signaler. Il peut même s'en trouver plus dans l'eau filtrée que dans l'eau brute.

La grosseur des intervalles moléculaires joue certainement un grand rôle dans la filtration, mais n'en est pas le facteur unique, il n'y aurait aucune bougie qui retiendrait les microbes si la

grosseur des pores était le seul obstacle à leur passage. Or, il est incontestable que les bougies ne laissent passer les microbes qu'au bout de quelque temps. Ce n'est pas non plus un passage des spores microbiennes d'une paroi à l'autre, mais un cheminement mycélien à travers la route tortueuse que laissent entre elles les molécules de porcelaine.

Les expériences de M. Lacour, pharmacien principal de l'armée, ont établi que les filtres Chamberland sous pression donnent un liquide stérilisé pendant longtemps ; avec une pression de 1 atmosphère, dix jours après, l'eau était encore stérile, avec 2 atmosphères, l'eau est restée stérile jusqu'au quatrième jour, mais le cinquième jour il y avait quelques germes et le nombre des germes augmentait toujours jusqu'au dixième jour, mais leur nombre était toujours inférieur à celui de l'eau avant filtration ; avec une pression de 3 atmosphères, les germes commencent à passer le troisième jour et le cinquième jour leur nombre est plus grand que dans l'eau non filtrée, ce qui prouve bien que ce n'est pas un simple passage, il faut donc opérer sous la pression la plus réduite et stériliser tous les trois jours, si la pression ne peut pas être réduite.

Le Dr Guinochet a établi les mêmes faits et est arrivé aux mêmes conclusions que M. Lacour. La poudre dite d'entretien employée dans

les nettoyeurs André n'a aucune importance. M. Miquel est aussi arrivé aux mêmes résultats.

Il faut joindre à ces données que la nature des bougies a une grande influence, elles ne filtrent pas l'eau avec la même rapidité, la vitesse de filtration est très variable. M. Guinochet a obtenu avec trois bougies prises au hasard les vitesses 200, 150, 80 litres à l'heure.

Pour la raison du passage des microbes à travers les bougies, M. Bourquelot pense qu'il y a une attraction qui retient les microbes, attraction comparable à celle du charbon animal qui retient les matières colorantes jusqu'à ce qu'il en soit saturé, après quoi il les laisse passer.

M. Lacour croit que la pression a une influence très grande, ainsi que les chocs et les coups de bélier qui se produisent dans les conduites quand on ouvre et ferme des robinets.

Pour M. Guinochet, les chocs et les coups de bélier n'ont pas une grande importance car les microbes passent toujours, même sans pression ; c'est aussi l'opinion de M. Miquel. La température a aussi une grande influence, ce qui s'explique très bien par la végétation dans l'intérieur de la paroi de porcelaine. La nécessité du nettoyage fréquent des filtres est la conséquence des expériences précédentes.

Chamberland a proposé de les faire bouillir

dans l'eau acidulée; on a proposé aussi l'eau bouillante qui peut être insuffisante à moins d'être prolongée longtemps.

L'ingénieur André a proposé de les faire bouillir sous pression avec une dissolution de carbonate de potasse, cette opération est d'une exécution difficile.

Le D<sup>r</sup> Linon conseille le lavage à l'eau bouillante, le passage dans un four à flamber à 150°, le chauffage dans une étuve Herscher sous une pression de quatre atmosphères suivie d'une décompression rapide.

Mais tous ces appareils ne sont pas pratiques et exigent des ouvriers spéciaux. .

L'emploi d'un liquide antiseptique serait bien plus simple.

M. Lacour a proposé l'alcool qui est beaucoup trop cher puis une solution d'alun à 10 grammes par bougie.

Pour M. Guinochet, l'alun a un inconvénient, c'est qu'il est incolore et qu'on ne voit pas quand il n'y en a plus dans l'appareil. Il propose, à cause de cela, le permanganate de potasse, sel très antiseptique, dont la coloration rose permet de suivre la marche de l'opération, de l'arrêter quand la stérilisation est obtenue et de cesser les lavages quand l'élimination est complète.

Voici comment opère M. Guinochet. Après

avoir démonté les bougies, il les plonge dans une solution de permanganate à  $\frac{1}{1000}$ , de façon à ce que la bougie se remplisse de liquide rouge ; après un quart d'heure de contact, on les vide, on les lave à l'eau froide, puis on les remet en place et on fait passer l'eau à travers le filtre, on la rejette jusqu'à ce qu'elle passe incolore ; après plusieurs nettoyages au permanganate, les bougies, dont les pores sont obstruées par l'oxyde de manganèse déposé, ne filtrent plus ou bien plus lentement.

M. Guinochet propose alors de les traiter par une solution de permanganate à  $\frac{5}{1000}$  pour les stériliser complètement, puis par une solution de bisulfite de soude à  $\frac{1}{20}$ , qu'on prépare avec la solution du commerce de densité 1,300 en mêlant 50 centimètres cubes de cette solution avec 950 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique qu'on ajoute au moment de l'emploi.

Il résume ainsi les résultats de ses expériences sur le nettoyage des filtres :

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

« 2° Toutes les semaines (plus souvent, seulement si l'eau est très impure) une stérilisation à froid au moyen d'une solution de permanganate à  $\frac{1}{1000}$ .

« 3° Faire trois ou quatre fois par an un nettoyage



à fond en faisant usage successivement d'une solution de permanganate à  $\frac{5}{1000}$  et d'une solution de bisulfite à  $\frac{1}{20}$  ».

En résumé, un filtre doit être nettoyé souvent dans les conditions les plus favorables relativement à la nature de la matière qui doit être telle que les microbes la traversent difficilement soit à cause de la petitesse des pores, soit à cause de la puissance d'attraction du filtre. Il ne faut pas non plus que la matière du filtre offre par elle-même un aliment favorable aux microbes. Ce qui arrive pour le noir animal qui contient du phosphate de chaux, et pour les charbons en général qui contiennent des sels minéraux favorables à la vie végétale. Il faut rejeter aussi les matières d'origine animale et végétale telles que les éponges, les tissus de laine, de coton, etc., qui sont trop altérables sous l'influence des ferments et des microbes et d'un nettoyage difficile : c'est là encore un point important à considérer, c'est ce qui fait le succès des filtres exclusivement minéraux.

Un filtre doit donc remplir plusieurs conditions :

Ne pas laisser passer les microbes, condition essentielle ;

Avoir la plus grande action possible sur les éléments chimiques solubles ;

Être formé de matières inaltérables ;

Être d'un nettoyage facile et pas trop fréquent.

Cette dernière condition a été évitée dans certains filtres récents, la membrane filtrante est une membrane cellulosique ; comme son prix est très modique, au lieu de la nettoyer on se contente de la remplacer par une membrane nouvelle.

Cette plaque de cellulose est-elle suffisamment résistante au passage des microbes ; *a priori*, on serait tenté de répondre non, car cette membrane n'est, en somme, qu'un papier à filtrer épais.

C'est ce produit qui, sous le nom de plaque, pastille ou porcelaine de cellulose, est aujourd'hui préféré par le public comme matière filtrante. Sa valeur stérilisante est attestée par des travaux du D<sup>r</sup> Pottevin, directeur du laboratoire de l'Institut Pasteur, et la durée de cette action serait, paraît-il, de neuf à dix jours.

La forte puissance attractive de la cellulose pour les microbes est, sans doute, la cause de leur longue durée.

La grande vogue dont jouissent les filtres auprès du public explique leur grand nombre. Le défaut commun à tous les filtres c'est qu'on ignore le moment où le filtre est hors de service, rien n'indique ce moment qui est nécessairement variable non seulement avec la matière du filtre,

mais même pour une même espèce. Nous avons vu que les bougies filtrent très inégalement, de plus, la quantité d'eau filtrée varie suivant les besoins du consommateur. On ne peut donc pas dire, il faut stériliser ou changer le filtre tous les dix jours ou tous les cinq jours et il est très possible que, un jour ou deux auparavant, le filtre laissait déjà passer les microbes.

**Filtres en porcelaine.** — Les filtres en porcelaine sont très nombreux ; les auteurs paraissent être préoccupés surtout de diminuer la dimension des pores.

**Filtre Chamberland (fig. 1).** — Le filtre Chamberland est le plus répandu. C'est une bougie en porcelaine déformée. L'eau arrive dans un cylindre qui entoure la bougie, traverse la paroi de porcelaine et coule goutte à goutte par le petit orifice de la bougie. Le cylindre se visse sur le robinet par lequel arrive l'eau. En réunissant plusieurs bougies ensemble, on a une batterie qui peut fournir une plus grande quantité d'eau. On peut égale-

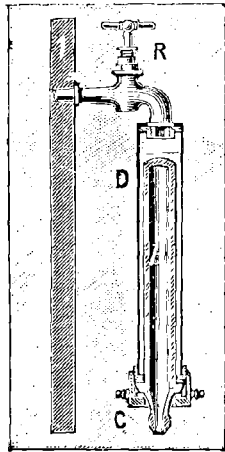


Fig. 1

ment filtrer l'eau sans pression, on plonge alors la bougie (fig. 2) dans un réservoir dans lequel

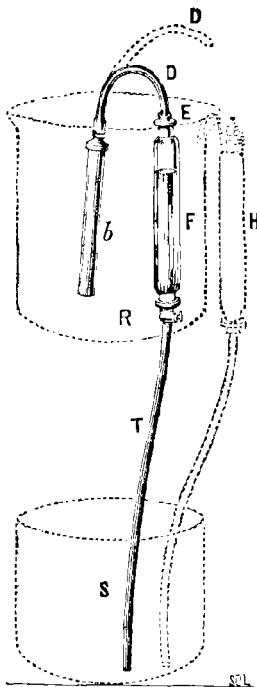


Fig.

on met l'eau à filtrer, le petit bout de la bougie en haut, on y fixe un tube de caoutchouc, puis un tube de verre du volume de la bougie et enfin un dernier tube de caoutchouc qui se rend dans le réservoir. On remplit le tube de verre avec de l'eau filtrée antérieurement ou avec de l'eau bouillie, puis on laisse couler, l'eau en coulant produit une aspiration, l'eau monte dans la bougie et s'écoule.

On peut réunir aussi plusieurs bougies pour faire une batterie.

Ainsi que nous l'avons dit, il se forme à la surface de la bougie une couche de matière glaireuse qui devient un excellent terrain de culture pour les microbes.

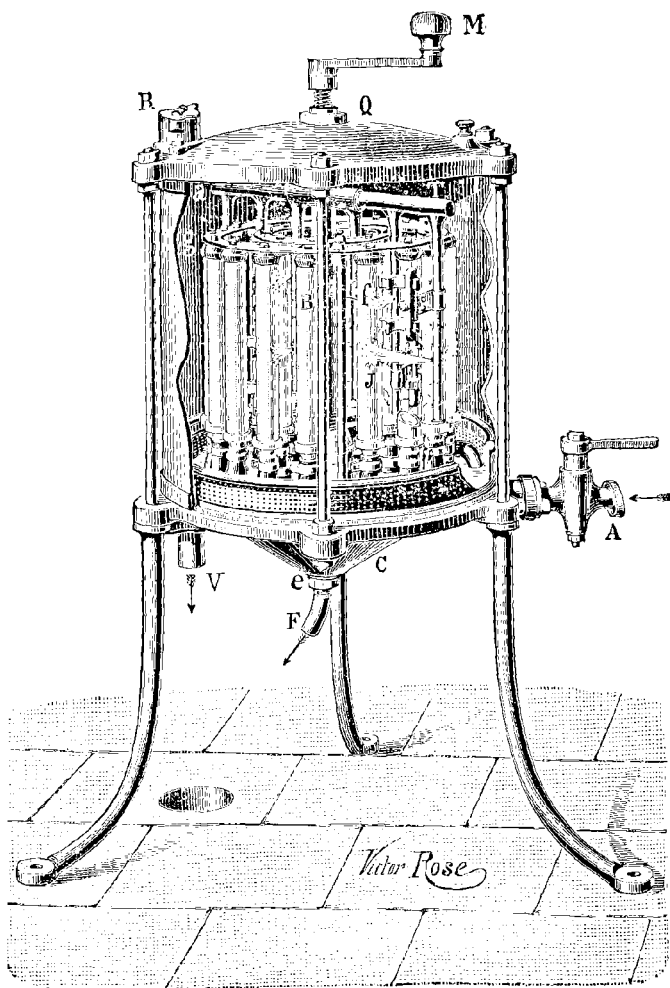
Il est nécessaire de détruire cette membrane,

on y arrive au moyen du nettoyeur André. Voici sa disposition (*fig. 3*).

Les bougies sont placées sur plusieurs rangs concentriques et espacées de 0<sup>m</sup>,06 en tous sens, elles sont fixées sur le plateau du fond sur des têtes, au moyen d'un tube de caoutchouc, les bougies sont maintenues rigoureusement parallèles.

Le nettoyeur est en forme de peigne, il se déplace par un mouvement de rotation entre les rangs des bougies. Le mouvement a lieu à droite et à gauche et est combiné avec un mouvement alternatif vertical, de sorte que tous les points des bougies sont frottés successivement par le frotteur en caoutchouc en même temps qu'un jet d'eau débarrasse la bougie des impuretés détachées par le frotteur; une manivelle extérieure fixée sur un axe vertical qui passe dans un presse-étoupes met en mouvement les brosses. On introduit dans l'appareil une poudre inerte qui facilite le nettoyage en formant une gaine sur la bougie, gaine qui la sépare des dépôts glaireux. Cette poudre est du poussier de bois et de la grenaille de liège. Cette dernière a été supprimée à la suite des observations de MM. Lacour et Guinochet sur son inutilité. En outre, le nettoyeur empêche la rupture des bougies et augmente le rendement des filtres.

Un grand nombre de filtres sont construits



d'après le même principe que le filtre Chamberland, il nous parait inutile de les signaler.

**Filtre Varrall-Brisse.** — C'est un récipient sphérique séparé en deux parties par une plaque de porcelaine dégourdie. L'eau arrive d'un côté et traverse la paroi filtrante, elle se réunit dans l'autre compartiment en comprimant l'air contenu de sorte qu'on retire de l'eau sous pression. On peut également par un autre robinet avoir de l'eau non filtrée du premier compartiment. Pour nettoyer le filtre, on retire précisément de l'eau non filtrée du premier compartiment, l'eau filtrée sous l'influence de la pression repasse dans l'autre compartiment à travers la porcelaine en sens inverse, ce qui nettoie les pores de la plaque. Pour nettoyer plus complètement, on fait tourner un bouton extérieur qui porte à l'intérieur deux pierres qui frottent sur la plaque de porcelaine.

**Filtre Berkefeld.** — Ce filtre employé en Allemagne est une bougie en porcelaine de terre d'infusoires ou farine fossile. Il ressemble au filtre Chamberland mais la filtration a lieu tantôt de dehors en dedans, tantôt de dedans en dehors. Elles donnent de l'eau pure de germes pendant six à sept jours et sont très fragiles. Cette porcelaine est employée également dans les filtres Howatson.

**Filtre Garros.** — Ces filtres sont en porce-

laine d'amiante. On prépare la porcelaine d'amiante suivant les indications de Garros, en pulvérisant l'amiante. On en fait une pâte qu'on cuit à la température de 1200° dans un four à porcelaine.

**Filtre Maillé.** — L'aériefiltre Maillé est une bougie en porcelaine d'amiante qui fonctionne sous pression, l'air passe de dedans en dehors. Dans d'autres modèles, l'eau passe de dehors en dedans.

Les fontaines filtrent sans pression.

La porcelaine d'amiante a les pores plus petits et plus réguliers que la porcelaine ordinaire, aussi la durée de bon fonctionnement du filtre est beaucoup plus longue.

D'après les expériences de M. Miquel, après douze jours de filtration, l'eau filtrait encore sans laisser passer de microbes.

D'après tous les essais, les filtres en porcelaine d'amiante sont les plus parfaits.

**Filtre Breyer.** — L'amiante est aussi employée en nature sous forme de disque comprimé entre deux grilles métalliques en laiton nickelé, à mailles capillaires. On les encadre de caoutchouc, pour éviter les fuites ; l'eau passe à travers le disque ainsi formé. On stérilise la plaque à l'étuve avant de l'employer. Une ouverture percée entre les deux grilles porte un tube par lequel sort l'eau filtrée.



Le système est plongé dans l'eau à filtrer, la filtration se fait donc par les deux faces. La pâte d'amiante retient très bien les matières colorantes. Elle retient aussi assez bien les microbes, mais pas d'une façon complète.

**Filtre Arnold et Schimmer.** — C'est également une pâte d'amiante ou de cellulose com-

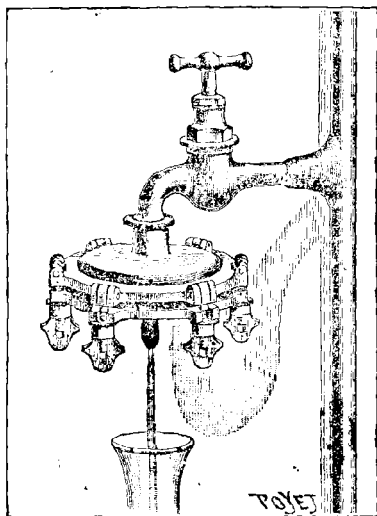


Fig. 4

primée entre des plaques métalliques percées de trous. On les réunit les unes au-dessus des autres dans un récipient. L'eau les traverse de bas en haut. On les nettoie au moyen d'un sys-

tème de frottoirs qui agissent sur les différents plateaux au moyen d'une manivelle.

**Filtres Grandjean** (*fig. 4*). — Ces filtres sont faits avec pâte de cellulose comprimée enfermée entre deux grilles métalliques, le tout contenu entre deux plaques formant un élément de filtre-pressé. Chaque plaque porte un orifice muni d'un tube de caoutchouc. On plonge l'un des tubes de caoutchouc dans l'eau et on aspire au moyen d'une poire de caoutchouc. Un autre filtre plus petit est simplement formé d'une capsule de cellulose appliquée sur une coupelle métallique portant un tube de caoutchouc, on le plonge dans l'eau en aspirant.

Les filtres Grandjean sont la propriété de la maison de l'Eden-filtre.

**Eden-filtres** (*fig. 5 et 6*). — Les Eden-filtres

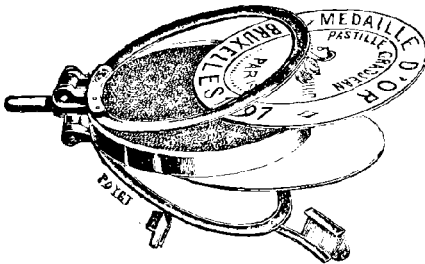


Fig. 5

différent des Grandjean, bien qu'ils soient aussi formés par une plaque de cellulose. Ils sont

formés d'un disque de charbon portant un raccord qui se fixe sur un support ou auquel on adapte un tube de caoutchouc ; sur ce disque de charbon s'applique, sur chaque face, une

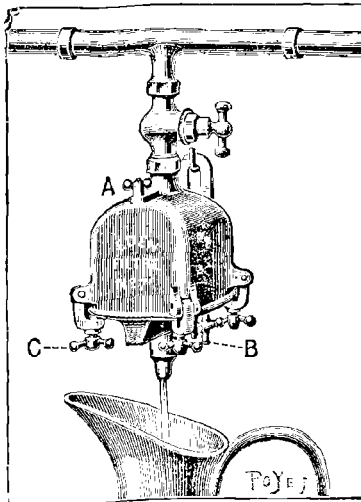


Fig 6

plaque de cellulose ; deux rondelles métalliques se ferment par dessus, on plonge le système dans l'eau et on aspire. L'eau filtre par les deux faces et s'écoule par le tube.

Dans les modèles plus parfaits, le système est enfermé dans un récipient métallique dans lequel arrive l'eau qui filtre comme précédem-

ment et s'écoule par l'ajutage. On peut réunir plusieurs éléments en les fixant sur des ajutages se réunissant à une colonne centrale placée dans un récipient dans lequel arrive l'eau, ils fonctionnent avec ou sans pression.

**Filtre Pottevin** (*Société générale des filtres pasteurisants*). — Ces filtres, très analogues aux filtres Grandjean, ont été établis à la suite des expériences du Dr Pottevin, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, qui a étudié la propriété de la plaque de cellulose nommée, par les auteurs, *porcelaine de cellulose*.

Pour les grands débits, les éléments sont réunis sous la forme des filtres-presses industriels.

**Filtres à sable.** — Pour de grandes quantités d'eau, on ne peut employer les filtres précédents. Pour l'alimentation des villes, on se sert de filtres à sable.

Ces filtres donnent une eau parfaitement débarrassée de ses matières en suspension et de la plus grande partie des microbes qu'elle contient, mais puisqu'il en reste, s'il y avait des microbes pathogènes dans l'eau primitive, il est évident qu'il pourra s'en trouver aussi dans l'eau filtrée. Certains microbes, celui du choléra et le typhique, passent malgré toutes les précautions.

Pour mettre un filtre en activité, on fait arriver de l'eau pure par la partie inférieure jusqu'au niveau du trop-plein, puis on fait arriver

par en haut l'eau impure, de façon à faire sur le sable une couche de 1 mètre environ. Au début la filtration n'est pas bonne, elle ne devient réelle au point de vue des microbes que quand il s'est formé à la surface une couche glaireuse qui retient les microbes, alors la filtration marche bien jusqu'à ce que les microbes en cheminant dans le sable aient traversé le filtre. A chaque nettoyage, on enlève la couche glaireuse et le filtre recommence de filtrer mal jusqu'à ce qu'elle soit reformée.

Pour recueillir une bonne eau, il ne faut pas aller trop vite, il ne faut pas filtrer plus de 3 mètres cubes en 24 heures par mètre carré avec un maximum de 6 mètres cubes si l'eau est très pure.

Il faut faire l'examen bactériologique tous les jours de l'eau brute et de l'eau filtrée. Il n'y a aucun rapport entre le nombre des germes de l'eau brute et de l'eau filtrée.

Voici, d'après l'ingénieur Roger Chavannes, les conditions qu'il faut adopter pour avoir une bonne filtration :

1° Ne jamais pratiquer le lavage du filtre par retournement du courant d'eau. Ce moyen a plusieurs inconvénients, outre qu'il est souvent pratiqué avec de l'eau impure, il n'a comme avantage qu'une économie de main-d'œuvre et de sable.

2° Ne jamais dépasser la vitesse de  $\frac{1}{20}$  de millimètre par seconde, dans le filtre quelle que soit la température.

3° N'employer que des filtres entièrement isolés du sol par une surface absolument étanche soit contre les bords, soit surtout au fond.

4° Admettre comme minimum de sable fin, 80 centimètres en comptant en sus l'épaisseur usée entre deux renouvellements de sable sur 0,50 au moins.

5° Ne jamais faire fonctionner un filtre plus de 15 jours de suite et, si possible, procéder par voie de mouillages et séchages successifs rapprochés.

6° Procéder au nettoyage fréquent en enlevant chaque fois 2 centimètres d'épaisseur.

7° Prendre, comme surface de filtrage, le double de celle qui résulte du calcul sur la vitesse de  $\frac{1}{20}$  de millimètre par seconde et n'avoir que les  $\frac{2}{3}$  de la surface utilisée au plus à la fois.

8° Avoir les filtres à l'air libre en les protégeant de la congélation par des toitures sur piliers ou mieux encore en chauffant l'eau par injection de vapeur.

9° Nettoyer le sable enlevé à chaque nettoyage avec des machines, jamais à la main et avec une grande quantité d'eau. Le déchet doit être d'au moins 50 % avec du sable fin (2 à 3 millimètres)

sans poussier, ne pratiquer le nettoyage que quand on a une grande quantité de sable 100 mètres cubes au moins ou mieux avoir une bonne carrière de sable à bon marché. La rareté du sable est dans les  $\frac{9}{10}$  des cas, la cause des mauvais résultats obtenus (*communication particulière*).

En somme, on voit que, théoriquement, le fonctionnement des filtres à sable est le même que celui des bougies, le résultat est moins parfait, la filtration dure moins longtemps relativement. Pour la même raison que pour les filtres à bougies, la surveillance doit être sévère et il est nécessaire de nettoyer fréquemment les filtres.

La filtration par le sable peut se faire de plusieurs manières suivant les commodités locales.

A Toulouse, à Lyon, on a établi des galeries filtrantes latérales au fleuve.

En général, on préfère le système des filtres proprement dits. Un filtre est un grand réservoir contenant une couche de gros gravier, puis du sable fin. L'eau arrive sur le sable fin, puis sur le gravier et va dans les conduits de distribution qui partent du fond du bassin. De temps en temps, on enlève la partie supérieure du sable du filtre et on la remplace par du sable neuf, il faut toujours avoir plusieurs bassins pour ne pas avoir d'interruption.

On emploie beaucoup ce système en Angle-

terre, on fait d'abord subir à l'eau une décantation sommaire, puis elle se rend aux bassins de filtration.

La théorie de ces filtres est la même que celle des filtres à porcelaine. Ce n'est pas la finesse des pores du sable qui retient les microbes, mais la surface des grains de sable et particulièrement la masse microbienne vaseuse qui se forme à la surface. Les microbes sont donc répandus dans les diverses couches du filtre, c'est pourquoi il ne faut pas filtrer trop vite, R. Koch conseille la vitesse de 100 millimètres à l'heure; avec une faible vitesse, les microbes sont retenus dans la couche supérieure du filtre.

La présence des microbes dans les différentes couches du filtre expliquent pourquoi les matières organiques disparaissent en partie pendant la filtration et servent de nourriture aux microbes, de là, une série de transformations des produits organiques. A Zurich, on a trouvé les chiffres suivants pour les résultats moyens de l'année 1888.

Désignation	Oxygène consommé	Ammoniaque albuminoïde	Ammoniaque libre	Microbes
Avant filtration . .	3,76	0,039	0,009	18 800
Après filtration . .	3,04	0,023	0,003	19 0000



Elle perd donc une grande partie de sa matière organique, de son ammoniaque et de son oxygène.

C'est dans les couches supérieures que se fait cette consommation de matières organiques parce que c'est là qu'elle est en plus grande proportion.

La purification est donc due aux microbes eux-mêmes, nous verrons plus loin qu'on a utilisé ce principe pour la purification des eaux d'égoût par les bactéries elles-mêmes.

La conséquence de ces recherches est évidemment que jamais un filtre ne peut retenir tous les microbes, la cause de la disparition d'un grand nombre vient de ce que au-dessous de la surface du filtre les microbes n'ont à leur disposition que les résidus de la vie des microbes de la couche supérieure, résidus qu'ils ne peuvent plus utiliser, il y a donc toujours des microbes dans l'eau filtrée.

Il n'est donc pas possible d'avoir une eau sans microbes, mais, en général, ces microbes ne sont pas pathogènes, est-ce suffisant, non, car nous ignorons encore bien des choses sur ces êtres mystérieux. La distinction même des différentes espèces pathogènes n'est pas toujours sûre.

Nous ignorons si certains microbes indifférents ne se transforment pas, dans certaines con-

ditions, en microbes dangereux, ou ne prêtent pas leur concours aux espèces pathogènes.

Ces considérations sont la condamnation théorique des filtres, en général, et des filtres à sable, en particulier.

Nous renvoyons pour l'étude complète des théories de la filtration au très intéressant travail du D<sup>r</sup> Guinochet (*Thèse de doctorat en médecine*, 1894) auquel nous avons fait de nombreux emprunts.

**Filtres à charbon.** — Nous avons dit précédemment que l'emploi du charbon pour la filtration offre au point de vue microbien un grand défaut, il contient des matières salines qui forment pour les microbes de bons terrains de cultures, d'autre part, il manifeste une grande affinité d'attraction pour les matières organiques ce qui augmentera encore sa qualité nutritive pour les microbes. Il est donc certain qu'il absorbera les matières salines, les matières colorantes, les matières organiques et les microbes mais pendant peu de temps ; il perdra rapidement son action, c'est ce qu'ont montré les expériences du D<sup>r</sup> de Chaumont, celles de Frankland signalées précédemment, il faudrait donc le renouveler fréquemment, plus fréquemment encore que les filtres en porcelaine ou le stériliser. Dans quel état faut-il l'employer ?

M. Malméjac dans des expériences récentes a

essayé le charbon de bois brut débarrassé de poussière, le charbon de bois lavé à l'eau distillée bouillante et le charbon de bois rougi au feu.

Il a constaté que le premier est sans action sur les matières organiques, les deux autres ont beaucoup diminué les matières organiques, son action épurante est limité à cinq jours, il y a du reste des matières organiques qui ne sont pas absorbées par le charbon même après plusieurs traitements par du charbon neuf. L'épuration n'est pas proportionnelle à la quantité de charbon employée en une seule fois ou en plusieurs.

Il paraît donc que les filtres au charbon n'offrent aucun avantage sur les autres filtres et qu'ils en ont tous les inconvénients, leur durée est plutôt moindre.

•

---

## CHAPITRE VI

—

### PURIFICATION CHIMIQUE.

Au moyen de réactifs chimiques appropriés, on peut toujours faire disparaître l'un quelconque des éléments chimiques de l'eau, mais ainsi que nous l'avons expliqué ce n'est là qu'un point peu important de la purification des eaux potables.

Certains produits, en même temps qu'ils agissent chimiquement sur les éléments de l'eau, agissent aussi sur les microbes et sur les matières organiques, et forment souvent une combinaison analogue aux laques.

Enfin, d'autres n'agissent que sur les microbes et sur les matières organiques, mais, dans tous ces procédés, il se forme des précipités qui troublent l'eau. L'épuration chimique doit donc nécessairement être suivie d'une filtration, mais cette filtration est bien simplifiée si le réactif tue les microbes, elle n'a plus pour objet que de séparer un précipité comme la décantation ou la filtration ordinaire.

Il n'y a donc plus à s'inquiéter de la durée du filtre, ni de savoir s'il peut laisser passer les microbes puisque ceux-ci n'existent plus, d'où une grande simplification et une grande sécurité pour le consommateur.

Autrefois on ajoutait à l'eau du vin, du café, de l'alcool, etc., qui avaient surtout pour effet de masquer la saveur désagréable des eaux saumâtres, mais qui pourtant à la longue et à une certaine dose pouvaient agir en affaiblissant momentanément les microbes. Cela vaut évidemment mieux que de boire l'eau saumâtre elle-même. Pourtant si nous en croyons M. le Général Galiéni, il vaut mieux boire de l'eau croupie : « Depuis.... je n'ai jamais bu que de l'eau et non pas de l'eau filtrée, de l'eau bouillie, non, mais l'eau qui se trouvait à ma portée : au Soudan, de l'eau provenant souvent de ruisseaux marécageux et ayant une odeur peu agréable ; au Tonkin, de l'eau des rizières, des mares rencontrées au cours de nos opérations ; à Madagascar, de l'eau de Tananarive et d'autres localités qui, cependant, passe pour mauvaise » (*Congrès antialcoolique*, 1889).

On a employé également les acides, le jus de citrons, d'oranges, les acides citrique et tartrique, on sait, en effet, que les microbes vivent difficilement dans les solutions acides.

L'un des plus anciens produits employés pour

corriger l'eau est l'alun uni au carbonate de soude et à la chaux, mais il résulte d'expériences plus récentes que l'alun est sans action sur les microbes quand il reste dissout et qu'il est inférieur à l'oxyde de fer si on le précipite par un alcali.

**Procédé par les permanganates.** — Les permanganates sont très employés depuis quelque temps pour purifier l'eau. Nous avons vu déjà que ces sels détruisent les matières organiques, c'est sur cette propriété qu'est basé leur emploi en analyse pour doser les matières organiques. Nous avons vu également que le D<sup>r</sup> Guinochet a fait de très nombreuses expériences qui ont prouvé que les permanganates détruisent les microbes à la condition d'*en mettre un excès*, c'est-à-dire d'en mettre assez pour que l'eau reste colorée en rose. Cet excès de permanganate pourrait être absorbé sans danger ainsi qu'il résulte de son emploi en médecine. Le reboullet l'a employé dans ces conditions en 1870 pour purifier l'eau des troupes, mais on préfère décomposer le permanganate mis en excès. De nombreux moyens ont été proposés.

M<sup>lle</sup> Schipiloff conseille d'ajouter 5 à 10 centigrammes par litre, puis, après quelque temps de contact, elle ajoute un peu d'alcool ou de vin qui décompose l'excès de permanganate. Avec l'alcool, il se forme de l'oxyde manganique qu'on sépare

par filtration sur le noir animal, avec le vin, il en se fait pas de précipité, la crème de tartre retient l'oxyde manganique en dissolution.

M. Chicandard décompose l'excès de permanganate par une petite quantité de poudre inerte, tan, réglisse, il se fait également de l'oxyde manganique qu'on sépare par filtration, on pourrait employer de même le thé, le café.

Tous ces procédés de destruction commodes en voyage ne sont nullement à recommander et ne peuvent constituer un procédé régulier de purification. Il se produit des matières organiques nouvelles par l'action du permanganate et ces matières non dangereuses évidemment sont inconnues.

**Épurateur Lutèce.** — MM. Girard et Bordas (*fig. 7*) ont indiqué dans un *mémoire à l'Académie des Sciences*, en 1895, un procédé qui consiste à traiter l'eau par le permanganate de chaux en excès et à détruire ensuite l'excès de permanganate en faisant passer l'eau à travers un bloc composé de noir animal et d'oxyde de manganèse. Le permanganate est décomposé par les matières organiques de l'eau et donne de l'oxyde manganique et du carbonate de chaux, l'oxyde manganique est réduit par les matières organiques en oxyde manganoux qui décompose l'excès de permanganate en redevenant oxyde manganique, le même phénomène se continue

indéfiniment par ces alternatives d'oxydation et de réduction.

Ce procédé est exploité sous le nom de *filtre épurateur Lutèce*. Cet appareil se compose d'un réservoir cylindrique contenant l'eau addition-

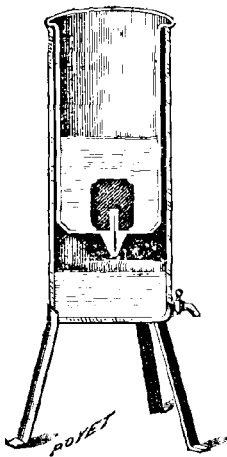


Fig. 7

née de permanganate en excès. Au fond, se trouve un bloc de noir animal et d'oxyde de manganèse à travers lequel passe la solution, elle se décolore et coule dans un compartiment inférieur d'où on la retire par un robinet.

En réunissant plusieurs blocs, on peut constituer des batteries qui peuvent fournir autant d'eau qu'on peut le désirer. Quand la filtration se ralentit, il suffit de revivifier le bloc ou de le changer.

Nous nous sommes servi longtemps de ce procédé qui donne de bons résultats, mais le permanganate doit agir aussi sur le noir animal et donner avec la matière organique de ce noir des dérivés de nature inconnue mais qui sont des matières organiques.

Le noir animal, en effet, contient encore des



matières de nature organiques, comme le montre son analyse par Bobierre :

Carbone ( <i>contenant 6 à 7 % d'azote</i> ). . . . .	10,8
Phosphate de chaux . . . . .	81,7
Carbonate. . . . .	3,0
Silice . . . . .	2,8
Alumine et fer . . . . .	0,7
Magnésie . . . . .	0,2
Sels solubles. . . . .	0,8
	100,0

Il contient, en outre, 7 à 10 % d'eau.

Même recalciné il contient encore 0,95 % d'azote qu'on ne peut enlever que par fusion avec la potasse. Le charbon de bois contient aussi des matières organiques. Voici les résultats comparatifs que nous avons obtenus :

1 gramme de charbon de peuplier lavé réduit permanganate. . . . .	0,072
1 gramme de noir animal non lavé . . . . .	0,22
1 " non lavé et recalciné. . . . .	0,05
1 " lavé . . . . .	0,10

Même à l'eau froide le noir animal cède des matières réductrices.

**Épurateur P. Guichard.** — Il fallait donc trouver un moyen de réduire les permanganates sans y introduire des matières organiques nouvelles et sans rien laisser dans l'eau. Or un grand nombre de métaux et particulièrement tous les métaux usuels décomposent les permanganates ; la décomposition est très lente avec

certains métaux : magnésium, aluminium, étain, cuivre, plomb, etc.

Le fer décompose aussi les permanganates, la réaction lente au début devient très rapide,

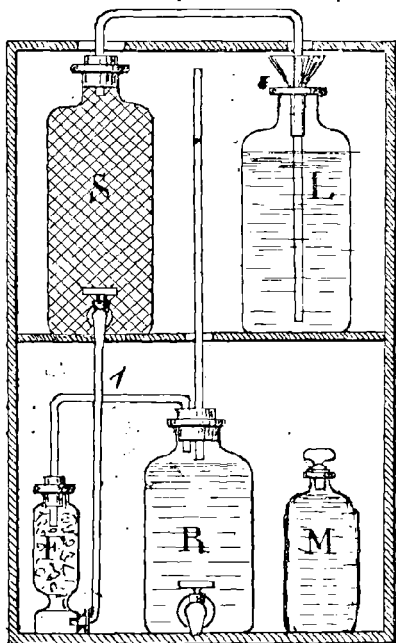


Fig. 8

presque instantanée aussitôt qu'il s'est formé un peu d'oxyde ferreux, il se passe alors les mêmes phénomènes d'oxydation et de réduction signa-

lés par MM. Girard et Bordas pour les oxydes de manganèse, mais la réaction avec le fer est incomparablement plus rapide.

Ici la matière organique n'a aucun rôle dans la réduction, ou du moins, elle n'est pas nécessaire, c'est le fer qui produit la réduction de l'oxyde ferrique en oxyde ferreux. L'eau ne retient rien (1).

La quantité de permanganate de chaux nécessaire pour avoir un excès de permanganate et tuer les microbes est d'environ 0,10 à 0<sup>gr</sup>,15 pour cinq litres d'eau de Seine.

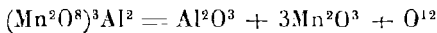
Voici la disposition que nous avons adoptée (*fig. 8*) : L'eau permanganatée est contenue dans un flacon de 5 litres, elle se rend de là par un tube de communication dans un flacon de 3 litres rempli de paille de fer où le permanganate en excès se décompose, puis le liquide décoloré traverse un filtre plein de ouate hydrophyle où elle dépose le mélange d'oxyde de fer et de manganèse formé, elle se rend alors dans un réservoir où le consommateur la prend au moyen d'un robinet. Un petit robinet de réglage placé à la sortie du fer permet de modérer l'écoulement.

---

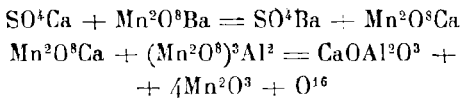
(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3<sup>e</sup> série, t. XIX, p. 388, 1898; *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 6<sup>e</sup> série, t. VIII, p. 167; 3<sup>e</sup> *Congrès de chimie appliquée de Vienne*.

**Épurateur Tixier.** — M. Tixier a constaté la formation d'une petite quantité de chaux libre dans la réaction du permanganate de chaux sur les matières organiques de l'eau (cette chaux que MM. Girard et Bordas ni nous n'avons jamais constatée n'aurait aucun inconvénient, car elle serait saturée par l'acide carbonique des bicarbonates).

L'auteur évite la formation de chaux libre en employant le permanganate d'alumine associé ou permanganate de baryte en proportions variables. Pour les eaux ne contenant pas de sulfate de chaux, on emploie un mélange pauvre en baryte, la réaction est



et, pour les eaux séléniteuses, on a



On précipite ainsi tout le réactif et, en outre, on a une purification chimique partielle (sulfate de chaux). L'instabilité du permanganate d'alumine facilite la réaction.

Le réactif est une solution de permanganate double d'alumine et de baryte pesant 35° B° et renfermant 290 grammes d'acide permanganique, la baryte et l'alumine sont dans un rapport tel

que le sel sec contient 7 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , on introduit le réactif goutte à goutte jusqu'à légère coloration rose.

L'auteur a essayé son procédé sur différentes eaux souillées, il constate un appauvrissement en matières organiques et un affaiblissement en chaux (1).

**Épurateurs Lapéreyre.** — M. Lapéreyre, pharmacien de la marine, emploie le permanganate alumino-calcaire qu'il prépare en mêlant le permanganate de potasse ou de chaux avec de la chaux vive délitée et du sulfate d'alumine sec, il obtient une poudre dont il met 0<sup>gr</sup>,25 environ par litre d'eau, en moyenne 0<sup>gr</sup>,50 contenant 0<sup>gr</sup>,05 de permanganate de potasse. Les eaux calcaires diminuent de 11° hydrotimétriques et ne contiennent plus de bactéries, la décoloration a lieu au bout de 5 à 10 minutes, il faut 15 minutes de contact avec coloration rose persistante pour avoir une eau privée de bactéries. Il détruit l'excès de permanganate en filtrant l'eau à travers un molleton imprégné de sesquioxyde de manganèse (*Académie de Médecine*, 14 septembre 1897).

Dans un mémoire plus récent (*Académie de Médecine*, 1900), M. Lapéreyre remplace le mol-

---

(1) *Laboratoire de la Maison Chenal, Douillet et C<sup>ie</sup>, Journal de Pharmacie et de Chimie*, 6<sup>e</sup> série, t. X, p. 297, 1897).

leton par la fibre de tourbe purifiée qui a un pouvoir réducteur considérable. Ce mémoire décrit un appareil destiné aux troupes en campagne qui est décrit ainsi par le rapporteur de l'Académie, le D<sup>r</sup> Laveran : Il se compose d'un étui en métal inoxydable muni d'un couvercle à pas de vis à une extrémité et d'un orifice tubulaire à l'autre ; le couvercle est traversé par une douille portant un tube de caoutchouc. Dans l'intérieur du cylindre, on met la tourbe purifiée qui se sature bientôt d'oxyde manganique, ce qui augmente son pouvoir réducteur. Pour opérer, on remplit d'eau un seau de campement (10 litres), on y verse une mesure de poudre, on agite et au bout d'un quart d'heure, l'eau doit rester rose, sinon il faut remettre de la poudre. On plonge alors le filtre dans le seau, on aspire *avec la bouche* par le tube de caoutchouc, on rejette la première eau pour laver le tube et on recueille ensuite dans un autre seau.

L'auteur nomme son appareil *filtre d'escouade, de famille ou de ménage*. Il fournit 20 litres à l'heure. Le rapporteur regrette qu'on soit obligé d'aspirer avec la bouche.

La décoloration par le molleton et la tourbe est contraire aux principes que nous avons énoncés précédemment. A quoi bon retirer de la matière organique pour en remettre ?

**Procédé par l'acide carbonique.** — Comme les autres acides, l'acide carbonique est, jusqu'à un certain point, un stérilisateur.

Il agit d'abord chimiquement en favorisant la dissolution de certains éléments et particulièrement du carbonate et du phosphate de chaux, en outre, dans la fabrication de l'eau de seltz et des limonades gazeuses, il favorise la dissolution du plomb, qui se trouve dans l'étain des syphons, et du cuivre qui se forme dans l'appareil de fabrication des eaux gazeuses.

L'acide carbonique est peu soluble dans l'eau à la pression ordinaire. L'eau n'en dissout qu'un volume égal au sien, mais la solubilité croît avec la pression. La solution concentrée est plus active et elle exerce une action sur certains microbes. D'après Kolbe, l'acide carbonique empêche la putréfaction de la viande, de plus, il tue les microbes aérobies.

D'après les expériences de Hochstetter le *M. tetragenus*, le *B. du choléra*, le *B. vert*, le *M. aurantiacus*, la levure rose, se développent moins bien dans l'eau de seltz que dans l'eau distillée; au contraire, le *M. prodigiosus* et aussi le *B. typhique* se développent mieux et persistent plus longtemps dans l'eau de seltz que dans l'eau distillée.

Il faut donc que les eaux de seltz, les limonades gazeuses et les eaux minérales artificielles

soient préparées avec de l'eau préalablement stérilisée. Ces dernières, du reste, ne contiennent l'acide carbonique qu'à une pression insuffisante, mêmes les eaux naturelles qui sont artificiellement rendues gazeuses comme l'eau de Chantilly et l'eau de l'Atlas.

Pour les eaux minérales naturelles, MM. Moissan et Grimbert ont montré qu'elles sont recueillies et mises en bouteilles avec fort peu de soins et qu'elles renferment toutes des bactéries et même le colibacille, qu'elles ne sont même pas filtrées.

M. Riche a ajouté qu'à Vichy, la vasque de la Grande Grille est contaminée incessamment par les verres des buveurs. Les sources de Saint-Galmier sont souillées par les infiltrations de la rivière. La publication de ces observations a forcé les compagnies à faire quelques améliorations à leur organisation, mais il faut toujours compter sur l'indifférence et la négligence des êtres humains.

**Moralité :** ne faire usage que d'une eau dont on soit certain, c'est-à-dire qu'on ait purifié soi-même.

**Procédé par le peroxyde de chlore.** — Ce procédé a été recommandé par MM. A. et H. Bergé. On prépare le peroxyde de chlore en traitant à 15° le chlorate de potasse par l'acide sulfurique de densité 1,711  $3\text{ClO}^3\text{K} + 2\text{SO}^4\text{H}^2 =$



$= \text{ClO}^4\text{KH} + 2\text{ClO}^2 + \text{H}^2\text{O}$ . Il se forme d'abord de l'anhydride chlorique qui se décompose ensuite  $\text{Cl}^2\text{O}^3 = 2\text{ClO}^2 + \text{O}$ .

Il agit comme un oxydant énergique, un gramme de chlorate donne 0<sup>gr</sup>,367 de peroxyde de chlore, il faut de 1 à 2 grammes de peroxyde par mètre cube d'eau ordinaire.

Il faut en mettre un léger excès pour être sûr de la destruction des matières organiques. La quantité est suffisante quand l'eau commence à colorer l'eau amidonnée iodurée. N'y a-t-il pas à craindre qu'il reste du chlore dans l'eau ?

**Procédé à l'eau oxygénée.** — Quelques centimètres cubes d'eau oxygénée pure, qui se trouve couramment dans le commerce, à 10 et 15 volumes, suffisent pour détruire les microbes et les matières organiques. On agit ensuite avec un peu d'oxyde de manganèse pur qui décompose l'eau oxygénée en excès.

L'eau oxygénée pure est toujours acidulée pour pouvoir la conserver. Cet acide, qui est habituellement l'acide sulfurique, dissoudrait le manganèse ce qui n'aurait, du reste, aucun inconvénient, mais il est préférable d'agiter d'abord l'eau oxygénée avec du carbonate de baryte précipité et de filtrer avant de s'en servir.

**Procédés par l'ozone.** — L'ozone est un oxydant très énergique et son emploi pour la stérilisation de l'eau prend un grand développement.

Les travaux de MM. Roux, Calmette et Van Ermengen, Houzeau et de Luynes ont démontré son activité sur les microbes et les matières organiques. Il ne change pas la composition minérale de l'eau, et introduit même par sa décomposition un peu d'oxygène.

Cette application industrielle a été étudiée par MM. Segy, Otto (*Compagnie de l'ozone*), Abraham et Marmier (*Société industrielle de l'ozone*), de Saint-Martin, Andreoli, Tindal, Schneller et Van der Sleen.

**Procédé Tindal, Schneller et Van der Sleen.** — L'électricité produite par une dynamo passe dans un ozoneur où se produisent des effluves. Des tubes de verre pleins de glycérine renfermés dans des caisses, divisent les effluves et augmentent l'action. Les effluves jaillissent entre une toile métallique et la paroi de la caisse formée d'une feuille de cuivre dorée en communication avec le sol. L'air desséché et refroidi à 25° passe dans l'ozoneur et se transforme partiellement en ozone ; l'ozone formé se rend dans des colonnes où il rencontre l'eau qui circule en sens inverse. Ce procédé a été appliqué à l'usine de Saint-Maur, mais les essais n'ont pas été continués.

**Procédé Abraham et Marmier.** — MM. Abraham et Marmier ont stérilisé, au moyen de l'ozone, en 1898, les eaux de l'Em-

merin à Lille. Ces eaux viennent de sources, le long de la vallée de la Deule, au milieu des marécages, elles sortent d'une nappe souterraine. Elles sont abondamment peuplées de microbes qui proviennent des eaux superficielles. La fièvre typhoïde est fréquente à Lille à cause de ces eaux.

L'eau est aspirée par une pompe centrifuge et entre à la partie supérieure d'une colonne où elle descend en se divisant pour offrir une grande surface à l'ozone. Elle est ensuite refoulée par une pompe dans le réservoir de distribution.

L'air se dessèche sur l'acide sulfurique et passe dans un ozoneur pour arriver à la partie inférieure de la colonne, elle sort par le haut. Le courant électrique est fourni par un transformateur dont le circuit primaire reçoit le courant d'un alternateur ; le circuit secondaire donne à l'ozoneur des courants de 40 000 volts.

On place en dérivation sur le circuit de haute tension un déflagrateur formé de deux sphères entre lesquelles jaillit une étincelle qu'on souffle continuellement au moyen d'un jet d'air comprimé ou de vapeur.

L'ozoneur est formé de disques creux en fonte placés parallèlement et traversés par un courant d'eau froide, en face sont des plaques de verre parallèles séparées des disques par un intervalle dans lequel jaillissent les effluves. L'eau qui

contenait 1 170 germes ne renfermait plus après traitement que 2 germes de *B. subtilis*.

**Procédés Otto.** — M. Otto obtient des rendements très forts en ozone par l'emploi d'ozoneurs robustes métalliques dans lesquels l'air s'ozonise.

L'ozone formé se rend dans des émulseurs formés de deux troncs de cône superposés par leurs petites bases, l'ozone s'y mêle intimement avec l'eau. L'eau se rend ensuite dans une colonne à plateaux sur lesquels elle descend en couches minces ; l'action de l'ozone se continue arrivant par la partie inférieure. L'eau ozonisée se réunit dans un réservoir.

Pour les traitements en grand, les émulseurs sont réunis en batteries.

L'eau ozonisée se rend par deux canalisations dans de nouveaux émulseurs où elle se mêle à l'ozone qui arrive par une autre canalisation, puis l'eau coule dans une colonne et par un trop-plein dans une chambre, puis dans une galerie de distribution où elle tombe par de petits orifices sur des tablettes disposées en chicanes ; elle se réunit enfin dans les collecteurs. L'ozone a suivi la route inverse traversant les nappes d'eau pour se rendre dans la cheminée.

Les microbes pathogènes sont les premiers frappés. Voici, dans le tableau suivant, la marche d'une épuration d'eau de la Vanne.

## MICROBES

Eau ordinaire	Eau ozonée première phase	Eau ozonée deuxième phase
B. fluorescens liquefaciens . . . . .		
B. coli communis . . . . .		
B. subtilis . . . . .	B. subtilis	0
M. serridosus . . . . .		
M. aquatilis . . . . .		
M. caudicans . . . . .		
Levure rose . . . . .	Il n'y a plus de pathogène	
Penicillium glaucum . . . . .		
Aspergillus Niger . . . . .		

En outre, l'ozone a détruit les matières organiques solubles. L'eau ne contient plus d'ozone qui se transforme en oxygène. Aussi elle n'agit pas sur l'iodure de potassium qui ne colore plus l'amidon ioduré.

**Fabrication des eaux de table.** — L'appareil se compose d'une hotte vitrée dans laquelle entrent les bouteilles vides entraînées sur une toile sans fin, elles sortent pleines par l'autre côté. L'eau arrive par un émulseur et est mise en bouteilles encore émulsionnée avec l'ozone. Les bouteilles se trouvent ainsi stérilisées. L'eau mise en bouteilles reste phosphorescente pendant quelques secondes.

On peut stériliser de même le lait et toutes les boissons.

**Fabrication de la glace stérilisée.** — L'appareil a une disposition analogue, mais les caisses de carafes remplies d'eau passent dans une chambre de réfrigération où elles sont congelées. On peut également congeler l'eau dans des moules pour faire des blocs de glace stérilisée.

**Procédé Moissan.** — L'action du fluor sur l'eau donne facilement de l'ozone très riche.

Le fluor préparé dans un appareil en cuivre arrive par un tube de platine dans un barboteur refroidi à 8°. Le gaz passe ensuite dans un ballon Chancel où on le recueille. On l'essaie avec l'iode de potassium en dosant l'iode mis en liberté.

Après cinq minutes de marche, l'ozone contient, par litre, 56<sup>cm<sup>3</sup></sup>,3 ou 0<sup>gr</sup>,1207 ; après 10 minutes, 90<sup>cm<sup>3</sup></sup>,7 ou 0<sup>gr</sup>,1945, après trente minutes, 143<sup>cm<sup>3</sup></sup>,9 ou 0<sup>gr</sup>,3085, ce qui donne une richesse en ozone de 14,39 % en volume. Plus le courant de fluor est rapide et refroidi, plus la richesse en ozone est grande. Comme il n'y a pas de produits nitrés, il est possible d'utiliser industriellement cette réaction (*Académie des Sciences*, 1900).

**Procédés au fer.** — Pour la purification de l'eau pour les villes, outre les procédés par l'ozone, on emploie encore les procédés au fer. Le fer est employé sous différentes formes, soit le fer métallique, soit l'oxyde magnétique ou carbure de Spencer, soit le perchlore additionné

de soude caustique ou de carbonate. En somme, tous ces procédés reviennent à employer un oxyde de fer qui, sous l'influence des matières organiques, se réduit en protoxyde en brûlant les matières organiques, le protoxyde se réoxyde par l'air de l'eau et la réaction continue indéfiniment. Les matières organiques sont brûlées et les microbes en partie détruits.

**Revolver d'Anderson.** — Le procédé Anderson est employé dans un grand nombre de villes et notamment à Paris dans les usines de Choisy-le-Roi, Nogent-sur-Marne et Neuilly pour épurer l'eau de la Seine et de la Marne qui sont distribuées aux habitants de la banlieue. De l'aveu des Ingénieurs de la Ville de Paris, ce procédé ne donne qu'une purification incomplète; une partie de la matière organique et des bactéries est détruite, mais, en même temps, l'eau perd une partie de son oxygène. Nous donnons, par les tableaux VI et VII, les résultats obtenus à Montsouris, en 1898, pour l'usine de Choisy-le-Roi, de Neuilly et de Nogent-sur-Marne.

L'appareil Anderson se compose d'un cylindre qui tourne sur son axe. Il porte sur sa paroi des tablettes courbes et droites qui remuent constamment le fer et le ramènent à l'entrée de l'appareil. L'eau circule dans ce cylindre, distribuée également dans tous les sens par une plaque placée en face de l'entrée. A la sortie, une cloche renversée

TABLEAU VI. — RÉSULTATS OBTENUS

Mois	Réduction de la matière organique								
	Seine (Choisy-le-Roi)			Marne (Neuilly)			Marne (Nogent)		
	Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0	Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0	Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0
Janvier . . . .	2,7	1,8	34	1,1	0,9	23	1,1	„	„
Février . . . .	2,7	1,8	32	1,6	1,1	38	1,2	„	„
Mars . . . . .	2,4	1,8	27	1,7	1,2	30	1,5	„	„
Avril . . . . .	2,7	2,1	23	1,5	1,1	28	1,7	„	„
Mai . . . . .	2,5	1,9	24	1,4	1,2	19	1,9	„	„
Juin . . . . .	3,0	2,2	35	1,9	1,2	35	1,3	„	„
Juillet . . . .	3,0	2,2	31	1,2	0,8	31	1,4	1,0	29
Août . . . . .	4,1	3,0	35	1,2	0,8	35	1,0	0,6	40
Septembre . .	5,1	3,5	30	1,0	0,7	30	1,0	1,0	0
Octobre . . . .	4,3	2,8	35	0,9	0,6	33	1,2	0,8	33
Novembre . . .	4,0	2,8	29	1,5	1,0	33	1,6	„	„
Décembre . . .	3,6	2,5	31	1,2	1,0	17	1,4	„	„
1898 moyenne	3,45	2,41	29	1,33	0,95	29	(1,15)	(0,85)	26
1897 „	2,75	1,99	28	1,46	1,13	22	1,47	1,07	27
1896 „	3,03	2,36	22	1,53	1,25	18	1,49	1,16	32
1895 } 1894 } 1893 }	3,40	2,40	29	„	„	„	„	„	„
	2,90	1,90	34	„	„	„	„	„	„
	3,00	2,20	27	„	„	„	„	„	„



A MONTSOURIS 1898

Réduction de l'oxygène								
Seine (Choisy-le-Roi)			Marne (Neuilly)			Marna (Nogent)		
Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0	Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0	Eau naturelle	Eau épurée	Réduction p. 0/0
12,8	12,0	6	12,9	12,7	2	12,9	//	//
12,8	12,0	6	12,8	12,4	4	12,9	//	//
11,9	11,4	5	12,0	11,6	3	12,4	//	//
10,9	10,1	7	11,0	10,2	8	11,0	//	//
10,3	9,9	5	10,0	9,2	9	9,9	//	//
9,3	7,9	16	9,3	8,4	13	9,8	//	//
8,4	6,9	18	8,9	7,6	14	8,7	7,3	20
7,3	6,3	16	8,4	7,8	8	9,1	7,5	6
7,2	6,5	11	8,9	8,6	3	8,6	8,0	8
8,3	8,5	0	9,0	9,0	0	9,0	8,8	2
9,8	9,9	0	10,0	10,2	0	10,0	//	//
11,1	11,0	1	11,8	11,1	6	9,6	//	//
10,0	9,1	9	10,4	9,9	5	(8,91)	7,9	10
10,7	9,8	9	10,8	10,2	6	10,1	10,1	0
10,7	10,1	5	10,6	10,1	5	10,4	10,0	4
6,8	5,3	22	//	//	//	//	//	//
10,6	8,9	16	//	//	//	//	//	//
7,8	5,9	24	//	//	//	//	//	//

## VII. — RÉSULTATS OBTENUS A MONTSOURIS EN 1898

Mois	Réduction des bactéries					
	Seine (Choisy-le-Roi)		Marne (Neuilly)		Marne (Nogent)	
	Eau naturelle	Eau épurée	Eau naturelle	Eau épurée	Eau naturelle	Eau épurée
Janvier . . .	23 750	495	35 150	285	6 100	//
Février . . .	26 875	440	45 000	870	49 250	//
Mars . . . .	36 250	1 007	28 125	320	56 250	//
Avril . . . .	9 375	562	8 125	150	8 125	//
Mai . . . . .	12 185	231	4 375	62	15 625	//
Juin . . . . .	27 485	187	58 125	315	11 875	//
Juillet . . . .	21 875	297	11 875	125	11 250	150
Août . . . . .	42 175	832	20 625	145	10 625	202
Septembre . .	39 340	395	3 750	25	8 875	171
Octobre . . .	25 625	582	4 375	62	10 000	261
Novembre . .	44 375	851	13 750	175	8 750	//
Décembre . .	38 430	716	7 500	392	20 625	//
1898 moyenne	28 980	550	20 115	245	17 945	(198)
1897 //	//	//	//	//	//	//
1896 //	//	//	//	//	//	//
1895 } 1894 } 1893 }	//	//	//	//	//	//
	//	//	//	//	//	//
	//	//	//	»	//	//

relie le fer que le courant pourrait entraîner. On introduit le fer qu'on répartit bien régulièrement, puis on remplit d'eau en laissant ouvert le purgeur pour la sortie de l'air puis on fait tourner plus ou moins longtemps. Le fer le plus convenable est formé de balles de fonte, de fer granulé, ou de nodules des machines à percer, l'eau est ensuite aérée dans un canal à ciel ouvert où elle perd son fer, puis on la fait tomber en douche, ou bien on la fait couler sur du coke ; elle se réunit dans des bassins de décantation où on enlève la partie claire qu'on distribue sur des filtres à sable. On enlève de temps en temps la couche supérieure du filtre (25 millimètres d'épaisseur) puis on remet en marche. Ce système est employé dans un grand nombre de villes. Nous avons donné plus haut les chiffres obtenus à Paris. L'ammoniaque libre et l'acide nitreux sont complètement éliminés. La matière organique est notablement réduite. Le degré hydrotimétrique, les chlorures et les nitrates ne sont pas modifiés, l'oxygène est un peu réduit.

Pour les microbes, Van Ermengen a analysé les eaux de la Nèthe à Anvers, elles ont donné, pour 1889 (1<sup>er</sup> trimestre), de 31 à 140 colonies par centimètre cube après 4 jours, pour le 2<sup>e</sup> trimestre, 4 à 6 microbes au sortir des filtres.

## QUATRIÈME PARTIE

---

### CHAPITRE PREMIER

---

#### L'EAU DANS LES VILLES

**Amenée de l'eau dans les villes.** — L'eau est le plus grand besoin de l'homme. C'est pourquoi le plus souvent les villes ont été jadis créées sur le bord des rivières toutes les fois que la nécessité ne forçait pas les habitants à s'établir ailleurs. La rivière fournissait largement aux rares habitants la quantité d'eau nécessaire. Et puis ils n'étaient pas très difficiles et surtout les eaux de rivière étaient plus pures qu'aujourd'hui. Grâce à l'imprévoyance de nos ancêtres et à la nôtre, nous avons souillé l'eau qui devait servir à nous désaltérer. Aussi dans toutes les grandes villes, on a éprouvé la nécessité de trouver des eaux plus pures pour la boisson. Cette eau qu'on est obligé souvent d'aller chercher au loin est amenée au moyen d'aqueducs

puis de tuyaux jusqu'à proximité du consommateur.

Autrefois on choisissait bien la plus pure et la plus fraîche, puis on s'aperçut que certaines eaux ne cuisaient pas les légumes, qu'elles lavaient mal le linge, et quand l'analyse chimique put, en donnant la composition du liquide, expliquer la raison de ces phénomènes, on put formuler des règles numériques pour choisir l'eau en connaissance de cause. Enfin la découverte des microbes par Pasteur et de leurs effets sur la santé publique vint formuler d'une façon encore plus nette et plus complète les règles pour choisir l'eau.

L'action des microbes sur la santé publique développa considérablement ce mouvement, car on ne fut pas longtemps sans reconnaître l'influence de l'eau dans les maladies. Au Moyen-âge, le peuple disait : « On a empoisonné les puits » ; c'était vrai, les eaux étaient empoisonnées par les microbes que l'imprudence, l'insouciance et l'ignorance y jetaient.

On s'aperçut bientôt que certaines maladies dites contagieuses se propageaient par l'intermédiaire de l'air, de l'eau, du sol.

On rechercha les microbes de ces milieux et, les comparant avec les éléments trouvés dans les excréments ou les déjections des malades, on en vint à soupçonner que l'eau, l'air ou le sol

étaient les véhicules qui, en transportant les microbes, transportaient les germes des maladies ; des recherches faites permirent le plus souvent de remonter à l'origine, à la cause de la maladie. Pour la fièvre typhoïde, par exemple, toutes les fois qu'il fut possible de suivre la trace de la maladie, on put montrer qu'elle provenait du transport du microbe typhique par l'eau ou le sol. L'eau est le véhicule le plus fréquent, de là les efforts de tous les hygiénistes pour procurer aux populations des eaux pures.

Il y a, pour cela, deux moyens : Purifier l'eau qu'on a sous la main ou en faire venir de loin.

Le premier procédé n'était pas pratique jadis, l'est-il aujourd'hui ? Nous pouvons actuellement répondre : oui, on peut purifier l'eau et l'étude que nous venons de faire permet de conclure : il faut 1° faire un grossier filtrage pour débarrasser l'eau de ses plus grosses impuretés ; 2° achever la purification au domicile du consommateur. Mais, il y a quelques années seulement, nous devons reconnaître qu'il n'était pas possible d'avoir à coup sûr une eau pure ; aussi les villes ont-elles entrepris de faire cette purification elle-même, ce qui était impossible autrefois. C'est peut-être possible maintenant grâce à l'ozone, mais cela n'empêche pas qu'il soit nécessaire de faire la purification chez le consommateur, car, entre les bassins de purification de la

ville et le domicile des consommateurs, il y a une longue ligne de tuyaux dans lesquels il est bien difficile d'empêcher qu'il n'y ait des causes d'infection si, surtout, il y a dans les canalisations quelquefois mélange d'eau purifiée et d'eau non purifiée comme cela arrive à Paris.

Il y a toujours, en tous cas, augmentation du nombre des microbes ainsi qu'on l'a constaté à Paris, l'eau de la Vanne contient dans les réservoirs 100 bactéries, et 212 000 quand elle arrive aux fontaines Wallace. Cependant l'ingénieur Roger Chavannes constate qu'à Neuchâtel, le nombre des microbes n'augmente pas pendant la circulation dans les tuyaux, mais ces conduits sont très profondément enterrés de sorte que la température se maintient à  $\pm 1$  ou  $2^{\circ}$ . Or on sait qu'à une température voisine de  $0^{\circ}$ , les microbes ne se développent plus. De plus, à Neuchâtel, on consomme 600 litres par habitant et par jour, la circulation est par suite très active.

A l'époque où Belgrand entreprit l'amenée à Paris des eaux de sources du bassin de la Seine, la question posée était bien plus simple, elle se résumait à choisir des eaux peu calcaires et pas trop riches en matières organiques solubles. Après quoi, il n'y avait plus qu'à faire les canalisations : c'était un travail d'ingénieur. Il n'en est plus de même aujourd'hui, la question des

microbes prime tout : c'est un travail d'hygiéniste.

Si les eaux de source étaient sûrement pures, on comprendrait les sacrifices faits pour les amener, mais il n'en est rien, les épidémies de fièvre typhoïde qui éclatent presque tous les ans à Paris et ailleurs, le prouvent surabondamment. Il faut donc renoncer à cette légende de la pureté des eaux de source que l'expérience et le raisonnement démentent tous les jours. On a eu le plus grand tort de lancer cette légende dans le public qui est trop enclin aux généralisations. Aujourd'hui on dit partout : Nous buvons de l'eau de source, nous n'avons rien à craindre. Où est-elle cette eau de source ? Dans un jardin où elle reçoit toutes les eaux de ruissellement des allées ; dans un puits au fond d'une cour, à côté se trouvent des fumiers sur le sol des fosses ou des puisards non cimentés ; dans un bois fréquenté où les promeneurs laissent leurs détritiques de toutes espèces que les eaux de ruissellement entraînent dans la fontaine directement ou par infiltration. Pour avoir une eau de source pure, il faudrait aller la chercher dans un lieu inhabité et inexploré. Dans tout autre cas, il n'y a pas de source pure ou s'il y en a une aujourd'hui, elle ne le sera plus demain.

Car les microbes peuvent surgir partout sur un point quelconque du parcours, ils sont même



à l'origine et les procédés de purification pratiques pour les villes ne permettent pas d'être certains qu'ils n'y sont plus.

Si Belgrand avait pu prévoir la tâche qu'il laissait à ses successeurs, il eût certainement hésité ou renoncé à son entreprise.

La ville de Versailles est alimentée par des eaux de diverses origines. Elle reçoit des eaux d'étangs, de puits et de sources.

L'eau distribuée est formée d'un mélange de l'eau des puits de Marly-Croissy et de l'eau des étangs en proportions variables, ce qui explique les énormes différences constatées dans la composition chimique.

L'eau des sources de Colbert alimente exclusivement sept fontaines de la ville : c'est la meilleure au point de vue bactériologique. Elle est seulement un peu trop riche en matières minérales.

L'eau des étangs de l'étage supérieur aurait besoin d'être filtrée avec soin ou bien elle devrait être bannie de l'usage privé. Mêlée avec l'eau des puits, elle donne une eau peu minéralisée, il est vrai, mais déplorable au point de vue bactériologique. Il en est de même de l'eau des étangs de l'étage inférieur de Saclay ; toutes ces eaux devraient être réservées aux besoins du service de voirie. En attendant, il faut purifier son eau ou la faire bouillir.

Tous les puits de la ville sont contaminés par des infiltrations de fosses d'aisances. Versailles peut encore recevoir l'eau de la pièce d'eau des Suisses, mais il ne faut s'en servir qu'après une ébullition d'au moins quinze minutes.

Enfin le camp de Satory est alimenté par l'eau de la Seine puisée à Choisy-le-Roi, mais de mauvaise qualité au point de vue bactériologique. Comme on le voit, la ville du grand Roi est assez mal pourvue d'eau potable (1).

Toulouse, ainsi que nous l'avons dit, est alimentée par l'eau de la Garonne filtrée dans des galeries latérales au fleuve, mais elle est mêlée avec l'eau de la nappe souterraine qui peut être infectée par les détritits de la ville.

Nantes reçoit l'eau de la Loire filtrée dans un puits filtrant placé dans une île située au milieu du fleuve. L'eau du fleuve contient 2 400 bactéries, l'eau filtrée n'en contient que 110 mais c'est encore trop. Nevers, Blois reçoivent aussi l'eau de la Loire mais mêlée avec l'eau de la nappe souterraine.

Lyon reçoit, au moyen de galeries filtrantes, l'eau du Rhône mêlée avec celle de la nappe souterraine.

---

(1) LACOUR. — *Thèse de Doctorat de l'École de Pharmacie de Paris*, 1900.

La ville de Bordeaux dispose de 25 000 mètres cubes d'eau par jour, fournis par les sources du Taillon et 30 000 mètres cubes fournis par les sources de Budos. En été, les 55 000 mètres cubes se réduisent à 51 000 mètres cubes, soit 220 litres par tête.

Aussi le chiffre est insuffisant et la commune va se trouver obligée d'augmenter ses ressources en eau.

La ville d'Amiens était alimentée par la fontaine des Frères et la fontaine Marie Caron et deux puits artésiens. On capta, en 1875, des sources situées à Pont-de-Metz qui fournirent les 2/3 de l'eau consommée en ville. En 1881, on abandonna la fontaine Marie Caron, voisine de l'abbatoy, puis la fontaine des Frères.

Un certain nombre de puits particuliers sont aussi utilisés par les voisins. L'eau de ces puits marque de 50 à 64° hydrotimétriques. La quantité d'eau se trouve tout à fait insuffisante, on a été obligé de rationner la population pendant les étés 1899-1900. Un projet a été étudié : amener les sources de la Selle et de ses affluents, mais c'est une dépense considérable.

La composition des eaux de la ville a été déterminée récemment à la suite d'une épidémie typhoïque (1887), par le regretté M. Bor, mort récemment à Paris pendant le Congrès de chimie appliquée et, plus récemment, en 1900, par

M. Roger, Directeur de la Station agronomique.

Degré hydrotimétrique . . . . .	24 <sup>o</sup> ,5
Carbonate de chaux . . . . .	0, 1545
Sulfate . . . . .	0, 0291
Chlorure de sodium . . . . .	0, 0273
Carbonate de magnésie . . . . .	0, 0312
Silice et alumine . . . . .	0, 0081
Sesquioxyde de fer. . . . .	0, 0018
Matières organiques . . . . .	0, 0201
Pertes . . . . .	0, 0039
Gaz en dissolution, en poids par litre.	0, 2760

En volume 29 centimètres cubes	}	CO <sup>2</sup> — 11
		O — 6 (Bar)
		Az — 12

	Eau de la ville	Eau de la canalisation
Degré hydrotim. total . . . . .	24 <sup>o</sup>	26 <sup>o</sup>
"  persistant (corrigé). . . . .	3	(brut) 7
Résidu p. <sup>o</sup> /100 . . . . .	0, 320 (à 18 <sup>o</sup> )	0, 400
Chlore . . . . .	0, 017	0, 017
Acide sulfurique hydraté. . . . .	traces	0, 020
Alcalinité en CO <sup>3</sup> CA . . . . .	0, 225	0, 261
Ammoniaque . . . . .	traces	0
Nitrate. . . . .	traces	traces
Nitrite. . . . .	0	0

(Roger)

Les docteurs Maljean, Pouchet (de Paris) et Moynier de Villepoix ont fait l'analyse bactériologique (tableau de la p. 163).

M. Maljean a déterminé le *bacillus fluores-*

*cens liquefaciens*, le *bacillus mesentericus vulgaris*, le *micrococcus caudicans* (1).

Enfin M. Moynier de Villepoix, Directeur du Laboratoire bactériologique d'Amiens, à la suite d'une nouvelle épidémie typhoïque, a trouvé le

Désignation		Température	Durée de l'opération	Nombre de germes par centimètre cube
Eau de la ville.	15 juillet 1889	14°	12 jours	1150
"	26 "	15°	12 "	650
"	28 "	14°	6 "	1050
"	6 août	14°	7 "	670
"	13 "	14°,5	11 "	680
"	17 "	15°	14 "	460
"	9 novembre	10°,5	13 "	380
Fontaine des Frères	20 "	9°,5	15 "	200
"	22 "	9°	15 "	300
"	22 "	9°	15 "	350

*colibacille* et de nombreuses colonies de microbes de la putréfaction (*Communication particulière de M. Duchaussoy*).

Pour qui connaît la disposition de la ville d'Amiens, toutes les eaux de la ville doivent être

(1) Quatre espèces ressemblent à *B. termo*, *B. subtiliformis*, *B. erythrosporus*, *B. flavus* (de Macé).

Une espèce inconnue (Docteur MALJEAN, *Gazette médicale de Picardie*, nos 2 et 3, 1891; 4 et 5, 1890).

contaminées, surtout dans la ville basse où circule l'eau de la Somme dans de nombreux canaux dont l'eau est polluée par de nombreuses usines, qui sert en même temps de réceptacles à toutes les ordures du quartier et des maisons limitrophes. La nappe souterraine est certainement contaminée et, par suite, l'eau de tous les puits y compris celle du puits artésien.

---

## CHAPITRE II

---

### QUANTITÉ D'EAU A FOURNIR A CHAQUE HABITANT

L'eau distribuée dans une ville est employée au service privé, au service public et à l'usage industriel.

Le service privé comprend l'eau ménagère pour la boisson, les usages culinaires, domestiques, de propreté (bains, buanderies, cabinets d'aisance, arrosage de jardins, nettoyage de divers locaux de la maison, service des animaux, etc). Il faut y joindre l'eau nécessaire aux petits métiers et les industries qui se font dans la maison et même les cafés, hôtels, boulangers.

Le service public comprend : l'arrosage de la voie publique, le nettoyage des égouts, les fontaines, jets d'eau, le service de l'hygiène, des hôpitaux, des bains, des buanderies, des incendies, des transports.

Enfin, l'usage industriel comprend l'eau employée dans les usines.

Ces divisions varient un peu suivant les localités.

Les chiffres varient suivant les saisons et diverses circonstances. Il faut donc tenir compte de ces variations.

Il faut tenir compte aussi des pertes, de l'accroissement de la population, soit temporaire, soit définitif. Il faut toujours être en mesure de fournir le maximum et même au-delà pour ne pas se trouver forcé de compromettre la santé publique.

On ne peut donc pas donner un chiffre absolu pour tous les pays.

Où faut-il aller chercher l'eau ? Cela importe peu ; en principe, toute eau peut être bonne ou mauvaise suivant les circonstances. C'est donc sur une série d'analyses suffisamment prolongée qu'il faut se fixer pour choisir, il faut étudier la situation géologique de l'eau et prendre toutes les mesures pour la défendre contre les pollutions accidentelles.

A Neuchâtel, M. Roger Chavannes, ingénieur du service des eaux de cette ville, qui a bien voulu nous donner beaucoup de renseignements sur cette question, nous apprend que, dans cette localité, la vente de l'eau est à discrétion sans compteur.

La moyenne de l'eau consommée par habitant et par jour est de 625 litres et le maximum



700 litres, 250 litres sont employés par le service public de la ville, le reste pour le service privé.

A Bienne, la dépense était à peu près la même avant l'installation des compteurs : 666 litres.

A Saint-Gall, la ville puise ses eaux dans le lac de Constance à 420 mètres du bord et à 46 mètres au-dessous du niveau des eaux moyennes, elle en emprunte, en outre, une partie à des sources qui sont dans le voisinage. Voici quelques chiffres que nous empruntons au rapport à la municipalité qui nous a été transmis par l'Ingénieur Kilchmann, directeur des travaux publics de cette ville.

Désignation	1899 1900	1898-1899
Quantité d'eau empruntée aux sources par jour . . . . .	1 915 <sup>mc</sup>	1 908 <sup>mc</sup>
Quantité d'eau empruntée au lac par jour . . . . .	1 892	1 548
Total. . . . .	3 807 <sup>mc</sup>	3 456 <sup>mc</sup>
Consommation journalière maxima . . . . .	5 518	6 314
Consommation journalière minima . . . . .	2 178	797
Consommation pour l'année. . . . .	1 391 017	1 261 608
"    par tête et par jour.	85 litres	76 litres

L'analyse est faite fréquemment sur l'eau brute et l'eau filtrée au sable.

Voici les résultats obtenus de mai 1896 à juin 1897. Nous donnons seulement les chiffres maxima et minima :

Température de l'eau		Température de l'air		Nombre de germes				Réservoir d'eau pure
filtrée	du réservoir d'eau pure	vers les filtres	en plein air à 8 heures du matin	1 <sup>er</sup> filtre		2 <sup>e</sup> filtre		
				Eau non filtrée	Eau filtrée	Eau non filtrée	Eau filtrée	
4°	4°	10,5	1,2	8	1	10	2	1 106
7, 2	8, 8	19, 5	26,0	800	33	800	51	

Dans un essai qualitatif, on a obtenu un bacille faisant fermenter le sucre de lait dans le bouillon de peptone, mais les recherches suivantes ont montré que cette bactérie était tout à fait différente du coli bacille et, par suite, ne pouvait pas indiquer la présence de matières fécales.

Bâle fournit 109 litres par habitant. L'eau est contrôlée, presque entièrement, par un compteur ; à Zurich, 29 % de l'eau est contrôlée, on distribue 221 litres par tête.

A Fribourg, on distribue 600 litres par habitant, en moyenne 350 litres.

A Genève, où l'eau est contrôlée, on donne 250 litres par habitant et 130 litres pour le service public.

Dans 50 villes allemandes et deux villes suisses, la consommation moyenne est, d'après M. OEsten, ingénieur à Berlin :

Dans 11 v. contrôlées entièrement .	72 litres par tête
" 10       "       de 90 à 100 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> .	71       "
10       "       50 à 80	88       "
21       "       3 à 49	115       "

Comme à Lausanne, l'eau d'une partie des services publics est empruntée au lac de Bret. M. l'Ingénieur Roger Chavannes estime qu'il faudrait, à cette ville, dans le cas d'abonnements :

A discrétion, sans limites. .	600 l. par tête au max.
"       avec limites. .	375       "
A la jauge et au compteur .	300       "

On voit que la quantité d'eau nécessaire varie avec le mode de distribution adopté, ce qui est bien naturel. M. Roger Chavannes estime que, pour la quantité totale d'eau nécessaire pour entretenir une ville en bon état, il faut, par tête :

Pour une ville, à discrétion sans limite .	700 litres au maximum
Pour une ville à discrétion avec limite .	400       "
Pour une ville avec jauge ou compteur .	350       "

## CHAPITRE III

--

### L'EAU A PARIS

C'est en 1832, après la terrible épidémie de choléra qu'on songea à alimenter Paris en eau. A cette époque, Paris ne recevait que les eaux séléniteuses de Belleville, du Pré-Saint-Gervais, d'Arcueil et le canal de l'Ourcq et des puits.

Ces puits, au nombre de 30 000 au moins, d'après un recensement fait pendant le siège, sont plus que suspects au point de vue de la nature de l'eau qu'ils fournissent encore aujourd'hui pour l'alimentation d'une partie de la population parisienne.

La composition d'un grand nombre de ces puits est déterminée par l'observatoire de Montsouris, nous donnons le résumé des analyses faites en 1898. Nous nous bornons à donner pour chaque dosage le maximum et le minimum en milligrammes par litre (tableau de la p. 171).

Si on compare ces chiffres avec ceux admis comme limites par les chimistes et les bactériolo-

logistes, on verra quel degré de confiance on peut avoir dans ces eaux.

C'est bien le cas de dire qu'il faut auparavant les faire analyser.

Les cimetières parisiens sont, pour une grande part, dans cette infection des puits de Paris.

Des pompes élévatoires furent installées, dans

Désignation	minimum	maximum
Degré hydrotimétrique total	14 <sup>o</sup> ,0	283 <sup>o</sup> ,0
"  après ébullition	5, 0	261, 0
Chaux totale . . . . .	34mg	1264mg
"  carbonate alcalin terreux	10, 0	455, 0
Chlore . . . . .	5, 0	372, 0
Matière organique . . . . .	0, 2	29, 7
Acide sulfurique . . . . .	7, 0	4884, 0
Résidu sec à 180 <sup>o</sup> . . . . .	169, 0	5927, 0
Azote nitrique . . . . .	1, 4	285, 0
"  ammoniacal . . . . .	0, 0	15, 0
Bactéries . . . . .	100 par cm <sup>3</sup>	1530000
Moisissures . . . . .	200 "	22500

les années suivantes, à Chaillot et au quai d'Austerlitz. La quantité d'eau ainsi obtenue était de 150 000 mètres cubes par jour d'eau à peu près imbuvable.

C'est en 1854 que la question fut sérieusement étudiée, sous l'impulsion du baron Haussmann, préfet de la Seine, par l'ingénieur Belgrand. J.-B. Dumas prit une grande part à ces études,

On s'arrêta au projet de faire arriver à Paris les eaux d'un certain nombre de sources et d'achever la canalisation des égouts, il fallait s'éloigner, pour avoir de bonnes eaux, de la lentille de gypse qui supporte Paris et s'étend de Melun à Château-Thierry. Les eaux convenables pour

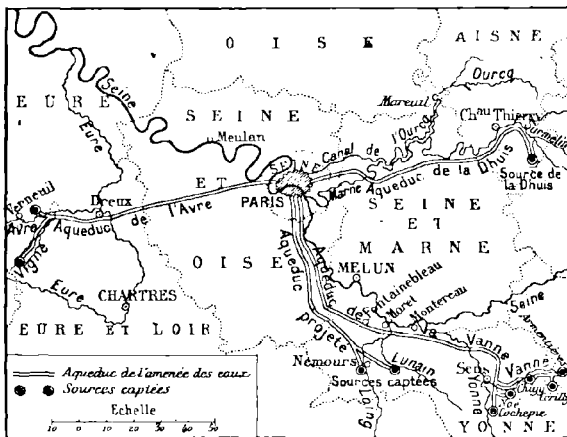


Fig. 9

l'époque furent rencontrées dans la Champagne.

Elles ont été amenées à Paris qui reçoit maintenant la Dhuis, 25 000 mètres cubes par jour au réservoir de Ménénilmontant; la Vanne qui apporte 100 000 mètres cubes au réservoir de Montsouris; l'Avre, 80 000<sup>m<sup>3</sup></sup> au réservoir de Saint-Cloud. On doit amener encore les eaux du Loing et

du Lunain qui fourniront 50 000 mètres cubes. Il faut joindre, à ces eaux, celles d'Arcueil, 1 000 mètres cubes. Toutes ces eaux sont ou seront prochainement distribuées. Elles constituent les eaux du service privé qui formeront pour chaque habitant de 100 à 125 litres par jour : 256 000 mètres cubes en tout (actuellement seulement 206 000) (*fig. 9*).

En comparant ce chiffre qui est pour l'avenir, car actuellement le Loing et le Lunain ne viennent pas encore nous rafraîchir, avec ceux que nous avons donné dans le chapitre précédent, on voit que le Parisien est loin d'avoir la quantité qui lui est nécessaire, aussi chaque année malgré les engagements des ingénieurs du service, on est obligé d'emprunter de l'eau aux conduites du service public.

Ces eaux sont :

L'eau du canal de l'Ourcq . . . . .	105 000 m <sup>3</sup>
L'eau de la Marne remontée dans le canal . . . . .	80 000
L'eau de { à Port-à-l'Anglais . . . . . } { Chaillot, Alfort . . . . . }	88 000
la Seine { Austerlitz, Auteuil, St-Ouen }	
L'eau de la Marne à Saint-Maur . . . . .	43 000
L'eau des puits artésiens . . . . .	6 000
Total. . . . .	322 000 m <sup>3</sup>

ce qui donne, par habitant, un total de 230 litres par jour environ.

Nous donnons, d'après l'Annuaire de Mont-

souris, la composition de ces différentes eaux pour 1898 (tableaux VIII et IX). On pourra se rendre compte par la comparaison des chiffres, qu'il n'est pas indifférent d'ajouter de l'eau de la Seine, de la Marne ou de l'Oureq aux eaux du service privé. Dans toutes ces analyses, nous donnons, comme précédemment, le maximum et le minimum de l'année.

Ces tableaux montrent que le service des analyses à Paris est merveilleusement organisé. Comment se fait-il que, malgré cela, des épidémies éclatent à certains moments dans la population parisienne.

On sait que deux des rivières ci-dessus, la Vanne et l'Avre ont fait beaucoup parler d'elles en 1900.

Cela tient uniquement à l'insuffisance de l'approvisionnement en eau.

Il en sera ainsi aussi longtemps que le Conseil municipal et l'administration préfectorale ne se seront pas décidé à faire un grand effort pour assurer l'arrivée à Paris d'une quantité d'eau suffisante; cette quantité est évidemment toute autre que celle qui est distribuée actuellement (80 litres par jour et par habitant), si l'on compare ce chiffre avec ceux que nous avons donnés précédemment.

C'est une erreur de croire que même la quantité de 125 litres promise sera suffisante. Il est



vrai qu'en plus de ces 125 litres, il y a l'eau du service public, ce qui porte la quantité d'eau à environ 200 litres, mais c'est encore insuffisant. Il faudrait au moins tripler ce chiffre pour arriver à avoir une ville propre. Où aller les chercher ?

M. Roger Chavannes estime à 600 litres la quantité d'eau nécessaire à Paris (*communication particulière*).

Il y a deux solutions, ou bien continuer à amener des eaux lointaines, ou bien prendre l'eau de la Seine.

Dans le premier cas, outre les rivières dont l'amenée est projetée déjà, il y a l'eau du lac Léman dont il a été question.

**Proposition de M. Stanislas Meunier.** — On pourrait peut-être étudier la proposition que l'éminent géologue M. Stanislas Meunier indiquait dans une conférence du Muséum.

Il proposait d'aller chercher les eaux de la nappe souterraine de Paris, mais au lieu de les prendre à Paris au moyen des puits artésiens, « on les capterait bien avant qu'elles aient atteint ces profondeurs, après qu'elles auraient subi, de la part des sables, une filtration qui les aurait débarrassées des impuretés les plus grandes, ce qui les rendrait comparables à des eaux de sources ; avant que leur séjour dans les profondeurs leur ait donné cette température élevée qui les rend impropre à la plupart des usages

## TABLEAU

## ANALYSE DES EAUX

Désignation des eaux		Degré hydrométrique total	Degré permanent	Chaux totale	Carbonate alcalin-terreux
		Degrés	Degrés	Mg.	Mg.
Eau de la Vanne dans la bêche d'arrivée à Montsouris	Maximum . . .	21,8	5,6	116,0	117,0
	Minimum . . .	20,1	4,3	108,0	108,8
Sources de la Vanne (moyennes annuelles pour 1898)	Armentières . . .	20,5	5,0	106,0	108,0
	Gerilly . . . . .	21,7	4,8	113,0	117,0
	Drain de Flacy . .	24,5	5,3	130,0	131,0
	Drain de Marcy . .	22,8	5,1	120,0	123,0
	Saint-Philibert . .	21,3	4,9	110,0	112,0
	Le Miroir . . . . .	19,9	4,7	101,0	104,0
Eau de la Dhuis à Ménilmontant	Noé . . . . .	20,8	4,9	105,0	108,0
	Cochepie . . . . .	21,5	5,0	111,0	114,0
	Maximum . . . . .	24,7	7,2	126,0	136,0
Eau de l'Avre (réservoir de Villejuif)	Minimum . . . . .	20,0	4,4	90,0	107,0
	Maximum . . . . .	19,2	6,9	93,0	92,0
Sources de l'Avre (moyennes annuelles pour 1898)	Minimum . . . . .	14,1	5,1	67,0	70,0
	Le Breuil . . . . .	19,1	6,0	94,0	92,0
	Blaru . . . . .	16,9	5,4	81,0	82,0
Eau de l'Oureq (gare de la Villette)	Érigny . . . . .	17,3	5,4	83,0	84,0
	Bassin de jaugeage	17,0	5,4	82,0	82,0
Eau de la Marne à Neuilly	Maximum . . . . .	42,6	14,9	165,0	171,0
	Minimum . . . . .	34,2	9,7	120,0	131,0
Eau de la Marne à Nogent	Maximum . . . . .	29,0	8,3	119,0	127,0
	Minimum . . . . .	20,8	5,1	95,0	102,0
Eau de la Marne à l'usine de Saint-Maur	Maximum . . . . .	31,7	8,9	122,0	129,0
	Minimum . . . . .	21,1	5,2	93,0	101,0
Eau de la Marne à l'usine de Saint-Maur	Maximum . . . . .	30,0	8,2	119,0	125,0
	Minimum . . . . .	19,1	5,2	91,0	101,0

## VIII

DE PARIS 1898

Chlore	Matières organiques en oxygène	Azote nitrique	Oxygène dissout immédiatement	Oxygène après 48 heures	Résidu sec à 180°	Bactéries par centimètre cube
Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	
5,0	0,8	2,9	11,7	9,9	275,0	1 460
4,0	0,2	2,0	10,7	8,1	255,0	37
5,0	0,4	2,3	10,3	8,3	250,0	"
5,0	0,3	2,0	10,8	8,0	261,0	"
5,0	0,5	2,4	7,1	5,2	297,0	"
5,0	0,4	2,4	8,9	7,1	277,0	"
5,0	0,4	2,3	9,7	7,5	257,0	"
5,0	0,5	2,2	10,0	7,3	236,0	"
5,0	0,5	2,4	10,0	7,9	248,0	"
5,0	0,3	2,2	10,5	8,3	257,0	"
7,0	2,4	3,5	13,0	10,1	317,0	9 180
5,0	0,3	1,9	8,6	7,0	246,0	25
13,0	1,4	3,2	12,1	10,5	255,0	3 350
8,0	0,4	2,1	11,2	8,1	203,0	50
14,0	0,4	4,2	6,6	5,4	267,0	"
10,0	0,7	2,4	7,6	6,1	227,0	"
10,0	0,7	2,5	7,4	5,9	234,0	"
10,0	0,7	2,3	9,2	7,0	228,0	"
11,0	3,2	2,6	12,5	8,8	483,0	58 750
7,0	1,3	1,2	8,6	7,0	429,0	2 500
8,0	2,2	2,1	13,0	9,6	330,0	107 500
4,0	0,6	1,2	8,3	7,2	260,0	1 250
8,0	2,4	2,1	13,3	10,0	311,0	97 500
4,0	0,8	1,2	8,3	6,3	261,0	3 750
8,0	3,8	2,3	13,0	9,1	331,0	98 400
4,0	0,9	1,2	8,2	6,2	256,0	1 250

## TABLEAU

## ANALYSE DES EAUX

Désignation des Eaux		Degré hydrométrique total	Degré permanent	Chaux totale	Carbonate alcalin-terreux
		Degrés	Degrés	Mg.	Mg.
Eau de la Seine Choisy-le-Roi	Maximum . . .	21,8	6,3	110,0	110,0
	Minimum . . .	17,8	5,1	89,0	91,0
Eau de la Seine (usine d'Ivry)	Maximum . . .	22,5	6,5	110,0	110,0
	Minimum . . .	17,6	5,0	89,0	90,0
Eau de la Seine (usine d'Austerlitz)	Maximum . . .	23,5	7,1	115,0	111,0
	Minimum . . .	18,8	5,1	94,0	94,0
Eau de la Seine (usine de Chaillot)	Maximum . . .	24,8	7,1	115,0	117,0
	Minimum . . .	19,3	5,6	93,0	95,0
Eau de la Seine (barrage de Suresnes)	Maximum . . .	25,2	7,6	117,0	119,0
	Minimum . . .	19,1	5,0	95,0	95,0
Eau de la Seine Argenteuil	Maximum . . .	27,4	10,4	125,0	124,0
	Minimum . . .	19,4	5,6	95,0	100,0
Eaux des canalisations parisiennes	Maximum . . .	//			
	Minimum . . .	//			

## IX

## DE PARIS 1898 (Suite)

Chlore	Matière organique en oxygène	Azote nitrique	Oxygène dissout immédiatement	Oxygène après 48 heures	Résidu sec à 180°	Bactéries par centimètre cube
Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	
9,0	5,3	2,5	13,0	9,0	287,0	58 750
5,0	2,3	1,1	6,8	6,1	216,0	8 125
9,0	5,1	2,5	13,4	9,6	276,0	122 500
5,0	1,6	1,0	7,1	6,0	223,0	1 250
9,0	6,0	2,5	13,4	9,1	292,0	455 000
5,0	1,7	1,0	7,6	6,0	231,0	7 500
9,0	5,3	2,4	13,2	9,1	299,0	852 200
5,0	1,7	1,1	4,4	3,4	245,0	5 000
10,0	4,7	2,4	12,4	8,9	326,0	270 550
5,0	2,0	1,1	2,9	1,0	241,0	80 000
19,0	8,3	2,2	12,4	7,3	365,0	17 279 600
6,0	2,4	0,2	0,3	0,0	253,0	80 000
						bactéries
						86 250
						50
						(1)

(1) Outre les bactéries du tableau ci-dessus les canalisations parisiennes contiennent :

Moisissures { Maximum 500  
Minimum 100

domestiques et qui leur donne une espèce d'activité chimique dissolvante à l'égard des roches, se traduisent par l'acquisition de cette salure qui les rend désagréables et les fait rejeter pour la boisson. Cette captation, qui se ferait au détriment d'eaux destinées à aller dans les profondeurs, ne léserait pas les habitants de la surface; les travaux de sondage seraient remplacés par des travaux de captage à la surface et d'irrigation. C'est une question à étudier, car l'application de cette idée, pourrait amener un bénéfice des deux côtés » (*Revue scientifique*, 22 avril 1899).

**Purification chez le consommateur.** — Dans le second cas, il suffirait de puiser dans la Seine et de purifier cette eau, soit au moyen de l'ozone, ce qui serait peut-être difficile pour une aussi grande masse, soit en lui faisant subir une simple filtration au sable, ce qui, comme nous l'avons vu, peut se faire efficacement, et en terminant la purification au domicile du consommateur par une purification personnelle pour chaque ménage, ou plutôt, comme on l'a proposé, en l'imposant aux propriétaires d'immeubles.

Cette dernière purification pourrait se faire au moyen du procédé de purification chimique et particulièrement de l'ozone, la solution deviendrait pratique parce qu'on pourrait supprimer

la double canalisation de la ville, et en faisant une double canalisation dans les immeubles, on réduirait dans une forte proportion la quantité d'eau à purifier.

Quel que soit le procédé adopté, il y a nécessité de terminer au plus vite cette question d'approvisionnement en eau, tout retard compromet la sécurité des habitants. Les procédés de nos ingénieurs qui ont été révélés dans une campagne de presse récente ne peuvent être continués.

A la suite de cette campagne violente, le Comité d'hygiène et de salubrité de la Seine a adopté, comme conclusion d'une séance mouvementée et d'un rapport de M. Le Roy des Barres, les résolutions suivantes :

1° Rendre efficace d'une façon expresse et permanente, le contrôle du Conseil d'hygiène publique et de salubrité sur le captage, l'aménée et la distribution des eaux d'alimentation dans le département de la Seine.

2° Établir une zone suffisante de protection autour du lieu de captage des eaux de source.

3° Surveiller assidûment les eaux de source de Paris à leur origine, afin d'éliminer aussitôt celles d'entre elles reconnues suspectes.

4° Protéger ces eaux, sur la longueur de leur parcours, pour les mettre à l'abri de toute contamination.

5° Purifier éventuellement ces eaux, soit par filtrage, soit par d'autres procédés de purification et, dans ce but, reprendre les essais en grand de stérilisation.

6° Réaliser, dans le plus bref délai possible, la séparation, à Paris, des eaux d'alimentation.

Il y a là d'excellentes choses, si on y joignait la création d'un ministère d'hygiène indépendant, la solution des questions qui intéressent la santé publique ferait un grand pas. Mais ce n'est encore qu'un vœu émis par le conseil.

L'article 5 de la délibération ci-dessus est à méditer, nos eaux de sources ne sont que d'une pureté très relative si on les compare aux eaux employées dans divers pays voisins et un ingénieur compétent m'écrivait : « L'eau de la Vanne, chez nous, serait considérée comme mauvaise ».

---



## CHAPITRE IV

—

### EAUX D'ÉGOUT

Quand on nous aura fourni une quantité d'eau pure (je ne dis pas eau de source) suffisante, la question de l'hygiène à Paris, aura fait un grand pas, cependant tout ne sera pas fini.

Cette eau nous ne la gardons pas, nous l'éliminons après l'avoir souillée, soit par insouciance et gaspillage, soit par le fonctionnement naturel de nos organes si imparfaits, nous sommes à ce point de vue bien plus mal dotés que les animaux que nous appelons inférieurs et qui ne le sont pas à tous les points de vue.

Heureux l'homme des champs qui peut imiter l'animal et rendre immédiatement au circuit vital les résidus de sa vie ! Il peut suivre à la lettre le précepte du Deutéronome qui résume le plus simplement possible ce que l'homme doit faire : Vous aurez un lieu hors du camp où vous irez pour vos besoins naturels et, portant un bâton pointu à votre ceinture, lorsque vous vou-

irez vous soulager, vous ferez un trou en rond, que vous recouvrirez de la terre sortie du trou, après vous être soulagé.

L'homme civilisé fait la même chose, mais le fait au milieu du camp, au milieu même de sa maison.

C'est le système des fosses fixes. Le plus grand perfectionnement consiste à envoyer dans l'air au-dessus de la maison les émanations putrides qui se dégagent non du trou rond prescrit par le Deutéronome, mais de la cavité cimentée avec le plus grand soin quelquefois, que l'administration impose.

Cela pour protéger les eaux souterraines que nous souillons, d'autre part, par les cimetières, par les engrais dont notre agriculture intensive exige l'emploi à haute dose, et par nombre d'autres moyens d'infection.

La fosse mobile n'a pas amélioré sensiblement la situation. C'était déjà un acheminement, un petit tout à l'égout,

Sauf dans les grandes villes, il serait préférable de sacrifier les eaux souterraines et de souiller le moins possible les eaux superficielles dont la purification deviendrait facile.

A Paris et dans les autres grandes villes, la question est plus compliquée et l'organisation du tout à l'égout s'impose évidemment, mais avec un correctif : *rien à la Seine, qui ne soit*

pas seulement sur le papier. Éloignez loin de Paris les eaux d'égout, mais ne les jetez pas ostensiblement ou en cachette chez le voisin.

Le réseau des égouts parisiens est à peu près aussi complet que possible. Qu'on achève donc l'organisation du tout à l'égout mais qu'auparavant on satisfasse aux deux conditions suivantes que l'hygiène et la salubrité générale exigent : 1<sup>o</sup> Une quantité d'eau *suffisante* ou plutôt *exagérée*; 2<sup>o</sup> Un lieu d'évacuation des eaux d'égout qui ne gêne personne ou un mode de traitement autre.

**Diminution de la quantité.** — Il est possible, en effet, de diminuer beaucoup la quantité des eaux d'égout en diminuant les causes d'infection urbaines qui diminueraient la consommation d'eau du service public. Un premier moyen serait la combustion des ordures ménagères qui est pratiquée dans beaucoup de villes étrangères. On l'a essayée à Paris ; les résultats ont été satisfaisants, mais, il y a toujours un mais au moins, il est difficile de faire quelque chose sans déranger quelqu'un qui crie.

On a dit : l'agriculture a besoin d'engrais ; ce n'est pas vrai, dans ce cas du moins, c'est le marchand qui en a besoin et non l'agriculteur, car la combustion, avec ou sans utilisation industrielle des résidus, n'enlève rien à l'agriculture, elle lui donne les matières minérales sous

forme de cendres, les matières organiques sous forme de gaz acide carbonique et d'eau et sous forme de sels ammoniacaux, il n'y a que le marchand de gadoues qui a besoin, mais ce n'est pas lui qu'il convient de ménager et il faut n'être jamais allé à la campagne respirer le parfum des gadoues en fermentation pour le prendre en pitié.

Un autre moyen, c'est la suppression des chevaux dans les grandes villes ou au moins leur réduction au minimum, le développement de la circulation automobile permet de l'espérer pour l'avenir si l'administration se décidait à agir énergiquement sur les compagnies de transport.

On arriverait ainsi à diminuer beaucoup la quantité d'eau consommée par le service public ; peut-être serait-il possible même de faire une sélection de l'eau urbaine et d'en rendre une partie non souillée ou à peine à la rivière puisque ces eaux ne seraient utilisées qu'après purification à domicile. On pourrait, pour cela, utiliser une des doubles conduites existant actuellement.

Peut-être serait-il possible alors de traiter une grande partie des eaux par voie chimique ou par les moyens qu'il nous reste à examiner rapidement.

Les eaux d'égout ainsi que les eaux résiduaires d'usines sont toutes hors de ces limites et, par suite, ne peuvent pas être jetées dans les

rièrres, encore moins être considérées comme eaux potables.

**Eaux d'égout.** — Les eaux d'égout de Paris se rendent dans trois collecteurs qui déversent leurs eaux dans la Seine, en aval de Paris. Le collecteur de la rive gauche et celui de la rive droite des quais déversent, à Clichy, 300 000 mètres

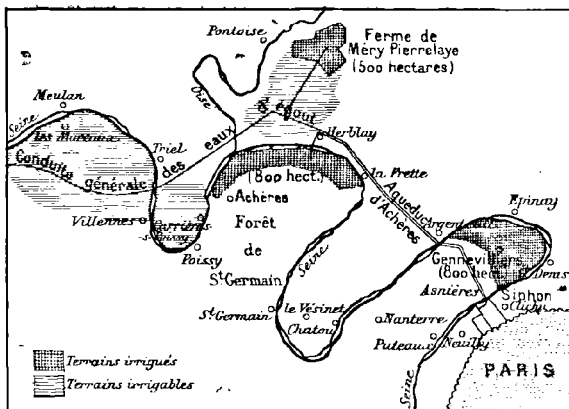


Fig. 10

cubes d'eau par jour. Le collecteur départemental qui reçoit les eaux de la butte Montmartre et des quartiers élevés, débite à St-Denis 50 000 mètres cubes.

Le collecteur d'Asnières, sur la rive droite, débouche à Clichy. Le collecteur de la Bièvre, sur la rive gauche, traverse la Seine au pont de l'Alma et se réunit au collecteur de la rive droite,

Enfin, le collecteur du Nord débouche en Seine à Saint-Denis (*fig. 10*).

Les eaux sont épurées par épandage et irrigation avec utilisation agricole dans la presque ile de Gennevilliers. On a distribué, en 1897, 38 millions de mètres cubes. On en distribue en outre à Achères dans la presque ile de Saint-Germain. Les épandages varient de 30 à 50 000 mètres cubes par jour. En 1897, on en a distribué 33 millions de mètres cubes utilisés pour la grande culture ou répandus sur des terrains cultivés en bois. En 1898, il y avait la moitié du produit des égouts répandus sur ces deux points. Depuis juillet 1899, le reste se rend à Méry et à Triel. Tout déversement à la Seine a dû cesser, on sait qu'il n'en est rien et que la Seine continue à recevoir une certaine quantité d'eau. Le tableau X donne la composition moyenne des eaux des collecteurs pour 1898.

Pour faciliter l'abaissement de la masse souterraine on a pratiqué à Gennevilliers et à Achères un système de drainage dont les eaux sont analysées et ont la composition reproduite au tableau pour 1898. A Gennevilliers, les eaux de drainage seront enrichies en chaux et en matières minérales, les matières organiques sont presque complètement enlevées et les sels ammoniacaux se sont transformés en nitrates.

Il en est de même à Achères.

Le nombre des bactéries diminue considérablement après l'épandage.

X. — EAUX D'ÉGOUT — COMPOSITION MOYENNE EN 1898

	Bières hydraul. totales	Degré permanent	Chaux totale	Carbonate alcalino-terreux	Chlore	Matières organiques	Acide sulfurique	Résidu à 180°	Azote nitrique	Azote ammoniacal	Azote organique	Bactéries
	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.	par c. c
Collecteur d'Asnières . . . . .	37	17	165	187	55	34,9	122	630	2,2	16,7	8,7	12 165 000
" Saint-Ouen . . . . .	45	29	196	204	90	58,5	184	880	2,0	23,5	16,7	11 405 000
" Abbères . . . . .	42	21	184	207	88	44,5	179	843	2,3	22,0	4,8	12 047 000
Drains de Gennesvilliers (Les Grésillons)	62	33	309	162	74	1,2	265	1071	27,3	"	"	"
" (Moulin de Cage) . . . . .	60	33	293	176	78	1,4	220	1034	25,7	"	"	4 510
" (Épiray) . . . . .	54	28	278	171	68	1,5	194	914	26,8	"	"	4 095
" (Les Burons) . . . . .	58	35	306	159	73	0,9	242	1085	33,9	"	"	"
Drains d'Achèras (Herbay) . . . . .	40	21	257	166	67	1,2	135	846	23,9	"	"	715
" " (Garenn) . . . . .	45	17	239	172	62	1,8	109	741	15,0	"	"	2 345
" " (Les Noyers) . . . . .	40	15	216	157	51	0,9	81	663	15,3	"	"	185
" " (Les Fonceaux) . . . . .	37	14	194	147	46	1,0	84	577	10,6	"	"	3 625

## CHAPITRE V

—

### PURIFICATION DES EAUX D'ÉGOUT

Les eaux d'égout, quel que soit l'usage qu'on en fait, retournent en fin de compte à la rivière. Pour ne pas infecter les cours d'eau, il est donc nécessaire de les purifier.

On a essayé un grand nombre de procédés chimiques. Un grand nombre a donné des résultats satisfaisants, sans cependant atteindre une purification complète, mais tous ont été trouvés trop coûteux. Les mêmes procédés peuvent être employés pour la plupart des eaux résiduaires industrielles.

**Procédés chimiques.** — On a proposé la chaux qui précipite une partie des matières minérales et organiques, mais, en même temps, elle rend l'eau alcaline, ce qui cause une fermentation rapide. Les procédés par précipitation les meilleurs sont ceux à base de sel de fer. On précipite le protochlorure de fer ou le perchlorure ou le sulfate ferrique par la chaux, le pré-



cipité entraîne une grande quantité de matières organiques; de plus, les phénomènes d'oxydation et de réduction de l'oxyde de fer se produisent sous l'influence de l'air et de la matière organique et causent la destruction d'une grande quantité des matières organiques et même une partie des microbes, mais l'épuration n'est jamais suffisante, malgré le prix relativement élevé du procédé. Aussi, ces procédés ont tous été abandonnés. Celui de MM. A. et P. Buisine, qui consiste à retirer le sel de fer des pyrites par grillage et traitement par un acide, est celui qui a donné les meilleurs résultats, mais la quantité d'eau est telle que tout procédé devient *a priori* trop onéreux.

Les procédés par l'ozone que nous avons décrits, pourraient également donner de bons résultats.

**Procédé par les bactéries.** — Enfin, il y aurait lieu de soumettre à une sérieuse expérimentation le procédé de purification par les bactéries au moyen des réservoirs septiques. Ce procédé, qui n'est pas que nous sachions employé en France, est appliqué dans quelques villes d'Angleterre et d'Écosse, notamment à Exeter, depuis quatre ans. Il repose sur les faits que nous avons signalés précédemment à propos de la filtration par le sable. Dans ces filtres, les microbes jouent un rôle purifiant considérable,

ils solubilisent la matière organique, la fixent dans leurs organes et, ainsi, débarrassent l'eau de la plus grande partie de ses impuretés.

C'est ce qu'on fait dans le traitement du Sewage (eau d'égout) par les bactéries. Dans une série de bassins, l'eau se trouve soumise à l'action des bactéries, les matières solides se liquéfient, on les filtre ensuite sur des filtres à sable ou bien on les soumet à l'épandage pour achever leur purification.

En somme, ce procédé prépare merveilleusement les liquides pour l'écoulement sur les champs d'épandage ou de culture.

**Procédés par filtration et irrigation.** — La purification des eaux d'égout par filtration à travers le sol ou par irrigation sur des surfaces cultivées est toujours l'opération terminale de tout traitement des eaux d'égout. Cette opération consiste à faire passer l'eau à travers une grande épaisseur d'un terrain sablonneux ou même à faire couler le liquide sur une surface gazonnée ou cultivée ; c'est ce que fait la ville de Paris à Gennevilliers et dans d'autres terrains.

L'irrigation purifie plus complètement que la simple filtration ; on sait, par exemple, que les nitrates ne sont pas retenus par la filtration à travers le sol, tandis que l'irrigation ou l'utilisation pour la culture abandonne aux plantes qui en sont si avides, les nitrates en même temps

que les sels ammoniacaux, potassiques, les phosphates qui tous sont des éléments fertilisants. On a calculé que les eaux d'égout équivalent à peu près au fumier de ferme.

A Lausanne, l'irrigation est pratiquée sur une surface en pente et très grande par rapport à la quantité d'eau ; les résultats obtenus sont excellents, on compte environ onze coupes de foin par année.

## CHAPITRE VI

—

### CONCLUSIONS

Pour résumer cette question de la purification des eaux potables nous proposerions les résolutions suivantes :

1° Amener de l'eau la plus voisine et la moins souillée. Purification grossière par filtration à travers le sable.

2° Service privé : purification à domicile ou par les soins du propriétaire par l'un des procédés indiqués : charbon, filtres souvent stérilisés, épurateurs chimiques, avec établissement d'une double canalisation dans les maisons pour diminuer la consommation d'eau pure.

3° Service public : diminution de la consommation par la combustion des ordures ménagères, par la suppression, autant que possible, des chevaux dans les grandes villes (automobiles), par la récupération des eaux non souillées (jets d'eau, fontaines), qui seraient rejetées à la Seine par la 2<sup>e</sup> canalisation de la ville devenue inutile.

4° Eaux d'égout : installation complète du tout à l'égout, purification par les procédés chimiques ou bactériologiques et utilisation par irrigation et épandage sur des champs d'étendue suffisante 5°. On pourrait certainement réduire ainsi la quantité d'eau nécessaire, mais cette quantité serait néanmoins beaucoup plus forte que la quantité promise, peut-être pourrait-on se contenter de 400 litres par tête au lieu de 600 et 700 litres indiqués pour la plupart des villes étrangères.

---



# TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION . . . . .	5

## PREMIÈRE PARTIE

### ÉTUDE DE L'EAU

#### CHAPITRE PREMIER

<i>Impuretés de l'eau</i> . . . . .	9
-------------------------------------	---

#### CHAPITRE II

<i>Caractères de l'eau potable</i> . . . . .	13
--	----

#### CHAPITRE III

<i>Définition de l'eau potable</i> . . . . .	19
--	----

## DEUXIÈME PARTIE

### ANALYSE DE L'EAU

#### CHAPITRE PREMIER

<i>Analyse micrographique</i> . . . . .	21
---	----

	Pages
<b>CHAPITRE II</b>	
<i>Analyse chimique qualitative</i> . . . . .	24
<i>Analyse chimique quantitative</i> . . . . .	30
<b>CHAPITRE III</b>	
<i>Étude des matières organiques de l'eau</i> . . . . .	70
 <b>TROISIÈME PARTIE</b> <b>PROCÉDÉS DE PURIFICATION</b>	
<b>CHAPITRE PREMIER</b>	
<i>Nécessité de la purification</i> . . . . .	81
<b>CHAPITRE II</b>	
<i>Purification par le froid et la glace</i> . . . . .	86
<b>CHAPITRE III</b>	
<i>Purification par la chaleur</i> . . . . .	92
<b>CHAPITRE IV</b>	
<i>Purification par décantation</i> . . . . .	102
<b>CHAPITRE V</b>	
<i>Purification par filtration</i> . . . . .	105



PURIFICATION DES EAUX POTABLES 199

Pages

CHAPITRE VI

*Purification chimique* . . . . . 130

QUATRIÈME PARTIE

L'EAU DANS LES VILLES

CHAPITRE PREMIER

*Amenée de l'eau dans les villes* . . . . . 154

CHAPITRE II

*Quantité d'eau à fournir par habitant* . . . . . 165

CHAPITRE III

*L'eau à Paris* . . . . . 170

CHAPITRE IV

*Eaux d'égout.* . . . . . 183

CHAPITRE V

*Purification des eaux d'égout* . . . . . 190

CHAPITRE VI

CONCLUSIONS . . . . . 194

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSIÈRE

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, A PARIS (6<sup>e</sup>).

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

# ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

## TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

**ALHEILIG,**

Ingénieur de la Marine.

**Camille ROCHE,**

Ancien Ingénieur de la Marine.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

**TOME I :** Thermodynamique. Puissance des machines, diagrammes et formules. Indicateurs. Organes. Régulation. Épures. Distribution et changement de marche. Alimentation etc. ; xi-604 pages, avec 412 figures ; 1895..... **20 fr.**

**TOME II :** Volants régulateurs. Classification des machines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints. Montage et essais. Paesation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction ; iv-560 pages, avec 281 figures ; 1895. **18 fr.**

## CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

**E. DEHARME,**

Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>al</sup> aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8, xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche ; 1895 (E. I.). **15 fr.**

## CHEMINS DE FER.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. — LA CHAUDIÈRE.

PAR

**E. DEHARME,**

Ing<sup>r</sup> principal à la Compagnie du Midi.

**A. PULIN,**

Ing<sup>r</sup> Insp<sup>r</sup> p<sup>al</sup> aux chemins de fer du Nord.

Un volume grand in-8 de vi-608 p, avec 131 fig. et 2 pl. ; 1900 (E. I.). **15 fr.**

## VERRE ET VERRERIE

PAR

**Léon APPERT et Jules HENRIVAUX, Ingénieurs.**

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches ; 1894 (E. I.).... **20 fr**

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

## **INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,**

**Par Lucien GESCHWIND, Ingénieur-Chimiste.**

Un volume grand in-8, de viii-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). **10 fr.**

## **COURS DE CHEMINS DE FER**

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

**Par G. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : avec 326 fig.; 1894.. **20 fr.** | TOME II : avec 177 fig.; 1894.. **20 fr.**

## **COUVERTURE DES ÉDIFICES**

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

**Par J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. **20 FR.**

## **CHARPENTERIE MÉTALLIQUE**

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

**Par J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 894 (E. T. P.).

TOME I : avec 479 fig.; 1894.. **20 fr.** | TOME II : avec 571 fig.; 1894.. **20 fr.**

## **TRAITÉ PRATIQUE**

DES

## **CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL**

ET DES

## **TRAMWAYS**

**Par Pierre GUÉDON,**

Ingénieur, Chef de traction à la C<sup>ie</sup> générale des Omnibus de Paris.

Un beau volume grand in-8, de 393 pages et 141 figures (E. I.); 1901..... **11 fr.**

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

## ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **Al. GOUILLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES. AVEC 710 FIG. ; 1894 (E. I.) . . . 12 FR.

## BLANCHIMENT ET APPRÊTS TEINTURE ET IMPRESSION

Ch.-Er. **GUIGNET,**

Directeur des teintures aux Manufac-  
tures nationales  
des Gobelins et de Beauvais.

PAR

**F. DOMMER,**

Professeur à l'École de Physique  
et de Chimie industrielles  
de la Ville de Paris.

**E. GRANDMOUGIN,**

Chimiste, ancien Préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHAN-  
TILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS ; 1895 (E. I.) . . . . . 30 FR.

## CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **A. CRONEAU,**

Ingénieur de la Marine,  
Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS ; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de na-  
vires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages  
avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs ; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouver-  
tures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la  
coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. —  
Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig. ; 1894. 15 fr.

## PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

## FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY,**

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG. ; 1894 (E. T. P.).. 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le con-  
trôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique  
(économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

## **TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES**

TERRES CUITES.  
PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

**Par E. BOURRY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

### **RÉSUMÉ DU COURS**

DE

## **MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES**

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES.

**Par J. HIRSCH,**

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,  
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2<sup>e</sup> édition. Gr. in-8 de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

## **LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN**

**Par Henri DE LAPPARENT,**

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCEVAGE, ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

GR. IN-8 DE XII-533 P., AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES; 1895 (E. I.) 12 FR.

## **TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE**

**Par A. JOANNIS,**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,  
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8; 1896 (E. I.).

TOME I: 698 p., avec fig.; 1896. 20 fr. | TOME II: 718 p., avec fig.; 1896. 15 fr.

## **MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF**

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

**Par G. LECHALAS,** Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. T. P.).

TOME I; 1889; 20 fr. — TOME II: 1<sup>re</sup> partie; 1893; 10 fr. 2<sup>e</sup> partie; 1898; 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**,

Ingénieur, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR, PAR

**P. PETIT**,

Prof<sup>r</sup> à la Faculté des Sciences de Nancy.

Directeur de l'École de Brasserie.

**J. JAQUET**,

Ingénieur civil.

Grand in-8 de ix-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. L.)... 7 fr.

## COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,

Ing<sup>r</sup> et Prof<sup>r</sup> à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

GR. IN-8, DE XI-428 P., AVEC 340 FIG. : 1896 (E. T. P.)... 12 FR.

## LES ASSOCIATIONS OUVRIÈRES ET LES ASSOCIATIONS PATRONALES,

Par **P. HUBERT-VALLEROUX**,

Avocat à la Cour de Paris, Docteur en Droit.

GRAND IN-8 DE 361 PAGES: 1899 (E. L.)... 10 FR.

## TRAITÉ DES FOURS A GAZ A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE.

DÉTERMINATION DE LEURS DIMENSIONS.

Par **Friedrich TOLDT**,

Ingénieur, Professeur à l'Académie impériale des Mines de Leoben.

TRADUIT DE L'ALLEMAND SUR LA 2<sup>e</sup> ÉDITION REVUE ET DÉVELOPPÉE PAR L'AUTEUR,

Par **F. DOMMER**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

Un volume grand in-8 de 392 pages, avec 68 figures; 1900 (E. L.)... 11 fr.

## ANALYSE INFINITÉSIMALE A L'USAGE DES INGÉNIEURS,

Par **E. ROUCHÉ** et **L. LÉVY**,

2 VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES (E. T. P.) :

TOME I : *Calcul différentiel*. VIII-557 pages, avec 45 figures; 1900... 15 fr.

TOME II : *Calcul intégral*..... (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

PREMIERS PRINCIPES  
D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PILES, ACCUMULATEURS, DYNAMOS, TRANSFORMATEURS.

Par **Paul JANET**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,  
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

Quatrième édition conforme à la 3<sup>e</sup>. — In-8, avec 169 figures; 1901. 6 fr.

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par **M. J. JAMIN**.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFONDUE

Par **M. E. BOUTY**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et  
14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE  
COMPLÉT)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (\*) 1<sup>er</sup> fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec  
150 figures et 1 planche..... 5 fr.  
2<sup>e</sup> fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (\*) 1<sup>er</sup> fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.  
(\*) 2<sup>e</sup> fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.  
3<sup>e</sup> fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la cha-  
leur*; avec 47 figures..... 5 fr.



LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.  
(\*) 2<sup>e</sup> fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.  
3<sup>e</sup> fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1<sup>re</sup> Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*, avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.  
2<sup>e</sup> fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

TOME IV (2<sup>e</sup> Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3<sup>e</sup> fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.  
4<sup>e</sup> fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

*Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique.* In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

- 1<sup>er</sup> SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.  
2<sup>e</sup> SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

(\*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1<sup>er</sup> fascicule; Tome II, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> fascicules; Tome III, 2<sup>e</sup> fascicule.

LEÇONS

D'ÉLECTROTECHNIQUE GÉNÉRALE

PROFESSÉES A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

Par P. JANET,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,  
Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 307 FIGURES; 1900..... 20 FR.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

# D'ACOUSTIQUE ET D'OPTIQUE

A L'USAGE DES CANDIDATS AU CERTIFICAT D'ÉTUDES PHYSIQUES,  
CHIMIQUES ET NATURELLES (P. C. N.).

Par **Ch. FABRY**,

Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Un volume in-8, avec 205 figures; 1898..... 7 fr. 50 c.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

# MÉTÉOROLOGIE

Par **Alfred ANGOT**,

Météorologiste titulaire au Bureau Central météorologique,  
Professeur à l'Institut national agronomique et à l'École supérieure  
de Marine.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 103 FIG. ET 4 PL.; 1899. 12 FR.

RAPPORTS

PRÉSENTÉS AU

# CONGRÈS DE PHYSIQUE

RÉUNI À PARIS EN 1900, SOUS LES AUSPICES DE LA SOCIÉTÉ  
FRANÇAISE DE PHYSIQUE,

Rassemblés et publiés par

**Ch.-Éd. GUILLAUME et L. POINCARÉ**,

Secrétaires généraux du Congrès.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1900..... 50 FR.

On vend séparément :

- TOME I : *Questions générales. Métrologie. Physique mécanique. Physique moléculaire*..... 18 fr.  
TOME II : *Optique. Électricité. Magnétisme*..... 18 fr.  
TOME III : *Electro-optique et ionisation. Applications. Physique cosmique. Physique biologique*..... 18 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ  
DE LA  
**FABRICATION DES LIQUEURS**  
ET DE LA  
DISTILLATION DES ALCOOLS,

Par **P. DUPLAIS** Aîné,  
SEPTIÈME ÉDITION, ENTIÈREMENT REFOUNDUE

PAR  
**Marcel ARPIN**,  
Chimiste industriel.

**Ernest PORTIER**,  
Répétiteur de Technologie agricole  
à l'Institut agronomique.

DEUX VOLUMES IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT; 1900.

TOME I : *Les Alcools*. Volume de VIII-613 pages avec 68 figures ..... 8 fr.  
TOME II : *Les Liqueurs*. Volume de 606 pages avec 69 figures..... 10 fr.

**LA TÉLÉGRAPHIE SANS FILS,**

Par **André BROCA**,  
Professeur agrégé de Physique à la Faculté de Médecine.

Un volume in-18 jésus, avec 35 figures; 1896..... 3 fr. 50 c.

**TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ**  
AVEC LES PRINCIPALES APPLICATIONS,

Par **R. COLSON**,  
Commandant du Génie, Répétiteur de Physique à l'École Polytechnique.

3<sup>e</sup> édition entièrement refondue. In-18 jésus, avec 91 fig.; 1900. 3 fr. 75 c.

**DE PARIS AUX MINES D'OR**  
DE L'AUSTRALIE OCCIDENTALE,

Par **O. CHEMIN**,  
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Volume in-8 de 370 pages, avec 116 figures dont 111 photogravures, 7 cartes,  
et 2 planches; 1900..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# LECONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE  
annexé à l'Université de Liège.

Par **Eric GÉRARD**,

Directeur de cet Institut.

6<sup>e</sup> ÉDITION, DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques*; avec 388 figures; 1900..... 12 fr.

TOME II : *Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'Électricité à la téléphonie, à la télégraphie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage, à la métallurgie et à la chimie industrielle*; avec 387 figures; 1900..... 12 fr.

---

## TRACTION ÉLECTRIQUE,

Par **Éric GÉRARD**,

(Extrait des *Leçons sur l'Électricité* du même Auteur.)

Volume grand in-8 de vi-136 pages, avec 92 figures; 1900..... 3 fr. 50 c.

---

## MESURES ÉLECTRIQUES,

Par **Éric GÉRARD**,

2<sup>e</sup> édition, gr. in-8 de 532 p., avec 217 fig.; 1901. Cartonné toile anglaise.... 12 fr.

---

## LES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES DANS LES GAZ,

Par **J.-J. THOMSON**, D. Sc. F. R. S.

OUVRAGE TRADUIT DE L'ANGLAIS, AVEC DES NOTES; PAR LOUIS BARBILLION,  
ET UNE PRÉFACE DE CH. ED. GUILLAUME.

Volume in-8 de xiv-172 pages, avec 41 figures; 1900..... 5 fr.

---

## TRAITÉ DE MAGNÉTISME TERRESTRE,

Par **E. MASCART**,

Membre de l'Institut.

Volume grand in-8 de vi-441 pages, avec 94 figures; 1900..... 15 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# LECONS D'OPTIQUE GEOMETRIQUE

*à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales.*

**Par E. WALLON,**

Ancien Élève de l'École Normale supérieure,  
Professeur au Lycée Janson de Sailly.

Un volume grand in-8, avec 169 figures; 1900 ..... 9 fr.

## LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS

EXPOSÉ DES ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES ENSEMBLES  
AVEC DES APPLICATIONS A LA THÉORIE DES FONCTIONS,

**Par Émile BOREL,**

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8; 1898 ..... 3 fr. 50 c.

## LEÇONS SUR LES FONCTIONS ENTIÈRES,

NOUVELLES LEÇONS SUR LA THÉORIE DES FONCTIONS.

**Par Émile BOREL,**

Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

Un volume grand in-8; 1900 ..... 3 fr. 50 c.

## ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES NOMBRES

*Congruences. Formes quadratiques. Nombres incommensurables.  
Questions diverses.*

**Par E. CAHEN,**

Ancien Élève de l'École Normale supérieure,  
Professeur de mathématiques spéciales au Collège Rollin.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE VIII-403 PAGES; 1900 ..... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

THÉORIE  
DES  
**FONCTIONS ALGÈBRIQUES**  
DE DEUX VARIABLES INDÉPENDANTES,

PAR  
**Émile PICARD,**  
Membre de l'Institut,  
Professeur à l'Université de Paris.

**SIMART,**  
Capitaine de Frégate,  
Répétiteur à l'École Polytechnique.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. Volume de vi-256 pages, avec figures; 1897..... 9 fr.  
TOME II. (1<sup>er</sup> fascicule 206 p.) Prix du volume complet pour les souscripteurs;  
1900..... 14 fr.

LEÇONS  
SUR LA  
**THÉORIE DES FORMES**  
ET LA GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE SUPÉRIEURE,

*à l'usage des Étudiants des Facultés des Sciences,*

Par **H. ANDOYER,**  
Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

DEUX BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Volume de vi-508 pages; 1900..... 15 fr.  
TOME II..... (*En préparation.*)

RECUEIL DE PROBLÈMES  
DE  
**GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE**

A L'USAGE DES ÉLÈVES DE MATHÉMATIQUES SPÉCIALES  
SOLUTIONS DES PROBLÈMES DONNÉS AU CONCOURS D'ADMISSION A L'ÉCOLE  
POLYTECHNIQUE DE 1860 À 1900.

Par **F. MICHEL,**  
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Volume in-8 de vi-240 pages, avec 70 figures; 1900..... 6 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

TRAITÉ  
DE  
MÉCANIQUE RATIONNELLE

Par P. APPELL,

Membre de l'Institut,  
Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : *Statique, Dynamique du point*, avec 178 figures ; 1893..... 16 fr.  
TOME II : *Dynamique des systèmes. Mécanique analytique*, avec fig. ; 1896. 16 fr.  
TOME III : *Équilibre et mouvement des milieux continus* (Un fascicule de 224 pages  
a paru). Prix du volume complet pour les souscripteurs..... 15 fr.

LEÇONS NOUVELLES  
D'ANALYSE INFINITÉSIMALE  
ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par Ch. MÉRAY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I<sup>re</sup> PARTIE : Principes généraux ; 1894..... 13 fr.  
II<sup>e</sup> PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable ;  
1895..... 14 fr.  
III<sup>e</sup> PARTIE : Questions analytiques classiques ; 1897..... 6 fr.  
IV<sup>e</sup> PARTIE : Applications géométriques classiques ; 1898..... 7 fr.

TRAITÉ D'ASTRONOMIE STELLAIRE

Par CH. ANDRÉ,

Directeur de l'Observatoire de Lyon, Professeur d'Astronomie  
à l'Université de Lyon.

TROIS VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

I<sup>re</sup> PARTIE : Étoiles simples, avec 29 figures et 2 planches ; 1899..... 9 fr.  
II<sup>e</sup> PARTIE : Étoiles doubles et multiples. Amas stellaires, avec 74 figures et 3 planches ;  
1900..... 14 fr.  
III<sup>e</sup> PARTIE : Photométrie, Photographie. Spectroscopie..... (Sous presse.)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

# BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fourtier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

## MANUEL PRATIQUE DE PHOTOGRAPHIE AU CHARBON,

Par E. BELIN.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

## REPRODUCTION DES GRAVURES, DESSINS, PLANS, MANUSCRITS,

Par A. COURRÈGES, Praticien.

In-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

## LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THEORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens... 32 fr.  
Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

## PRINCIPES ET PRATIQUE D'ART EN PHOTOGRAPHIE,

LE PAYSAGE,

Par Frédéric DILLAYE.

Un volume in-8 avec 32 figures et 34 photographures de paysages; 1899. 5 fr.

## FORMULES, RECETTES ET TABLES POUR LA PHOTOGRAPHIE ET LES PROCÉDÉS DE REPRODUCTION,

Par le Dr J.-M. EDER.

Edition revue par l'auteur et traduite de l'allemand,

Par G. BRAUN fils.

Un volume in-18 jésus de 185 pages; 1900..... 4 fr.



**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,**

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891... 48 fr.  
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1<sup>er</sup> Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892 14 fr.

2<sup>e</sup> Supplément (B). Un beau vol. gr. in-8 de 424 p. avec 221 fig.; 1897. 14 fr.

Les 6 volumes se vendent ensemble..... 72 fr.

**LA PHOTOTYPIC POUR TOUS**

ET SES APPLICATIONS DIRECTES

AUX TIRAGES LITHOGRAPHIQUES ET TYPOGRAPHIQUES.

Par L. LAYNAUD.

Un volume in-18 jésus, avec figures; 1900..... 2 fr.

**L'OBJECTIF PHOTOGRAPHIQUE,**

ÉTUDE PRATIQUE. EXAMEN. ESSAI. CHOIX ET MODE D'EMPLOI.

Par P. MOESSARD,

Lieutenant-Colonel du Génie,  
Ancien Élève de l'École Polytechnique.

Un volume grand in-8, avec 116 figures et 1 planche; 1899..... 6 fr. 50 c.

**MANUEL DU PHOTOGRAPHE AMATEUR,**

Par F. PANAJOU,

Chef du Service photographique à la Faculté de Médecine  
de Bordeaux.

3<sup>e</sup> ÉDITION COMPLÈTEMENT REFOUNDUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.

Petit in-8, avec 63 figures; 1899..... 2 fr. 75 c.

**LA PHOTOGRAPHIE ANIMÉE,**

Par E. TRUTAT.

Avec une Préface de M. MAREY.

Un volume grand in-8, avec 146 figures et 1 planche; 1899..... 5 fr.

**ESTHÉTIQUE DE LA PHOTOGRAPHIE,**

Un volume de grand luxe in-4 raisin, avec 14 planches et 150 figures. 16 fr.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS**

**TRAITÉ PRATIQUE  
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES  
A L'USAGE DES AMATEURS,**

Par E. TRUTAT.

2<sup>e</sup> édition, revue et augmentée. 2 vol. in-18 jésus..... 5 fr.

*On vend séparément :*

I<sup>re</sup> PARTIE : *Obtention des petits clichés*, avec 81 figures; 1900.... 2 fr. 75 c.

II<sup>e</sup> PARTIE : *Agrandissements*, avec 60 figures; 1897..... 2 fr. 75 c.

**TRAITÉ PRATIQUE  
DE PHOTOGRAVURE EN RELIEF ET EN CREUX,**

Par Léon VIDAL.

In-18 jésus de xiv-445 p. avec 65 figures et 6 planches; 1900 .... 6 fr. 50 c.

**ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA PHOTOGRAPHIE,**

CONFÉRENCES FAITES A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHOTOGRAPHIE  
EN 1899.

Brochures in-8; 1899. — *On vend séparément :*

**LA PHOTOCOLLOGRAPHIE**, par G. BALAGNY..... 1 fr. 25 c.

**LA PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE**, par R. COLSON.. 1 fr.

**CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LE PORTRAIT EN PHOTOGRAPHIE**, par Frédéric DILLAYE..... 1 fr. 25 c.

**LA MÉTROPHOTOGRAPHIE**, avec 17 figures et 2 planches, par le Colonel A. LAUSSEDAT..... 2 fr. 75 c.

**LA RADIOGRAPHIE ET SES DIVERSES APPLICATIONS**, avec 29 figures, par Albert LONDE..... 1 fr. 50 c.

**LA CHRONOPHOTOGRAPHIE**, avec 23 fig., par MAREY. 1 fr. 50 c.

**LA PHOTOGRAPHIE EN BALLON ET LA TÉLÉPHOTOGRAPHIE**, avec 19 figures, par H. MEYER-HEINE..... 1 fr. 50 c.

**LA MICROPHOTOGRAPHIE**, avec 3 planches en couleur, par MONPILLARD..... 2 fr. 50 c.

**SUR LES PROGRÈS RÉCENTS ACCOMPLIS AVEC L'AIDE DE LA PHOTOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DU CIEL**; avec 2 planches, par P. PUISEUX..... 2 fr.

**LA PHOTOGRAPHIE DES MONTAGNÉS**, à l'usage des alpinistes, avec 19 figures, par J. VALLOT..... 1 fr. 75 c.

**LES PROGRÈS DE LA PHOTOGRAVURE**, avec 21 figures et 2 planches, par Léon VIDAL..... 1 fr. 75 c.

**LE RÔLE DES DIVERSES RADIATIONS EN PHOTOGRAPHIE**, avec 8 figures, par P. VILLARD..... 1 fr.

**LES AGRANDISSEMENTS**, avec fig., par E. WALLON. 1 fr. 75 c.

29546. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

MASSON & C<sup>ie</sup>, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n° 216.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Décembre 1900)

# La Pratique Dermatologique

Traité de Dermatologie appliquée

Publié sous la direction de MM.

ERNEST BESNIER, L. BROCCQ, L. JACQUET

Par MM. AUDRY, BALZER, BARBE, BAROZZI, BARTHÉLEMY, BÉNARD, ERNEST BESNIER, BODIN, BROCCQ, DE BRUN, DU CASTEL, J. DARIER, DEHU, DOMINICI, W. DUBREUILH, HUDELO, L. JACQUET, J.-B. LAFFITTE, LENGLET, LEREDDE, MERKLEN, PERRIN, RAYNAUD, RIST, SABOURAUD, MARCEL SÉE, GEORGES THIBIERGE, VEYRIÈRES.

4 volumes richement cartonnés toile formant ensemble environ 3600 pages, très largement illustrés de figures en noir et de planches en couleurs. En souscription jusqu'à la publication du Tome II. 140 fr. Les volumes paraîtront à des intervalles assez rapprochés pour que l'ouvrage soit complet à la fin de l'année 1901. Chaque volume sera vendu séparément.

## TOME PREMIER

1 fort vol. in-8° avec 230 figures en noir et 24 planches en couleurs. Richement cartonné toile. . . 36 fr.

Anatomie et Physiologie de la Peau. — Pathologie générale de la Peau. — Symptomatologie générale des Dermatoses. — Acanthosis Nigricans. — Acnés. — Actinomycose. — Adénomes. — Alopecies. — Anesthésie locale. — Balanites. — Bouton d'Orient. — Brûlures. — Charbon. — Classifications dermatologiques. — Dermatitis polymorphes douloureuses. — Dermatophytes. — Dermatozoaires. — Dermites infantiles simples. — Ecthyma.

Sous presse : Tome II contenant les articles : Eczéma, par ERNEST BESNIER. — Electricité, par BROCCQ. — Electrolyse, par BROCCQ. — Éléphantiasis, par DOMINICI. — Eosinophilie, par LEREDDE. — Epithélioma, par DARIER. — Eruptions artificielles, par THIBIERGE. — Erythème, par BODIN. — Erythrodermie, par BROCCQ. — Fucus, par BODIN. — Folliculites, par HUDELO. — Furunculose, par BAROZZI. — Gale, par DUBREUILH. — Greffe, par BAROZZI. — Herpès, par DU CASTEL. — Ichtyose, par THIBIERGE. — Impétigo, par SABOURAUD. — Kératodermie, par DUBREUILH. — Kératose pilaire, par VEYRIÈRES. — Langue, par BÉNARD. — Lèpre, par MARCEL SÉE. — Leucokératose, par BÉNARD. — Lichens, par BROCCQ.

# Traité de Chirurgie

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**Simon DUPLAY**

Professeur à la Faculté de médecine  
Chirurgien de l'Hôtel-Dieu  
Membre de l'Académie de médecine

**Paul RECLUS**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine  
Chirurgien des hôpitaux  
Membre de l'Académie de médecine

PAR MM.

BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, DEMOULIN, J.-L. FAURE  
FORGUE, GÉRARD MARCHANT, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER  
KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT  
PONCET, QUÉNU, RICARD, RIEFFEL, SEGOND, TUFFIER, WALTHER

Ouvrage complet

DEUXIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUNDUE

8 vol. gr. in-8° avec nombreuses figures dans le texte. . . . . 150 fr.

- TOME I.** — 1 vol. grand in-8° de 912 pages avec 218 figures 18 fr.
- RECLUS. — Inflammations, traumatismes, maladies virulentes.  
BROCA. — Peau et tissu cellulaire sous-cutané.
- TOME II.** — 1 vol. grand in-8° de 996 pages avec 361 figures 18 fr.
- LEJARS. — Nerfs.  
MICHAUX. — Artères.  
QUÉNU. — Maladies des veines.
- TOME III.** — 1 vol. grand in-8° de 940 pages avec 285 figures 18 fr.
- NÉLATON. — Traumatismes, entorses, luxations, plaies articulaires.  
QUÉNU. — Arthropathies, arthrites sèches, corps étrangers articulaires.
- TOME IV.** — 1 vol. grand in-8° de 896 pages avec 354 figures 18 fr.
- DELENS. — L'œil et ses annexes.  
GÉRARD MARCHANT. — Nez, fosses
- TOME V.** — 1 vol. grand in-8° de 948 pages avec 187 figures 20 fr.
- BROCA. — Face et cou. Lèvres, cavité buccale, gencives, palais, langue, larynx, corps thyroïde.  
HARTMANN. — Plancher buccal, glandes
- TOME VI.** — 1 vol. grand in-8° de 1127 pages avec 248 figures 20 fr.
- MICHAUX. — Parois de l'abdomen.  
BERGER. — Hernies.  
JALAGUIER. — Contusions et plaies de l'abdomen, lésions traumatiques et corps étrangers de l'estomac et de l'intestin. Occlusion intestinale, péritonites, appendicite.
- TOME VII.** 1 fort vol. gr. in-8° de 1272 pages, 297 fig. dans le texte 25 fr.
- WALTHER. — Bassin.  
FORGUE. — Urètre et prostate.  
RECLUS. — Organes génitaux de l'homme.
- TOME VIII.** 1 fort vol. gr. in-8° de 971 pages, 163 fig. dans le texte 20 fr.
- MICHAUX. — Vuive et vagin.  
PIERRE DELBET. — Maladies de l'utérus.  
SEGOND. — Annexes de l'utérus,
- QUÉNU. — Des tumeurs.  
LEJARS. — Lymphatiques, muscles, synoviales tendineuses et bourses séreuses.  
RICARD et DEMOULIN. — Lésions traumatiques des os.  
PONCET. — Affections non traumatiques des os.  
LAGRANGE. — Arthrites infectieuses et inflammatoires.  
GÉRARD MARCHANT. — Crâne.  
KIRMISSON. — Rachis.  
S. DUPLAY. — Oreilles et annexes nasales, pharynx nasal et sinus.  
HEYDENREICH. — Mâchoires des salivaires, œsophage et pharynx.  
WALTHER. — Maladies du cou.  
PEYROT. — Poitrine.  
PIERRE DELBET. — Mamelle.  
HARTMANN. — Estomac.  
FAURE et RIEFFEL. — Rectum et anus.  
HARTMANN et GOSSET. — Anus contre nature. Fistules stercorales.  
QUÉNU. — Mésentère. Rate. Pancréas.  
SEGOND. — Foie.  
RIEFFEL. — Affections congénitales de la région sacro-coccygienne.  
TUFFIER. — Rein. Vessie. Urètres. Capsules surrénales.  
MICHAUX. — Ovaire, trompes, ligaments larges, péritoine pelvien.  
KIRMISSON. — Maladies des membres.

# Traité de Pathologie générale

Publié par **Ch. BOUCHARD**

Membre de l'Institut

Professeur de pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **G.-H. ROGER**

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

6 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

Prix en souscription jusqu'à la publication du t. V. 412 fr.

## TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

Introduction à l'étude de la pathologie générale, par G.-H. ROGER. — Pathologie comparée de l'homme et des animaux, par G.-H. ROGER et P.-J. GADJOT. — Considérations générales sur les maladies des végétaux, par P. VUILLEMIN. — Pathologie générale de l'embryon. Tératogénie, par MATHIAS DUVAL. — L'hérédité et la pathologie générale, par LE GENDRE. — Predisposition et immunité, par BOURCY. — La fatigue et le surmenage, par MARFAN. — Les Agents mécaniques, par LEJARS. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son, par LE NOIR. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante, par D'ARSONVAL. — Les Agents chimiques : les caustiques, par LE NOIR. — Les intoxications, par G.-H. ROGER.

## TOME II

1 vol. grand in-8° de 940 pages avec figures dans le texte : 48 fr.

L'infection, par CHARRIN. — Notions générales de morphologie bactériologique, par GUIGNARD. — Notions de chimie bactériologique, par HUGOUNENQ. — Les microbes pathogènes, par ROUX. — Le sol, l'eau et l'air, agents des maladies infectieuses, par CHANTEMESSE. — Des maladies épidémiques, par LAVERAN. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes, par RUFFER. — Les parasites, par R. BLANCHARD.

## TOME III

1 vol. in-8° de plus de 1400 pages, avec figures dans le texte, publié en deux fascicules : 28 fr.

Fasc. I. — Notions générales sur la nutrition à l'état normal, par E. LAMBLING. — Les troubles préalables de la nutrition, par Ch. BOUCHARD. — Les réactions nerveuses, par Ch. BOUCHARD et G.-H. ROGER. — Les processus pathogéniques de deuxième ordre, par G.-H. ROGER.

Fasc. II. — Considérations préliminaires sur la physiologie et l'anatomie pathologiques, par G.-H. ROGER. — De la fièvre, par Louis GUINON. — L'hypothermie, par J.-F. GUYON. — Mécanisme physiologique des troubles vasculaires, par E. GLRY. — Les désordres de la circulation dans les maladies, par A. CHARRIN. — Thrombose et embolie, par A. MAYOR. — De l'inflammation, par J. COURMONT. — Anatomie pathologique générale des lésions inflammatoires, par M. LETULLE. — Les altérations anatomiques non inflammatoires, par P. LE NOIR. — Les tumeurs, par P. MENETRIER.

## TOME IV

1 vol. in-8° de 719 pages avec figures dans le texte : 46 fr.

Evolution des maladies, par DUCAMP. — Sémiologie du sang, par A. GILBERT. — Spectroscopie du sang. Sémiologie, par A. HÉNOCCQUE. — Sémiologie du cœur et des vaisseaux, par R. TRUPIER. — Sémiologie du nez et du pharynx nasal, par M. LERMOYER et M. BOULAY. Sémiologie du larynx, par M. LERMOYER et M. BOULAY. — Sémiologie des voies respiratoires, par M. LEBRETON. — Sémiologie générale du tube digestif, par P. LE GENDRE.

Vient de paraître

## TOME V

1 fort vol. in-8° de 1180 pages avec nombr. figures dans le texte : 28 fr.

Sémiologie du foie, par CHAUFFARD. — Pancréas, par X. ARNOZAN. — Analyse chimique des urines, par C. CHABRIÉ. — Analyse microscopique des urines (Histo-bactériologique), par NOEL HALLÉ. — Le rein, l'urine et l'organisme, par A. CHARRIN. — Sémiologie des organes génitaux, par PIERRE DELBET. — Sémiologie du système nerveux, par J. DEJERINE.

## CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, BALLEZ, P. BLOCC, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, (ETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, SOUQUES, THIBERGE, THOINOT, FERNAND WIDAL.

# Traité de Médecine

## DEUXIÈME ÉDITION

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**BOUCHARD**  
Professeur à la Faculté de médecine  
de Paris,  
Membre de l'Institut.

**BRISSAUD**  
Professeur à la Faculté de médecine  
de Paris,  
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine;

10 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte.

En souscription. . . . . 150 fr.

### TOME I<sup>er</sup>

1 vol. gr. in-8° de 845 pages, avec figures dans le texte. 16 fr.

**Les Bactéries**, par L. GUIGNARD, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, professeur à l'École de Pharmacie de Paris. — **Pathologie générale infectieuse**, par A. CHARRIN, professeur remplaçant au Collège de France, directeur du laboratoire de médecine expérimentale, médecin des hôpitaux. — **Troubles et maladies de la Nutrition**, par PAUL LE GENDRE, médecin de l'hôpital Tenon. — **Maladies infectieuses communes à l'homme et aux animaux**, par G.-H. ROGER, professeur agrégé, médecin de l'hôpital de la Porte d'Aubervilliers.

### TOME II

1 vol. grand in-8° de 894 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

**Fièvre typhoïde**, par A. CHANTEMESSE, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies infectieuses**, par F. WIDAL, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Typhus exanthématique**, par L.-H. THOINOT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Fièvres éruptives**, par L. GUINON, médecin des hôpitaux de Paris. — **Erysipèle**, par E. BOIX, chef de laboratoire à la Faculté. — **Diphthérie**, par A. RUAULT. — **Rhumatisme**, par (ETTINGER, médecin des hôpitaux de Paris. — **Scorbut**, par TOLLEMER, ancien interne des hôpitaux.

### TOME III

1 vol. grand in-8° de 702 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

**Maladies cutanées**, par G. THIBERGE, médecin de l'hôpital de la Pitié. — **Maladies vénériennes**, par G. THIBERGE. — **Maladies du sang**, par A. GILBERT, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. — **Intoxications**, par A. RICHARDIÈRE, médecin des hôpitaux de Paris.

### TOME IV

1 vol. grand in-8° de 680 pages avec figures dans le texte. 16 fr.

**Maladies de la bouche et du pharynx**, par A. RUAULT. — **Maladies de l'estomac**, par A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral. — **Maladies du pancréas**, par A. MATHIEU. — **Maladies de l'intestin**, par COURTOIS-SUFFIT, médecin des hôpitaux. — **Maladies du péritoine**, par COURTOIS-SUFFIT.

### TOME VI

1 vol. grand in-8° de 612 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

**Maladies du nez et du larynx**, par A. RUAULT. — **Asthme**, par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-

Antoine. — **Coqueluche**, par P. L. FERNER, médecin des hôpitaux. — **Maladies des bronches**, par A. B. MARFAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Troubles de la circulation pulmonaire**, par A. B. MARFAN. — **Maladies aiguës du poumon**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux.

**TOME VII**

1 vol. grand in-8° de 500 pages avec figures dans le texte. 14 fr.

**Maladies chroniques du poumon**, par A. B. MARFAN professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Phtisie pulmonaire**, par A. B. MARFAN. — **Maladies de la plèvre**, par NETTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux. — **Maladies du médiastin**, par A. B. MARFAN.

*Le tome V sera publié ultérieurement.*

**TRAITÉ DE PHYSIOLOGIE**

PAR

**J.-P. MORAT**

Professeur à l'Université de Lyon.

**Maurice DOYON**

Professeur agrégé  
à la Faculté de médecine de Lyon

5 vol. gr. in-8° avec figures en noir et en couleurs.

En souscription . . . . . 50 fr.

- I. — **Fonctions de nutrition** : Circulation, par M. Doyon; Calorification, par J.-P. MORAT. 1 vol. gr. in-8° avec 173 figures en noir et en couleurs. 12 fr.
- II. — **Fonctions de nutrition (suite et fin)** : Respiration, excrétion, par J.-P. MORAT; Digestion, Absorption, par M. Doyon. 1 vol. gr. in-8°, avec 167 figures en noir et en couleurs. . . . . 12 fr.

**LES MÉDICAMENTS CHIMIQUES**

Par **Léon PRUNIER**

Pharmacien en chef des Hôpitaux de Paris,  
Professeur de pharmacie chimique à l'École de Pharmacie,  
Membre de l'Académie de Médecine.

2 volumes grand in-8° avec figures dans le texte . . . . 30 fr.

*Chaque volume est vendu séparément.*

**Traité des Maladies de l'Enfance**

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

**J. GRANCHER**

Professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

**J. COMBY**

Médecin  
de l'hôpital des Enfants-Malades.

**A.-B. MARFAN**

Agrégé,  
Médecin des hôpitaux.

3 vol grand in-8° avec figures dans le texte. . . 90 fr.

CHAQUE VOLUME EST VENDU SÉPARÉMENT

# Traité d'Anatomie Humaine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

**P. POIRIER**

Professeur agrégé  
à la Faculté de Médecine de Paris  
Chirurgien des Hôpitaux.

**A. CHARPY**

Professeur d'anatomie  
à la Faculté de Médecine  
de Toulouse.

AVEC LA COLLABORATION DE

O. Amoëdo. — A. Branca. — B. Cunéo. — P. Fredet. — P. Jacques.  
Th. Jonnesco. — E. Laguesse. — L. Manouvrier. — A. Nicolas.  
M. Picou. — A. Prenant. — H. Rieffel. — Ch. Simon. — A. Soulié.

5 volumes grand in-8°. *En souscription* : 150 fr.  
*Chaque volume est illustré de nombreuses figures, la plupart tirées en plusieurs couleurs d'après les dessins originaux de*  
MM. Ed. CUYER et A. LEUBA.

## ÉTAT DE LA PUBLICATION AU 1<sup>er</sup> DÉCEMBRE 1900

### TOME PREMIER

**Embryologie; Ostéologie; Arthrologie.** (*Deuxième édition revue et augmentée*). Un volume grand in-8° avec 807 figures en noir et en couleurs . . . . . 20 fr.

### TOME DEUXIÈME

- 1<sup>er</sup> Fascicule : **Myologie.** (*Deuxième édition revue et augmentée*).  
Un volume grand in-8° avec 331 figures . . . . . 12 fr.  
2<sup>o</sup> Fascicule : **Angéiologie** (*Cœur et Artères*). Un volume grand  
in-8° avec 145 figures en noir et en couleurs . . . . . 8 fr.  
3<sup>o</sup> Fascicule : **Angéiologie** (*Capillaires, Veines*). Un volume grand  
in-8° avec 75 figures en noir et en couleurs . . . . . 6 fr.

### TOME TROISIÈME

(*Volume complet.*)

- 1<sup>er</sup> Fascicule : **Système nerveux** (*Méninges, Moelle, Encéphale*).  
1 vol. grand in-8° avec 201 figures en noir et en couleurs . . . 10 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule : **Système nerveux** (*Encéphale*). Un vol. grand in-8°  
avec 206 figures en noir et en couleurs . . . . . 12 fr.  
3<sup>o</sup> Fascicule : **Système nerveux** (*Les Nerfs. Nerfs crâniens,  
Nerfs rachidiens*). 1 vol. grand in-8° avec 205 figures en noir  
et en couleurs . . . . . 12 fr.

### TOME QUATRIÈME

(*Volume complet.*)

- 1<sup>er</sup> Fascicule : **Tube digestif.** (*Deuxième édition revue et aug-  
mentée*). Un volume grand in-8°, avec 201 figures en noir  
et en couleurs . . . . . 12 fr.  
2<sup>e</sup> Fascicule : **Appareil respiratoire; Larynx, trachée, poumons,  
plèvres, thyroïde, thymus.** Un volume grand in-8°, avec  
121 figures en noir et en couleurs . . . . . 6 fr.  
3<sup>e</sup> Fascicule : **Annexes du tube digestif; Dents, glandes salivaires,  
foie, voies biliaires, pancréas, rate. Péritoïne.** 1 vol. grand  
in-8° avec 361 figures en noir et en couleurs . . . . . 16 fr.

### IL RESTE A PUBLIER :

Les Lymphatiques qui termineront le tome II. Les Organes génito-uri-  
naires et les Organes des sens feront l'objet d'un tome V, afin d'éviter des  
volumes d'un maniement difficile.



MANUEL  
DE  
PATHOLOGIE INTERNE

PAR

**Georges DIEULAFOY**

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS  
MÉDECIN DE L'HOTEL-DIEU, MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

TREIZIÈME ÉDITION

*entièrement refondue et considérablement augmentée*

volumes in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs,  
cartonnés à l'anglaise, tranches rouges. 28 fr.

Cette treizième édition, complètement refondue, porte à cinquante mille le nombre d'exemplaires tirés jusqu'à ce jour (édition française). Bien que cette nouvelle édition se soit accrue d'un millier de pages et d'une centaine de figures, nous avons tenu à en maintenir le prix à 28 francs.

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL

*Dr CRITZMAN, directeur*

Suite de Monographies cliniques

SUR LES QUESTIONS NOUVELLES

*en Médecine, en Chirurgie et en Biologie*

*Chaque monographie est vendue séparément. . . . . 1 fr. 25*

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 Monographies au prix à forfait et payable d'avance de 10 francs pour la France et 12 francs pour l'étranger (port compris).

RÉCENTES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

- N° 20. **La Peste** (*Epidémiologie. Bactériologie. Prophylaxie. Traitement*), par le Dr H. BOUAGES, préparateur du laboratoire d'Hygiène à la Faculté de médecine de Paris.
- N° 21. **La Moelle osseuse à l'état normal et dans les infections**, par MM. H. ROGER, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, médec. des hôpit., et O. JOSUÉ, anc. inter. laur. des hôpit. de Paris.
- N° 22. **L'Entéro-colite muco-membraneuse**, par le Dr GASTON LYON, ancien chef de clinique médicale de la Faculté de Paris.
- N° 23. **L'Exploration clinique des fonctions rénales par l'élimination provoquée**, par le Dr CH. ACHARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine, médecin de l'hôpital Tenon.
- N° 24. **L'Analgésie chirurgicale par voie rachidienne** (*Injections sous-arachnoïdiennes de cocaïne*). Technique, résultats opératoires, par le Dr TUFFIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux.

# Manuel de Thérapeutique

Par Fernand BERLIOZ

Professeur à l'École de médecine de Grenoble, Directeur du Bureau d'Hygiène et de l'Institut sérothérapique,

Avec une Introduction de M. Ch. BŒUCHARD

Professeur de pathologie et de thérapeutique générales,  
Médecin des Hôpitaux.

QUATRIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. in-16 diamant, cartonné toile, tranches rouges . . . . . 6 fr.

**Leçons sur les Maladies nerveuses.** *Deuxième série* : Hôpital Saint-Antoine, par E. BRISSAUD, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Saint-Antoine, recueillies et publiées par Henry MEIGE. 1 volume grand in-8° avec 465 figures dans le texte . . . . . 15 fr.

**Précis d'anatomie pathologique**, par L. BARD, professeur à la Faculté de médecine de l'Université de Lyon, médecin de l'Hôtel-Dieu. *Deuxième édition, revue et augmentée*, avec 125 figures dans le texte. 1 volume in-16 diamant, de xiv-804 pages, cartonné toile, tranches rouges . . . . . 7 fr. 50

**Leçons sur les maladies du sang** (*Clinique de l'Hôpital Saint-Antoine*), par Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine, recueillies par MM. E. PARMENTIER, médecin des hôpitaux, et R. BENSANDE, chef du laboratoire d'anatomie pathologique à l'hôpital Saint-Antoine. 1 vol. in-8°, broché, avec 4 planches en couleurs, par M. KARWANSKI . . . . . 15 fr.

**Précis d'Histologie**, par Mathias DUVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie de médecine. *Deuxième édition, revue et augmentée*, illustrée de 427 figures dans le texte. 1 vol. gr. in-8° de 1020 pages . . . . . 18 fr.

**Consultations médicales sur quelques maladies fréquentes.** *Quatrième édition, revue et considérablement augmentée*, suivie de quelques principes de Déontologie médicale et précédée de quelques règles pour l'examen des malades, par le D<sup>r</sup> J. GRASSET, professeur de clinique médicale à l'Université de Montpellier, correspondant de l'Académie de médecine. 1 volume in-16, reliure souple, peau pleine. . . . . 4 fr. 50

**Traité de Microbiologie**, par E. DUCLAUX, membre de l'Institut de France, directeur de l'Institut Pasteur, professeur à la Sorbonne et à l'Institut national agronomique.

I. Microbiologie générale. — II. Diastases, toxines et venins. — III. Fermentation alcoolique.

Chaque volume grand in-8°, avec figures dans le texte . . . 15 fr.

**Étude pratique sur le Mal de Pott**, par le Dr V. MÉ-  
NARD, chirurgien de l'Hôpital maritime de Berck-sur-Mer. 1 vol.  
in-8°, avec 205 figures dans le texte. . . . . 12 fr.

**Traité de l'Uréthrostomie périnéale dans les ré-  
trécissements incurables de l'urèthre.** — *Création  
au périnée d'un méat contre nature, périnéostomie, méat périnéal*,  
par MM. Antonia PONCET, professeur à l'Université de Lyon, ex-  
chirurgien en chef de l'Hôtel-Dieu, membre correspondant de  
l'Académie de médecine, et X. DELORE, ex-prosecteur, chef de  
clinique chirurgicale à l'Université de Lyon, lauréat de l'Académie  
de médecine. 1 vol. in-8° avec 11 fig. dans le texte, broché. 4 fr.

**De l'Obésité** (*Hygiène et Traitement*), par le Dr Adolphe JAVAL.  
1 vol. in-8°. . . . . 3 fr.

**Traité des maladies chirurgicales d'origine  
congénitale**, par le Dr E. KIRMISSON, professeur agrégé à  
la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Trousseau, membre  
de la Société de Chirurgie. 1 volume grand in-8° avec 311 figures  
dans le texte et 2 planches en couleurs. . . . . 15 fr.

**Manuel de Pathologie externe**, par MM. RECLUS, KIR-  
MISSON, PEYROT, BOUILLY, professeurs agrégés à la Faculté de  
médecine de Paris, chirurgiens des hôpitaux. Édition complète  
illustrée de 720 figures. 4 volumes in-8°. . . . . 40 fr.  
*Chaque volume est vendu séparément.* . . . . . 10 fr.

**Cliniques chirurgicales de l'Hôtel-Dieu**, par  
Simon DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté  
de médecine, membre de l'Académie de médecine, chirurgien de  
l'Hôtel-Dieu, recueillies et publiées par les Drs M. CAZIN, chef  
de clinique chirurgicale à l'Hôtel-Dieu, et S. CLADO, chef des tra-  
vaux gynécologiques. *Troisième série.* 1 vol. gr. in-8° avec fig. 8 fr.

**Éléments de Chimie physiologique**, par Maurice  
ARTHUS, professeur de physiologie et de chimie physiologique à  
l'Université de Fribourg. *Troisième édition revue et augmentée.* 1 vol.  
in-16, avec fig. dans le texte, cartonné toile, tr. rouges . . 4 fr.

## MANUEL D'ANATOMIE MICROSCOPIQUE et D'HISTOLOGIE

Par P.-E. LAUNOIS

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Tenon.

PRÉFACE DE M. Mathias DUVAL

Professeur d'Histologie à la Faculté de Paris, membre de l'Académie de médecine

*Deuxième édition entièrement refondue.*

1 vol. in-16 diamant, cart. toile avec 264 figures dans le texte. 8 fr.

## Bibliothèque

## d'Hygiène thérapeutique

DIRIGÉE PAR

## Le Professeur PROUST

Membre de l'Académie de médecine, Médecin de l'Hôtel-Dieu,  
Inspecteur général des Services sanitaires.

*Chaque ouvrage forme un volume in-16, cartonné toile, tranches rouges,  
et est vendu séparément : 4 fr.*

Chacun des volumes de cette collection n'est consacré qu'à une seule maladie ou à un seul groupe de maladies. Grâce à leur format, ils sont d'un maniement commode. D'un autre côté, en accordant un volume spécial à chacun des grands sujets d'hygiène thérapeutique, il a été facile de donner à leur développement toute l'étendue nécessaire.

L'hygiène thérapeutique s'appuie directement sur la pathogénie; elle doit en être la conclusion logique et naturelle. La genèse des maladies sera donc étudiée tout d'abord. On se préoccupera moins d'être absolument complet que d'être clair. On ne cherchera pas à tracer un historique savant, à faire preuve de brillante érudition, à encombrer le texte de citations bibliographiques. On s'efforcera de n'exposer que les données importantes de pathogénie et d'hygiène thérapeutique et à les mettre en lumière.

## VOLUMES PARUS

**L'Hygiène du Goutteux**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

**L'Hygiène de l'Obèse**, par le professeur PROUST et A. MATHIEU, médecin de l'hôpital Andral.

**L'Hygiène des Asthmatiques**, par E. BRISSAUD, professeur agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

**L'Hygiène du Syphilitique**, par H. BOURGES, préparateur au laboratoire d'hygiène de la Faculté de médecine.

**Hygiène et thérapeutique thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

**Les Cures thermales**, par G. DELFAU, ancien interne des hôpitaux de Paris.

**L'Hygiène du Neurasthénique**, par le professeur PROUST et G. BALLEZ, professeur agrégé, médecin des hôpitaux de Paris. (*Deuxième édition.*)

**L'Hygiène des Albuminuriques**, par le D<sup>r</sup> SPRINGER, ancien interne des hôpitaux de Paris, chef de laboratoire de la Faculté de médecine à la Clinique médicale de l'hôpital de la Charité.

**L'Hygiène du Tuberculeux**, par le D<sup>r</sup> CHUQUET, ancien interne des hôpitaux de Paris, avec une introduction du D<sup>r</sup> DARKENBERG, membre correspondant de l'Académie de médecine.

**Hygiène et thérapeutique des maladies de la Bouche**, par le D<sup>r</sup> CROUX, dentiste des hôpitaux de Paris, avec une préface de M. le professeur LANNETONNEU, membre de l'Institut.

**Hygiène des maladies du Cœur**, par le D<sup>r</sup> VAQUEZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin des hôpitaux, avec une préface du professeur POTAIN.

**Hygiène du Diabétique**, par A. PROUST et A. MATHIEU.

**L'Hygiène du Dyspeptique**, par le D<sup>r</sup> LINOSSIER, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, membre correspondant de l'Académie de médecine, médecin à Vichy.

## VOLUMES EN PRÉPARATION

**Hygiène thérapeutique des maladies de la Peau**, par le D<sup>r</sup> THIBIERGE.

# CHARLES GERHARDT

SA VIE, SON ŒUVRE, SA CORRESPONDANCE

(1816-1856)

## DOCUMENT D'HISTOIRE DE LA CHIMIE

PAR MM.

Édouard GRIMAUD ET Charles GERHARDT

De l'Institut.

Ingénieur.

Un volume in-8° de xi-595 pages avec portrait. . . 15 fr.

## ESSAIS

DE

# PHILOSOPHIE ET D'HISTOIRE DE LA BIOLOGIE

Par E. GLEY

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris,  
Assistant près de la Chaire de Physiologie générale  
au Muséum d'Histoire naturelle.

Un volume in-18 jésus . . . . . 3 fr. 50

**Le Constructeur**, principes, formules, tracés, tables et renseignements pour l'établissement des *projets de machines* à l'usage des ingénieurs, constructeurs, architectes, mécaniciens, etc., par F. Reuleaux. *Troisième édition française*, par A. Debize, ingénieur des manufactures de l'Etat. 1 volume in-8° avec 184 figures. . . . . 30 fr.

**Traité d'analyse chimique qualitative**, par R. Fréserius. Traité des opérations chimiques, des réactifs et de leur action sur les corps les plus répandus, essais au chalumeau, analyse des eaux potables, des eaux minérales, du sol, des engrais, etc. Recherches chimico-légales, analyse spectrale. *Neuvième édition française* d'après la 16<sup>e</sup> édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec grav. et un tableau chromolithographique . . . . . 7 fr.

**Traité d'analyse chimique quantitative**, par R. Fréserius. Traité du dosage et de la séparation des corps simples et composés les plus usités en pharmacie, dans les arts et en agriculture, analyse par les liqueurs titrées, analyse des eaux minérales, des cendres végétales, des sols, des engrais, des minerais métalliques, des fontes, dosage des sucres, alcalimétrie, chlorométrie. etc. *Septième édition française*, traduite sur la 6<sup>e</sup> édition allemande, par L. Gautier. 1 vol. in-8° avec 251 grav. dans le texte . . . 16 fr.

# Traité d'Analyse chimique QUANTITATIVE PAR ÉLECTROLYSE

Par **J. RIBAN**

Professeur chargé du cours d'analyse chimique  
et maître de conférences à la Faculté des sciences de l'Université de Paris.

1 vol. grand in-8°, avec 96 figures dans le texte. 9 fr.

---

## Manuel pratique de l'Analyse des Alcools ET DES SPIRITUEUX

PAR

**Charles GIRARD**

Directeur du Laboratoire municipal  
de la Ville de Paris.

**Lucien CUNIASSE**

Chimiste-expert  
de la Ville de Paris.

1 volume in-8° avec figures et tableaux dans le texte. Relié toile. 7 fr.

---

STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON  
(1883 - 1899)

---

## Chimie végétale et agricole

PAR

**M. BERTHELOT**

Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences,  
Professeur au Collège de France.

4 volumes in-8° avec figures dans le texte . . . . . 36 fr.

---

## Précis de Chimie analytique

*Analyse qualitative, Analyse quantitative par liqueurs titrées, Analyse des gaz, Analyse organique élémentaire. Analyses et Dosages relatifs à la Chimie agricole, Analyse des vins, Essais des principaux minerais.*

Par **J.-A. MULLER**

Docteur es sciences, Professeur à l'École supérieure des sciences d'Alger.

1 volume in-12, broché . . . . . 3 fr.

---

# LES TRAVAUX DE *l'Exposition de 1900*

Par **A. DA CUNHA**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Préface de **HENRI DE PARVILLE**

1 vol. in-8°, avec 189 figures dans le texte, broché . . . . . 4 fr.

L'ouvrage de M. Da Cunha nous fait assister, depuis le début, à la création de cette œuvre admirable et nous la fait voir sous un aspect nouveau. Un des côtés les plus intéressants, et peut-être les moins connus de cette grande manifestation, a été en effet celui qui se rapporte à la période de travail et d'élaboration.

Cette Exposition marque une date dans l'histoire industrielle du monde, elle est une ère à laquelle on se reportera comme elle a été un but pour bien des efforts. Il faut se souvenir. Et l'on trouvera un charme singulier à lire les pages écrites par un passionné du progrès, qui a vu jour par jour s'élever et grandir l'œuvre immense, du soubassement au faite.

## PETITE BIBLIOTHÈQUE DE " LA NATURE "

**Recettes et Procédés utiles**, recueillis par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Neuvième édition.

**Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science pratique**, par Gaston TISSANDIER. Cinquième édition, avec figures dans le texte.

**Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième série**, par Gaston TISSANDIER. Quatrième édition, avec 91 figures dans le texte.

**Recettes et Procédés utiles. Quatrième série**, par Gaston TISSANDIER. Deuxième édition, avec 38 figures dans le texte.

**Recettes et Procédés utiles. Cinquième série**, par J. LAFARGUE, secrétaire de la rédaction de *la Nature*. Avec figures dans le texte.

**Chacun de ces volumes in-18 est vendu séparément**

Broché . . . . . 2 fr. 25 | Cartonné toile . . . . . 3 fr.

**La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire**, par Gaston TISSANDIER, rédacteur en chef de *la Nature*. Septième édition des *Récréations scientifiques. Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon)*. Un volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.

**OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT**

Membre de l'Institut, professeur à l'École libre des Hautes-Études.

**TRAITÉ DE GÉOLOGIE**

**QUATRIÈME ÉDITION**

entièrement refondue et considérablement augmentée.

3 vol. grand in-8°, d'environ 1.850 pages, avec nombreuses figures, cartes et croquis. . . . . 35 fr.

**Abrégé de géologie.** *Quatrième édition, entièrement refondue.* 1 vol. in-16 de viii-299 pages avec 141 gravures et une carte géologique de la France en chromolithographie, cartonné toile . . . . . 3 fr.

**Notions générales sur l'écorce terrestre.** 1 vol. in-16 de 156 pages avec 33 figures, broché. . . . . 1 fr. 20

**La géologie en chemin de fer.** Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes (Bretagne aux Vosges. — Belgique à Auvergne). 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. . . . . 7 fr. 50

**Cours de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xx-703 pages avec 619 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée. . . . . 15 fr.

**Précis de minéralogie.** *Troisième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-16 de xii-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche chromolithographiée, cartonné toile. . . . . 5 fr.

**Leçons de géographie physique.** *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. grand in-8° de xvi-718 pages avec 162 figures dans le texte et une planche en couleurs. . . . . 12 fr.

---

**COLLECTION BOULE**

---

**Le Cantal.** *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue,* par Marcellin BOULE, docteur ès sciences, Louis FARGES, archviste-paléographe. 1 volume in-16 avec 85 dessins et photographies, et 2 cartes en couleurs, relié toile anglaise . . . . . 4 fr. 50

**La Lozère.** *Guide du touriste, du naturaliste et de l'archéologue,* par Ernest CORD, ingénieur-agronome, Gustave CORD, docteur en droit, avec la collaboration de M. Armand VIRÉ, docteur ès sciences. 1 vol. in-16 avec de nombreux dessins et photographies et cartes en couleurs. . . . . 4 fr. 50



# Traité de Zoologie

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de médecine,  
Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle.

- FASCICULE I : Zoologie générale.** 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 figures dans le texte. **12 fr.**  
**FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires.** 1 vol. gr. in-8° de 452 p., avec 243 figures. **10 fr.**  
**FASCICULE III : Arthropodes.** 1 vol. gr. in-8° de 480 pages, avec 278 figures. **8 fr.**  
 Ces trois fascicules réunis forment la première partie. 1 vol. in-8° de 1344 pages, avec 980 figures. **30 fr.**  
**FASCICULE IV : Vers et Mollusques.** 1 vol. gr. in-8° de 792 pages, avec 566 figures dans le texte. **16 fr.**  
**FASCICULE V : Amphioxus, Tuniciers.** 1 vol. gr. in-8° de 221 pages, avec 97 figures dans le texte. **6 fr.**  
**FASCICULE VI : Vertébrés.** (*Sous presse*).

**Cours préparatoire au Certificat d'Études Physiques,  
Chimiques et Naturelles (P. C. N.)**

## COURS ÉLÉMENTAIRE DE ZOOLOGIE

Par **Rémy PERRIER**

Maitre de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris,

Chargé du Cours de Zoologie

Pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles.

1 vol. in-8° avec 693 figures. Relié toile : **10 fr.**

## Traité de Manipulations de Physique

Par **B.-C. DAMIEN**

Professeur de Physique à la Faculté des sciences de Lille.

et **R. PAILLOT**

Agrégé, chef des travaux pratiques de Physique à la Faculté des sciences de Lille.

1 volume in-8° avec 246 figures dans le texte. **7 fr.**

## Éléments de Chimie Organique et de Chimie Biologique

Par **W. ŒCHSNER DE CONINCK**

Professeur à la Faculté des sciences de Montpellier, Membre de la Société de Biologie, Lauréat de l'Académie de médecine et de l'Académie des sciences.

1 volume in-16 . . . . . **2 fr.**

## ÉLÉMENTS DE CHIMIE DES MÉTAUX

A L'USAGE DU COURS PRÉPARATOIRE AU CERTIFICAT D'ÉTUDES P.C.N.

Par le Professeur **W. ŒCHSNER DE CONINCK**

Membre de la Société de Biologie, lauréat de l'Académie de Médecine et de l'Académie des Sciences.

1 volume in-16 . . . . . **2 fr.**

# LA GÉOGRAPHIE

BULLETIN

DE LA

**Société de Géographie**

PUBLIÉ TOUS LES MOIS PAR

LE BARON HULOT, Secrétaire général de la Société

ET

M. CHARLES RABOT, Secrétaire de la Rédaction

**ABONNEMENT ANNUEL : PARIS : 24 fr. — DÉPARTEMENTS : 26 fr.**

**ÉTRANGER : 28 fr. — Prix du numéro : 2 fr. 50**

Chaque numéro, du format grand in-8°, composé de 80 pages et accompagné de cartes et de gravures nombreuses, comprend des mémoires, une chronique, une bibliographie et le compte rendu des séances de la Société de Géographie. La nouvelle publication n'est pas seulement un recueil de récits de voyages pittoresques, mais d'observations et de renseignements scientifiques.

La chronique rédigée par des spécialistes pour chaque partie du monde fait connaître, dans le plus bref délai, toutes les nouvelles reçues des voyageurs en mission par la Société de Géographie, et présente un résumé des renseignements fournis par les publications étrangères : elle constitue, en un mot, un résumé du mouvement géographique pour chaque mois.

# La Nature

REVUE ILLUSTRÉE

*des sciences et de leurs applications aux arts et à l'industrie*

DIRECTEUR : **Henri de PARVILLE**

**Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr. — Union postale : 26 fr.**

**Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 50. — Union postale : 13 fr.**

Fondée en 1873 par GASTON TISSANDIER, la *Nature* est aujourd'hui le plus important des journaux de vulgarisation scientifique par le nombre de ses abonnés, par la valeur de sa rédaction et par la sûreté de ses informations. Elle doit ce succès à la façon dont elle présente la science à ses lecteurs en lui ôtant son côté aride tout en lui laissant son côté exact, à ce qu'elle intéresse les savants et les érudits aussi bien que les jeunes gens et les personnes peu familiarisés avec les ouvrages techniques ; à ce qu'elle ne laisse, enfin, rien échapper de ce qui se fait ou se dit de neuf dans le domaine des découvertes qui reçoivent chaque jour des applications nouvelles aux conditions de notre vie, qu'elles modifient sans cesse.

Paris, N. MARETHEUX, imprimeur, 1, rue Cassette. — 90185.