

Bibliothèque numérique

medic@

**Guérard, Alph.. - Du choix et de la
distribution des eaux dans une ville**

1852.

Paris : Imprimerie de L. Martinet
Cote : 90974

3

Faculté de Médecine de Paris.

CONCOURS
POUR UNE CHAIRE D'HYGIÈNE,
OUVERT LE 5 JANVIER 1852.

DU CHOIX
ET DE LA
DISTRIBUTION DES EAUX
DANS UNE VILLE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE LE 5 MARS 1852

PAR

ALPH. GUÉRARD,

DOCTEUR EN MÉDECINE, AGGRÉGÉ À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS,

MÉDECIN DE L'HÔTEL-DIEU,

MEMBRE DU CONSEIL D'HYGIÈNE ET DE SALUBRITÉ DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE, ETC.

Cum sit mihi nunc ab Nerva Augosto... aquarum
inunctum officium, tum ad usum, tum ad salu-
britatem, atque etiam ad securitatem urbis per-
tinens, administratum per principes semper civilia-
tes nostre viros; primam ac polissimam existimo...
nosse quod suscepī.
(SEXTI JULII FRONTINI, *De Aqueductibus*
urbis Romae Commentarius, L.)



PARIS,
IMPRIMERIE DE L. MARTINET,
RUE MIGNON, 2.

1852.

0 1 2 3 4 5 (cm)

JUGES DU CONCOURS.

MM. BÉRARD, Doyen de la Faculté, *Président.*

ADELON,	Professeurs de la Faculté.
BOUILLAUD,	
DENONVILLIERS,	
GAVARRET,	
LAUGIER,	
REQUN,	
ROSTAN,	
TROUSSEAU,	
CAVENTOU,	Membres de l'Académie nationale de médecine.
GÉRARDIN,	
LECANU,	
SOUBEIRAN,	
VILLERMÉ,	

AMETTE, *Secrétaire.*

COMPÉTITEURS.

MM. BÉCLARD,	MM. MARCHAL (DE CALVI),
BOUCHARDAT,	SANSO,
GUÉRARD,	AMB. TARDIEU.

INTRODUCTION.

Parmi les agents naturels, il n'en est aucun dont l'importance puisse être comparée à celle de *l'eau*, si ce n'est, cependant, *l'air atmosphérique*. Toutefois, comme dans les diverses combinaisons ou décompositions auxquelles ils prennent part dans la nature, leur action est ordinairement concordante plutôt qu'antagoniste, coïncidente plutôt qu'isolée, il nous semble convenable, au lieu d'établir entre eux un parallèle souvent impossible à soutenir même dans les phénomènes qui se passent journellement sous nos yeux, il nous semble, dis-je, convenable de les placer sur la même ligne et au premier rang des modificateurs de la matière en général, et de l'économie vivante en particulier.

Pour ce qui concerne spécialement *l'eau*, quel que soit le point de vue sous lequel on l'étudie dans ses applications aux usages domestiques, à l'agriculture, à l'industrie ou aux arts, on ne tarde pas à reconnaître l'importance de son intervention dans toutes les actions physiques, chimiques ou physiologiques.

Elément constituant des tissus organisés et des fluides qui les baignent, elle sert de véhicule à tous les principes simples ou composés que le mouvement nutritif

appelle à faire partie ou à sortir de la trame solide des organes et des divers produits de sécrétion ; et après avoir été, pendant la vie, l'agent indispensable de toutes les fonctions, c'est encore elle qui, après la mort, se trouve en quelque sorte chargée, en grande partie du moins, de restituer au règne inorganique les éléments que lui avaient empruntés les corps organisés, pendant la courte durée de leur existence.

Ces considérations sommaires nous font comprendre pourquoi la nécessité de réparer les pertes en eau que lui fait subir, à chaque instant, le jeu des organes, constitue pour tout animal l'un des besoins les plus impérieux qu'il puisse ressentir. Elles nous montrent aussi que l'aptitude à découvrir et à reconnaître les eaux les mieux appropriées à cette destination ne pouvait manquer de figurer au nombre des facultés instinctives les plus caractérisées, et c'est, en effet, ce que nous apprend l'observation des moeurs des animaux.

Dans l'origine des sociétés, les hommes ont dû fixer leurs demeures dans les lieux où la nature leur offrait les eaux nécessaires à leurs besoins. Les localités qu'en étaient dépourvues ont d'abord été privées d'habitants, ou, du moins, les populations qui les fréquentaient se bornaient à y faire un séjour plus ou moins temporaire, et, dans leur existence nomade, elles se transportaient incessamment d'un point à un autre, prenant toujours pour but de leurs excursions, soit quelque source naturelle, soit une fontaine ou un puits creusé par leurs mains ou par celles de leurs ancêtres.

Ce travail, par lequel ils mettaient à découvert quelque

source cachée, constituait même pour les peuples pasteurs une sorte de droit de propriété sur le point du sol où il avait été effectué : ils ne manquaient pas, dans l'occasion, de s'en montrer extrêmement jaloux. *Abraham fit ses plaintes à Abimélech au sujet d'un puits plein d'eau dont les serviteurs d'Abimélech s'étaient emparés par violence.* (GENÈSE, chap. xxi, vers. 25.) — Celui-ci s'excuse sur l'ignorance où il était de cet attentat et de celui qui s'en était rendu coupable : alors Abraham lui fait don de sept jeunes brebis, *afin, dit-il, qu'elles me servent de témoignage que c'est moi qui ai creusé ce puits.* (Vers. 30.)

Dans leurs querelles, le moyen de destruction ou de vengeance auquel ils avaient habituellement recours, consistait à combler les puits creusés par leurs ennemis. Ainsi, nous lisons dans la *Bible*, que la prospérité d'Isaac, la faveur dont il jouissait auprès d'Abimélech, excitèrent la jalousie des Philistins : *C'est pourquoi ils bouchèrent et remplirent de terre tous les puits qui avaient été creusés du temps et par les serviteurs d'Abraham, son père.* (GENÈSE, chap. xxvi, vers. 15.) — Ajoutons que cette coutume barbare s'est perpétuée d'âge en âge jusqu'à nos jours.

D'ailleurs, chacun de ces puits ou fontaines recevait un nom emprunté soit aux circonstances dans lesquelles il avait été creusé, soit à la divinité sous la protection de laquelle il était placé.

Cette dernière particularité se retrouve chez les peuples les plus avancés dans la civilisation. On sait que les Grecs et les Romains divinisaient les sources aussi bien que les fleuves.

A Rome, on célébrait tous les ans, le III des *Ides d'oc-*

tobre (13 octobre) la fête des fontaines, sous le nom de *Fontanalia* : pendant cette fête, qui durait une demi-journée, on ornait les puits de couronnes, et l'on en jetait dans les sources d'eaux vives (1).

Le culte de plusieurs de ces divinités du second ordre survécut même à la chute du paganisme. Longtemps après l'introduction du Christianisme, on continua, malgré les défenses des Conciles, à faire, dans plusieurs parties de l'Allemagne, des pèlerinages vers des fontaines consacrées aux divinités déchues, et à leur porter des offrandes. Par la suite, ces fontaines furent placées sous l'invocation des saints (2). Il nous serait facile d'en citer une foule d'exemples empruntés à d'autres contrées ; mais ce que nous venons de dire suffit pour montrer le prix que, dans tous les temps et dans tous les pays, on a attaché à la possession d'une eau de bonne qualité.

A mesure que les hommes se multiplièrent, se réunirent en société, firent des progrès dans la civilisation, ils se bâtirent des villes, et les placèrent sur le bord ou à proximité de rivières ou de sources assez abondantes pour fournir à leurs besoins. L'art de conduire les eaux dut naître et se perfectionner assez promptement, pour permettre plus de liberté dans le choix de l'emplacement des villes.

Si nous manquons de données suffisantes pour tracer ici l'historique de cet art, historique qui ne nous offre

(1) *FONTANALIA à fonte, quod is dies feriae ejus ; ab eo tum et in fontes coronas jaciunt et puteos coronant.* (VARRO, *De linguis latind*, lib. VI, cap. 22.)

(2) Pierre Frank, *Système de police médicale*, t. VIII.

d'ailleurs qu'un intérêt très secondaire, nous trouvons du moins, dans les traditions et les monuments des âges les plus reculés, les preuves que la science hydraulique remonte à une haute antiquité.

On sait, par exemple, que la Perse possède, dans la plus grande partie de son territoire, des canaux d'irrigation fort soignés, dont l'origine se perd dans la nuit des temps, et qui cependant n'ont pas cessé de fonctionner jusqu'à nos jours.

Dans l'ancienne Arachosie, sur les rives de l'Elmend, on trouve encore des restes de canaux qui attestent l'existence d'un vaste système d'irrigation.

A Persépolis, tout le terre-plein sur lequel étaient élevées des constructions, dont il ne reste que quelques ruines, est traversé par de larges conduites d'eau en pierre ou en poteries, dont quelques unes sont assez grandes pour permettre à un homme d'y pénétrer.

Le défaut d'entretien a dû faire disparaître avec le temps la majeure partie des monuments de l'industrie des siècles anciens : « *On me contaît, dit Chardin, qu'en Médie, depuis SOIXANTE ANS seulement, le nombre des canaux souterrains dans la province était diminué de QUATRE CENTS. Ces canaux souterrains sont ordinairement de 8 à 9 pieds (2^m,60 à 3 mètres) de profondeur, et de 2 à 3 pieds (0^m,65 à 1 mètre) de largeur.*

 » (T.IV, p. 96, 97.)

Tavernier, se rendant d'Alep à Ispahan par la route du grand désert, arriva à un grand palais abandonné. Devant la porte, se trouvait un étang communiquant avec un canal alors complètement à sec : le fond de ce canal et la voûte à fleur de terre étaient en briques, ainsi que l'édifice. Les Arabes, qui accompagnaient le voyageur, lui dirent

que ce canal servait à amener l'eau de l'Euphrate, ce qui lui causa plus que de la surprise, le fleuve étant éloigné d'au moins *vingt lieues* (80 kilomètres) de cette construction (1).

Ajoutons à ces souvenirs d'un autre âge, que de nos jours, les peuples asiatiques sont encore célèbres par le luxe qu'ils déploient dans l'établissement des fontaines et de tous les appareils hydrauliques destinés à l'embellissement de leurs demeures.

La fertilité si renommée de l'ancienne Égypte était due au merveilleux système de barrages et de travaux à l'aide desquels, dès la plus haute antiquité, on était parvenu à corriger les crues du Nil, à encaisser les eaux de ce fleuve et à en diriger le cours.

Mais ce sont principalement les Romains qui ont couvert le monde entier de monuments hydrauliques dont la hardiesse et la magnificence surpassent tout ce que les autres peuples de l'antiquité ont produit dans ce genre de construction.

Le premier aqueduc dont il soit fait mention dans l'histoire romaine fut l'ouvrage d'Appius Claudius, qui vivait 312 ans avant l'ère chrétienne. Au moment de la chute de la République (45 avant J.-C.), Rome ne possédait que quatre aqueducs, l'*Appia*, l'*Anio*, la *Marcia* et la *Tepula*. Agrippa, gendre d'Auguste, rendit son édilité célèbre par les soins qu'il apporta à la restauration de ces anciens édifices, à l'établissement de deux aqueducs nouveaux, la *Julia* et la *Virgo*, et à la construction de nom-

(1) *Voyage en Perse*, t. I, p. 166.

breuses fontaines jaillissantes. Une partie considérable de ces travaux fut exécutée aux frais de ce généreux citoyen qui, à la faveur de la charge de *Curateur perpétuel des eaux*, créée à son intention, introduisit un ordre admirable dans l'administration des eaux de la ville, ouvrit une comptabilité régulière de recette et de distribution, tant dans les édifices publics que dans les propriétés particulières, et institua, de ses propres deniers, un corps d'esclaves chargés de tous les détails de ce service. — Auguste, Caligula, Claude, Trajan, construisirent à Rome d'autres aqueducs plus magnifiques que les précédents. — Frontin, à qui Nerva avait confié la surintendance des eaux de la capitale de l'empire, a transmis à la postérité la description des neuf aqueducs qui existaient de son temps.

On trouve dans le Traité de cet administrateur (1) les détails les plus circonstanciés sur ces monuments et les eaux, qu'ils apportaient jusqu'au sommet des monts renfermés dans l'enceinte de la ville. La longueur totale des premiers était de 410 kilomètres, et la hauteur du plus élevé atteignait 56 mètres. Le volume d'eau qu'ils fournissaient montait à 7,850,000 hectolitres par jour ; cette quantité eût pu être doublée, s'il eût été possible d'utiliser ce qui était détourné par fraude ou perdu par négligence. — La majeure partie de ces eaux coulaient sans interruption par les fontaines, d'où elles se rendaient, en suivant des conduits souterrains, dans les Thermes et les Naumachies.

(1) *De Aqueductibus urbis Romæ*, édition Rondelet, in-4, avec traduction française.

Après que Constantin eut transféré à Byzance le siège de l'empire, tous les nouveaux ouvrages furent réservés pour cette seconde Rome.

De tous ces établissements hydrauliques qui faisaient autrefois l'ornement et l'orgueil de la capitale de l'empire, il reste trois aqueducs qui fournissent les eaux appelées *Acqua Vergine*, *Acqua Felice* et *Acqua Paola*. Le débit total de ces aqueducs est encore de 1,500,000 hectolitres dans les vingt-quatre heures (1).

Partout où les Romains ont étendu leurs conquêtes, ils se sont empressés d'ériger ces monuments gigantesques qui témoignent aux yeux de la postérité du prix qu'ils attachaient à la jouissance d'une grande quantité d'eau.

Parmi les ruines de ces belles et utiles constructions, dont notre pays avait été doté après la conquête, nous citerons le *pont du Gard*, qui servait à faire arriver jusqu'à Nîmes les eaux des sources d'Aire et d'Airan. Cet

(1) En 537, les Goths coupèrent tous les aqueducs dont Rome était ornée, et qui s'élevaient au nombre de *quatorze*, peut-être même de *vingt*. Par suite de cet acte de barbarie, les habitants furent réduits, pendant près de *trois siècles*, à la seule eau du Tibre. — Le pape Adrien I^e rétablit quatre aqueducs en l'an 784, et Nicolas I^e fit restaurer celui de Trajan, en 858. — La ville ne tarda pas à être privée de cette précieuse ressource, par suite des discorde civiles dont elle fut le théâtre. — Elle fut redévable à Nicolas IV, en 1447, du retour de l'*Acqua Vergine*, dont elle se trouva privée de nouveau en 1559. — Enfin, les trois aqueducs qu'elle possède aujourd'hui lui furent rendus dans le cours du xvi^e siècle et au commencement du xvii^e ; l'*Acqua Vergine* fut ramenée, vers 1570, par Pie IV et Pie V ; en 1587, Sixte V fit éléver le magnifique aqueduc qui fournit l'*Acqua Felice*, du nom de cet illustre souverain ; et l'*Acqua Paola* fut amenée dans la ville, en 1612, sous le Pontificat de Paul V, à qui l'on doit la restauration de l'aqueduc de Trajan.

aqueduc, long de 269 mètres et haut de 49, se compose de trois étages d'arches superposés.

Mais aucun pays ne fut aussi bien partagé que l'Espagne, sous le rapport des grands monuments hydrauliques romains : Aqueducs, Thermes, Naumachies, se trouvaient réunis dans la plupart des grandes villes, et parmi les aqueducs de Mérida, de Tolède, de Tarragone, de Chelvès et de Ségovie, il en est qui sont dignes de soutenir la comparaison avec ceux de Rome elle-même.

L'aqueduc de Ségovie, qui, malgré les ravages du temps et des perturbations politiques et sociales, n'a jamais cessé de remplir sa destination première, fournit encore aujourd'hui à la ville toute l'eau nécessaire à sa consommation. « Il commence à 3 lieues (12 kilom.) de Ségovie, » près des montagnes de Tonfria, à la source du Rio-Frio. « Il conduit ses eaux par un circuit à travers les montagnes nommées *Los Hoyos*, près de la Venta de Santillana, jusqu'à la maison qu'on voit sur le chemin de Saint-Hilphonse : c'est là que commence cette suite d'arcs admirables, qui portent les eaux à la hauteur de la ville de Ségovie, jusqu'à la petite place de l'Église-Saint-Sébastien, où il communique à des conduits souterrains (1). »

Ce beau monument a été réparé sous le règne d'Isabelle (1480); sa longueur totale est de 822 mètres, sa hauteur la plus grande atteint 33 mètres, sur la place de l'Azoguejo, dont le sol est de niveau avec une vallée profonde. Enfin, il se compose de cent neuf arches, dont trente-

(1) *Voyage pittoresque et historique de l'Espagne*, par Alexandre Delaborde, t. II, p. 20.

deux datent de l'époque de la restauration de ce superbe édifice.

Après la chute de l'empire, les Arabes, maîtres de l'Espagne, de la Sicile, etc., se montrèrent dignes de succéder aux Romains dans l'art des grandes constructions hydrauliques. Ils les surpassèrent même dans celui de distribuer les eaux d'irrigation.

« La ville (Grenade) et la plaine profitent encore des canaux et des aqueducs construits par eux; et l'art qu'ils avaient d'entretenir la fraîcheur dans l'intérieur de leurs maisons au moyen de jets d'eau, de cascades et de bassins revêtus de marbre, est encore pratiqué aujourd'hui avec succès par les gens riches de Grenade (1). »

Dans beaucoup de rues de cette même ville, l'eau circule dans des conduits souterrains; de distance en distance, se trouvent des espèces de *regards* fermés par une bonde en pierre, qu'il suffit de soulever pour pouvoir y puiser à volonté. Cette eau est amenée dans un canal maçonné d'environ 1 mètre de largeur et de plus de 32 kilomètres de longueur, situé sur le flanc d'une montagne.

La prééminence des Romains pour la construction des monuments destinés à la conduite des eaux fut conservée en Italie pendant plusieurs siècles. Mais, sous le règne de Louis XIV, les recherches entreprises dans le but de réaliser les vœux de ce prince relativement à Versailles, placèrent la France au premier rang, non seulement pour les grands travaux hydrauliques, mais encore

(1) *Voyage en Espagne*, etc., t. II, p. 14.

pour la science de l'équilibre et du mouvement des liquides.

A l'époque où Louis XIV commença à prendre en affection le séjour de Versailles, le service des eaux de cette résidence, élevée et embellie sous le précédent règne, consistait en quelques sources et deux réservoirs alimentés par la rivière de Bièvre, au moyen d'une série de pompes mues par des moulins à vent.

La *pompe ou tour d'eau* fut le premier travail exécuté pour satisfaire aux désirs du roi ; elle amena l'eau de l'étang de Clagny dans des réservoirs situés à la place occupée actuellement par l'aile du nord.

Vers 1675, furent créés les étangs de Trappes et de Bois-d'Arcy, qui font arriver l'eau de ces plaines dans le réservoir de la Grotte.

En même temps, on amena au château et dans la ville des eaux de source ou *eaux bonnes à boire*. Toujours à la même époque, eut lieu la construction de la machine de Marly, qui fit monter l'eau de la Seine à Mont-Bauron.

En 1680, on creusa les étangs de Saclay et de Trou-Salé, et l'on conduisit leurs eaux dans les réservoirs du Parc-au-Cerf, dit de Gobert.

En 1684, eurent lieu les travaux de dérivation de la rivière d'Eure.

Enfin, après 1688, on relia entre eux les étangs déjà creusés et ceux qui avaient été construits pour recevoir les eaux de l'Eure, et l'on forma ainsi l'immense réseau d'étangs, d'aqueducs et rigoles, connu sous le nom de système des *eaux blanches*, nom qu'elles doivent à la

teinte laiteuse que leur communique quelquefois le contact des couches de marne calcaire (1).

Tous ces travaux, et plusieurs autres qui s'y rattachaient, furent proposés, étudiés ou exécutés par des hommes tels que *Riquet, Picard, Romer, Lahire, Perrault, Cassini, Vauban*, etc. Ces noms en disent assez pour faire ressortir l'importance de ces créations monumentales, dans lesquelles le génie de l'homme a lutté, souvent avec succès, contre une nature ingrate. De plus, et c'est là, sans contredit, l'avantage le plus réel et le plus durable qui en soit résulté, elles nécessitèrent sur le mouvement de l'eau, tant dans les canaux que dans les rivières et les tuyaux de conduite, des recherches auxquelles dut participer l'illustre Mariotte, alors membre de l'Académie des sciences, que Colbert et Louvois chargeaient fréquemment d'examiner les projets tendant à combler le vœu le plus pressant de Louis XIV. Ces recherches ont contribué, n'en doutons pas, à l'impulsion puissante que reçut alors l'*Hydraulique*, et elles ont fourni plus d'une donnée utile à Dan. Bernouilli, l'un des fondateurs de cette belle science, et contemporain ou plutôt successeur immédiat de la plupart des hommes célèbres que nous venons de nommer.

Je ne crois pas devoir pousser plus loin ces aperçus historiques. Ils répondent, ce me semble, au but que je m'étais proposé, celui de montrer que, si la possession d'une *eau de bonne qualité* satisfait à l'un des besoins les

(1) *Des eaux de Versailles, considérées dans leurs rapports historique et hygiénique*, par J.-A. Leroi, in-8, 1847, p. 41.

plus impérieux de l'homme, considéré isolément, *le choix et la distribution des eaux dans une ville* constituent l'un des plus importants problèmes de l'hygiène tant publique que privée, dont la solution se trouve toujours intimement liée aux progrès et à la décadence de la civilisation.

Nota. Les différentes unités de mesure de l'eau, dont nous aurons à faire usage dans le cours de ce travail, sont :

- 1° Le *litre*, millième partie du *mètre cube*, pesant *un kilogr.*
- 2° L'*hectolitre*, dixième partie du *mètre cube* pesant *cent kilogr.*
- 3° Le *kilolitre* du volume d'un *mètre cube* et du poids de *mille kilogr.*
- 4° Le *pouce de fontainier* équivalant à *vingt mille litres* (1).

(1) Dans les jaugeages anciens, et même dans ceux qu'exécutent encore aujourd'hui plusieurs Ingénieurs, le *pouce de fontainier* n'est que de 19,495 litres 26 centièmes. On adopte assez généralement le chiffre de 20,000 litres pour la commodité du calcul ; d'ailleurs, on entend toujours par là le produit de l'écoulement libre de l'eau dans l'air, et pendant vingt-quatre heures, par un orifice circulaire d'un *pouce* ($0^m,02706994$) de diamètre pratiqué dans la paroi latérale et verticale plane, épaisse d'une *ligne* ($0^m,00225583$), d'un vase, contre laquelle le fluide est maintenu constamment à une *ligne* au-dessus du sommet de cet orifice, ce qui fait une pression de *sept lignes* ($0^m,01579080$) d'eau sur le centre de l'ouverture.

« La bonne qualité des eaux étant une des choses qui contribuent le plus à la santé des citoyens d'une ville, il n'y a rien à quoi les magistrats aient plus d'intérêt qu'à entretenir la salubrité de celles qui servent à la boisson commune des hommes et des animaux, et à remédier aux accidents par lesquels ces eaux pourraient être altérées, soit dans le lit des fontaines, des rivières des ruisseaux, où elles coulent, soit dans les lieux où sont conservées celles qu'on en dérive, soit enfin dans les puits d'où naissent des sources. »

(DE JUSSIEU, *Histoire de l'Académie royale des sciences*, année 1733, p. 351.)

DU CHOIX

ET DE LA

DISTRIBUTION DES EAUX

DANS UNE VILLE.

On peut dire, d'une manière générale, que l'état sanitaire d'une ville est en rapport avec la *qualité* de l'eau employée pour les besoins personnels et domestiques, et la *quantité* de celle qui peut être appliquée au nettoyage et à l'assainissement des habitations, des rues et des égouts.

Abondance et *pureté* sont donc deux conditions que l'on ne doit jamais perdre de vue, dans les entreprises ayant pour objet de fournir à une ville l'eau nécessaire à ses besoins.

Afin de mettre de l'ordre dans l'emploi des nombreux matériaux qui sont à notre disposition, nous adopterons, pour base de la division de notre sujet, celle qui se trouve indiquée par la rédaction même de la question proposée. Ainsi, dans un premier chapitre, nous traiterons du *choix des eaux*, et leur *distribution* fera le sujet d'un deuxième chapitre.

CHAPITRE I^{er}.

DU CHOIX DES EAUX.

Comme la destination des eaux distribuées dans une ville n'est pas unique, nous pourrions admettre tout d'abord plusieurs *qualités* d'eau, ou plutôt plusieurs sortes d'eaux de qualité différente, et remplissant également bien l'objet spécial auquel on les applique. Mais, nous préférions renvoyer cette distinction au moment où nous traiterons de la distribution des eaux, et nous nous bornerons ici à l'étude de celles qui sont destinées aux usages domestiques.

QUALITÉS D'UNE BONNE EAU. — L'eau que nous prendrons pour type doit être *limpide, tempérée en hiver, fraîche en été, inodore, d'une saveur agréable.*

A ces propriétés, qui peuvent être appréciées tout de suite et par tout le monde, nous joindrons les suivantes, dont la vérification ne saurait être immédiate :

Cette eau doit dissoudre le savon sans former de grumeaux, être propre à la cuisson des légumes secs, tenir en dissolution une proportion convenable d'air, d'acide carbonique et de substances minérales; enfin, être exempte de matières organiques.

Revenons maintenant sur chacune de ces conditions caractéristiques d'une bonne eau, afin de déterminer quelles sont les eaux naturelles qui les présentent, et par quels moyens on peut parvenir à les procurer à celles qui en sont dépourvues.

§ I. **L'eau doit être *limpide*.**

OBSERVATION. — Si nous plaçons la *limpidité* au premier rang, parmi les propriétés d'une bonne eau, c'est que nous avons surtout égard à l'importance des moyens employés pour la lui procurer. Un défaut de transparence dans l'eau indique la présence de matières étrangères tenues en suspension. Il convient donc, s'il est très prononcé, de rendre à l'eau, avant de s'en servir, la limpidité qu'elle doit avoir.

Effets sur la santé de l'eau trouble des rivières. — Hâtons-nous, cependant, de faire observer ici que nous ne partageons pas l'opinion des médecins qui, s'exagérant les effets produits par l'emploi, en boisson, des eaux troubles des rivières, pensent que non seulement les matières terreuses qu'elles tiennent en suspension, les rendent lourdes et indigestes, mais que ces matières contribuent encore à amener un désordre dans les fonctions digestives, par le dégoût qu'elles causent, quand on fait usage de ces eaux comme boisson (1).

Pour réduire cette opinion à sa juste valeur, il suffit de faire observer que les plus fortes *troubles* ne chargent les eaux de la Seine que de 0^{er},50 de matière terreuse par litre (2), et que, dans le Rhône lui-même, cité pour ce genre d'altération qu'y produisent, pendant l'été, les eaux souvent bourbeuses de l'Arve, la proportion s'élèverait de 0^{er},35 à 1^{er},25 (3). Ainsi, celui qui boirait une pareille eau à la dose de deux litres par jour, *en l'agitant même à chaque fois pour n'en rien perdre*, introduirait, par portions successives et avec les aliments, dans le premier cas, 4 grammes de matières terreuses, et, dans le second, 0^{er},70 à 2^{er},50. Or, croit-on sérieusement qu'à ces doses, et dans de pareilles conditions, ces matières terreuses puissent produire les effets qu'on leur attribue. L'exagération sera bien plus frappante encore, si l'on réfléchit que les chiffres précités s'appliquent à des *troubles* exceptionnelles, et que, d'ailleurs, ceux qui boiraient des eaux chargées à ce point de matières terreuses, les emploieraient dans un laps de temps assez long pour qu'elles eussent pu se clarifier en grande partie par le repos.

Mais si les eaux troubles ne sont pas malsaines, elles sont du moins de nature à inspirer une répugnance assez grande et assez générale, pour que l'on ait cherché les moyens de leur rendre toute la limpidité désirable.

Deux procédés sont mis en usage pour atteindre ce but, la *clarification par le repos* et la *filtration*.

A. — CLARIFICATION DES EAUX PAR LE REPOS.

De tous les moyens de rendre aux eaux leur limpidité altérée par la présence de matières terreuses tenues en suspension, celui qui se présente d'abord à la pensée, et dont la réalisation semble, au premier aperçu, n'offrir presque aucune difficulté, est de les abandonner au repos durant un

(1) *Des eaux de source et des eaux de rivière*, par Dupasquier, p. 80.

(2) Arago, *Rapport fait à l'Académie des sciences sur les appareils de filtrage de M. Henri de Fonvielle* (*Comptes rendus de 1837*, t. V, p. 197).

(3) *Des eaux potables, etc.*, par J.-F. Terme, in-4°, p. 56.

laps de temps assez long pour permettre au limon de se rassembler au fond des vases ou des réservoirs.

Mais, quand on en vient à l'exécution, on rencontre des obstacles qui, de prime abord, ne s'étaient pas offerts à l'esprit. Ces obstacles résultent : 1^e du temps nécessaire à la formation du dépôt; 2^e de la masse d'eaux à clarifier par ce procédé.

Temps nécessaire à la formation du dépôt. — « On peut déduire des expériences très intéressantes et des calculs faits à Bordeaux par M. Leupold, qu'après dix jours de repos absolu, l'eau de la Garonne, prise en temps de crue ou de souberne, ne serait pas encore revenue à sa limpidité naturelle. Au commencement, il est vrai, les plus grosses matières se précipitent très vite, mais les plus fines descendent avec une lenteur désolante (1). »

M. Terme a fait faire à Lyon, sur l'eau du Rhône très chargée de matières limoneuses, des expériences semblables à celles que nous venons de citer, et il est arrivé aux résultats que voici : « Pour une limpidité approximative, cinq ou six jours suffisent; mais ce n'est qu'après neuf ou dix jours, que le liquide est entièrement dépouillé de toute matière en suspension (2). »

Etendue à donner aux bassins de clarification. — D'après ces expériences, on voit quelle étendue on serait obligé de donner aux huit ou dix bassins dans lesquels on recevrait les eaux destinées à l'alimentation d'une grande ville, pour leur laisser le temps de se clarifier par le repos.

On pourra objecter que les troubles ou crues subites ne sont jamais qu'accidentelles, et que bientôt les eaux reprennent naturellement leur transparence première, sans avoir besoin d'être recueillies dans des bassins de clarification.

Cette remarque, vraie pour certains cours d'eau comme la Seine, manque de justesse quand il s'agit du Rhône, par exemple, dont les eaux, à l'inverse de celles des autres rivières, ne sont jamais plus abondantes et plus troubles que pendant les chaleurs de l'été, par suite de l'arrivée de celles de l'Arve, torrent boueux formé par la fonte des neiges accumulées sur les flancs du Mont-Blanc.

Or, cette circonstance est un grand obstacle à ce qu'on applique l'eau du Rhône à la consommation de la ville de Lyon; et, si l'on se décidait à y avoir recours, les huit à dix millions de litres qu'exige cette consommation

(1) Arago, *loc. cit.*, p. 193.

(2) *Loc. cit.*, p. 39.

journalière devraient être clarifiés par un procédé différent de celui que nous venons d'indiquer.

Altérabilité de l'eau des bassins de clarification. — Ajoutez à cela que l'immobilité de ces grandes masses d'eau, pendant huit à dix jours consécutifs, combinée avec la chaleur et l'action de l'air, pourrait en amener promptement l'altération, par suite du développement des végétaux, dont leur surface ne tarderait pas à devenir le siège, et aussi de la putréfaction des insectes nombreux qui y tomberaient de l'atmosphère.

Eaux qui ne se clarifient jamais entièrement par le repos. — Notons, d'ailleurs, qu'il est des eaux que le repos le plus prolongé ne débarrasse jamais complètement des substances qui en troubilent la limpidité : telles sont les *eaux blanches* de Versailles, dont nous avons déjà parlé, et qui doivent leur teinte laiteuse à leur contact avec les couches de marne calcaire.

Ainsi, en dernière analyse, disons, avec M. Arago, que « *le repos ne pourrait donc pas être adopté comme méthode définitive de clarification de l'eau destinée à l'alimentation des grandes villes* ; » mais, ajoutons avec lui. « Il peut, toutefois, être considéré comme un moyen de la débarrasser de tout ce qu'elle renferme en suspension de plus lourd et de plus grossier. C'est sous ce point de vue seulement que des bassins, que des récipients de dépôt ont été préconisés et établis en Angleterre et en France (1). »

B. — FILTRATION.

Théorie de la filtration. — La théorie de la *filtration* est des plus simples : elle se résume dans le mouvement du liquide, dont la limpidité est altérée, à travers des conduits assez fins pour arrêter les particules solides tenues en suspension, mais ne mettant point obstacle au passage du liquide lui-même.

Engorgement des filtres. — D'après cette explication de la manière d'agir d'un filtre, il est évident qu'au bout d'un temps plus ou moins long, tout filtre doit s'obstruer, débiter le liquide en proportion toujours décroissante, et, enfin, réclamer un nettoyage ou une réparation. On comprend, d'ailleurs, que la durée du service d'un filtre quelconque dépend de son étendue, de la masse du liquide à filtrer, et de la quantité de matières tenues en suspension.

Filtres naturels. — Les terrains sablonneux peuvent être cités comme

(1) *Loc. cit.*, p. 98.

offrant de nombreux exemples de filtres naturels, du sein desquels s'échappent des sources d'une limpidité parfaite.

Galeries filtrantes. — L'art a imité plus d'une fois les procédés de filtration de la nature; mais le travail le plus remarquable en ce genre est celui par lequel d'Aubuisson a exécuté les dernières volontés d'un ancien magistrat de Toulouse, M. Lagane, et doté cette ville d'un système aussi parfait que possible de distribution d'eaux.

D'après son testament, M. Lagane, mort en 1789, désirant encourager l'Administration à faire entreprendre les travaux qui doivent procurer des eaux, si désirées à Toulouse, avait légué à la ville une somme de 50,000 livres pour y introduire des eaux de la Garonne, pures, claires, agréables à boire. Ce legs ne devint exigible qu'en 1817. On se mit immédiatement à l'œuvre, et, après plusieurs années de recherches et d'explorations, on prit le parti de puiser l'eau du fleuve dans un banc d'alluvion formé au pied du cours Dillon. Trois vastes tranchées furent ouvertes successivement dans ce banc formé de sable et de gravier, et c'est au fond et à la tête de ces tranchées, que l'on établit les tubes aspirateurs des machines. Je n'ai point à m'occuper ici des détails de ces travaux, qui sont du ressort de l'art de l'Ingénieur. Il me suffira de dire que, par ce mode de puisement, le problème se trouva résolu, et que Toulouse jouit aujourd'hui d'une masse suffisante d'eau de qualité vraiment supérieure.

« Elle est d'une limpidité parfaite, dit d'Aubuisson, et, dans ses voies souterraines, elle a repris la bonté et la fraîcheur, qu'elle avait au sortir des hautes montagnes, dont elle est descendue en presque totalité. De tels avantages sont inappréciabes; ils sont particuliers à notre système de fontaines, et ils lui assurent une supériorité incontestable sur celui de presque toutes les autres villes. Où trouvera-t-on ailleurs plus de cent bouches versant, sans discontinuer, une eau complètement clarifiée? Et le mode de clarification n'est-il pas réellement admirable par son efficacité, comme par la manière toute naturelle dont il s'opère? Alors même que le fleuve, qui traverse nos murs, ne semble rouler qu'une masse de boue, l'eau qui s'en sépare pour les fontaines, déposant sur la plage toutes les impuretés qui la souillaient, pénétrant dans des milliers de canaux imperceptibles, se rend d'abord dans les fosses que nous lui avons préparées, et puis, descendant toujours, ruisselant à travers les cailloux, elle arrive, limpide comme du cristal, aux puisards des pompes qui l'élèvent et la versent dans une cuvette, d'où elle va jaillir sur nos places et se répandre dans toutes nos rues (1). »

(1) *Histoire de l'établissement des fontaines à Toulouse*, par d'Aubuisson, ingénieur en chef, directeur des mines (*Annales des ponts et chaussées*, 1838, 2^e semestre, p. 282).

Nous reviendrons plus loin sur quelques points de détail et quelques vices de construction première de ces filtres, qui n'empêchent pas, d'ailleurs, leur fonctionnement régulier, parce qu'on a réussi à les corriger ou à en atténuer les effets. Nous ferons seulement remarquer, qu'ainsi que d'Aubuisson en avait admis la possibilité, indiquant d'avance les moyens de suppléer à leur action, ces filtres commencent, depuis quelques années, à fournir un volume d'eau moins considérable qu'à l'époque de leur mise en activité, bien qu'elle suffise encore aux besoins du service (1), circonstance qui est en rapport avec ce que nous avons dit de la manière d'agir des filtres dans la clarification.

Diminution de la quantité d'eau fournie par les galeries filtrantes. — Nous venons de voir que, depuis quelques années, le volume d'eau fourni par les galeries filtrantes de Toulouse avait commencé à diminuer. Un exemple du même inconvénient, inhérent à ces appareils, a été publié par M. Robert Thom, à qui l'on doit l'invention du système de filtrage établi à Greennoch. Afin d'approvisionner Glasgow d'eau pure, on avait creusé, d'après le conseil de Watt, des galeries concentriques aux rives de la Clyde, dans un banc de sable très étendu et presque entièrement environné par la rivière. Ces galeries fournirent d'abord une abondante provision d'eau excellente : mais la quantité alla progressivement en diminuant, et, au bout de quelques années, on fut réduit à puiser directement l'eau dans la rivière. M. Robert Thom fut d'avis d'étendre les galeries le long du banc de sable : cette opération augmenta le produit d'eau pure, mais deux ans après, au moment où M. Mallet visitait les travaux, on s'occupait déjà des moyens d'obtenir des produits plus abondants (2).

Altération de composition des eaux dans la filtration naturelle. — On sait que les eaux qui coulent au-dessus ou au-dessous de la surface de la terre doivent toutes leur origine à l'eau météorique. La portion de celle-ci qui est absorbée par les couches superficielles du sol pénètre à une profondeur plus ou moins grande. Dans son trajet, elle entraîne d'abord un peu de matière terreuse, qu'elle abandonne presque aussitôt en s'engageant dans les nombreux circuits sinués et capillaires de l'écorce du globe. Mais elle ne tarde pas à rencontrer sur sa route des matières solubles dont elle se charge d'autant plus facilement, qu'elle est elle-même plus divisée. Il est, d'ailleurs, presque inutile de faire observer que la constitution géologique du sol, la profondeur à laquelle l'eau pénètre, etc., influent sur le degré d'al-

(1) Terme, *loc. cit.*, p. 82.

(2) *Annales des ponts et chaussées*, 1831, 1^{er} semestre, p. 225.

tération qu'elle offre ultérieurement à l'analyse chimique. Nous aurons occasion de revenir sur ces particularités, en traitant des différentes espèces d'eaux; mais nous avons dû les indiquer dès à présent, pour faire l'application du principe dont elles dépendent à l'altération plus ou moins profonde que peuvent offrir les eaux des *galeries filtrantes*, lorsqu'on ne choisit pas bien le lieu d'établissement.

Altération de l'eau produite par le sol même des galeries filtrantes. — Dans la construction du second filtre de Toulouse (voy. p. 22), on crut devoir se rapprocher de la rivière, afin d'avoir un volume d'eau plus considérable. Mais « *on avait traversé une bande de terrain vaseux*, et, malgré le soin qu'on prit de bien lester les tuyaux dans cette partie, malgré le gravier qui y fut mis en grande quantité, un léger goût de vase se communiqua à l'eau. Se trouvant trop près de la rivière, elle en conserva trop la température : dans l'hiver, la chaleur a diminué jusqu'à n'être que de 2 degrés du thermomètre, et dans l'été elle va à plus de 24 degrés. Cette haute température donne lieu, dans l'intérieur du filtre, à une végétation de petites plantes aquatiques et chevelues : leurs débris, emportés par le courant, sont quelquefois si déliés, que malgré les toiles métalliques employées à les retenir, l'eau puisée en de certains moments est chargée de petits filaments ou points roussâtres qui lui donnent un aspect peu agréable. Enfin, les tuyaux de fonte placés au fond du filtre sur toute sa longueur, continuellement plongés dans une eau presque stagnante, s'y oxydent fortement : l'oxyde donne aux filets végétaux la couleur rousse que nous venons de mentionner, et, se mêlant à l'eau en particules imperceptibles, il finit par salir les marbres sur lesquels elle coule (1). » — Comme la masse d'eau fournie par ce second filtre n'entre que pour un quart dans le volume total, les altérations dont nous venons de parler sont assez atténuées pour être peu sensibles. Toutefois, dans son mémoire, d'Aubuisson se préoccupe des moyens d'y remédier.

M. Terme rapporte un exemple bien remarquable de l'altération des eaux par le sol qu'elles traversent. Il avait été question d'opérer la filtration de l'eau du Rhône, en creusant, à quelque distance des bords du fleuve, un certain nombre de vastes puits à galeries, dans lesquels l'eau se rendait après avoir traversé la couche de gravier, de sable, etc., située entre ces excavations et le lit du fleuve. La Société de médecine de Lyon, consultée à ce sujet, nomma une commission, qui se montra peu favorable au projet. D'après l'examen du produit des pompes alimentées par les eaux

(1) D'Aubuisson, *loc. cit.*, p. 279.

d'infiltration du Rhône, et situées à des distances fort rapprochées les unes des autres, la commission admettait que les chances n'étaient pas égales, puisqu'à la possibilité problématique de ne rencontrer que de bonnes eaux on pourrait opposer la presque certitude d'en rencontrer de mauvaises, quelle que fût la profondeur à laquelle on irait les chercher (1).

Afin de reprendre la question expérimentalement, M. Terme fit fonctionner la machine à vapeur placée au-dessus d'un puisard qui reçoit, par infiltration, les eaux du Rhône, machine qui avait été établie pour suppléer la machine hydraulique du quai Saint-Clair, en cas d'avaries de cette dernière. Pendant sept jours et sept nuits consécutifs, elle fut en activité, fournissant environ 500 mètres cubes dans les vingt-quatre heures. « Qui eût pu croire que l'eau du fleuve, arrivée dans ce puisard, » aurait une composition chimique autre que celle prise dans son lit? L'eau » du courant dissout parfaitement le savon, personne ne l'ignore; celle du » puisard ne pouvait le dissoudre... Ainsi, l'eau du Rhône, qui, pour ar- » river dans le puisard, n'a qu'à traverser un très court espace de terrain, » se charge cependant de substances nuisibles et spécialement de sulfate » de chaux, en assez grande quantité pour faire cailleboter le savon en le » décomposant; et, pourtant encore, cet espace si étroit de terrain a été, » pendant l'essai dont je viens de parler, traversé chaque jour par » 500,000 litres d'eau, et, à la fin du septième jour, il l'avait été par » 3,500,000 litres (2). »

Filtration artificielle.— Puisque, à moins de conditions locales exceptionnelles, comme celles que d'Aubusson a rencontrées à Toulouse, la filtration naturelle ne peut pas être employée à la clarification des eaux que réclame l'alimentation d'une ville, il faut bien avoir recours à la filtration artificielle.

Disons-le, tout d'abord ; les difficultés d'une filtration sur une grande échelle sont telles, elles donnent lieu, pour être surmontées, à des dépenses tellement considérables, que ceux des Ingénieurs qui ne les regardent pas comme étant presque insurmontables, n'hésitent pas à déclarer, qu'avant de recourir, pour alimenter une grande ville à des eaux qu'on est dans la nécessité de filtrer, on doit avoir la conviction qu'il est impossible de s'en procurer d'autres.

Masse des dépôts arrêtés pour les filtres.— Le calcul suivant peut donner une idée de la masse de dépôts qui, à Paris, s'accumulerait dans les filtres, au moment des grandes troubles, si l'on voulait clarifier, par ce moyen, la totalité de l'eau de Seine livrée à la consommation. On sait que

(1) Terme, *loc. cit.*, p. 91.

(2) *Ibid.*, p. 93.

cette dernière n'entre que pour un *cinquième* dans la quantité que dépense quotidiennement la ville : les 600 *pouces* d'eau de Seine fournis chaque jour forment environ 42 millions de litres ; nous avons vu, que, dans les fortes *troubles*, chaque litre tient en suspension 0gram. 50 de matières solides, proportion insignifiante pour le consommateur. Le poids total de ces matières contenues dans les 42 millions de litres serait donc de 6 millions de grammes, ou 6000 kilogrammes. Or, dans les travaux de terrassement, on compte par *cheval*, un demi-mètre cube de sable, pesant 900 à 1000 kilogrammes. Les 6000 kilogrammes de dépôt représenteraient donc pour le moins la charge de *six chevaux*, et le volume de *trois mètres cubes*, dont il faudrait, chaque jour, débarrasser les filtres.⁽¹⁾

Pour les eaux du Rhône, à Lyon, le dépôt étant d'au moins 1 gramme par litre, dans les crues, les 40 millions de litres nécessaires à la consommation de la ville se trouveraient chargés de 40 millions de grammes de matières terreuses, ou 40,000 kilogrammes, qui, arrêtés par les filtres, formeraient *chaque jour* une masse de *cinq mètres cubes*, et la charge de *dix chevaux*.

Bassins filtrants. — M. Arago, dans son savant rapport sur les filtres de M. Fonvielle, a donné une description abrégée des moyens de filtrage employés par la Compagnie de Chelsea, la seule des huit grandes Compagnies de Londres qui clarifie son eau. « Cette Compagnie est arrivée au but » en construisant trois vastes bassins, communiquant entre eux. Dans les » deux premiers se déposent, par le repos, les matières les plus grossières. » Dans le troisième, l'eau traverse une couche épaisse de sable et de gravier, où elle se clarifie définitivement. Quand l'eau de ce troisième bassin » s'est entièrement écoulée, la masse filtrante de sable est à nu. Des ouvriers armés de râteaux enlèvent alors les couches superficielles, que le » sédiment a fortement salies, et les remplacent par du nouveau sable. »

M. Arago ne manque pas de faire observer que les couches inférieures ont, dans l'effet clarifiant, une action réelle, moindre, sans doute, que celle des couches supérieures, mais assez prononcée pour que, dans un avenir plus ou moins éloigné, il en résulte l'engorgement de la masse filtrante et la diminution des produits journaliers : *Il arrivera une époque où la masse tout entière aura besoin d'être renouvelée.* — Il paraît que ce moment est venu, puisque, dans une brochure publiée en 1842, M. Hubert nous apprend qu'un *quatrième bassin* a été construit, pour fonctionner, pendant qu'on nettoie à fond le troisième. — L'installation des filtres de cette Compagnie a coûté un million de francs, dont l'intérêt, à 4 pour 100,

(1) Arago, *Comptes rendus*, t. V, p. 200.

ajouté aux frais d'entretien annuel, constitue chaque année une dépense de 70,000 francs.

Filtres se nettoyant eux-mêmes. — Tous les détails dans lesquels nous venons d'entrer montrent qu'avec le système actuel l'engorgement des filtres est inévitable, après un laps de temps plus ou moins grand, mais toujours trop limité, eu égard aux frais qu'entraîne la construction des galeries ou des bassins filtrants. — Pour obvier à ce grave inconvénient, il fallait chercher une autre voie : celle que M. Robert Thom a ouverte et parcourue l'a conduit à un résultat des plus satisfaisants. Cet ingénieur s'est proposé pour but de construire un *filtre se nettoyant lui-même*. Après plusieurs essais, il a reconnu que le problème se trouve résolu, en disposant son appareil de manière à pouvoir, à volonté, faire arriver l'eau, qu'il s'agit de clarifier, par-dessus ou par-dessous la masse filtrante. — En effet, quand les couches de sable se trouvent engorgées par le passage longtemps continué du liquide dans un sens, il suffit de les faire traverser par le courant, dans le sens opposé, pour en dégager immédiatement le limon, qui l'obstruait ; l'eau boueuse qui en résulte est dirigée au dehors par un conduit de décharge qu'on laisse ouvert, jusqu'à ce que les produits du filtre soient redevenus limpides. Voici en quelques termes l'auteur expose la construction et le mécanisme des filtres qu'il a établis à Greenock (Écosse), d'après son système : « On y chasse l'eau à travers un massif de sable maigre, sec et fin, qui a 5 pieds (1m,50) environ d'épaisseur ; et, au moyen d'une disposition très simple, l'eau peut entrer, soit par le dessus et couler de haut en bas, soit par le fond, et pénétrer de bas en haut, comme on le désire ; quand la filtration a lieu en descendant, aussitôt que la quantité d'eau pure diminue par suite des sédiments qui se déposent dans les interstices du sable, on fait entrer l'eau par le fond pendant quelque temps ; et, dans son mouvement ascendant, qui s'opère avec une force considérable, elle emporte les sédiments par la partie supérieure, dans un conduit de décharge destiné à les recevoir. En peu de minutes le dépôt est ainsi enlevé : l'eau étant alors dirigée de nouveau sur la partie supérieure, le filtre marche comme auparavant, en donnant un produit complet d'eau pure. D'une autre part, si le filtre travaille de bas en haut, on enlève le dépôt, en faisant entrer l'eau pour quelques minutes par le dessus, afin qu'elle puisse emporter ce dépôt de haut en bas dans le conduit de décharge (1). »

(1) *Approvisionnement d'eau de Greenock, etc.; traduit de l'anglais, par Ch. Mallet, dans les Annales des ponts et chaussées, 1831, 1^{er} semestre, p. 227.*

Le filtrage des eaux de la Garonne, à Bordeaux, s'effectue par un mécanisme qui offre quelque analogie avec celui du système établi à Greenoch : l'appareil a été imaginé par un artiste mécanicien hydrauliste fort distingué, M. Cordier, qui a mis à profit, dans cette construction, l'élévation de 5 à 6 mètres au-dessus du niveau de la marée basse, qu'éprouvent, par l'action du flux, les eaux du fleuve. — Un rapport très favorable sur cet appareil a été présenté par Girard à l'Académie des sciences (1).

Filtres portatifs. — Les appareils de filtrage, dont nous avons parlé jusqu'ici, consistent en travaux ou constructions établis à demeure, et auxquels se trouvent subordonnées les autres parties du système de distribution des eaux, et spécialement les principaux tuyaux de conduite. Une fois installés, il devient impossible de les déplacer, et souvent même de leur faire subir quelque modification notable.

Filtre Fonvielle. — Ce fut donc un perfectionnement d'une grande valeur, que la découverte, par M. Henri de Fonvielle, d'un *filtre mobile* applicable à la clarification des grandes masses d'eau. L'Académie des sciences, consultée par M. le préfet du département de la Seine sur le mérite du nouvel appareil, se montra tellement pénétrée de l'importance de la question à résoudre, qu'elle choisit quatre de ses membres les plus éminents pour former la commission chargée de l'examen du procédé qui lui était soumis (2). Nous allons donner une description abrégée de l'appareil, après quoi nous emprunterons au savant rapporteur lui-même celle du mécanisme par lequel il fonctionne.

Le *filtre Fonvielle*, celui du moins qui est en activité à l'Hôtel-Dieu, consiste en un cylindre en bois de 0^m.04 d'épaisseur, cerclé en fer, de 2^m.20 de hauteur, sur 1 mètre de diamètre intérieur. Ce cylindre est hermétiquement fermé. La capacité en est divisée en *neuf* compartiments qui sont remplis des substances destinées à opérer la filtration : ces substances sont disposées dans l'ordre que nous allons indiquer, en comptant de haut en bas : 1^e et 2^e éponges divisées en fragments de grosseur variable ; 3^e gravier ; 4^e grès pilé ; 5^e gravier ; 6^e grès pilé ; 7^e gravier ; 8^e grès pilé ; 9^e enfin gravier. Entre toutes les couches, à partir de la partie supérieure du premier gravier, se trouvent des diaphragmes en bois et en zinc laminé et criblé de trous. L'eau alimentaire peut être dirigée à vo-

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. II, 1836, p. 411.

(2) MM. Arago, Magendie, Gay-Lussac et Robiquet formaient cette commission, dont le rapport fut fait à l'Académie, dans la séance du 14 août 1837. (Voyez *Comptes rendus*, etc., t. V, p. 195.)

lonté, au moyen de robinets, de haut en bas ou de bas en haut, et même dans les deux sens à la fois. Dans ce dernier cas, les deux courants contraires donnent lieu à des chocs, à des secousses brusques, à des remous, qui opèrent le dégorgement et le nettoiemnt du filtre avec une promptitude, une facilité et une perfection, qui tiennent du prodige. Pour procéder à cette opération, « l'ouvrier ouvre tout à coup, simultanément ou presque » simultanément, les robinets des tuyaux qui mettent le dessus et le dessous de l'appareil en communication avec le réservoir élevé ou avec le corps de pompe, qui renferment l'eau alimentaire. Le filtre se trouve ainsi traversé brusquement et en sens opposés par deux forts courants, dont l'effet nous semble pouvoir être assimilé à celui qu'une blanchisseuse fait éprouver au linge, qu'elle manipule ; ces courants, en tout cas, ont certainement la propriété de détacher du gravier filtrant des matières terreuses, qui, sans cela, y seraient restées adhérentes. Nous ne pouvons avoir aucun doute sur la grande utilité de ce conflit de deux courants opposés : car, après avoir nettoyé le filtre de l'Hôtel-Dieu à la manière de M. l'ingénieur Thom, nous voulions dire à l'aide d'un courant ascendant : car, après nous être assurés que ce même courant ascendant ne donnait au robinet de dégorgement que de l'eau limpide, dès qu'on manœuvrait les deux autres robinets, alors l'eau sortait au contraire du filtre dans un état de saleté extrême. Pour le dire en passant, les malades, témoins de l'opération, exprimaient hautement leur surprise en voyant, à quelques secondes d'intervalle, la même fontaine fournir tantôt une bouillie jaunâtre, et tantôt de l'eau claire comme du cristal (1). »

Le filtre sur lequel opérait, à l'Hôtel-Dieu, la Commission de l'Académie des sciences, n'avait que 1 mètre d'étendue superficielle ; il donnait, *par jour*, avec 88 centimètres de pression de mercure, correspondant à celle d'une colonne d'eau de 11^m,88 environ, c'est-à-dire une atmosphère et un sixième, il donnait, dis-je, au moins 50,000 litres d'eau clarifiée. « Ce nombre, dit M. Arago, déduit de l'examen des divers services de l'Hôpital, est une petite partie de ce que l'appareil fournirait si la pompe alimentaire était perpétuellement en charge : dans certains moments, nous avons trouvé, en effet, par des expériences directes, que le filtre donnait jusqu'à 95 litres par minute : ce serait donc près de 137,000 litres en vingt-quatre heures, ou près de 7 pouces de fontainier. En nous tenant aux premiers nombres, nous aurions 17^e fois plus de produit que par les procédés actuellement en usage (2). »

Plusieurs reproches ont été adressés au filtre du système Fonvielle, mis

(1) Arago, *loc. cit.*, p. 204.

(2) *Loc. cit.*, p. 202.

en pratique aujourd'hui par la *Compagnie française*. Le premier est relatif à l'emploi des éponges, que l'inventeur aurait laissé ignorer à la Commission de l'Académie des sciences. Il est à remarquer, en effet, que le Rapport de M. Arago n'en fait pas mention; mais cette addition, en la supposant récente et postérieure à l'examen, aurait-elle les inconvenients qu'on lui reproche, celui, entre autres, d'introduire dans l'appareil une matière animale essentiellement putrescible (?)? Nous n'hésitons pas à déclarer que l'accusation ne nous paraît pas fondée. Nous avons examiné très souvent, et à des époques de l'année fort différentes, l'eau fournie par le filtre de l'Hôtel-Dieu, et jamais nous n'y avons reconnu une odeur qui rappelât celle des matières putréfiées ou de l'acide sulphydrique.

— Quant au fait de l'addition ultérieure des éponges aux autres matières filtrantes, nous croyons pouvoir nous l'expliquer par une circonstance signalée dans une lettre de M. Pellegrin, en date du 5 août 1838 : « J'ai assisté, dit l'auteur, à des expériences faites, dans le cours du dernier automne, à l'Hôtel-Dieu de Paris, en présence de M. de Fonvielle lui-même, et de l'un de ses concurrents M. Jaminet : le premier fut obligé de convenir que le mode employé par M. Jaminet épurait mieux que le sien ; mais il dit à ce dernier qu'avec ce procédé il ne pourrait jamais opérer que sur de faibles quantités, et en cela il avait raison (2). » — N'est-il pas vraisemblable que c'est par suite de ces expériences, exécutées quelques mois seulement après le rapport de M. Arago, que M. de Fonvielle compléta son appareil de filtrage en y ajoutant des éponges? — Quoi qu'il en soit, cette addition nous semble plutôt avantageuse que préjudiciable à la qualité des produits ; mais elle ne suffit pas encore à donner à l'eau toute la limpidité désirable. L'eau du filtre de l'Hôtel-Dieu, que j'ai observée pendant les crues, m'a toujours paru assez louche. — Aujourd'hui, 13 février, cette eau est trouble; et, en la comparant avec celle du conduit qui alimente le filtre, la clarification semble n'avoir arrêté que la moitié des matières en suspension. Mise à côté de l'eau puisée directement dans la Seine, on croirait qu'un tiers des matières limoneuses a passé à travers les couches filtrantes, et pourtant le filtre a été nettoyé hier (12 février) pendant une heure par le jeu des robinets, et les éponges changées le 7 janvier dernier. — Il paraît que cette opération du renouvellement des éponges n'a lieu que deux fois par an; lorsqu'on les retire, elles répandent une forte odeur de bourbe : il serait certainement utile de rapprocher les termes de ce renouvellement, et, par exemple, de le pratiquer tous les quatre mois. On pourrait, au moins, partager l'année en trois termes de quatre mois chacun.

— Quant au grès, on le change tous les neuf mois seulement, ce qui nous

(1) Terme, loc. cit., p. 35.

(2) Dupasquier, loc. cit., p. 139.

paraît insuffisant : cette opération devrait avoir lieu deux ou trois fois par an. Le gravier n'est jamais renouvelé. — Pour ce qui est de la manœuvre du simple nettoyage, elle a lieu tous les *huit jours* en temps de *troubles*, et *deux fois par mois* en temps ordinaire. — Nous reviendrons plus loin sur la nécessité de nettoyer fréquemment les filtres, en terminant ce qui est relatif à la filtration. Quant à ce qui concerne celui de l'Hôtel-Dieu, j'ai pu me convaincre de cette nécessité dans le cours de l'hiver de 1831, époque à laquelle cet appareil fournissait de l'eau, qui différait peu de celle que l'on eût puisée à la rivière en ce moment fort trouble. J'ai vu alors des malades se plaindre qu'on avait changé leur *julep gommeux*, parce que la couleur et la transparence n'en étaient plus les mêmes. Cet état de chose ne cessa que par un nettoyage à fond du filtre.

Un autre reproche adressé au système Fonvielle, c'est d'exiger une assez forte pression hydraulique (1), dont on n'a pas toujours la libre disposition. C'est là un inconvénient, qui sort de l'application purement hygiénique de l'appareil dont il s'agit. Nous n'avons donc point à nous en occuper.

Aujourd'hui les fontaines dont les noms suivent sont pourvues du filtre Fonvielle : de la *Porte-Sainte-Denis*, de la rue de l'*Université*, de la rue de l'*Arcade*, du *Palais de Justice*, de l'*Arsenal*, de la rue de *Ponthieu* et de la rue de *Montreuil*. — Celui de l'Hôtel-Dieu dessert seulement la pharmacie, la cuisine et les bains des hommes ; les dispositions locales n'ont pas permis de faire jouir les bains des femmes du même avantage.

Filtre Souchon. Une année environ après la découverte de l'appareil de filtrage, dont nous venons de parler, M. Souchon en proposa un autre, qui avait, sur le précédent, l'avantage de fonctionner à vaisseau ouvert, sous la pression de 0^m,55 d'eau seulement. L'Académie de médecine, chargée par le ministre des travaux publics de lui adresser un rapport sur ce filtre, nomma, à cet effet, une commission composée de MM. Husson, Thillaye, Pariset, Chevallier et Soubeiran.

Nous regrettons que la défaut d'espace et de temps ne nous permette pas de reproduire ici, *in extenso*, le savant rapport, rédigé à cette occasion par M. Soubeiran (2). Nous tâcherons, du moins, d'y suppléer par quelques emprunts et par une analyse aussi détaillée et aussi fidèle que possible.

(1) « Pour le fonctionnement des filtres, il faut, de toute nécessité, que » le bassin alimentaire soit porté à vingt mètres pleins au-dessus du point où » doit se faire la filtration. » (*Lettre du directeur de la compagnie française du filtrage Fonvielle*, dans Dupasquier, *loc. cit.*, p. 131.)

(2) *Bull. de l'Acad. royale de méd.*, t. VI, p. 438.

M. Souchon emploie, comme matière filtrante, la laine tontisse, c'est-à-dire, celle qui provient de la tonte des étoffes. Bien qu'elle soit blanche, elle retient encore un peu de matière grasse, dont on la débarrasse en l'humectant avec de l'eau tenant en dissolution du carbonate de soude, dans la proportion de 4 pour 100 : puis, on la pétrit avec de l'argile pendant quelques minutes, et on la lave à l'eau à plusieurs reprises.

« L'appareil lui-même se compose de deux parties essentielles, le dégrossisseur et le filtre proprement dit.

» Le dégrossisseur est formé par cinq cases en bois de 0^m,80 sur 0^m,40 de hauteur. Dans chaque case, à 0^m,09 du fond, est un tasseau sur lequel porte un châssis garni d'un tissu de toile. L'eau, reçue d'abord dans un canal commun, pénètre dans la partie inférieure des cases, et passe à travers le diaphragme en filtrant de bas en haut et sous une pression de 0^m,55 : elle s'y dépouille des matières sédimentées les plus grossières qu'elle tient en suspension.

» De temps en temps, on rejette l'eau qui occupe la partie inférieure des cases, et l'on détache avec de l'eau et un balai les impuretés qui se sont attachées aux cadres d'étoffe.

» Au sortir du dégrossisseur, l'eau passe dans un second chenal et se distribue dans le filtre. Le filtre sur lequel nous avons suivi l'opération se compose de cinq cases en bois, de 2^m,10 de long sur 0^m,80 de large et de 0^m,90 de profondeur, formant chacune un filtre indépendant. Au fond de chaque case est pratiquée une ouverture, par laquelle l'eau filtrée s'écoule dans le réservoir.

» Sur le fond de chaque case, sont fixées des barres de bois échancrees en dessous, espacées entre elles, et qui laissent un vide dans lequel l'eau peut circuler librement dans toutes les directions. Le filtre proprement dit repose sur ces barres et sur des tasseaux fixés sur les côtés.

» Pour construire le filtre, on pose sur les barres un cadre en fer galvanisé, garni d'un grillage en fil de fer également galvanisé, et, sur ce premier cadre, on en met un second garni de serge. Ce second cadre s'ajuste exactement à la forme de la case, et pour que l'eau ne puisse se faire voie sur les côtés, ses bords sont garnis de lisière. On le fixe en place avec quelques chevilles.

» Cela fait, en profitant de la différence des niveaux, on fait remonter l'eau filtrée du réservoir dans le filtre. Elle y arrive par le bas, chasse l'air devant elle et s'élève dans la case ; on achève de la remplir avec de l'eau claire. On délaie alors dans cette eau 20 kilogrammes de laine tontisse dégraissée, puis on laisse écouler l'eau jusqu'à ce que la surface de la laine se trouve à découvert. A ce moment, celle-ci forme une couche filtrante très égale ; on la recouvre avec un châssis en fer galvanisé.

» Sur celui-ci, on pose un cadre de fonte pesant, et l'on comprime fortement au moyen d'une vis de pression ; on maintient cette pression à l'aide de barres de fer qui s'engagent dans les coulisses latérales : la couche du fond du filtre est alors établie.

» On en forme une seconde toute pareille, en opérant exactement de la même manière.

» De ce moment, on ne fait plus que des couches flottantes, auxquelles on donne beaucoup d'épaisseur ; chacune d'elles ne prend que le tiers de la laine employée pour une couche de fond : on ne comprime pas ces couches, et leur nombre varie suivant l'état de l'eau. En été, le filtre ne comporte que trois couches flottantes ; en hiver, quand les eaux sont chargées de limon, on en met jusqu'à cinq.

» Le filtre établi se compose donc de deux couches de fond, formées avec de la laine tontisse comprimée, et de trois ou d'un plus grand nombre de couches flottantes ; l'eau arrive par la partie supérieure, et, après quelques minutes, elle passe tout à fait limpide. La filtration s'y fait sous une pression de 0^m, 55 environ.

» Un filtre ainsi établi marche dix heures dans l'été, et quatre heures dans les temps où l'eau est limoneuse, sans être retouché.

» Au bout de ce temps, la quantité d'eau qui passe est diminuée d'environ un tiers ; à ce moment, on enlève la couche flottante supérieure, qui est en grande partie obstruée, et l'on recommence la filtration ; plus tard, on enlève une nouvelle couche, et ainsi jusqu'à ce qu'on soit parvenu aux couches du fond. Alors, on rétablit de nouvelles couches flottantes que l'on change à leur tour. Ce n'est qu'après cinq jours de travail en été, trois et quatre jours en hiver, que l'on renouvelle les couches de fond.

» Le renouvellement complet du filtre exige une heure ; l'enlèvement d'une couche flottante, à peine dix minutes (1).

Il n'est pas hors de propos de faire observer que la Commission de l'Académie expérimentait sur un appareil installé dans le pavillon de la pompe Notre-Dame ; l'eau, prise sur ce point, offre les conditions les plus défavorables. Un vaste égout verse ses immondices à peu de distance du point de puisement, en sorte que, « malgré le soin que l'on a eu de porter un des tuyaux d'aspiration jusqu'à vers le milieu de la rivière, une partie des matières versées par l'égout est puisée par les pompes (2). »

Par l'usage, la laine éprouve une altération notable ; neuve, elle est pelotonneuse, douce au toucher, facile à diviser sous les doigts, blanche et

(1) Bull. de l'Acad. royale de méd., t. VI, p. 438.

(2) Loc. cit., p. 442.

transparente. Quand elle a servi longtemps, elle est devenue jaunâtre, rude au toucher; les brins ont perdu leur aspect lisse, et sont comme écorchés. Elle fonctionne cependant encore avec avantage; mais, comme elle se tasse plus que dans la nouveauté, elle forme un filtre plus paresseux. Il se perdait environ un huitième de la laine par mois, dans l'appareil mis en activité sous les yeux de la Commission; on la remplaçait par de la laine neuve; et il résultait de ce mélange une masse filtrante moyenne.

Le dépôt arrêté par la laine des filtres du système Souchon était abondant; il communiquait à l'eau une saveur fade et désagréable, un aspect laiteux, altérations que l'ébullition ne détruisait plus. Par un contact plus prolongé, la fermentation putride se déclarait. L'alcool en séparait une matière grasse, puis une substance résinoïde, analogue à la *chlorophylle*. La distillation sèche de ce dépôt donnait lieu à un dégagement abondant de produits ammoniacaux, indice manifeste de la présence de matières organiques azotées (1).

L'observation microscopique a fait découvrir dans ce dépôt des filaments très déliés, appartenant aux espèces d'*algues* inférieures, appelées *Diatomées*, ainsi qu'un assez grand nombre de corps ovalaires rappelant par leur forme les fossiles siliceux qui, en Allemagne, constituent des bancs entiers. Les *infusoires* y abondaient également soit au moment où on venait de le délayer dans l'eau, soit après quelques jours.

Quant à l'eau filtrée, elle était parfaitement limpide, et le microscope n'a pu y faire reconnaître aucune matière organique en suspension. Elle avait tous les caractères d'une eau d'excellente qualité, et elle les conservait encore après avoir été abandonnée à elle-même pendant trois mois (1).

Ces observations, répétées pendant un temps de grande crue, ont eu pour résultat un peu de diminution dans le produit, dont la qualité ne laissait d'ailleurs rien à désirer. Mais, d'un autre côté, la laine des filtres, pénétrée d'un limon fin et argileux, se lavait avec une facilité plus grande. Quant au volume d'eau filtrée, il dépasse toute prévision: avec une surface de 8 mètres, l'eau, étant peu chargée, il est vrai, l'appareil a fourni 4,300 litres par minute, c'est-à-dire, 49,000 hectolitres en vingt-quatre heures, ce qui revient à près de 4 pouces de fontainier par heure.

Les avantages que présente le filtre Souchon sont donc: 1° de fonctionner vite et bien; 2° d'être d'une construction facile et d'un entretien peu coûteux; 3° de ne point exiger une forte pression; 4° de ne donner lieu qu'à une dépense insignifiante, quand elle est répartie sur l'énorme quantité du produit obtenu (2).

(1) *Bull. de l'Acad. royale de méd.*, t. VI, p. 442.

(2) Il paraît que, dans un rapport de M. Th. Wikstead, ingénieur des travaux

Le système Souchon est appliqué en ce moment à plusieurs fontaines de la ville : ce sont les fontaines de la *Boule-Rouge*, de la rue de *Courcelles*, de la rue des *Ecrivains*, de *Chaillot*, de la rue de *Sèvres*, de la rue d'*Angevilliers*, et du *Temple*.

Malgré les avantages de ce système, l'usage y a fait découvrir un inconvénient dont on s'est peut-être exagéré la portée, mais auquel les personnes intéressées se sont efforcées de remédier. On s'est plaint, que, pendant les grandes chaleurs, la laine, qui avait servi durant plusieurs jours, acquérait une forte odeur d'*hydrogène sulfuré*. Pour empêcher cet effet de se produire, on traite la laine *vierge* par des lessives alcalines susceptibles de saponifier les dernières portions de *saint* que les lavages à eau courante n'avaient pas pu enlever, mais cependant impuissantes à attaquer la laine elle-même. Puis, après des lavages réitérés, on la teint en noir, au moyen de la *noix de galle* et d'un *sel de fer*. La laine, ainsi préparée et bien lavée, n'offre plus, même après un long usage, l'inconvénient qui se rapporte à la laine blanche. Tel paraît être, du moins, le résultat des expériences qu'une Commission du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine est en train de faire sur cette amélioration apportée au système Souchon.

Filtration au charbon. — Nous aurions pu ne nous occuper du *charbon* qu'au moment où nous traiterons de la purification des eaux chargées de matières odorantes ; mais nous avons préféré en parler dès à présent, parce que cette substance est souvent ajoutée aux autres matières filtrantes dans les appareils destinés à la clarification des eaux. Nous aurons d'ailleurs occasion de revenir sur l'emploi du *charbon* comme agent de dépuration et de désinfection. — Avant de traiter de l'emploi du charbon dans la filtration de l'eau en grand, nous pourrions nous demander : *Une semblable filtration existe-t-elle ? est-elle praticable ?* Cette question paraîtra plus que singulière, alors que, depuis un demi-siècle, un grand établissement fonctionne à Paris, sous les yeux de l'Administration, avec l'approbation de plusieurs Sociétés savantes, et que l'on y fait grand bruit de l'application à la purification de l'eau de la Seine des découvertes de Lowitz, de Berthollet, de Saussure, etc., qui, comme on le sait, ont fait connaître les propriétés décolorantes et désinfectantes du charbon. La question, avons-nous dit, paraîtra singulière, et, cependant, il faut se référer à la compagnie des eaux de l'est de Londres, la prééminence de l'appareil Souchon sur les filtres au sable et au grès, communément employés dans les trois royaumes, serait établie par les chiffres suivants : A égalité de surface filtrante et de pression, le filtre à la laine tontisse aurait donné une quantité d'eau 33, 52, 83 fois plus considérable que celles obtenues à Chelsea, Manchester et Glasgow.

signer à accepter la réponse, qui est négative, et à reconnaître avec M. Soubeiran, qu'il n'existe point de filtre à charbon proprement dit, car la dépense qu'il occasionnerait serait telle, que l'eau ne pourrait être livrée qu'à un prix très élevé (1). Hâtons-nous d'ajouter, que nous ne prétendons nullement incriminer la bonne foi des inventeurs du procédé mis en pratique à l'établissement du quai des Célestins. Ils se sont laissé abuser par une illusion, qui ne peut plus être partagée par les savants. Nous emprunterons les principaux arguments de la discussion à laquelle nous allons nous livrer à un rapport rédigé par M. Gaultier de Claubry, membre avec MM. H. Royer-Collard et Donné, d'une commission chargée par la Compagnie du filtrage Fonvielle de se livrer à des recherches sur l'utilité de l'emploi du charbon pour le filtrage en grand des eaux destinées aux usages domestiques (2). Il résulte des expériences de la Commission, que le pouvoir désinfectant du charbon s'exerce dans des limites plus rapprochées qu'on ne le croit généralement. Ainsi, suivant que l'eau à désinfecter est très fétide ou seulement peu odorante, le poids du charbon à employer variera de 1/150 à 1/600 de celui de l'eau : « Si nous admettons pour » limite extrême, qu'un kilogramme de charbon peut dépurer complètement 1000 litres ou 10 hectolitres d'eau à peine odorante, nous aurons » fait une part très large à cette action (3). »

Si nous appliquons cette évaluation aux appareils de filtrage, nous arrivons à des chiffres qui mettent en évidence l'impossibilité de l'application du charbon à la clarification des eaux sur une grande échelle. La ville de Paris dépense aujourd'hui un volume d'eau supérieur à 300 pouces de fontainier, soit 600,000 hectolitres. Supposons que la portion d'eau vendue par les compagnies qui emploient des filtres au charbon soit égale à la soixantième partie de cette quantité, le chiffre de cette fraction s'élèvera encore à 10,000 hectolitres, qui nécessiteront l'emploi de 1,000 kilogrammes de charbon, c'est-à-dire une dépense quotidienne de 300 francs environ (4). Cette dépense pourra être recouvrée en partie, il est vrai, par le réemploi du charbon après épuration, mais elle sera toujours beaucoup trop considérable pour ne pas admettre *a priori* l'opinion émise par M. Gaultier de Claubry, « que dans les filtres montés au charbon, soit » dans les grands établissements, soit dans les fontaines domestiques, » la proportion de charbon employée n'a aucun rapport avec la masse

(1) *Bulletin de l'Acad. de méd.*, t. VI, p. 447.

(2) *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, t. XXVI, p. 381.

(3) *Loc. cit.*, p. 392.

(4) En ce moment, le noir d'os en grains ou en poudre se vend, à Paris, chez les marchands en gros, 35 fr. les 100 kilogr. — Nous faisons une déduction approximative pour arriver au prix de fabrique.

» d'eau qu'il s'agit de dépurer, et que, si ce corps exerce, dans les premiers instants, une action désinfectante, il n'agit bientôt plus que comme matière filtrante (1).

Nous ne devons pas omettre de consigner ici le fait important signalé, dans son rapport, par M. Gaultier de Claubry, de l'absorption d'une partie de l'air tenue en dissolution dans l'eau, par le seul contact de ce liquide avec le charbon. Ce serait là un inconvénient de l'emploi de ce corps comme agent de filtration.

Quoi qu'il en soit, les filtres de l'établissement du quai des Célestins contiennent de la *braise de boulanger*, dont les pouvoirs désinfectant et décolorant sont inférieurs à ceux du *noir d'os*; il paraît qu'on lave ces filtres six à sept fois par mois, et qu'on se borne à soumettre le charbon à l'aération pendant quelques jours, pratiques insuffisantes pour enlever la proportion notable de principes organiques dont ce corps absorbant s'est pénétré, et lui rendre ses propriétés premières.

Clarification au moyen de l'alun. — Dans certaines circonstances, et notamment lorsque le défaut de transparence de l'eau est causé par la présence du carbonate de chaux, ainsi que cela se voit pour la Seine à l'époque des crues, l'addition d'une petite quantité d'*alun* opère rapidement la clarification du liquide : ce sel se transforme en sous-sulfate d'alumine et de potasse, et donne lieu à du carbonate de chaux, qui se dépose en partie et en partie se dissout; si la proportion d'alun est convenable (0^{gr}, 1 suffit pour 1 litre de liquide), on n'en trouve plus de traces dans l'eau clarifiée, non plus que de carbonate calcaire. Toutes les matières qui peuvent altérer la limpidité du liquide, telles que le sable fin et la glaise, se trouvent entraînées sous forme de stries longues et épaisses pendant la précipitation des sels insolubles, résultant de l'addition du sel (2). Il est évident qu'employé dans les conditions que nous venons d'indiquer, l'alun ne peut avoir aucun effet fâcheux pour la santé, et que l'administration peut en tolérer l'emploi pour la clarification de l'eau, mais seulement dans les établissements où il lui est possible et facile de le surveiller.

Des filtres domestiques. — La filtration en grand est loin de suffire aux besoins, dans la majeure partie des villes. On y supplée par des appareils filtrants de petites dimensions, dans lesquels chaque ménage clarifie l'eau qu'il consomme. Les plus simples consistent en vases de grès, dont le fond est garni d'une couche de sable qu'on lave de temps en temps. — On emploie aussi des fontaines de pierre dans l'intérieur desquelles on circonscrit un espace plus ou moins étendu au moyen de deux plaques de grès po-

(1) *Loc. cit.*, p. 392.

(2) *Rapport général du conseil de salubrité pour 1841*, p. 118.

reux, fixées à l'aide de mastic : un tube ouvert aux deux extrémités fait communiquer la partie supérieure de cet espace avec l'atmosphère. Il est destiné à donner issue à l'air qui se trouve renfermé dans la capacité du filtre, et dont la présence serait un obstacle invincible à l'introduction de l'eau. — Le nettoyage de ces filtres consiste à en gratter la surface, et à enlever, avec la couche superficielle du grès, le limon qui en bouché les pores. Mais, au bout d'un certain temps, ce grattage ne suffit plus, et il faut renouveler le filtre. — On pourrait, ce me semble, disposer l'appareil de manière à opérer le dégorgement en faisant arriver de l'eau avec une légère pression par-dessous la pierre filtrante. Il suffirait, pour cela, de prendre un tube d'aération plus large, qu'on n'a coutume de le faire, de 0^m,02 de diamètre, par exemple. L'extrémité supérieure de ce tube se terminerait par un pas de vis fait avec soin, et, pour l'usage habituel, on visserait sur cette extrémité un bouchon métallique en forme de capsule percé d'un trou de 2 à 3 millimètres, pour le libre passage de l'air. Pour opérer le nettoiement du filtre, on enlèverait cette capsule, et on la remplacerait par un tube métallique de 1 mètre à 1^m,50 de longueur sur 0^m,02 de diamètre, terminé par un entonnoir faisant corps avec lui. Mais, avant de visser ce tube, on aurait pris soin de remplir le filtre en versant l'eau directement par l'orifice supérieur du tube d'aération, dont le diamètre permettrait à l'air de s'échapper en même temps qu'on verserait le liquide ; une fois le filtre plein ainsi que le tube d'aération, on adapterait le tube additionnel, qu'on remplirait également à la main. La colonne d'eau serait assez haute pour exercer la pression nécessaire au dégorgement, puisqu'elle serait *quadruple* de celle sous l'influence de laquelle s'exerce la filtration, quand l'appareil fonctionne bien. — Avec un tube additionnel de 1^m,50, en supposant que le tube d'aération dépasse le dessus du filtre de 0^m,50 seulement, on aurait une colonne d'eau de 2 mètres de hauteur, dont la pression, sur les parois du filtre, serait égale à 200 grammes par *centimètre carré*, puisqu'elle représenterait pour chacun d'eux une colonne d'eau de 200 *centimètres cubes* superposés, qui presseraient de tout leur poids pour opérer le dégorgement du filtre, et ne perdraient rien de leur force de pression, si l'on avait eu le soin, qu'on ne doit pas négliger, de vider complètement l'autre compartiment de la fontaine. Dans la filtration avec ces appareils domestiques, comme la pierre filtrante est à peu près à une hauteur moyenne de 0^m,50 au-dessous du bord supérieur, il en résulte que la charge, quand *la fontaine est pleine*, ne surpassé jamais une pression de 50 grammes par *centimètre carré*. — Il est presque inutile de faire observer qu'afin de ne rien perdre de la force de pression, on devrait remplacer l'eau de nettoyage au fur et à mesure qu'elle traverserait le filtre. — Ajoutons encore qu'on faciliterait beaucoup l'opération en la-

vant la partie extérieure du filtre au moyen d'une éponge imbibée d'une solution très affaiblie d'acide chlorhydrique, qui dissoudrait la couche superficielle du dépôt. Ce simple lavage peut même suffire dans beaucoup de cas, et il est bien préférable au grattage. — Enfin, pour ne rien omettre sur ce sujet, nous mentionnerons une disposition particulière, imaginée par M. de Castelnau, dont l'objet est de restituer à l'eau la portion d'air qu'elle aurait abandonnée dans son passage à travers la pierre poreuse du filtre (1).

Nécessité de nettoyer fréquemment les filtres. — Les dépôts qui se rassemblent dans les interstices des matières filtrantes n'ont pas seulement pour effet de ralentir l'écoulement de l'eau avant de l'arrêter tout à fait : ils présentent un autre inconvénient non moins fâcheux, celui d'en altérer la composition, lorsqu'on n'a pas soin de procéder assez fréquemment au curage. L'expérience de tous les jours fournit des exemples de ce genre d'altération, et nous en avons cité un remarquable dans la filtration naturelle du Rhône à travers un terrain sablonneux (p. 25). M. Dupasquier a fait, sur l'eau du même fleuve, une expérience concluante, et qui prouve bien la nécessité d'un bon entretien des filtres. Il a soumis, le même jour, à l'action des réactifs, deux échantillons d'eau : l'un puisé dans le courant même du Rhône et filtré au papier ; l'autre provenant du produit d'un filtre alimenté par la même eau, et qui n'avait pas été nettoyé depuis quelque temps : cette dernière était sensiblement plus chargée de *sulfate de chaux* et de *chlorures* que la première (2). Ce résultat n'a rien qui doive surprendre. Indépendamment des sels qui peuvent être redissous, les matières organiques et terreuses disséminées dans le liquide filtrant se concentrent dans les dépôts, et réagissent entre elles avec la participation de l'air que l'eau tient en dissolution. Les produits de cette réaction finissent par communiquer au liquide filtré une odeur d'acide sulfhydrique, un goût de vase, un aspect louche, etc., qui le rendent impropre à la plupart des usages domestiques.

Eaux qui ne peuvent être clarifiées. — Enfin il est des eaux qu'il est impossible de clarifier par des moyens assez économiques pour être applicables aux besoins ordinaires de la vie : telles sont les *eaux blanches* de Versailles, dont nous avons déjà parlé. — Il y a quelques années, M. Chevallier a reconnu que, dans certaines localités baignées par l'Allier, les eaux de cette rivière avaient une teinte louche, dont il n'a pu les dépouiller ni par la chaleur, ni par la filtration, ni enfin par les agents chimiques.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXVIII, p. 562.

(2) *Loc. cit.*, p. 122.

§ II. — L'eau doit être tempérée en hiver et fraîche en été.

OBSERVATIONS. — *Influence de la température de l'eau.* — Comme il est généralement possible, dans les villes, d'obtenir de l'eau tempérée pendant l'hiver, quelle que soit la rigueur du froid extérieur, nous bornerons les observations que nous avons à faire sur la température de l'eau, à celles qui concernent l'eau fraîche. — La fraîcheur de l'eau, en été, est une condition non moins importante que la *limpidité*. Je dirai plus, s'il fallait choisir entre ces deux qualités, la préférence me semblerait devoir être accordée à la première : et, en effet, l'eau trouble n'est pas malsaine, par le fait, du moins, de la petite portion de matières terreuses qui en altèrent la transparence ; elle déplaît à la vue, et c'est là un défaut suffisant, j'en conviens, pour l'en corriger, quand faire se peut ; un défaut qui, d'ailleurs, s'atténue beaucoup avec la conservation, sans même recourir au filtrage. L'eau tiède, pendant les ardeurs de l'été, est désagréable et malsaine tout à la fois. Comme elle n'éteint pas la soif, on y revient toujours, et sans en éprouver le soulagement qu'on attendait. L'excès d'une semblable boisson, prise dans le cours ou dans les intervalles des repas, finit par jeter les organes digestifs dans une atonie remarquable, particulièrement durant les chaleurs, alors que le corps est déjà affaibli par des sueurs abondantes : les fonctions gastriques et intestinales ne s'exercent plus qu'incomplètement ; alors les aliments sont rejettés par le vomissement, qui persiste après leur entière expulsion, et des flux dysentériques se manifestent ; quelquefois divers phénomènes, tels que des crampes, viennent s'y joindre : alors l'ensemble de tous ces symptômes offre une certaine ressemblance avec le *choléra*. J'ai rencontré plusieurs affections de ce genre dans les hôpitaux et même en ville. — Il n'est pas rare non plus de voir des épanchements sérieux être la conséquence de l'ingestion d'une grande quantité d'eau à la température de l'air, particulièrement quand on est épuisé de fatigue et de chaleur. Une sécrétion urinaire ou cutanée copieuse peut seule conjurer ces résultats funestes : *Idem et de potu verum est, etiam salubris aquæ, si majori copia ingurgitetur simul et semel a siticuloso, et laboribus validis fesso, vel etiam à febre aestuante homine. Nisi enim vires tam validæ fuerint, ut movere possint ingentem aquæ potæ copiam, et per cutis spiracula, aut urinæ vias, educere, incipiunt brevi tumere, et in hydropem incident homines a sola hac causa.... Piso idem monet rustico contigisse, qui, messis tempore a labore aestuans, immodico potui indulserat* (1).

(1) VAN SWIETEN, *Commentaria in Boerhaavii aphorismos*, t. III, p. 333.

Opinions des médecins sur l'eau fraîche employée en boissons. — Tous les médecins, anciens et modernes, s'accordent à attribuer une grande valeur à la fraîcheur de l'eau pendant les chaleurs. *Optime sunt que et hieme calidæ sunt aestate vero frigidæ* (Hippoc.) (1).

« Lorsque l'eau, dit Hallé, est d'une température très inférieure ou même fort supérieure à celle de notre corps, elle étanche la soif, non seulement en humectant, mais encore en changeant l'état de nos organes ; elle éteint alors beaucoup mieux la soif que lorsque sa température approche de celle du corps. Il en résulte qu'il faut moins d'eau froide ou d'eau bien chaude que d'eau tempérée ou tiède, pour opérer cet effet. » Et plus bas, après avoir rapporté l'usage pratiqué à Rome, du temps des Empereurs, de servir aux repas de l'eau très chaude, autant par sensualité que pour exciter les forces digestives (2), il ajoute : « L'eau sensiblement fraîche ou froide désaltère encore mieux que ne le fait l'eau très chaude, surtout si la soif est accompagnée d'une augmentation sensible de chaleur, soit par l'effet de la température, soit par des causes internes ; son action est aussi plus durable (3). »

Enfin, comme dernière autorité, citons l'opinion de M. le professeur Rostan : « La température de l'eau influe beaucoup sur ses effets... L'eau froide, prise en quantité modérée, arrête la transpiration et ralentit la circulation : en un mot, elle produit des effets opposés à l'eau tiède ou chaude prise en grande abondance... L'eau saine, prise en quantité médiocre, soit dans le but d'étancher la soif, ou dans celui de dissoudre les aliments, de la température de l'atmosphère, un peu au-dessus en hiver et un peu au-dessous en été, ne peut être qu'une boisson très salutaire.

(1) *De aere, locis et aquis.*

(2) Ce n'est point ici le lieu d'examiner quel peut être l'effet physiologique des boissons chaudes en général, et de l'eau chaude en particulier, et de les comparer à celui qu'elles produisent quand elles sont à basse température. Nous ferons seulement observer que l'eau chaude, telle qu'on la servait aux repas, du temps des Empereurs romains, devait avoir pour objet d'exciter la réaction consécutive à l'emploi de l'eau glacée, dont on avait fait usage préalablement, comme le prouve ce vers de Martial à un convive trop pressé : *Caldam poscis aquam, sed nondum frigida venit.* D'ailleurs, cette eau chaude se prenait pure ou mêlée au vin. — Quant aux effets des boissons aqueuses chaudes, s'ils ne sont pas immédiats, ils ne s'en manifestent pas moins à la longue, et consistent principalement en une atteinte profonde portée à la tonicité de l'estomac et des intestins. *Unde et medici toties observant insuperabiles ventriculi languores in illis, qui tepidis aquosis illis potibus abutuntur.* VAN SWIETEN, loc. cit., t. III, p. 367.

(3) *Dictionnaire des sciences médicales*, art. Boissons, p. 218-219.

» L'eau douée de ces qualités est, sans contredit, la boisson la plus naturelle.... (1). »

En voilà assez pour faire ressortir les avantages inhérents à une température de l'eau appropriée à celle de l'air extérieur, avantages qui sont parfaitement caractérisés par ces mots : *Frigus tepore suo mulceat (aqua), aestatis incendia frigore moderetur* (2). — Malheureusement, nous n'avons guère le choix des moyens, quand il s'agit de procurer à une ville de l'eau douée des qualités qui nous occupent. Le plus simple et le plus efficace, mais non toujours le plus économique, consiste à faire arriver l'eau de sources placées à des distances plus ou moins considérables. C'est là le procédé que suivaient les Romains, les Arabes, celui auquel, de nos jours, les médecins, les ingénieurs, les autorités municipales donnent et doivent donner la préférence. Mais, avant d'entrer dans quelques détails à ce sujet, examinons la question de savoir s'il n'y aurait pas quelque disposition qui permet de faire varier artificiellement la température des grandes masses d'eau, dans le sens opposé à celui des conditions météorologiques.

Échauffement et rafraîchissement artificiels des grandes masses d'eau. — Parmi les personnes qui admettent la possibilité d'élever en hiver et d'abaisser en été la température de l'eau destinée à la consommation d'une grande ville, nous citerons M. Terme, qui dit expressément que *le seul moyen consiste à la faire séjourner dans des réservoirs ou couler dans des tuyaux souterrains. Ce moyen est infaillible, ajoute-t-il, mais son efficacité dépend de la durée du séjour de l'eau dans le milieu où sa température doit se modifier* (3). Puis, rappelant qu'à Lyon et aux environs la température moyenne des puits, des caves et des sources un peu profondes est uniformément de 12 à 13 degrés, M. Terme ne se trouve arrêté que par l'impossibilité d'établir souterrainement et à la hauteur voulue un nombre de bassins d'une capacité suffisante pour contenir toute l'eau nécessaire à la consommation de la ville. Nous devons ajouter qu'un peu plus loin l'auteur reconnaît que les grandes masses liquides conservent énergiquement la température qu'elles possèdent, puis il émet cette proposition, qui nous paraît contradictoire, qu'avec un vaste réservoir souterrain *il arrivera précisément l'inverse de l'effet attendu.... et que la température de ce grand volume se modifiera moins que celle des parties environnantes du sous-sol, à qui le liquide communiquera une partie de son calorique. Ce résultat aura lieu d'autant plus sûrement, que chaque jour une nouvelle masse de liquide échauffé viendra remplir le réservoir* (4). N'est-il pas évident que, si les

(1) *Cours élémentaire d'hygiène*, t. I, p. 320-321.

(2) PALLADII RUTILII TAURI ÆMILIANI *De re rusticd.* Lib. I, tit. iv.

(3) *Des eaux potables, etc.*, p. 28.

(4) *Loc. cit.*, p. 29.

parties du sol contiguës au réservoir viennent à s'échauffer par l'action de l'eau qui remplit celui-ci, le liquide se refroidira, et que c'est précisément là le résultat auquel on voudrait arriver, aux difficultés près de la mise à exécution ?

Persistance de la température de l'eau immobile ou circulant dans le sol.
— La vérité est que l'eau ne se refroidira pas dans ce réservoir souterrain, dût-on l'y laisser une année entière sans la renouveler. C'est ce qui résulte des observations d'un de nos plus habiles ingénieurs, M. Darcy, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées.

Pendant qu'il dirigeait à Dijon les beaux travaux qui ont enfin doté cette ville d'une des plus magnifiques distributions d'eaux que l'on connaisse, après deux siècles et demi de projets présentés, ajournés, abandonnés et toujours renouvelés, par suite de la déplorable situation où se trouvait cette ville sous le rapport des eaux, M. Darcy fit quelques observations sur la persistance et les variations de la température de l'eau circulant souterrainement, soit dans des tuyaux de conduite, soit dans le sol lui-même.

L'eau de la source du Rosoir arrive à Dijon par un canal souterrain en maçonnerie de 44,205 mètres de longueur, à compter du point de départ jusqu'au bassin circulaire de la place Saint-Pierre; elle fournit par minute 420 hectolitres en hiver et 35 hectolitres en été; la source est enfermée sous une voûte qui *la préserve du contact de l'air extérieur*, de manière à maintenir en toute saison sa température à 10 degrés; les mêmes précautions ont été prises pour l'aqueduc de dérivation, qui, voûté à plein cintre, se trouve constamment recouvert d'une couche de terrain d'un mètre, excepté dans trois ponts-aqueducs traversant la rivière, et un aqueduc à cinquante-neuf arcades, placé en amont du grand réservoir situé à la porte Guillaume. — Nous n'avons pas à suivre plus loin les eaux de la source du Rosoir: il nous suffit d'avoir montré qu'hiver comme été elles arrivent à la ville avec leur température initiale de 10 degrés, bien qu'elles parcourent une grande étendue de terrain sur une plaine élevée de 245 mètres au-dessus du niveau de la mer, et exposée à de grandes variations thermométriques d'une saison à l'autre. — Mais dans l'intérieur de la ville, il y a une légère variation, dont M. Darcy a suivi les phases avec soin, et cette étude lui a donné les résultats les plus curieux: ainsi les *bornes-fontaines* versent, le matin, au moment de la fraîcheur, une eau relativement chaude, et, au contraire, dans l'après-midi, l'eau qui s'en écoule est relativement fraîche; ces différences, *appréciées au moyen du thermomètre*, sont attribuées par M. Darcy à l'action de la chaleur extérieure sur les conduits et les réservoirs: leurs parois, échauffées pendant l'après-midi, communiquent au liquide une légère surélévation de tempé-

rature, dont il conserve encore quelques traces à l'ouverture des bornes-fontaines le lendemain matin. Au contraire, lors de l'arrosement de l'après-midi, le liquide écoulé se trouve un peu rafraîchi par l'action du refroidissement des tuyaux sous l'influence du rayonnement nocturne : en d'autres termes, les variations de température dans un sens se transmettent du sol au liquide avec lenteur ; celui-ci les accuse lorsque déjà elles ont fait place à des variations en sens contraire. — Appliquant ce raisonnement aux changements, que lui a présentés la température de certains puits, où il a constaté, par exemple, jusqu'à 2 degrés de différence en faveur de l'hiver, M. Darcy pense que les eaux alimentaires de ces puits, descendues, pendant les chaleurs estivales, des lieux, où la fonte des neiges leur rend la liberté, retiennent encore à leur arrivée quelques traces de la chaleur, qui leur aurait été communiquée par leur infiltration dans un sol alors fortement échauffé. Tout au contraire, les pluies automnales ou les eaux dues à la fonte des premières neiges, fonte qui a lieu par l'action de la chaleur dont le sol est encore pénétré, accusent, *six mois après*, quand on les examine loin du lieu de leur origine, le refroidissement déjà sensible des terrains qu'elles ont traversés au moment de leur départ. Pour ce qui est des tuyaux de conduite, il a été constaté par le même Ingénieur, que l'eau, qui circule dans leur intérieur, y conserve la presque totalité de sa chaleur ; ainsi, ayant fait interrompre la circulation dans les conduites du puits de Grenelle, il a reconnu que, par un froid extérieur de 4 degrés, la température de l'eau, étant de 26°,50 au pied de la colonne descendante, n'avait baissé qu'en 4°,70 après 8 heures d'immobilité(1). — Cela tient évidemment à ce que, bien que la fonte, dont sont formés les tuyaux, conduise très bien la chaleur, comme l'eau, qui les remplit, et le sol, qui les entoure, la conduisent fort mal, il n'y a pas d'échange de l'un à l'autre à travers les parois. — Dans la filtration souterraine, l'excessive division des filets liquides suffit pour en expliquer d'une manière satisfaisante le refroidissement ou l'échauffement, suivant la nature et l'état thermométrique du sol qu'ils parcourrent(2). — On peut établir en principe, d'après les faits que nous venons

(1) Bains et lavoirs publics. *Rapports, etc.* In-4°, 1831, p. 82.

(2) M. Darcy a été conduit, par les résultats que nous venons d'indiquer, à l'idée d'une distribution d'eaux chaudes dans les grandes villes, pour bains, lavoirs, etc. Cette idée avait déjà été suggérée à M. Chevallier, par l'exemple de ce qui existe à Chaudes-Aigues, depuis un grand nombre d'années : dans cette ville on a tiré parti de l'eau à 80 degrés fournie par les sources thermales, pour chauffer les maisons, depuis le 1^{er} novembre jusqu'à la fin d'avril. La totalité du produit de l'une d'elles, *le Par*, s'élève à 160 litres par minute ; l'eau est reçue dans un réservoir construit sur le point le plus élevé de la ville. Des tuyaux en bois de pin partent de ce réservoir, et, se dirigeant le long des deux côtés de

de rapporter, que la température des eaux souterraines est toujours variable, dans des limites peu étendues, et qu'elle ne correspond jamais, quant à la simultanéité des indications thermométriques, à celle de la localité où elles sont versées sur le sol. Pour ce qui est des eaux de rivière, la variabilité de leur température ne saurait être mise en question, aussi ne croyons-nous pas devoir nous y arrêter.

Préférence à accorder aux eaux de sources sur les eaux de rivières. —

Le maintien de la température de l'eau potable dans des limites un peu restreintes pendant toutes les saisons de l'année, ne fût-il considéré que sous le point de vue *hygiénique*, on y trouverait une raison suffisante d'accorder aux eaux de sources, à pureté égale, bien entendu, la préférence sur les eaux de rivières. Mais il est encore d'autres considérations à faire valoir pour justifier cette préférence. Nous citerons, à ce sujet, l'opinion de M. Terme, qui, ayant rassemblé un assez grand nombre de faits dans un rayon peu étendu autour de Lyon, n'hésite pas à déclarer que « partout où les populations jouissent de distributions d'eaux de sources, elles en sont satisfaites : partout, au contraire, où la fourniture est faite avec les eaux de rivière, on n'en est que médiocrement content, et, dans quelques villes même, on cherche de nouveaux moyens de se procurer des eaux potables (1). » Puis, il rappelle à ce propos les exemples de Grenoble, Voiron, Vienne, Clermont-Ferrand, Roanne, Lons-le-Saulnier, etc., où les rues, fournissent à chaque maison l'eau nécessaire au chauffage; le sol de ces maisons est divisé en une suite de petits bassins, communiquant entre eux par des cloisons incomplètes, qui permettent à l'eau de se déverser de l'un dans l'autre. Le tout est recouvert avec des dalles assez bien jointes pour empêcher la vapeur de se répandre dans la pièce. L'eau thermale, amenée dans le premier bassin par un conduit spécial branché sur un des tuyaux principaux de distribution, retourne à ce même tuyau par un autre conduit après avoir parcouru la série des bassins. La chaleur des pièces peut être augmentée ou diminuée à la volonté des habitants de la maison, qui règlent la quantité d'eau à introduire au moyen d'un tampon en forme d'écluse. La chaleur obtenue par cette circulation d'eau, est fort égale, et peut aller de 22 à 26 degrés. Une grande partie de la population de Chaudes-Aigues vit du travail des laines, et tronvè, dans cette application de l'eau thermale, une économie estimée par M. Berthier au produit d'une forêt de chênes de 540 hectares au moins. Ajoutez à cela que, comme l'eau des sources de Chaudes-Aigues est chimiquement assez pure, puisqu'elle ne contient que 1 gramme de matières salines par litre, elle est également utilisée pour tremper la soupe et préparer les aliments. Enfin, on a profité de cette eau pour monter un appareil d'*incubation artificielle*. Chevallier, *Annales d'hygiène*, t. XLIII, p. 223.

(1) *Loc. cit.*, p. 161.

fontaines publiques sont alimentées par des eaux de sources, qu'y amènent des canaux de dérivation, et les oppose à ceux de Saint-Chamond, Narbonne, Dôle, Gray, etc., où l'on boit des eaux de rivières, soit puisées directement, soit après infiltration dans le sol. Dans les premières villes, on se félicite de posséder d'excellentes eaux, dont plus d'une y avait déjà été amenée, du temps des Romains : on vante, surtout, leur *limpidité*, leur *fraîcheur*, pendant les ardeurs de l'été, leur *douceur* durant l'hiver, et l'avantage, qu'elles offrent alors, de couler dans les rues sans craindre la gelée. — Dans les autres, au contraire, on se plaint d'être réduit à boire des eaux *troublées* à l'époque des crues, *tièdes* pendant les chaleurs, alors aussi parfois *peu abondantes* et chargées de principes organiques, qui en altèrent l'*odeur* et le *goût*; enfin, *glaciales* en hiver, saison durant laquelle il n'est pas rare que le service soit interrompu, pour peu que le froid soit rigoureux. — Nous reviendrons plus loin sur cette comparaison, et nous donnerons un exemple remarquable de l'altération que peuvent subir les eaux des rivières à la suite des sécheresses, dont l'action sur les sources se borne à une diminution dans le produit, et n'est, d'ailleurs, pas constante.

Nécessité de couvrir et d'abriter les réservoirs et les conduites. — Mais, avant de passer à un autre sujet, et pour compléter ce que nous avons à dire relativement à la température des eaux potables, nous poserons en principe qu'il convient de couvrir les réservoirs et d'enterrer les conduites à une profondeur suffisante afin de soustraire celles-ci aux grandes variations de température (1), auxquelles participe le sol jusqu'à 4 mètre et plus au-dessous de sa surface, d'abriter ceux-là pendant la saison chaude, contre l'action des rayons solaires (2), et enfin d'arrêter, dans leur chute, les feuilles, les insectes, etc., qui, en se décomposant, pourraient altérer la pureté du liquide. — Le fait suivant fera bien ressortir les inconvénients qui peuvent résulter des réservoirs à ciel ouvert.

Le premier filtre, construit à Toulouse par d'Aubuisson, fut établi, de prime abord, dans des conditions qui mettent parfaitement en évidence l'influence fâcheuse de la chaleur sur la qualité des eaux, destinées à l'alimentation des villes. On se rappelle que les trois filtres, qui composent

(1) Pendant l'hiver de 1838, la contraction des tuyaux fut un jour à Dôle tellement considérable et subite, qu'il s'en rompit vingt-trois presque simultanément. Terme, *loc. cit.*, p. 164.

(2) « L'eau qui abreuve les habitants de la *Valeità*, dans l'île de Malte, y arrive de *Civita - Vecchia* par un aqueduc en pierre porté hors de terre dans un espace de quatre mille pas et plus, et cette eau est très désagréable en été à cause de sa chaleur; il en est de même à Villefranche, dans le voisinage de Nice. » FONDÉRÉ, *Traité de médecine légale et d'hygiène publique*, t. VI, p. 345.

dans la localité le système de filtration en grand des eaux de la Garonne, consiste en de profondes excavations pratiquées dans un banc d'alluvion presque parallèlement au fleuve et au-dessous du niveau des basses eaux. Quand on eut terminé le premier filtre, consistant en une tranchée de 108 mètres de long, sur une largeur moyenne de 40 mètres au fond, on l'entoura d'une forte digue, pour le mettre à l'abri des hautes inondations : « Ce filtre, dit d'Aubusson, donna d'abord une fort bonne eau; mais, dès la seconde année, une végétation de plantes aquatiques commença à s'y établir, et à altérer la qualité de ses produits. L'année suivante, le mal empira : les rayons du soleil, traversant sans obstacle une couche d'eau mince et parfaitement transparente, atteignaient le fond dans toute leur intensité; ils y développaient une forte chaleur, laquelle était encore augmentée par l'effet et la réverbération des bords et des digues. Par la suite, la végétation y acquit une vigueur extrême; les divers moyens employés pour la détruire furent sans effet; des reptiles s'y joignirent, et ces plantes, ces animaux, en mourant et se putréfiant dans une eau tiède, la rendaient très mauvaise(1). » Il était pressant de porter remède à un pareil état de choses; on pensa que le seul moyen d'y réussir était de couvrir le filtre; on nettoya le fond aussi bien que possible; un aqueduc en briques, superposées sans mortier, fut établi dans toute la longueur, et l'on remplit le bassin de gros cailloux bien lavés, de manière à atteindre le niveau de la hauteur des moyennes eaux de la rivière. Sur les gros cailloux, on en étendit une couche de plus petits, puis une couche de gravier, et l'on finit par combler le creux en abattant les digues. On sema du gazon par dessus, et on rétablit aussi l'ancienne prairie à la surface du banc d'alluvion. « Depuis qu'il a été ainsi disposé, la qualité de ses eaux s'est, non seulement rétablie, mais encore améliorée; la limpidité et la saveur en sont parfaites. Dans le fort de l'été, lorsque presque toutes les eaux de nos contrées ont une odeur et un goût plus ou moins sensibles, celle-ci a toujours été trouvée par ceux qui sont descendus dans le regard (2), vive, bonne et fraîche comme de l'eau de montagne (3). » Il est à remarquer, que, bien que cette eau coule et séjourne à 4 mètres seulement au-dessous de la surface du sol, et à 40 mètres de la rivière, elle ne dépasse pas 17 degrés durant les ardeurs de l'été, quelle que soit la chaleur des eaux du fleuve d'où elle émane. Cette fraîcheur doit être attribuée à ce que le sol humide, qu'elle traverse en filets capillaires, est lui-même constamment refroidi par la puissante évaporation, dont sa

(1) Loc. cit., p. 277.

(2) Ce regard a été pratiqué au-dessus du point où l'eau entre dans les conduits en fonte.

(3) Loc. cit., p. 278.

surface est le siège. D'un autre côté, pendant les froids les plus intenses, la température de cette eau s'abaisse peu, car l'évaporation à la surface ayant cessé, le sol desséché, et, dans cette condition, mauvais conducteur de la chaleur, ne participe au refroidissement atmosphérique, que jusqu'à une profondeur peu considérable : « C'est ainsi que dans le long et rigoureux hiver de 1830, après 25 jours de forte gelée, et le gel ayant pénétré à plus de 4 mètres au-dessous de la superficie du terrain qui la recouvre, elle n'a fait descendre le thermomètre qu'à 8 degrés, avantage précieux. Fraîche en été, elle présente une boisson agréable à sa sortie des fontaines; chaude en hiver, elle garantit nos conduites des effets de la gelée (1). »

Moyen de rafraîchir l'eau sous un petit volume. — Lorsqu'on veut abaisser la température d'une petite masse de liquide, il est un moyen à la fois simple, économique et infaillible d'y parvenir. Il suffit d'entourer le vase rempli du liquide à rafraîchir d'un linge humide, et de le suspendre dans un courant d'air, à l'abri des rayons du soleil. Pour bien réussir, il faut que la couche de liquide soit mince, et la vase bon conducteur de la chaleur (2). Les 550 unités de chaleur, que l'eau, dont le linge est humecté, rend latentes pour se transformer en vapeur, sont reprises au vase, puis au liquide intérieur, qui peut éprouver, par ce moyen, un abaissement de température très considérable. Les *Alcarazas* n'ont pas une autre manière d'agir.

§ III. L'eau doit être *inodore* et d'une *saveur agréable*.

OBSERVATION. Il est assez difficile de définir la *saveur* de l'eau : sa *limpidité* dispose déjà celui qui va en faire usage en faveur de cette boisson, surtout s'il est pressé par la soif ; sa *fraîcheur* ajoute à cette prévention favorable, et elle concourt même puissamment à l'impression agréable que nous cause l'ingestion du liquide. Pour que l'effet soit complet, il faut que la saveur ne soit ni fade, ni piquante, ni salée, ni douceâtre ; caractères négatifs

(1) *Loc. cit.*, p. 278.

(2) « A Madras, bâtie sur un sol sablonneux et aride, la chaleur est accablante. L'eau des puits a une saveur fade et désagréable : c'est cependant la seule que l'on boive dans les maisons particulières. On la renferme dans des carafes en *argent* ou en *zinc*, que l'on tourne rapidement, pendant plusieurs heures consécutives, dans un vase rempli de salpêtre arrosé d'une certaine quantité d'eau. Celle que renferme la carafe est amenée par ce moyen presque à l'état de glace. Les hommes en consomment peu ; mais les femmes y puisent peut-être le germe des maux de poitrine, qui, plus tard, finissent par les enlever. » *Voyage de la Favorite*, t. I, p. 259.

dont l'ensemble donne lieu cependant à un sentiment de bien-être inexplicable, lorsqu'on peut étancher sa soif avec une eau qui les possède.

§ IV. L'eau doit dissoudre le savon sans former de grumeaux, être propre à la cuisson des légumes secs, tenir en dissolution une proportion convenable d'air, d'acide carbonique et de substances minérales; enfin, être exempte de matières organiques.

OBSERVATIONS. Dans l'examen que nous allons faire des caractères chimiques des eaux potables, nous ne suivrons pas l'ordre qui semble indiqué par les propriétés énumérées ci-dessus. Il serait superflu de nous arrêter à vouloir justifier cette détermination, dont la convenance ne saurait être révoquée en doute.

Substances trouvées dans les eaux potables. — La plupart des eaux potables, quelle qu'en soit l'origine, renferment les composés dont nous allons faire l'énumération, ou leur éléments constituants : Oxygène, azote, acide carbonique, silice, alumine, oxyde de fer, bicarbonates de chaux et de magnésie, sulfate de chaux, chlorure de sodium, traces d'azotates, de chlorure de potassium, de bromures et d'iodures; matières organiques azotées et non azotées (1). Il n'y a qu'un petit nombre d'eaux appartenant à la classe dont nous nous occupons, qui renferment des bicarbonates de soude ou de potasse, et quelquefois les deux ensemble. Ces dernières espèces d'eaux ne contiennent jamais de sulfate de chaux, tandis qu'on peut y rencontrer des sulfates et des chlorures alcalins, des bicarbonates de chaux et de magnésie, et de l'acide silicique.

Analyse des eaux potables. — Nous n'avons point à entrer ici dans des détails sur l'analyse des eaux destinées aux usages domestiques ; nous nous bornerons à indiquer très sommairement les principaux réactifs qu'il convient d'employer pour déceler la présence des substances inorganiques simples ou composées qui se rencontrent le plus ordinairement dans les eaux dont nous nous occupons.

Le tableau suivant permet d'embrasser d'un coup d'œil ce qu'il y a de plus intéressant à connaître dans l'action de ces divers agents.

(1) Dans un travail récemment publié, M. Marchand signale l'existence, dans les eaux douces, de quelques autres agents, tels que la lithine, le manganèse, l'azotate de chaux, le phosphate d'alumine et, peut-être, des traces de fluorures. (*Bull. de l'Acad. de méd.*, t. XVII, p. 307.)

SUBSTANCE contenue dans l'eau.	RÉACTIFS EMPLOYÉS.	EFFETS PRODUITS.
AIR ATMOSPHERIQUE.	Acide gallique et potasse. Mieux acide pyrogallique.	Coloration rosée, tournant ensuite au violet plus ou moins foncé.
ACIDE CARBONIQUE.	Papier bleu de tournesol.	Passe au rouge plus ou moins violacé.
CARBONATES.	Papier rouge de tournesol.	Vire au bleu dans l'eau dépoillée par la chaleur de l'excès d'acide carbonique.
Idem.	Acide sulfurique } — azotique } dilués. — chlorhydrique }	Effervescence et dégagement de gaz avec les dépôts.
SULFATES.	Chlorure de barium.	Précipité blanc, insoluble dans les acides chlorhydrique et azotique dilués.
CHLORURES.	Azotate d'argent.	Teinte louche, d'un blanc légèrement opalin, noircissant à la lumière, accompagnée, si la proportion de chlorure est assez considérable, d'un précipité blanc cailleboté. L'un et l'autre disparaissent par l'addition de l'ammoniaque, mais ils persistent malgré celle de l'acide azotique.
AZOTATES.	Or en feuilles, avec acide sulfurique et chlorure de sodium purs.	Ce mélange, ajouté au résidu soluble et concentré de l'évaporation d'une eau contenant un azotate, produit une dissolution d'or, qu'on traite ensuite par les réactifs appropriés.
IODURES. ET BROMURES.	Acide hypoazotique, puis chloroforme.	Verser dans un litre d'eau, contenant des iodures, environ 0 ^{gr} ,5 d'acide hypoazotique, et, après avoir opéré le mélange, ajouter 0 ^{gr} ,5 de chloroforme, et agiter fortement. — Le chloroforme se charge de l'iode mis en liberté par l'acide, et se colore en rose violacé. — On le recueille, et on peut le traiter par la solution de potasse pour avoir d'autres réactions. — Le brome s'obtient en traitant le liquide décanté par l'acide azotique et le chloroforme.
SELS DE CHAUX.	Oxalate d'ammoniaque.	Précipité blanc, apparaissant instantanément.
Idem.	Solution de savon.	Teinte opaline, nuages, dépôt ou précipité cailleboté, suivant la proportion de sel calcaire, à l'exception du carbonate.
Idem.	Phosphate de soude.	Précipité blanc.
SELS DE MAGNÉSIE.	Phosphate d'ammoniaque.	Précipité floconneux dans l'eau préalablement traitée par le phosphate de soude pour en séparer la chaux.
Idem.	Ammoniaque liquide.	Précipité blanc floconneux.
ALUMINE.	Ammoniaque liquide.	Précipité blanc floconneux.
Idem.	Sulfate d'alumine et de potasse.	Flocons blancs d'alumine et de sulfate calcaire.
FER.	Ferrocyanne de potassium.	Coloration bleue avec la dissolution dans les acides du résidu insoluble de l'évaporation.
MATIÈRES ORGANIQUES.	Papier de tournesol rouge et bleu.	Calcirer dans un tube fermé à un bout le résidu de l'évaporation de l'eau, après introduction des papiers réactifs, qui, après l'évaporation, se trouvent tous deux bleus, s'il s'est formé des produits ammoniaques, et rouges dans le cas contraire.

Considérations générales sur la composition chimique des bonnes eaux. —

Afin de compléter ce que nous avons à dire sur le choix des eaux potables, nous allons passer rapidement en revue les principaux éléments qui entrent dans la composition du plus grand nombre d'entre elles.

A. Gaz. — Toutes les eaux douces, et en particulier celles qui sont destinées à la boisson, doivent être *aérées*, et l'on peut dire qu'elles le sont toutes, après avoir eu le contact de l'air pendant un temps suffisant; l'eau de neige elle-même, dont l'usage a été considéré comme pernicieux (1), parce qu'on la supposait privée d'air, en contient autant que les eaux de pluie, de source ou de rivière, et, de plus, cet air y est aussi riche en *gaz oxygène* (2). — L'*acide carbonique* en petite proportion peut influer avantageusement sur les propriétés de l'eau, qu'il rend plus sapide et un peu plus excitante.

B. Matières fixes. — Lorsque ces matières se trouvent en proportions élevées dans les eaux douces, elles leur communiquent une saveur désagréable, et parfois une action purgative prononcée. — La plupart des eaux des fleuves et des rivières n'en contiennent guère que de 1 à 2 *dix millièmes* de leur poids : pour que l'eau soit potable, le chiffre ne doit pas dépasser 5 *dix millièmes*.

a. Sulfate de chaux. — Il est bon de noter que toutes ces substances n'exercent pas une influence également fâcheuse sur la qualité des eaux ; celle du *sulfate calcaire* est la plus prononcée. Une fraction de ce sel supérieure à 1 *millième* suffit pour communiquer à l'eau une saveur douceâtre, et la rendre impropre aux usages de la vie ; elle est alors qualifiée de *crue, dure, etc.*; elle ne cuit pas les légumes secs, ne dissout pas le savon, etc. (3). — Enfin, le *sulfate de chaux*, comme tous les autres sulfates, peut se décomposer sous l'influence des matières organiques, et donner lieu à un dégagement d'*hydrogène sulfuré*. — Lorsque les localités ne permettent pas de se procurer d'autres eaux que celles qui contiennent plus de 1 *millième* de sulfate calcaire, on peut rendre celles-ci propres au savonnage et même aux usages culinaires, par l'addition d'une proportion convenable de *carbonate de soude*, qui remplace le sel de chaux par une quantité équivalente de *sulfate de soude*. Mais cette addition, au moins pour ce qui con-

(1) On lui a attribué, mais à tort, le développement du goître.

(2) Boussingault, *Annales de chimie et de physique*, 3^e série, t. I, p. 354.

(3) M. Bouchardat soupçonne le sulfate de chaux de ne pas être étranger à la production du goître et du crétinisme. Néanmoins il reconnaît qu'il faut des études très attentives pour être fixé sur ce point d'étiologie. *Annuaire des eaux de la France pour 1851*, in-4°, p. 287.

cerne la portion d'eau destinée à la boisson, doit être faite avec prudence, et de manière à ne pas introduire dans celle-ci un excès de carbonate alcalin.

b. Le bicarbonate de chaux, tant qu'il ne dépasse pas la dose de 5 dix millièmes, est regardé comme un élément utile dans certaines conditions de la digestion stomachale; il agit alors à la façon du bicarbonate de soude. Néanmoins, il est des personnes qui se trouvent incommodées de l'usage des eaux chargées même assez légèrement de ce sel. Je connais une famille dont le chef, pendant un séjour de plusieurs années à Dieppe, où le retenaient ses fonctions, ne put se soustraire aux dérangements de santé que lui causait l'usage des eaux calcaires fournies par les fontaines de cette ville, qu'en s'astreignant à ne les employer qu'après les avoir fait soumettre à l'ébullition.

c. Dans ces derniers temps, M. le docteur Grange s'est livré à de nombreuses et pénibles recherches ayant pour but d'établir que le développement du goitre est dû à la présence des *sels magnésiens* dans les eaux employées à la préparation des aliments ou des boissons. — Il résulte du rapport présenté à l'Académie des sciences par M. Élie de Beaumont, que *cette opinion ne paraît pas établie sur des bases irrécusables* (1). — Nous croyons inutile, d'après cette déclaration, qui n'ôte rien au mérite des travaux de M. Grange, d'entrer dans une discussion sur la part plus ou moins réelle des composés magnésiens à la production du goître (2).

d. Les *chlorures*, et celui de *sodium* en particulier, sont en proportions trop faibles, dans les eaux potables, pour avoir une influence autre que celle d'en augmenter la sapidité. — D'après des recherches récentes, ils s'y trouveraient toujours accompagnés d'*iodures* et de *bromures* en quantités infiniment petites mais variables suivant les localités, circonstance

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XXXII, p. 618. 1854.

(2) Les investigations de M. Grange présentent, à mon avis, un double mérite : elles ont mis en lumière un certain nombre de résultats intéressants, et elles ont donné une nouvelle impulsion aux recherches des causes productrices de deux cruelles maladies. Si ce médecin laborieux n'a pas résolu le problème, on doit lui rendre cette justice qu'il aura puissamment concouru à en faire découvrir la solution, comme le prouve le passage suivant du rapport de M. Élie de Beaumont : « Les objections nombreuses qu'a soulevées l'opinion de M. Grange » n'empêchent pas qu'on ne puisse conclure avec beaucoup de vraisemblance, » des faits observés, que le goître et le crétinisme doivent leur origine à certains » éléments, que les eaux empruntent au sol, qu'elles traversent. » *Loc. cit.*, p. 617.

que l'on a regardée comme propre à expliquer les différentes anomalies offertes par la distribution géographique du goitre.

e. La présence des *matières organiques* dans une eau alimentaire est une condition d'autant plus fâcheuse, que la proportion en est plus considérable. Ces matières se putréfient généralement avec promptitude et facilité, et l'usage qu'on fait de pareilles eaux est fréquemment suivi de troubles plus ou moins graves des fonctions gastro-intestinales (1). — Aussi peut-on dire avec raison, que moins une eau potable contient de matières organiques en dissolution, meilleure elle est, tant sous le rapport de l'emploi immédiat que sous celui de la conservation.

De tous les faits contenus dans ce chapitre, nous déduirons les conclusions suivantes :

1° Les eaux, dont il convient de faire choix pour les distribuer dans une ville, sont celles qui jouissent d'une grande limpidité et d'une température à peu près constante pendant les différentes saisons; qui n'ont aucune odeur; ne sont ni fades, ni douceâtres, ni piquantes, ni salées au goût.

Ces eaux doivent contenir en dissolution de l'air, du bicarbonate de chaux, des chlorures, bromures, iodures alcalins, de la magnésie, de l'alumine, de la silice et de l'oxyde de fer; mais la proportion de matières fixes ne doit jamais dépasser un *demi-millième*.

2° A défaut d'eaux constituées comme nous venons de le dire, on accordera la préférence à celles qui s'éloigneraient le moins du type proposé.

3° La présence de sels calcaires solubles autres que le bicarbonate et de matières organiques en proportion un peu notable, doit être considérée comme un motif suffisant pour faire rejeter, à moins d'une nécessité absolue, de la consommation d'une ville, toute espèce d'eau qui s'en trouverait souillée.

(1) Nous avons parlé plus haut de l'action des matières organiques sur les sulfates.

CHAPITRE II.

DE LA DISTRIBUTION DES EAUX.

La distribution des eaux, dans une ville, se compose de deux éléments distincts, l'*arrivée* et le *départ*. — Il ne suffit pas, en effet, de pourvoir aux différents besoins d'économie domestique, de salubrité, d'industrie, etc., en faisant affluer, sur chaque point de la cité, les quantités d'eau réclamées par les nécessités de la vie privée ou publique, il faut encore procurer à ces eaux, dont la pureté est actuellement plus ou moins profondément altérée, un écoulement prompt et facile, afin d'en prévenir la stagnation dans nos demeures et sur les voies de communication, et, par suite, les accidents, qui en seraient la conséquence inévitable.

Nous allons donc avoir à nous occuper, d'abord, de ce qui concerne la venue et la répartition des eaux dans les différents quartiers ; nous traiterons, ensuite, des moyens de les réunir de nouveau pour les porter au dehors.

§ I. — **Arrivée des eaux.**

La première question qui se présente à résoudre, dans une distribution d'eau destinée à une ville, est celle-ci : *Quelle en est la quantité moyenne à fournir par habitant ?* — La réponse à cette question n'est pas aussi facile à donner qu'on pourrait le croire au premier aperçu ; elle dépend essentiellement des usages divers auxquels ces eaux doivent être appliquées, usages qui varient suivant les temps, les climats et même les habitudes locales. — Dans nos sociétés modernes, sans négliger complètement les ressources, que l'art peut trouver pour l'embellissement des villes, dans les constructions hydrauliques, nous accordons la préférence à

celles de ces constructions, qui portent l'empreinte d'une utilité réelle, et peuvent concourir à augmenter la somme de bien-être dont nous jouissons. — Il est, d'ailleurs, à propos de faire observer, que, pour ce qui concerne nos besoins personnels, nous consommons d'autant plus d'eau, que nous la recevons en plus grande abondance et avec moins de fatigue. Cette réflexion nous conduit à emprunter le passage suivant à un célèbre économiste anglais, lord Brougham, qui, dans un ouvrage sur les *Machines et leurs résultats*, est entré dans des considérations pleines de justesse et de bon sens pratique sur les avantages immenses, qui découlent, pour une ville, d'une distribution d'eau faite sur une vaste échelle. — Après avoir montré au prix de combien de fatigues et de perte de temps, on parvient, dans un ménage, à se procurer l'eau nécessaire aux besoins les plus impérieux, surtout s'il faut l'aller puiser à distance, avec un vase et sans le secours des machines les plus simples, un *treuil*, par exemple; après avoir tiré de ces faits la conséquence que cette grande dépense de temps et de force élève tellement le prix de l'eau, qu'on est obligé d'apporter, dans l'emploi de ce liquide, une extrême parcimonie qui conduit à négliger les soins de la propreté la plus vulgaire, négligence très préjudiciable à la santé, lord Brougham continue en ces termes :

« Quand les habitants allaient chercher leur eau aux sources » ou aux fontaines, il se faisait une grande consommation de » travail à cet effet; et, comme dans toute grande réunion » d'hommes, il y a toujours force gens prêts à faire un travail » quelconque pour de l'argent, beaucoup d'individus gagnaient » leur vie à porter de l'eau. Lorsque le canal destiné à amener » à Londres l'eau appelée la *Nouvelle-Rivière (New-River)*, » eut été creusé, et que les tuyaux de distribution eurent été » posés, il est parfaitement clair qu'on n'eut plus besoin de » ces porteurs d'eau. Quand les habitants de Londres purent

» avoir 200 *gallons* d'eau (9,000 *litres*) dans chaque maison
 » pour 2 *pence* (10 *centimes*), ils ne voulurent plus employer
 » un homme pour en aller chercher un seau seulement à la
 » rivière ou à la fontaine, pour le même prix de 2 *pence*
 » (10 *centimes*). Ils ne voulurent plus, pour le plaisir d'emp-
 » ployer directement le bras de l'homme, continuer à acheter
 » très cher un article qu'à l'aide de machines ils pouvaient
 » acheter à très bon compte. Si, d'après des notions erronées
 » sur le principe des machines, ils avaient pris la résolution
 » de continuer à employer des porteurs d'eau, ils auraient été
 » obligés de se contenter de 1 ou 2 gallons d'eau (4,5 à
 » 9 lit.) par jour, au lieu de 200 gallons (9,000 lit.), ou bien
 » s'ils en avaient consommé une plus grande quantité, ce
 » avaient continué à la payer au prix du transport à la main,
 » ils auraient été obligés de se refuser d'autres nécessités et
 » d'autres jouissances. Ils auraient dû se passer d'une certaine
 » quantité de nourriture, de vêtements ou de combustibles,
 » qu'ils sont à même aujourd'hui de se procurer, en économi-
 » sant sur l'article de l'eau.
 » On n'aurait pas même pu songer à un approvisionnement
 » tel que celui qui a lieu aujourd'hui; car, pour fournir à cha-
 » cune des maisons de Londres 8 à 10 gallons d'eau (560 à
 » 450 *litres*) seulement (en allant les chercher à des fontaines
 » plus ou moins éloignées des habitations à desservir), il eût
 » fallu y envoyer environ 12,000 hommes, à raison de 2 *shil-
 » lings* (2 fr. 40 cent.) par jour; mais, pour 200 gallons (9,000
 » litres), il eût fallu près de 240,000 individus, c'est-à-dire
 » un nombre égal à celui de tous les hommes valides que ren-
 » ferme actuellement la métropole; ce qui, toujours à raison
 » de 2 *shillings* (2 fr. 40 cent.) chacun, eût occasionné une
 » dépense d'environ 9 millions de *livres sterling* (près de 227 074
 » millions de francs) par année. Il est évident qu'on n'au-
 » rait pas pu employer un tel nombre d'hommes à cet office,

» et que, s'il n'y avait pas eu d'autre moyen d'approvisionner
 » Londres d'eau, que celui d'avoir recours aux bras de l'homme.
 » Londres n'aurait pu atteindre qu'une faible fraction de son
 » étendue et de sa population actuelles.

» Au reste, si quelques centaines, ou, tout au plus, quel-
 » ques milliers de porteurs d'eau, avaient continué à être em-
 » ployés à Londres et dans d'autres villes du royaume, les fon-
 » deurs en fer et les forgerons, qui font les tuyaux pour les eaux,
 » les ouvriers qui placent ces tuyaux, les fondeurs en plomb
 » qui font les tuyaux des distributions, et les plombiers qui
 » les placent, les hommes qui les transportent aux villes, soit
 » par eau, soit par terre ; ces gens et grand nombre d'autres
 » ouvriers et artisans qui contribuent directement ou indirec-
 » tement à ce même avantage public, n'auraient jamais pu
 » être employés. Continuer à employer les hommes au *trans-
 port de l'eau*, c'eût été rendre celle-ci deux cents fois plus
 » chère qu'elle ne l'est, étant fournie par un moyen méca-
 » nique. Ce bon marché actuel de cet article de consom-
 » mation résulte de l'emploi de la puissance mécanique ; il
 » procure de l'occupation à infinité plus d'individus qu'on
 » n'eût pu en occuper, si l'on eût persévétré dans un système
 » grossier et prodigue, qui appartenait à des temps anciens
 » d'ignorance et de misère.

Nous ne croyons pas devoir ajouter de réflexions aux consi-
 dérations intéressantes que l'on vient de lire, et nous abor-
 donnons immédiatement la question relative à la quantité d'eau
 nécessaire pour la consommation d'une ville.

Quantité d'eau nécessaire pour la consommation d'une ville.
 — D'après M. Darcy, qui s'est spécialement occupé des distri-
 butions d'eau, tant en France qu'en Angleterre, le chiffre de
 150 litres et au moins 400 litres par jour et par individu, est
 nécessaire pour subvenir à toutes les destinations diverses, aux-
 quelles l'eau peut être appliquée dans une ville, savoir : éco-

nomie domestique, bains, lavoirs, arrosement public, industrie, etc. — Le tableau suivant peut donner une idée du chiffre approximatif de l'eau à distribuer dans une ville :

Distribution d'eau dans différentes villes.

NOMS DES VILLES.	ORIGINE DES EAUX.	NOMBRE DE POUCES D'EAU POTABLE DISTRIBUÉS PAR JOUR.	QUANTITÉ DE LITRES PAR JOUR ET PAR HABITANT.
ANGOULEME (Charente).	Rivière.	Environ.. 30	35 à 40
BÉZIERS (Hérault).	Rivière.	Moyenne. 10	42 à 44
CARCASSONNE (Aude).	Rivière.	Moyenne. 300	300 à 400
CHAUMONT (Haute-Marne).	Rivière.	40 à 42	30 à 35
CLERMONT (Puy-de-Dôme).	Source.	Moyenne. 75	50 à 55
DIJON (Côte-d'Or).	Source.	252 à 900	198 à 618
DÔLE (Jura).	Rivières.	Environ.. 40	45 à 20
EDIMBOURG (Écosse).	Sources.	"	50
GÉNES (Sardaigne).	Sources.	"	100 à 420
GENÈVE (Suisse).	Rivière.	"	74
GLASGOW (Écosse).	Rivière.	"	100
GRAY (Haute-Saône).	Rivière.	48 à 20	40 à 45
GREENOCK (Écosse)	Rivière.	"	57
GRENOBLE (Isère).	Source.	Moyenne. 80	60 à 65
LE HAVRE (Seine-Inférieure)	Sources.	<i>Idem.</i> . . . 75	40 à 45
LIVERPOOL (Angleterre)	Sources.	"	28
LONDRES (Angleterre)	Rivières.	"	95
LONS-LE-SAULNIER (Jura).	Sources.	Environ.. 20	40 à 45
MANCHESTER (Angleterre).	Rivières.	"	44
METZ (Moselle).	Source.	40 à 45	20 à 25
MONTPELLIER (Hérault).	Sources.	Environ.. 100	50 à 60
NARBONNE (Aude).	Rivière.	Maximum 400	80 à 85
PARIS (Seine).	Sources et rivières	3,487	67
PHILADELPHIE (États-Unis).	Rivières.	"	60 à 70
ROME (Etats Romains).	Sources.	7,500	944
SAINTE-CHAMOND (Loire).	Rivière.	"	50 à 55
SAINTE-ÉTIENNE (Loire).	Rivière.	Moyenne. 40	20 à 25
TOULOUSE (Haute-Garonne).	Rivière.	208 à 260	62 à 78
VIENNE (Isère).	Sources.	Environ.. 40	60 à 65
VOIRON (Isère).	Sources.	18	50 à 60

On remarquera que sur les trente localités que nous avons citées dans le tableau ci-contre, il y en a dix-huit où la quantité d'eau consommée quotidiennement dépasse 55 litres par jour, et que cette quantité est inférieure à 30 litres pour quatre d'entre elles seulement (1). — Dans cette énumération, nous laissons Rome entièrement de côté, bien qu'elle se trouve aujourd'hui réduite à ne plus recevoir que la *cinquième partie* du volume d'eau qui lui arrivait aux jours de sa prospérité, et même la *dixième*, d'après les appréciations de *Frontin* (p. 9); les 7500 pouces qu'elle reçoit encore, représentent pour chaque habitant un chiffre de 944 litres par jour. — Mais les aqueducs Romains alimentaient autrefois les sept cents abreuvoirs, les cent cinq fontaines jaillissantes, les thermes et les naumachies; ils envoyoyaient dans le grand cloaque cette masse d'eau énorme qui faisait donner à cet égout le nom de *sleuve Coacal*, et qui, les jours de pluie, lorsqu'on y faisait dégorger les sept aqueducs à la fois, pour en enlever toutes les immondices, le changeaient en un torrent impétueux.

Maintenant que nous avons fixé d'une manière approchée le chiffre, que les hommes compétents réclament pour la consommation d'une ville (2), nous allons passer successivement en revue tous les éléments de la distribution de cette eau, savoir : 1^o *L'origine de ces eaux*; 2^o *les réservoirs* qui les re-

(1) A Paris, l'eau concédée par la ville pour les bains, tant sur place qu'à domicile, et en exceptant ceux des ponts Neuf, Royal et Marie, ainsi que les bains pris l'été en rivière, s'élève à 18,185 hectolitres par jour. — Pour les lavoirs autres que ceux établis sur bateaux, on consomme journallement 10,815 hectolitres. — Voilà donc pour ces deux objets 29,000 hectolitres, qui, répartis entre les 950,000 habitants dont se compose la population de Paris, donnent pour chacun 31¹1/2 d'eau par jour. *Rapport sur les bains et lavoirs publics*. Paris, 1850, in-4°.

(2) On comprend que nous ne nous arrêtons pas davantage sur ce point de la question, qui nécessiterait pour être résolue par l'admission d'un *chiffre certain*, une foule d'éléments que nous ne possédons pas.

çoivent; 3^e les *tuyaux* qui les répartissent; 4^e enfin les moyens utilisés pour en opérer le *transport direct à domicile*.

4^e. Origine des eaux.

OBSERVATIONS. — Les eaux consommées dans les villes proviennent des sources, des puits artésiens, des rivières, des puits, des citermes, des étangs.

A. — *Eaux de sources* (1). — Ordinairement limpides et fraîches, elles sont souvent chargées d'une assez forte proportion de substances minérales. Pour apprécier la qualité des eaux d'une source, et se déterminer à leur donner la préférence sur toutes les autres, pour l'alimentation d'une ville, il faut tenir compte des *roches*, que cette source a traversées, avant d'arriver à la surface du sol, ainsi que de la nature de certains éléments qu'elle pourrait renfermer, et dont la présence favoriserait la dissolution de substances ordinairement insolubles dans l'eau. Tels sont, par exemple, les carbonates de chaux et de magnésie, que l'eau peut dissoudre en quantités très

(1) Nous croyons devoir donner ici comme exemple d'une eau de source parfaitement appropriée à quelque destination usuelle que ce soit, celle de la fontaine de Vallan, qui vient d'être ramenée à Auxerre (Yonne), après deux siècles d'interruption définitive dans son service, dont l'origine remontait à l'année 1495.

L'analyse des eaux de cette fontaine a été faite par M. Bouchardat; en voici les résultats :

Produits gazeux.	Acide carbonique	0,0375
	Oxygène.	0,0038
	Azote.	0,0453
		0,0566
Substances fixes . . .	Carbonate de chaux	0,298
	Id. de magnésie.	Traces.
	Sulfate de chaux	Id.
	Chlorure de calcium.	0,015
	Id. de magnésium.	Traces.
	Id. de sodium.	0,008
	Matières organiques.	Traces.
	Acide silrique.	Id.
		0,321
Chlorure de sodium		
242,0		

Un autre exemple d'eaux de sources très salubres et très agréables à boire, est celui qui nous est fourni par les sources de Neuville, de Roye, de Rouzier et de Fontaine, dont la déivation, au profit de la ville de Lyon, est vivement récla-

considérables, sous l'influence d'un excès d'acide carbonique : l'ébullition, pourvu qu'on la prolonge assez longtemps, chasse tout le gaz en excès, et, d'après la nature et la proportion du dépôt formé, on peut prévoir quelques uns des effets de ces eaux. Mais, toute décision administrative, en ce qui concerne leur dérivation, devra être précédée d'une analyse chimique et d'un jaugage faits avec soin. — Les eaux des puits artésiens doivent être rangées sur la même ligne que celles des sources.

B.—*Eaux de rivières.*— La composition des eaux des rivières est intermédiaire entre celles des eaux de source et des eaux météoriques qui concourent à les former : elles sont plus aérées, contiennent moins de sels minéraux et plus de matières organiques. Elles ne présentent, d'ailleurs, aucune fixité, soit dans leur température, soit dans leur composition chimique. Toutefois, il importe de remarquer que les variations observées à cet égard sont régulières ou accidentelles. Les pluies, pendant l'hiver, la fonte des neiges durant l'été, font varier régulièrement le volume, et, par suite, la composition de la plupart des cours d'eau.

Influences des industries riveraines sur la composition des eaux fluviales.— Outre les matières organiques qui entrent dans les rivières, les pluies agissant sur les couches superficielles du sol, quand ces rivières reçoivent aussi les eaux provenant d'un grand nombre d'industries, telles que baudreries, teintureries, corroieries, etc., et qu'à cette cause d'altération se joint encore l'arrivée des liquides des égouts, c'est-à-dire des eaux ménagères, de celles qui ont servi au lavage des voies publiques, etc., on comprend que la proportion des matières organiques normalement renfermées

mée par Dupasquier et M. Terme. Elles fourniraient par leur mélange une eau dont voici la composition par litre :

	centil.
Produits gazeux. sh.	Acide carbonique.
	Oxygène
	Azote.
	<hr/>
810,0	5,774
800,0	Carbonate de chaux.
	Sulfate de chaux
	Chlorure de calcium.
	Chlorure de sodium.
	<hr/>
122,0	0,242

Ces eaux filtrent à travers un immense dépôt de sables et de galets : elles ont une température qui varie de 12° à 13°,2.

dans l'eau du fleuve, doit s'en trouver notablement augmentée. La différence sera surtout sensible pendant l'étiage, car alors la masse des liquides altérés s'accroît, et celle de l'eau pure est moindre. L'augmentation des éléments putrescibles est donc alors tout à la fois absolue et relative et l'analyse chimique peut en déceler la présence, ou tout au moins celle de produits ammoniacaux dûs à leur décomposition. C'est ainsi que M. Chevreul a constaté dans les eaux de la Seine, durant l'été, l'existence du carbonate d'ammoniaque, qui n'avait sans doute pas d'autre origine que celle dont nous venons de parler (1). Cette influence des grandes villes sur la composition de l'eau des fleuves qui les traversent, ressort des analyses faites par MM. Boutron et Henry des eaux de la Seine en amont et en aval de Paris, Girardin et Preisser, des eaux du même fleuve à Rouen, et enfin Bobierre et Moride, de celles de la Loire, au sortir de Nantes (2).

Accidents paludéens produits par les rivières. — Les rivières, dont la pente est faible, et le cours très lent, prennent facilement, durant les chaleurs de l'été, les caractères des eaux stagnantes, au moins sur leurs rives (3). Celles dont le cours est rapide, peuvent, chaque année, au moment de leur étiage, offrir la même particularité. Enfin, à la suite des sécheresses extrêmes, ce genre d'altération s'est quelquefois montré jusqu'au milieu même du lit de fleuves habituellement rapides et salubres. En voici un exemple remarquable : En 1731, une sécheresse extrême abaissa considérablement le niveau de la Seine ; l'eau en fut altérée, et une maladie épidémique se manifesta parmi ceux qui en firent usage. De Jussieu attribua l'altération de l'eau et la maladie au développement excessif de plantes pernicieuses, et, en particulier, des *Hippuris* et des *Conferves* (4). « C'étaient, dit-il, surtout ces deux espèces de plantes, » dont ces petites mares d'eau dormante, répandues tout le long du lit de la rivière, étaient pleines, qui, par le défaut d'eau suffisante pour les couvrir entièrement, se fanaient à l'extrémité de leurs tiges, et se corrompaient ensuite par le pied. La chaleur du soleil, qui tiédissait encore cette eau dormante, dans laquelle ces plantes étaient comme en macération, l'imprégnait tellement de leurs mauvaises qualités, qu'elles exhalaient jusqu'au delà des bords de la rivière une odeur marécageuse et désagréable, que l'on s'apercevait n'être point ordinaire (5). » L'eau de

(1) *Analyse chimique des eaux de Paris*, par Boutron-Charlard et O. Henry.

(2) *Annuaire des eaux de la France*, 1851, p. XLII, introduction.

(3) Le Saône est dans ce cas : *Influit incredibili lenitate, ita ut oculis in utram partem flual judicari non possit.* — Cæsar, *Comment. de bello gallico*, lib. I.

(4) *Histoire de l'Académie royale des sciences*, année 1733, p. 357.

(5) Les faits signalés par de Jussieu dépendaient vraisemblablement beaucoup

ces espèces de mares, en se mêlant avec l'eau courante, finit par altérer totalement et continuellement celle de tout le lit de la rivière. De Jussieu établit qu'en comparant, à l'époque dont il s'agit, l'eau de la Seine, avec celle des fontaines alimentées par d'autres sources, il était facile de reconnaître dans la première, une odeur et une saveur insolites. « Les maladies » qui régnèrent parmi ceux qui en burent, furent des sécheresses de bouche, qui causaient une altération fréquente, des dégoûts et des nau-sées qu'on ne savait à quoi attribuer, quantité de maux de gorge, dont quelques uns se tournèrent en esquinancie, différentes fluxions à la tête, et plusieurs sortes de fièvres irrégulières et opiniâtres, en sorte que ces incommodités, se faisant remarquer principalement dans les communautés religieuses, dans les collèges et dans les pensions, qui ne pouvaient user que de l'eau de la Seine, parurent épidémiques et ne se guérissaient que par le changement de boisson, ou par les tisanes, dont la coction servait de correctif à la mauvaise qualité de l'eau ordinaire (1). » De Jussieu fit plusieurs expériences comparatives sur divers échantillons d'une eau pure, dans chacun desquels il avait mis macérer ensemble ou séparément des *Hippuris* et des *Conferves* arrachées de la rivière, et il trouva que le *maceratum* obtenu après quelques heures, ou après un ou deux jours, avait la même odeur et la même saveur désagréable qu'il avait remarquées dans l'eau de la Seine, bue au courant même de son lit au-dessus de Bercy (2). Dans les deux années qui suivirent, l'exploration botanique de la rivière et l'observation médicale vinrent confirmer les opinions émises par de Jussieu sur les causes de l'épidémie de 1731. La Seine ne présentait que les plantes qu'on a coutume d'y rencontrer ordinairement et en abondance, et les maladies observées pendant l'été et l'automne de l'année 1731 ne reparurent plus. De ses observations, de Jussieu tira la conséquence qu'il est important : 1^o d'empêcher la formation des mares croupissantes sur les bords de la Seine, et de nettoyer le lit de cette rivière, au moins dans une étendue assez considérable en amont de Paris; 2^o que les cuvettes des réservoirs qui distribuent l'eau du fleuve dans la ville doivent être nettoyées et débarrassées de toutes les plantes qui naissent en forme de mousse contre leurs parois; 3^o enfin, que les aqueducs, canaux et fontaines d'eaux-vives doivent être tenus en assez bon état, pour que dans de pareilles occasions, et dans les années de sécheresse, l'eau, qu'ils conduisent, puisse, par son abondance, suppléer pour la boisson au défaut de celle de la rivière, ou en corriger, par son mélange avec elle, la mau- moins de la nature des plantes dont il parle, que de leur état de décomposition.

(1) Loc. cit., p. 358.

(2) Loc. cit., p. 359.

vaise qualité (1). Bien que les changements survenus de nos jours dans le régime des eaux de Paris, aient une grande importance hygiénique, ils ne nous paraissent pas devoir faire perdre de vue les sages prescriptions du savant observateur.

C.—*Eaux de puits.*—Les eaux de puits présentent plus rarement que celle d'une autre provenance, une composition qui permette de les appliquer avec avantage aux besoins de l'économie domestique. Creusés dans l'intérieur des villes, au centre des habitations, ils renferment parfois, outre les matières minérales fixes, que l'on trouve habituellement dans les eaux douces, de fortes proportions de sulfates, phosphates et azotates; de plus, on y trouve une grande quantité de substances organiques, dont l'origine doit être rapportée à la pénétration soit directe, soit par infiltration de résidus liquides de l'économie domestique, de l'industrie, même des fonctions animales, etc.

Altération des puits par les eaux infiltrées dans le sol.—« Dans les villes » anciennes, et où l'on prend l'eau par des puits, on la puise, à cause de « l'ancienneté des villes, à une source impure. Sauf de rares exceptions, » les eaux de ces villes sont ordinairement altérées. Les terrains sont rem- « plis de matières animales et végétales, dont le sol est complètement sa- » turé ... Le mal est d'autant plus grand, que, dans la plupart de nos » villes, il y a chaque année des inondations qui mettent les terrains, où » l'on puise l'eau, en communication avec les canaux et les fosses d'aisances. » Alors, les eaux acquièrent une odeur putride, et ne sont plus potables, » mais, en même temps, elles sont malsaines (2). »

Ces observations de M. Lombard, présentées au *Congrès d'hygiène publique*, tenu à Bruxelles au mois de septembre dernier, sont applicables à plusieurs de nos villes (3), et même à certains quartiers de Paris. L'alté- ration dont nous parlons est surtout favorisée par le mode de construction adopté autrefois pour les fosses d'aisances, dont les parois perméables lais- sent filtrer les eaux vannes plus ou moins chargées de matières solides. Il y a dans les anciens quartiers une foule de maisons, dont les fosses n'ont jamais besoin d'être vidées, parce que les eaux d'infiltration les débarras- sent successivement, ou à l'époque des crues, des matières qu'on y projette

(1) *Loc. cit.*, p. 360.

(2) *Compte rendu des séances du congrès d'hygiène publique*, session de 1851, p. 37.

(3) « Lyon n'a que des eaux crues ou chargées de principes putrides, qu'elles » dissolvent en filtrant près des fosses d'aisances, dans un terrain formé de toutes » sortes de débris. » Dupasquier, *loc. cit.*, p. 1.

chaque jour. L'obligation imposée aujourd'hui aux propriétaires de faire établir des fosses étanches soustrait les puits des quartiers neufs de la ville à cette cause d'infection. — Mais il en est encore d'autres qu'il n'est pas toujours facile de prévenir : je veux parler notamment de l'introduction d'eaux qui ont filtré à travers les cimetières. — Il y a une quinzaine d'années, une commission du Conseil de salubrité, dont je faisais partie, eut à examiner quelques faits relatifs au cimetière de l'Ouest. Nous fûmes curieux de voir si l'eau du puits, creusée au milieu du terrain, avait quelques propriétés particulières que l'on pût attribuer à son entourage. Nous apprîmes qu'au lieu d'être crue, comme la nature calcaire du sol le faisait supposer, elle dissolvait le savon, cuisait les légumes, etc. : cette eau était, d'ailleurs, fort limpide, inodore, et de bon goût. Barruel, qui faisait partie de la commission, jugea aussitôt que, dans la filtration de cette eau à travers un terrain imprégné de sels ammoniacaux, le sulfate calcaire qu'elle renfermait avait été décomposé ; que, par conséquent, elle devait contenir des sels à base d'ammoniaque. L'analyse chimique confirma les prévisions de notre savant collègue. L'époque avancée de la saison, quand nous fîmes notre visite, l'appréciation des qualités de l'eau, à l'instant où elle venait d'être puisée, expliquent suffisamment pourquoi ce liquide ne nous a offert ni mauvaise odeur ni même saveur désagréable. Il en eût été, sans doute, autrement pendant les chaleurs, et après quelques jours de conservation.

Pour terminer ce qui est relatif aux puits, nous emprunterons le passage suivant au rédacteur de l'introduction de l'*Annuaire des eaux de la France* :

Après avoir établi que les eaux des puits contiennent souvent des proportions considérables de sels terreux et de matières d'origine organique, il continue en ces termes : « Or il existe en France une foule de localités » dont les habitants emploient, exclusivement ou en partie, les eaux de » puits, soit aux nécessités domestiques, soit à l'alimentation. Il faut ajou- » ter que c'est principalement dans ces localités, que, de tout temps, les » auteurs ont attribué à la qualité des eaux des influences fâcheuses sur la » santé générale des populations.

» On sent, d'après cela, de quelle importance il sera, dans de telles » circonstances, de déterminer avec soin la nature et les proportions des » substances contenues dans l'eau des puits. Il ne sera pas rare de ren- » contrer des eaux de ce genre, qui, peu chargées de sels, dissolvant très » bien le savon, sont néanmoins complètement improches à l'alimenta- » tion, par suite de la matière organique, souvent fétide, qu'elles dissol- » vent (1).

(1) *Loc. cit.*, p. XL. Introduction.

Altération spontanée de l'eau dans les puits. — Quoi qu'il en soit, l'eau des puits creusés dans l'intérieur des villes s'altère spontanément dans l'espace d'un petit nombre de jours, lorsqu'on n'a pas soin de la renouveler par un puisement réitéré. Aussi, ne convient-il pas de faire concourir cette espèce d'eau avec celles qui doivent être employées à une distribution municipale, quand le volume de ces dernières peut mettre dans le cas de s'abstenir, pendant un certain laps de temps, de mettre les puits à contribution. — Pour ce qui est des [moyens de remédier à la putridité des eaux des puits, il n'en est pas de meilleur que la projection d'une certaine quantité de *noir animal* en grains.

D.—*Eaux de citernes.* — Les eaux météoriques sont les plus pures de toutes les eaux naturelles, chimiquement parlant ; elles ne renferment guère, en fait de matières fixes, qu'un peu d'*acide azotique* libre ou combiné à l'*ammoniaque* (*pluies d'orage*), des traces d'*iode*, et de tous les agents minéralisateurs de l'Océan, suivant M. Marchand, ainsi que des indices d'*acide sulfhydrique* (1). — Il est bon nombre de villes, où ces eaux sont reçues et conservées dans des *citerne*s. Si l'on avait soin de construire ces dernières avec des matériaux choisis, comme du beton par exemple, que l'on revêtirait d'un enduit ; si, d'un autre côté, on la voulait de manière à mettre obstacle à l'introduction des ordures de toute espèce, accumulées sur les toits, les gouttières, et dans les tuyaux de conduite pendant les temps de sécheresse ; si, enfin, les toitures des constructions, qui reçoivent les eaux pluviales destinées à être recueillies étaient en *ardoises* ou en *zinc*, il est certain que les eaux de citerne pourraient être réputées bonnes comme eaux potables. — Mais il arrive fréquemment que, par suite d'un mauvais choix des matériaux de construction, l'eau des citerne se charge de substances enlevées à ces matériaux, et principalement aux mortiers. — Les matières organiques s'y putréfient et en rendent l'eau impropre à la boisson ; et ces effets sont d'autant plus marqués, que la dimension des citerne est moindre. — C'est afin de prévenir cette dernière sorte d'altération, que l'architecte de la grande citerne du palais ducal à Venise en a disposé la construction de manière à obliger l'eau pluviale à traverser une couche épaisse de sable avant d'arriver au réservoir, où le public va puiser l'eau. — Les plus belles citerne connues sont celles que bâtirent, à Constantinople, les Empereurs grecs : l'une d'elles, dite des *Mille et une colonnes*, a une capacité égale à 4,288,000 m. c. Les voûtes en sont supportées par 424 piliers disposés sur deux rangs. Elles recevaient directement leurs eaux des aqueducs de Justinien et de Valens. Après la prise de Constantinople par Mahomet II, on les augmenta, on fit, dans la forêt appelée aujourd'hui de

(1) *Loc. cit.*

Bellegarde, des barrages destinés à retenir dans les vallées les eaux de pluies et des torrents, et l'on transforma ainsi ces vallées en immenses bassins d'irrigation. Par une prévoyance bien entendue, il fut défendu de couper les arbres de cette forêt, dont l'ombrage conserve l'humidité et la fraîcheur du sol et assure la conservation des eaux.

Purification de l'eau de citerne. — Les dangers inhérents à l'usage des eaux de citerne altérées par la décomposition des substances organiques, ne sauraient être révoqués en doute : « L'eau crupie ou corrompue exhale, dit M. Rostan, une odeur fétide qu'il est impossible de méconnaître ; elle doit être rejetée sévèrement, sous peine de s'exposer à de graves accidents (1). » — C'est afin d'en prévenir le développement et de restituer à l'eau des citernes ses propriétés premières, que, de temps immémorial, et, par conséquent, longtemps avant les découvertes modernes sur les propriétés décolorantes et désinfectantes du charbon, on était dans l'usage de jeter dans les citernes, à la Saint-Jean, les restes des feux allumés en l'honneur du Saint. — L'emploi du noir animal en grains remplit le même objet ; il a de plus l'avantage de débarrasser l'eau des sels calcaires qui la rendent impropre à la boisson. M. Girardin, à qui l'on doit cette observation, porte à 4 kilogr. par hectolitre la quantité de charbon d'os à introduire dans une citerne neuve ou cimentée à neuf (2).

Altération accidentelle de l'eau des citernes. — Une altération tout à fait imprévue et fort singulière de l'eau des citernes, s'est présentée, il y a quelques années, à l'observation de M. Kulmann. Je veux parler de l'introduction dans cette eau de sulfate de cuivre provenant des tuyaux de ce métal employé dans la construction des cheminées. — Il n'est pas rare, dans plusieurs usines du département du Nord, de surmonter les cheminées desservant les fourneaux des machines à vapeur, d'un long tuyau en cuivre. Ces fourneaux étant alimentés avec de la houille qui contient du bisulfure de fer, au moment où l'on charge le foyer, la quantité d'oxygène qui passe est insuffisante, pour transformer le soufre, qui se sépare, en acide sulfureux ; il s'en volatise donc une certaine portion accompagnée d'un peu d'hydrogène sulfuré : le cuivre de la cheminée les fixe au passage, et forme un sulfure de cuivre qui, par l'action de l'oxygène atmosphérique, se change bientôt en sulfate qu'on retrouve sous forme cristalline et anhydre. — Le sulfate de cuivre, entraîné par le courant d'air, dont le tuyau est toujours le siège, se dépose sur les toits et dans les gouttières, d'où il

(1) *Cours élémentaire d'hygiène*, t. I, p. 314.

(2) *Revue scientifique*, etc., de Quesneville, novembre 1840.

est porté dans les citernes par les eaux pluviales. — M. Kulmann en a trouvé 120 grammes dans une citerne contenant 120 hectolitres : cette proportion est minime, sans doute, mais n'eût-elle pas été assez forte, pour donner lieu à des accidents, si les dimensions de la citerne avaient été beaucoup moins, et qu'elle se fût remplie par les premières portions d'eau météorique, surtout si la pluie eût succédé à une longue sécheresse, durant laquelle le sel toxique eût pu s'accumuler sur les toits (1). — Si l'on craignait le retour d'un pareil accident, il faudrait disposer l'extrémité inférieure du tube de décharge des eaux pluviales, de manière à le fermer à volonté, à donner à ces eaux un autre cours, et à ne les admettre dans les citernes qu'après que la pluie aurait duré assez longtemps, pour que celle qui arriverait fût exempte de toute souillure.

E. — Eaux d'étangs. — En principe général, ce qui fait le danger des eaux stagnantes, c'est la facilité avec laquelle elles s'échauffent et deviennent le siège de réactions entre les gaz oxygénés et les matières hydrogénées et carbonées ; d'après cette considération, les eaux provenant des étangs se rapprochent ou s'éloignent de celles des rivières ou des marais, tant par leur composition chimique que par l'action sur l'économie, suivant l'étendue et la profondeur du bassin qu'elles fournissent, suivant aussi la disposition des abords ; ceux-ci, limités par un mur vertical, offrent à l'action décomposante de l'air une surface beaucoup moins étendue que quand ils ont la forme de talus.

Cette distinction est d'autant plus importante à établir que l'on a vu des cours d'eau contracter des propriétés extrêmement délétères, comme nous en avons cité un exemple plus haut (p. 62), et, par opposition, des masses d'eau stagnantes ont pu être employées non seulement sans inconveniency, mais encore avec avantage à l'alimentation des cités.

Parmi les eaux amenées à Versailles, sous Louis XIV, toutes n'avaient pas la même destination : les unes, c'étaient les eaux de sources, servaient aux usages domestiques de la cour et de la ville; les autres, issues des étangs, fournissaient les fontaines jaillissantes qui forment les plus beaux ornements des jardins. Ces dernières, dont nous avons déjà fait mention sous le nom d'eaux blanches, reçurent, après la Révolution, une application nouvelle qui s'est étendue considérablement depuis quelques années (2); on les emploie aux usages de la vie, et, à la fin de 1845, sur six cent trente-sept

(1) *Annales d'hygiène*, t. XVI, p. 317.

(2) Cette préférence est facile à expliquer : il y a à Versailles trois sortes de concessions suivant la nature de l'eau fournie : l'eau de source coûte 12 francs l'hectolitre, l'eau de Seine 11 francs, et l'eau blanche ne coûte que 7 francs.

concessionnaires, *trois cent quatre-vingt-six* recevaient de l'eau des étangs.
 « Cette nouvelle destination des eaux blanches dut attirer, dès son origine,
 » l'attention des Administrations départementale et municipale. Les com-
 » missions sanitaires furent appelées plusieurs fois à donner leur avis sur
 » cette importante question. Elles conclurent à l'innocuité de ces eaux, se
 » fondant sur ce qu'elles sont aérées, et que l'analyse chimique n'y a fait
 » reconnaître que quelques sels calcaires qui n'altèrent en rien leur saveur,
 » et ne les rendent improches ni à la cuisson des légumes, ni au savon-
 » nage. Rien de particulier n'avait été signalé dans la santé des habitants,
 » qui parut se rapporter à leur usage, lorsqu'en 1845 M. le docteur
 » Boudin, médecin en chef de l'hôpital militaire, pensa que l'usage des
 » eaux d'étangs pourrait bien ne pas être étranger à l'apparition des cas
 » nombreux de dysenterie dont étaient atteints, depuis plusieurs années,
 » les soldats de la garnison, pendant les mois d'été. L'autorité militaire,
 » les Administrations départementale et municipale s'émurent à cette nou-
 » velle ; des enquêtes furent ordonnées, des commissions nommées, des
 » rapports contradictoires adressés aux différentes autorités, puis tout
 » rentra dans le *statu quo*, et chacun des adversaires resta dans son opi-
 » nion (1). — Nous avons cité ce passage, bien qu'au premier aperçu
 il puisse paraître peu concluant pour résoudre la question qui nous occupe,
 de la possibilité d'appliquer, dans une ville, aux usages domestiques, les
 eaux de certains étangs. Mais, si l'on réfléchit à ce que depuis la Révolution
 les *eaux blanches* de Versailles ont commencé à être employées pour les
 besoins de l'alimentation ; 2° que les concessions accordées jusqu'au réta-
 blissement de la liste civile (1814), se sont élevées au chiffre de *cent*
soixante-six ; 3° enfin, que le nombre en a toujours été en augmentant,
 jusqu'au moment où M. Leroi publiait son livre (1847), et qu'elles dépas-
 saient alors la moitié du chiffre total ; si, dis-je, on réfléchit à toutes ces
 circonstances, on est conduit à admettre que M. Boudin, dont le nom fait
 avec raison autorité en hygiène, a pu être dans le vrai en attribuant les
 dysenteries observées par lui chez les soldats de la garnison, à l'eau, dont
 ces soldats faisaient usage, sans que pour cela l'emploi des *eaux blanches*
 fût pernicieux dans le reste de la ville : ces effets toxiques pouvaient dé-
 pendre de quelque altération locale des conduits ou des réservoirs des
 casernes, altération à laquelle les eaux de même provenance, distribuées
 partout ailleurs, seraient demeurées étrangères. — Il est effectivement
 bien difficile de supposer que des accidents aussi sérieux que des épidémies
 de dysenteries, ou d'autres affections analogues, se renouvelant chaque
 année à la même époque, eussent pu se montrer pendant quarante-cinq à

(1) *Des eaux de Versailles* par Leroi, p. 99.

cinquante ans de suite, sans éveiller la sollicitude des Administrations départementale et municipale, qui, plus d'une fois, ainsi que nous l'avons vu, s'étaient émues du développement que prenait l'usage alimentaire des *eaux blanches* et avaient réclamé, à ce sujet, les lumières de la science. — Avec cette interprétation des faits, il est peu surprenant qu'après beaucoup de rapports contradictoires, les choses en soient restées au même point.

Rivières assimilables à des étangs par la mauvaise nature des eaux qu'elles fournissent. — Il n'est pas rare de rencontrer des rivières, dont les eaux soient *habituellement* chargées de principes organiques en décomposition, qu'elles empruntent aux terrains, qu'elles traversent, et qui les rendent tout à fait assimilables aux eaux marécageuses. La Somme se trouve dans ce cas : comme elle coule au milieu de tourbières et de marais, ses eaux en conservent, même après avoir été filtrées, un goût d'herbes pourries fort désagréable ; aussi, malgré leur limpidité, ne sont-elles pas employées en boisson par les habitants d'Amiens, qui lui attribuent la fâcheuse propriété de déterminer des fièvres d'accès. Une altération du même genre, due à la même cause, se remarque dans les eaux de la petite rivière de l'Arneuse, l'un des affluents du canal de l'Ourcq, et dans plusieurs des cours d'eau de la Loire-Inférieure. — Remarquons cependant ici que, pour ce qui concerne l'eau du canal de l'Ourcq, son influence délétère ne se traduit point par une surélévation du chiffre des décès, dans les quartiers où on la distribue : c'est ce qui résulte des recherches de M. Villermé sur la mortalité de Paris (1).

Purification naturelle des eaux d'étangs. — Par opposition à ces exemples d'altérations communiquées aux eaux de certaines rivières, par le sol tourbeux ou marécageux qu'elles baignent, nous en citerons d'autres qui ont trait à l'amélioration d'eaux stagnantes de très mauvaise qualité sous l'influence du terrain à travers lequel elles s'infiltrent. Un des plus remarquables nous est fourni par les eaux issues des étangs vaseux et empoussiés de la Dombes, qui perdent tout mauvais goût et toute mauvaise odeur, et deviennent très salubres en traversant une colline de sable et de gravier, au bas de laquelle est située la ville de Trévoux qu'elles alimentent (2).

Altérations des cours d'eau par l'influence de certaines industries. — Nous compléterons ce que nous avons à dire sur les étangs, en parlant de l'influence produite par certaines industries sur la composition des cours d'eau

(1) *Annales d'hygiène, etc.*, t. III, p. 304.

(2) Fodéré, *loc. cit.*, t. VI, p. 342.

au sein ou sur les rives desquelles elles s'exercent. On comprend que nous nous sommes déterminé à placer ici les considérations, dont nous avons à parler, à raison du mode spécial d'altération qu'éprouvent les eaux, et sans avoir égard à leur état de mobilité ou de stagnation.

a. *Fécularies et amidonneries.* — Les eaux de ces fabriques sont à la fois très abondantes et très fétides, lorsqu'on les fait absorber par des puisards; l'infection des puits voisins en est souvent le résultat immédiat et rapide; nous pourrions citer ce qui est arrivé à Pierrefitte, où, à deux reprises différentes, les eaux d'une féculerie, conduites dans un puits foré, produisirent cet effet, bien que l'on eût pris la précaution de pousser la seconde fois le sondage à une grande profondeur. Et ce ne sont pas seulement les propriétés les plus rapprochées qui, en pareil cas, se trouvent compromises. On a vu l'infection se propager à près de 300 mètres du puisard.

Il y a plus, l'abondance de ces eaux est telle, quand la féculerie a un peu d'importance, qu'en les dirigeant vers un cours d'eau, celui-ci pourrait en être altéré s'il n'avait pas un volume suffisant : la féculerie de Trappe a entraîné ce fâcheux résultat sur une petite rivière située à plus de 1 myriamètre de distance.

Un habile fabricant, feu d'Ailly, a réussi à utiliser les résidus liquides de sa féculerie, après avoir inutilement essayé tous les moyens connus, pour s'en débarrasser et faire cesser les justes plaintes de ses voisins; il a fini par s'en servir comme engrais. Mais cette application n'est possible qu'autant que l'étendue des terres cultivées est en rapport avec la masse d'eau qu'il s'agit d'utiliser, et que le transport de celle-ci est praticable à peu de frais. — Un fabricant d'amidon, dont l'usine était construite dans un local situé au bas de la commune de Champigny, ne fut autorisé, d'après l'avis du Conseil de salubrité, à la mettre en activité, qu'à la condition qu'il construirait un caniveau payé dans toute son étendue, pour conduire directement les eaux sûres de sa fabrique à la Marne, si la salubrité publique rendait cette mesure nécessaire. Le peu d'importance de l'établissement laissait toute sécurité relativement aux conséquences que pouvait avoir l'arrivée de ces eaux sur la pureté de la rivière.

b. *Routoirs.* — En 1827, l'Académie de médecine fut consultée sur la question de savoir si les fontaines publiques à établir dans la ville du Mans pouvaient, sans danger, être alimentées par de l'eau qui aurait servi au *rouissage du chanvre*: tout le monde sait que ce végétal renferme un principe narcotique qui le fait rechercher des Orientaux pour la confection du *haschisch*, sorte de préparation envirante, dont les effets sur les centres nerveux ne sont pas moins puissants que ceux de l'opium. M. Robiquet, rapporteur de la commission, établit que le rouissage introduisait à la vérité dans l'eau des matières délétères, mais en proportion insuffisante pour la

rendre vénéneuse, et de plus, que, les bestiaux s'abreuvant impunément dans les routhoirs à eau stagnante, il était presque certain que le danger serait nul pour l'homme, de la part des routhoirs à eau courante; enfin, par excès de précaution, il conseilla : 1^o de laisser à l'eau un cours libre de 200 à 300 mètres depuis les derniers routhoirs jusqu'à l'entrée des tuyaux de conduite, pour lui donner le temps de s'aérer; 2^o de propager sur les bords de la rivière des plantes herbacées, dont les racines absorberaient les principes organiques qu'elle pourrait renfermer, et 3^o de forcer l'eau à passer à travers plusieurs couches de sable et de charbon, avant de la répandre sur la voie publique.

2^o — Réservoirs.

Observation. — Pour assurer le service de distribution d'eau dans une ville, il est de toute nécessité d'établir entre le point d'arrivée des eaux, quels qu'en soient l'origine et les conduits destinés à les répartir, un ou plusieurs réservoirs d'une capacité suffisante pour emmagasiner ces eaux pendant les interruptions périodiques ou irrégulières, nécessaires ou forcées du service. Nous n'avons point à nous occuper ici des détails de construction, qui sont de la compétence de l'ingénieur constructeur; mais, à ne considérer que le point de vue hygiénique de la question, nous établirons les propositions suivantes :

1^o Un réservoir de distribution d'eau doit être disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et réparé.

2^o On lui donnera une profondeur moyenne de 3 mètres à 3^m,50 : au-dessous de cette limite, l'eau aurait trop de tendance à s'y échauffer, les plantes aquatiques et les insectes à s'y multiplier (1). Au delà de la limite supérieure que nous avons assignée, on serait exposé à perdre le bénéfice

(1) Dans le cours de l'année 1842, des plaintes furent adressées à l'administration au sujet de la fontaine de la rue de l'Arcade, dont l'eau était fréquemment souillée par la présence d'une assez grande quantité de petits animaux. Une commission du Conseil de salubrité examina cette eau, et y reconnut l'existence de nombreux individus appartenant au genre *Daphnie* (CRUSTACÉS monocles). Ces animaux, connus sous le nom de puces d'eau, sont très communs dans nos climats : ils périssent tous au commencement des froids, après avoir déposé des œufs qui éclosent au printemps. L'eau au sein de laquelle ils vivent peut être légèrement altérée par les produits de leur décomposition ; en tout cas elle inspire du dégoût aux consommateurs. — Le curage fréquent du bassin de Chaillot, d'où provenaient ces animaux, et l'établissement d'un filtre à la fontaine de la rue de l'Arcade, tels furent les moyens proposés par la commission et adoptés par le Conseil de salubrité, pour prévenir le retour de cette singulière altération de l'eau.

d'une partie de la charge, lorsque, dans le cours du service, le niveau du liquide aurait subi un abaissement considérable.

3° Il conviendra d'établir deux réservoirs ou deux divisions indépendantes l'une de l'autre dans un réservoir unique, afin de ne pas interrompre le service en cas d'interruption.

4° Enfin, la construction d'un toit, et mieux encore d'une voûte au-dessus d'un réservoir concourrait puissamment à conserver à l'eau sa pureté et sa fraîcheur.

Matières qui sont employées dans la construction des réservoirs. — Les réservoirs peuvent être en maçonnerie, en tôle, en plomb, en zinc ou en bois, etc.

a. *Réservoirs en maçonnerie.* — Moins coûteux que ceux en métal, ils ont l'avantage d'être plus solides, et de conserver à l'eau, surtout s'ils sont voûtés, une température plus égale.

En traitant des citerne, nous avons parlé des principes qu'ils peuvent céder à l'eau, quand ils ne sont pas construits avec un soin convenable.

b. *Réservoirs en tôle.* — Pour construire un réservoir en maçonnerie, il faut pouvoir l'asseoir sur un sol incompressible. De plus, on est obligé de l'établir dans une tranchée. Aussi, lorsqu'il est de toute nécessité de placer le réservoir à une certaine hauteur, il faut avoir recours à des constructions d'une autre nature. Les réservoirs en tôle sont fort employés en pareil cas et ne présentent aucun inconvénient au point de vue de la salubrité. — On les garantit contre les variations de température extérieure, en les entourant d'une enceinte de planches et remplissant de paille ou de tannée sèche l'intervalle qui les sépare.

c. *Réservoirs en plomb.* — De toute antiquité on a employé le plomb à la construction des réservoirs et des conduites d'eau. — On en trouve fréquemment des fragments considérables dans les fouilles pratiquées sur les points occupés par des aqueducs construits du temps des Romains. En général, le plomb, malgré l'énergie toxique de ses oxydes et de la plupart des composés qu'il concourt à former, ne donne lieu à aucune altération de l'eau qu'on y emmagasine. Cette particularité tient sans doute à ce qu'il est, comme le fer, protégé contre l'action de l'oxygène atmosphérique par la petite quantité de bicarbonate calcaire qui entre dans la composition de la majeure partie des eaux potables. — Toutefois, on cite des exemples d'intoxication saturnine développée sous l'influence de l'usage alimentaire d'une eau qui avait séjourné longtemps dans un réservoir en plomb. *Vidi integrum fami-*

liam hoc morbo laborasse, dum ad culinares usus adhibebatur aqua, in magno receptaculo plumbeo collecta, et diu haerens (1). — Les exemples de ce genre d'accident sont peu nombreux ; cela tient sans doute, en partie, à ce qu'ils ont été plus d'une fois méconnus. Voici un exemple bien remarquable de cette erreur de diagnostic : Un gentilhomme, chef d'une nombreuse postérité, avait eu vingt et un enfants, dont huit moururent en bas âge, et treize survécurent à leurs parents. Pendant leur enfance, et, pour dire vrai, tant qu'ils demeurèrent dans leur résidence habituelle, ils eurent tous une santé remarquablement mauvaise. Ils étaient spécialement sujets à des douleurs d'estomac et d'entrailles. Le père resta paralysé durant plusieurs années, et la mère fut pendant longtemps sujette à des coliques et à des obstructions bilieuses. — Après la mort des parents, les enfants vendirent la maison qu'ils avaient habitée si longtemps. L'acheteur jugea à propos de faire réparer la pompe, qui était en plomb. Après examen, on trouva que le métal était tellement corrodé que le cylindre dans lequel se mettait le piston se trouvait percé en plusieurs points, et le réservoir, réduit dans sa partie supérieure à l'épaisseur d'une feuille de papier, y était criblé de trous (2).

Dans un autre exemple emprunté au même ouvrage, l'eau d'une source éloignée était amenée à une habitation située dans le comté de Sussex, à l'aide de tuyaux en plomb. Plusieurs personnes de la maison étaient chaque année tourmentées de violentes coliques, et chez quelques unes, la maladie eut une terminaison fatale. On finit par soupçonner que l'eau pouvait bien en être la cause ; on la soumit à l'analyse, et l'on y trouva du carbonate de plomb dissous à la faveur de l'acide carbonique. — Il suffit de substituer des tuyaux en bois aux conduits métalliques pour faire cesser sans retour tous les accidents (3).

Mais le fait de ce genre le plus remarquable est celui dont M. Henri Gueneau de Mussy a donné la relation. Pendant plusieurs jours, cet habile praticien méconnut le caractère des symptômes qu'il observait, et il en fait l'aveu avec une candeur fort honorable, à mon avis, et malheureusement trop rare. Si un élève aussi distingué de l'École de Paris a pu se méprendre un instant sur la véritable nature de pareils accidents, ne sommes-nous pas fondés à croire que dans une foule de cas, l'intoxication

(1) Vanswieten, loc. cit., t. III, p. 357.

(2) *The lead, upon examination, was found to be so corroded, that several perforations were observed in the cylinder in which the bucket plays : and the cistern in the upper part was reduced to the thinness of common brown paper, and was full of holes like a sieve.* G. Baker, in a treatise of adulterations of food, etc., by Accum, p. 71.

(3) Loc. cit., p. 85.

saturnine due à la cause qui nous occupe a existé, a parcouru toutes ses phases, a entraîné la mort des malades, sans jamais avoir été reconnue. — Après quelques mois de séjour au château de Claremont, en 1848, plusieurs membres de la famille du roi Louis-Philippe furent atteints de symptômes d'*intoxication saturnine*. Coliques violentes, nausées, vomissements, tels furent, avec une constipation opiniâtre, les premiers accidents qui se manifestèrent. Plus tard, la peau se colora d'une teinte icérique, des troubles nerveux se déclarèrent simulant des attaques d'hystérie; toute la surface de la peau devint le siège d'une telle exaltation morbide de la sensibilité, que le moindre attouchement arrachait des cris et des larmes aux malades. La perte toujours croissante des forces, l'amaigrissement progressif, la coloration fortement cachectique de la peau, etc., inspirèrent une vive inquiétude à M. Gueneau de Mussy, qui leur donnait des soins, et le portèrent, après avoir inutilement employé les purgatifs, à recourir aux antispasmodiques, aux préparations martiales, sulfureuses, etc., dont il obtint les meilleurs résultats. — D'autres habitants du château furent également atteints, mais à un moindre degré. — En somme, sur 38 personnes dont se composait la petite colonie, 13 furent frappées de l'intoxication, et la moitié de ces malades offrirent le liséré bleuâtre des gencives, et des taches de même couleur sur la membrane muqueuse buccale. Ces taches et ce liséré constituèrent même, pour plusieurs personnes, la seule trace de l'action de la matière toxique. — A quelle cause devait-on attribuer ces empoisonnements? L'analyse chimique de l'eau employée au château pour les usages domestiques et culinaires y fit découvrir plus de 0 gr., 01 de plomb métallique par litre. — Mais comment expliquer la présence de ce plomb dans l'eau? Voici en quels termes M. Gueneau de Mussy fait connaître les changements introduits dans les appareils de distribution des eaux du château :

« Lorsque le château de Claremont fut occupé par ses nouveaux habitants, ils trouvèrent que l'eau arrivait par des tuyaux de plomb depuis une citerne naturelle située près de la source (*distante de 3 kilomètres*), jusqu'à la citerne de plomb située dans le palais. Cette citerne naturelle était encombrée de détritus animaux et végétaux. On jugea à propos de la remplacer par un cylindre en fer de 6 pieds (1^m,95) de diamètre, et de 20 pieds (6^m,50) de haut, que l'on mit dans la terre à une profondeur de 15 pieds (4^m,87). On adapta à ce cylindre un tuyau de plomb faisant une saillie de quelques pouces à l'intérieur, et le cylindre fut fermé par un couvercle en fer percé de trous, afin de permettre l'introduction de l'air (1). »

(1) *Archives générales de médecine*, 4^e série, t. XX, p. 294.

Rien n'est plus facile à expliquer que ce qui s'est passé dans cette circonstance. On sait, d'après les expériences directes de M. Pouillet, que le plomb est *positif* à l'égard du fer, et surtout de la *fonte*. La substitution du cylindre en *fer* à la citerne en *plomb* aura eu pour résultat de favoriser l'oxydation du plomb, qui, une fois transformé en *oxyde hydraté*, se sera changé en *carbonate*, et dissous dans l'excès d'acide carbonique contenu dans l'eau. — Comme la proportion d'agent toxique était peu considérable, les effets auxquels il a donné lieu n'ont commencé à se manifester qu'après un usage assez prolongé de l'eau empoisonnée.

Nous tirerons de ce fait intéressant un précepte qu'il ne faut pas perdre de vue : c'est que, dans les réservoirs destinés à conserver l'eau alimentaire, on doit éviter d'établir un contact même médiat entre *le plomb et un autre métal, et notamment le fer*.

d. *Réservoirs en zinc.* — Le zinc peut-il être employé à la confection des réservoirs pour les eaux destinées aux usages domestiques ? Les faits rapportés par M. Auzoux nous paraissent répondre à cette question de la manière la plus satisfaisante. Les plaines de Neufbourg (Eure), si fertiles en céréales, sont privées de sources et de puits : les eaux pluviales, dont l'usage est général et exclusif sur la totalité de ce vaste plateau, étaient autrefois reçues et conservées dans des citernes. Depuis une quinzaine d'années, on a substitué aux citernes des réservoirs en zinc, alimentés par des gouttières également en zinc. L'eau s'y conserve pure, limpide et de bonne qualité, bien que la surface soit assez souvent recouverte d'une pellicule blanche à peine apparente. M. Auzoux a observé avec le plus grand soin les personnes qui font usage de cette eau, et jamais il n'a eu occasion de remarquer en elles la moindre indisposition que l'on fût en droit d'attribuer à la présence, dans l'eau alimentaire, de quelques principes malfaisants (1).

e. *Réservoirs en bois.* — On ne se sert de cette espèce de réservoir que pour une alimentation très limitée, pour une communauté, une usine, etc. Un inconvénient assez grand du bois employé à la construction des réservoirs d'eau, c'est qu'il s'altère sous la double influence de l'air et de l'humidité. La combustion lente, dont la matière organique devient le siège, la réaction, qui s'établit entre elle et les sulfates tenus en dissolution dans l'eau, donnent lieu à une altération profonde de ce liquide. — Pour y remédier, on peut *charbonner* à l'avance l'intérieur des tonneaux, cuves ou réservoirs, ou bien encore y projeter du noir animal en grains. — M. Périnet s'est servi, dans le même but, du peroxyde de magnanèse en

(1) *Annales d'hygiène*, t. XVIII, p. 352.

poudre : il assure avoir conservé de l'eau dans des futailles sans altération, par ce procédé, depuis le 1^{er} août 1807, jusqu'au 1^{er} janvier 1814. On avait employé 1 kilogr. de peroxyde pour 250 litres, et l'on agitait le mélange tous les quinze jours (1).

3° Aqueducs.

Les aqueducs sont des constructions en pierres ou en briques servant à établir la communication entre les sources et les réservoirs ; souvent ils consistent en un canal à ciel ouvert, ou, ce qui est préférable, muni d'un toit ou d'une voûte, qui garantit l'eau de l'action de la chaleur et de l'air, et arrête dans leur chute les corps étrangers d'origine organique, dont la présence pourrait altérer la pureté du liquide. Dans ce cas, les aqueducs offrent une pente uniforme dans tout leur parcours. Mais, d'autres fois, ces constructions servent seulement de support aux tuyaux fermés, dans l'intérieur desquels l'eau circule. Ils peuvent alors offrir des pentes fort différentes dans leurs diverses parties. — Les anciens connaissaient l'un et l'autre de ces genres d'aqueducs : nous pouvons citer comme exemple de la dernière espèce celui dont les ruines existent encore dans la plaine d'*Aspendus*. M. Charles Tessier, qui les a visitées (2), raconte que les eaux, renfermées dans des conduits en pierre, descendaient sur des arches en pente, traversaient la vallée dans un canal horizontal et remontaient ensuite sur d'autres arches inclinées, pour aller s'épancher dans les citernes de l'ancienne ville. — Ce système paraît avoir été introduit chez les Ottomans par les princes de la Karamanie, qui passent pour avoir les premiers, depuis l'ère chrétienne, employé des tuyaux fermés pour la conduite des eaux. Aujourd'hui, on en fait usage dans toute l'Anatolie.

Comme exemple d'aqueduc ouvert, nous croyons devoir citer une belle et utile construction romaine qui fonctionne encore aujourd'hui, après deux mille deux cent cinquante ans d'existence : elle est destinée à permettre l'écoulement du trop plein des eaux du lac d'*Albano*. Le lit ou *cuve* de ce lac est un ancien cratère de 9 à 10 kilomètres de circuit, et d'environ 460 mètres de profondeur. Le lac d'*Albano* est dominé par le *Monte-Calvo*, derrière lequel se trouve un plateau occupé en partie par le lac *Némi* ; suivant toute probabilité, les eaux de ces deux lacs communiquent ensemble par des voies souterraines, comme le prouvent certains phénomènes hydrauliques observés à diverses époques. Quand arrive le mouvement des grandes pluies et de la fonte des neiges, dont sont couverts le plateau du lac *Némi* et le *Monte-Calvo*, les eaux du lac d'*Albano* s'élèvent rapidement.

(1) *Journal de pharmacie*, t. IV, p. 327.

(2) *Voyage en Orient*, t. III.

ment, et elles allaient inonder la plaine avant la construction du canal de décharge, construit par les Romains, à l'époque du siège de Veies (398 ans avant J.-C.). Ce canal, appelé aujourd'hui *Emissario*, a plus de 4,500 mètres (quelques auteurs disent 2,200) de longueur. Il aboutit, dans la plaine, entre Pratica et Ostie, et conduit, au moment des crues, l'excès des eaux du lac jusqu'au Tibre, quand elles ne sont pas utilisées par les cultures qu'elles traversent. Il a 2 mètres de hauteur sur 4^m.15 de largeur, et est percé à la profondeur de 480 mètres environ à travers un rocher volcanique sur lequel est bâtie la petite ville de Castel-Gandolfo, où demeure le gardien qui a la clef de l'entrée du monument. Commencé et terminé en deux ans par F. Camillus, à peu près vers le temps du siège de Veies, comme je l'ai déjà dit, il sert toujours au même usage et présente la même utilité. L'architecte ou ingénieur qui en fit concevoir l'idée aux Romains, et qui en dirigea l'exécution, était vieil aruspice étrusque, nation chez laquelle l'architecture hydraulique était alors plus avancée que chez les Romains.

On peut citer cet ouvrage comme le premier dans ce genre qui nous soit connu d'une manière aussi positive. Ce fut le même ingénieur qui dirigea les Romains dans l'opération de la mine ou sape, à l'aide de laquelle ils réussirent à s'emparer de Veies. C'est ainsi que la fin des inondations causées par le déversement des eaux du lac d'Albano, sur ses rives peuplées de beaucoup de maisons de plaisance, coïncida avec la prise de Veies ; et c'est cette connexion entre deux époques mémorables, qui a donné lieu, du moins on doit le croire, à une légende par laquelle on admet l'intervention de l'oracle de Delphes, que les Romains auraient envoyé consulter sur les difficultés qu'ils éprouvaient à se rendre maîtres des villes. L'oracle aurait répondu, par l'organe de l'aruspice qui faisait partie de la députation, que les dieux ne permettraient la prise de Veies, qu'autant que les assiégeants auraient mis un terme aux inondations qui désolaient la population des bords du lac et atteignaient dans leurs ravages un temple bâti sur les mêmes bords, et consacré à Junon.

Enfin, dans les temps modernes, je choisirai comme exemple d'aqueduc monumental, celui que Vanvitelli construisit dans le milieu du siècle dernier, pour amener, d'une distance de 40 kilomètres, à travers le mont Garzano, une véritable rivière jusqu'au château de Caserte ; cette masse d'eau, reçue d'abord dans un canal considérable, va se rendre, en suivant un souterrain percé dans le roc et de 4,000 mètres de longueur, jusqu'à l'aqueduc de Madaloni, long de 500 mètres et haut de 56. De là, les eaux, après avoir formé plusieurs belles pièces dans les jardins du château, et alimenté une superbe cascade naturelle auprès de la maison de chasse de San Leucio, vont fournir à un vaste système d'irrigation qui féconde la plaine

au milieu de laquelle est située Afragola, ville de 43,000 habitants, dont le principal revenu est dans la production des *fraises* destinées au marché de Naples.

4^e Conduites.

Les conduites d'eau sont, comme les réservoirs, en *fonte*, en *plomb*, en *zinc*, en *bois* ou en *poteries*.

a. *Conduites en fonte.* — La *fonte* est préférée pour les tuyaux principaux : elle présente l'inconvénient de donner lieu à la longue et avec certaines eaux, celles, par exemple, qui alimentent les fontaines de Grenoble, de Toulouse, de Versailles, à la formation de *tubercules ferrugineux*, qui diminuent le diamètre de la conduite, et par conséquent le volume d'eau fournie. Ces productions tuberculeuses résultent, comme l'a prouvé M. Payen, de l'oxydation du fer sous l'influence d'une action électro-dynamique, due elle-même au défaut d'homogénéité de la fonte ; elles peuvent acquérir un volume très considérable ; c'est ainsi qu'à Paris, on en a trouvé qui obstruaient des conduites de 0^m. 04. Il paraît qu'avec le temps elles deviennent stationnaires. Sous ce rapport, la *fonte blanche*, qui est la plus homogène, doit être choisie de préférence pour la confection des tuyaux de conduite (1). Nous devons faire observer, d'ailleurs, que l'emploi de l'enduit de chaux hydraulique proposé par MM. Vicat et Gueymard, suffit pour mettre les tuyaux en fonte à l'abri de ce genre d'altération. Le même effet s'obtient au moyen de l'emploi de l'huile de lin, qui, d'après Junker, bouché les pores du métal, quand on la substitue à l'eau dans l'essai des tuyaux, ou par l'application extérieure et intérieure d'un enduit bitumineux, comme dans les tuyaux préparés par M. Chameroi.

Ce dernier procédé est très propre à garantir la fonte contre l'action des éléments *sulfureux* qui se développent au sein des immondices dont ces tuyaux sont environnés. En 1839, on démonta, dans le faubourg Saint-Honoré, une conduite établie en 1787 : elle était parsemée de taches arrondies. En cherchant à enlever une de ces taches avec un couteau, on amena un cône de *sulfure de fer* qui pénétrait jusqu'à la paroi intérieure du tuyau.

Incrustations calcaires. — Les tubercules ferrugineux dont nous venons de parler, ne se montrent qu'exceptionnellement dans les conduites. Il n'en est pas de même des *dépôts calcaires*. Ceux-ci se produisent avec la majeure partie des eaux et dans toute espèce de tuyaux.

En ce moment (17 février), on extrait d'une portion du sol de la rue de l'Ancienne-Comédie, une longue conduite en plomb, depuis longtemps abandonnée. Elle est doublée intérieurement d'une couche de *carbonate*

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. IV, p. 190.

calcaire de 2 à 3 centimètres d'épaisseur. M. Dumas rapporte ces incrustations, dans les tuyaux en *plomb*, à une influence électro-chimique (1).

— Pour les tuyaux en fonte, les aspérités dont le métal est hérissé, paraissent n'être pas étrangères à la production du phénomène. — Une autre circonstance qui le favorise beaucoup, c'est l'exposition un peu prolongée de l'eau au contact de l'air avant de s'engager dans les conduites; dans ces cas, une partie de l'acide carbonique en excès se dégage, et le carbonate calcaire étant beaucoup plus concentré, se dépose rapidement — On dissout facilement ces dépôts, qui finiraient par obliterer complètement la conduite, au moyen de l'acide chlorhydrique dilué, que l'on y fait séjourner pendant quelque temps. Le gaz produit s'échappe par les *ventouses*, dont les conduits doivent toujours être munis.

b. *Conduites en plomb.* — On n'emploie guère aujourd'hui les tuyaux en *plomb* que pour la distribution à domicile et l'alimentation des orifices d'écoulement. La préférence qu'on accorde dans ce cas à ce métal, malgré son prix élevé, tient à la facilité avec laquelle on peut lui faire prendre toutes les directions voulues. — Quant à son action sur la santé, elle rentre dans ce que nous avons dit sur les réservoirs confectionnés avec le même métal.

c. *Conduites en zinc.* — Elles ne sont en usage que sur une très petite échelle et n'offrent rien qui mérite d'être noté.

d. *Conduites en bois.* — On s'en sert fréquemment, quand l'eau qui les parcourt n'est pas soumise à une forte charge. Elles ne présentent aucun inconvénient au point de vue de la salubrité.

e. *Conduites en poteries.* — Si ce n'était l'épaisseur qu'on est obligé de donner aux tuyaux en poteries, pour obvier en partie à leur extrême fragilité, circonstance qui les rend néanmoins lourdes et difficiles à manier, ces conduites, envisagées sous le rapport de la salubrité, ne laisseraient rien à désirer. Néanmoins on peut s'en servir avec économie et avantage, quand l'eau ne doit y circuler que sous une faible charge.

Comme appendice aux divers appareils de transmission de l'eau, nous placerons ici quelques considérations sur la nécessité de surveiller les travaux qui s'exécutent au dessus des conduites sur la surface du sol.

Des inconvénients des travaux exécutés sur le sol que traversent les conduites d'eaux. — Le sol au-dessous duquel passent les conduits qui amè-

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XXXIII, p. 265.

nent l'eau destinée à l'alimentation des villes doit être grevée de certaines servitudes, dans l'intérêt même de la conservation de ces eaux. — Dans les traités que passent les villes pour leurs constructions hydrauliques, il est absolument indispensable qu'elles se réservent la propriété *trésorcière* ou souterraine du sol traversé par les aqueducs ou les conduites d'eau. Les clauses prohibitives de plantations, constructions, fouilles, etc., que doivent renfermer ces traités, ne sauraient être assez rigoureuses. Faute d'avoir pris ces précautions à Montpellier, lorsque, vers le milieu du dernier siècle, on construisit le bel aqueduc de dérivation, de 14,000 mètres de longueur, qui amène dans cette ville les eaux d'une source située au pied de la montagne de Saint-Clément (1), faute, dis-je, d'avoir pris ces précautions, cet aqueduc est, aujourd'hui, dans un état déplorable de dégradation. L'introduction des racines d'arbres dans la maçonnerie a fait surplomber les parois latérales. Des fuites se sont déclarées par suite du percement de puits à une distance très rapprochée. Des enlèvements de terre et des dépôts de fumiers sur la voûte et les dalles de recouvrement ont occasionné, dans l'aqueduc, l'infiltration des eaux pluviales et de celles provenant des égouts, etc. (2).

Aussi, dans les belles constructions hydrauliques de Dijon, dont nous avons parlé plus haut, l'habile directeur, M. Darcy, n'a-t-il pas négligé de faire acquérir par la ville la propriété trésorcière du terrain parcouru par l'aqueduc où coulent les eaux de la fontaine du Rosoir, sur un espace de deux mètres de large, et cela, dans toute sa longueur. Les fouilles, circulations, constructions, y sont interdites, non seulement sur le sol même, mais encore à une distance moindre de deux mètres de chaque côté de la limite latérale de ce terrain ; les plantations d'arbres ne doivent pas avoir lieu à moins de cinq mètres, etc.

Si la ville de Saint-Étienne se fut ainsi rendue propriétaire de la plaine de Champagne, dans laquelle est infiltrée l'eau du Furens, qui alimente le service fondé il y a vingt ans seulement, elle n'aurait pas à regretter aujourd'hui, non seulement la diminution du volume des eaux, mais encore leur altération par suite de l'emploi des engrâis répandus sur le sol, lavés et entraînés jusqu'aux galeries d'infiltration par les eaux pluviales (3). Il eût suffi, pour obvier à ces inconvénients, de disposer ces galeries comme l'a fait d'Aubusson pour les filtres de Toulouse, et de se résigner le droit d'in-

(1) *Mémoire sur la filtration, l'air et les eaux de la ville de Montpellier*, par Fournier, dans le *Recueil d'observations de médecine des hôpitaux militaires*. Paris, 1766, t. 1, p. 42.

(2) *Rapport de M. Leuthéric, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier*, in-4, broch., 52 p., 1837.

(3) Terme, *Des eaux potables*, etc.

tervenir dans les travaux à exécuter à la surface du sol, jusqu'à une certaine distance de chaque côté du niveau de ces mêmes galeries.

5. — Appareils et moyens de distribution.

Les eaux amenées par les conduites peuvent être dirigées, soit sur la voie publique au moyen des *fontaines*, soit dans l'intérieur même des habitations.

Les fontaines sont de deux sortes, les *fontaines monumentales*, destinées à l'ornementation, et les *bornes-fontaines*, qui concourent surtout à l'assainissement.

Les fontaines monumentales dépensent des quantités d'eau très considérables. Le plus grand nombre en jettent 150 mètres cubes en douze heures.

— La gerbe du Palais-Royal en laisse écouler 6 à 800 pendant le même laps de temps. — Quant aux fontaines de la place de la Concorde, leur dépense journalière s'élève de 5 à 6,000 mètres cubes. — Comme ces monuments ne donnent lieu à aucune considération hygiénique spéciale, nous ne nous y arrêterons pas plus longtemps. — Nous nous bornerons à faire observer qu'en cas de pénurie d'eaux bonnes à boire, on pourrait alimenter ces fontaines avec des eaux improches aux usages domestiques, telles que des eaux séléniteuses, mais jamais des eaux à odeur de marécage. Ce serait s'exposer à infester l'air des villes de miasmes paludéens.

Les *bornes-fontaines* répondent à deux objets principaux, les *arrosemens* et les *puisages particuliers* (1).

Les bornes-fontaines sont ouvertes trois fois par jour : le matin, au milieu de la journée, et le soir. On a calculé que, pour obtenir un lavage efficace des ruisseaux, l'écoulement doit donner à peu près 1 lit., 75 d'eau par seconde, ce qui revient à près de 8 pouces de fontainier. — A Paris, chaque borne-fontaine lave 300 mètres de ruisseau. Dijon est mieux partagé sous ce rapport, car, en moyenne, elles sont à 100 mètres de distance les unes des autres. — De plus, la construction qui a été adoptée par M. Darcy pour cette dernière ville me paraît fort avantageuse. On se rappelle que les eaux de la fontaine du Rosoir ont une température de 40 degrés en toute saison. Pendant l'été, la petite cuvette creusée au pied de chaque borne-fontaine déverse le trop plein des eaux qu'elle reçoit dans le ruisseau, qui est sans cesse parcouru par une eau limpide et fraîche; mais, en hiver on enlève une bonde qui occupe le fond de cette cuvette, et l'eau qui coule sans interruption, au lieu de se répandre sur la voie publique,

(1) Il y a une troisième espèce de fontaines intermédiaires aux deux que nous avons nommées, et qui servent aussi à fournir gratuitement de l'eau aux particuliers.

s'engouffre dans un conduit souterrain qui la porte au dehors de la ville (1).

Les conduites dans l'intérieur des habitations n'ont guère lieu, à Paris et dans toutes les autres villes de France, que pour des établissements industriels ou hospitaliers. — Il n'en est pas de même en Angleterre et en Écosse, où l'eau est distribuée à domicile à tous les étages des maisons.

Porteurs d'eau. — Cette différence tient à plusieurs causes qui nous paraissent parfaitement résumées dans le passage suivant d'undes Ingénieurs qui ont le mieux étudié le service de la distribution des eaux dans Paris : « La » profession de porteur d'eau ne périra pas, dit-il ; elle changera seulement » de face : au lieu de faire un transport d'eau extérieur, les porteurs d'eau, » ainsi que cela commence à se pratiquer, feront un transport intérieur, » parce qu'à Paris, avec la division des maisons entre de nombreux locataires, et sous le régime de cinq, six et sept étages entassés les uns sur » les autres, rarement les distributions d'eau s'élèveront avec des tuyaux » intérieurs au delà du premier étage ; de sorte qu'il faudra certainement » monter à bras ou par des tuyaux intérieurs l'eau nécessaire aux étages » supérieurs ; et comme, à Paris, jamais les domestiques de la plupart des » ménages n'accepteront la tâche de ces coltingages d'eau, la profession de » porteur d'eau nous paraît devoir rester une des nécessités de la ville de » Paris, même avec les distributions à domicile les plus développées (2). »

Les fontaines, bornes fontaines, ainsi que les porteurs d'eau à tonneau ou à bretelles, sont soumis à un certain nombre de mesures de police, dans l'intérêt, les premières, de leur conservation et de leur appropriation comme monuments d'utilité publique ; les seconds, dans celui de la salubrité et de la sécurité : ainsi il est défendu de laver du linge, des légumes dans les bassins ou aux abords des fontaines, d'y déposer des immondices, etc. Des poursuites sont dirigées contre ceux qui les dégradent, détournent ou arrêtent le cours de l'eau, la prennent pour en faire un objet de commerce ou l'appliquer à des besoins industriels, etc.

(1) On a multiplié les expériences à Londres sur les moyens les plus efficaces et les plus économiques de nettoyage. Voici ce que nous apprend M. Darcy sur un nouveau procédé d'arrosement : « Pour entretenir la salubrité de l'air, pour » absorber les miasmes qu'il pourrait renfermer, surtout dans les rues étroites » et habitées par la classe ouvrière, on promenait de longs tuyaux flexibles, re- » levés verticalement à leur extrémité, et munis d'un orifice divergent ; alors » montaient à 5 ou 6 mètres de hauteur en s'épanouissant, et retombaient en » abondantes cascades, des nappes qui rafraîchissaient et purifiaient compléte- » ment l'atmosphère. » *Rapport sur le pavage et le macadamisage des chaussées de Londres et de Paris* (1850), p. 180.

(2) *Statistique des eaux de la ville de Paris*, par Emmery, ingénieur en chef directeur des ponts-et-chaussées, dans les *Annales des ponts et-chaussées*, p. 193.

Les porteurs d'eau à tonneau doivent puiser aux fontaines marchandes, et avoir toujours leurs tonneaux pleins en cas d'incendie. — Ceux à bretelles peuvent puiser aux fontaines publiques; leurs seaux doivent être tenus fermés, quand ils sont pleins, avec un couvercle de bois ou de métal, etc. (1).

Prix de l'eau dans les villes. — La dépense de l'approvisionnement en eau est fort variable, suivant les localités, et, comme pour toute espèce de marchandise, elle est d'autant plus élevée que l'eau est plus rare : ainsi, à Paris, on paie 40 fr. par an pour une fourniture journalière de 1 hectolitre d'eau de la Seine, des sources et du puits artésien ; encore n'accorde-t-on pas d'abonnement au dessous de 100 fr. L'eau de l'Ourcq ne coûte que 5 fr., et il faut en prendre au moins 15 hectolitres. — A Liverpool, à Glasgow, à Manchester, etc., le prix est fixé d'après le chiffre du loyer ; à Édimbourg, par exemple, on payerait seulement 50 centimes par *livre sterling*, etc. On trouve dans l'ouvrage de M. Terme un assez grand nombre de documents curieux sur ce sujet (2).

Je ne crois pas devoir entrer dans ces détails, qui me paraissent étrangers à mon sujet ; je me bornerai à faire observer que la vente des eaux constitue pour les villes une branche fort importante de revenu : pour Paris, le chiffre s'élève à peu près à 800,000 fr. pour les concessions aux particuliers, et 345,000 fr. pour les ventes effectuées aux fontaines marchandes filtrées et non filtrées ; il faut déduire de cette somme de 1,145,000 fr., le montant des dépenses, qui atteint 307,000 fr. ; reste à 838,000 fr.

On trouve dans les *Annales de chimie et de physique*, t. VII, 3^e série, un mémoire fort intéressant de M. Dureau de la Malle sur la distribution, la valeur et la législation des eaux dans l'ancienne Rome.

De cette première section de notre deuxième chapitre, nous conclurons ce qui suit :

1^o La quantité d'eau à distribuer chaque jour dans une ville par individu, doit s'élever à 100 litres. — Dans le cas où l'on ne peut pas atteindre ce chiffre, il est à désirer qu'on s'en éloigne le moins possible.

2^o Les eaux de sources doivent être préférées pour l'ap-

(1) Voyez *Notice sur la police et la distribution des eaux dans Paris*. par A. Chevallier; dans les *Annales d'hygiène*, etc., t. LXV, p. 5.

(2) *Loc. cit.*, p. 220 et suivantes.

provisionnement d'une ville ; viennent ensuite les eaux de rivières ; les eaux d'étangs ne peuvent être acceptées qu'autant qu'elles proviennent de masses considérables, et qu'elles n'exhalent aucune odeur marécageuse pendant les plus fortes chaleurs. — Il est presque superflu de faire observer que la préférence indiquée dans ce paragraphe doit être en parfait accord avec les conclusions du premier chapitre.

3° Dans le cas où les eaux potables fournies par les sources ou les rivières, absorberaient tout le volume disponible, on pourrait appliquer aux autres services publics, arrosements, bains, lavoirs, etc., des eaux de moindre qualité ; dût-on, pour les lavoirs et les bains, en précipiter le sulfate calcaire par une quantité équivalente de carbonate de soude.

4° Quand on aura des réservoirs ou des tuyaux de conduite en plomb, on apportera le plus grand soin à éviter que ce métal ne s'y trouve en communication avec du fer ou de la fonte.

5° Enfin, dans les appareils de distribution publique, comme fontaines ou bornes-fontaines, il conviendra de disposer les constructions, de manière à ne pas avoir d'écoulement sur la voie publique, durant l'hiver, tout en continuant le service, même pendant les gelées, pourvu que la température de l'eau d'alimentation n'y mette point obstacle.

§ II. — Départ des eaux.

Ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce chapitre, quand les eaux de distribution ont été employées aux usages domestiques ou industriels, auxquels ou les destinait, il devient urgent d'en débarrasser la cité.

Les principes dont sont chargées ces eaux sont *organiques* ou *inorganiques*. Les premiers ont pour caractère commun d'entrer rapidement en putréfaction, et de répandre une odeur fétide, particulièrement durant les chaleurs. Les matières inorganiques sont plus rarement insalubres que les précédentes ; mais elles peuvent cependant devenir une cause très puissante d'insalubrité, par les réactions chimiques auxquels elles donnent lieu : telles seraient, par exemple, des eaux acides versées dans les égouts, où abondent des hydrosulfates et des sulfures.

Les progrès de la science moderne appliquée à l'industrie, ont montré qu'une foule de résidus liquides, autrefois rejetés comme inutiles, peuvent être traités avec avantage, afin d'en extraire les principes qui les rendent nuisibles, ou encore d'en arrêter momentanément la décomposition et de les faire servir à la préparation des engrais.

Aussi, ne craignons-nous pas de dire à l'avance que, d'ici à quelques années, on mettra autant de soin à rechercher les eaux industrielles, qu'on en apportait, il n'y a pas encore longtemps, à s'en débarrasser.

En attendant que ce moment soit venu, posons en principe qu'on doit interdire de jeter sur la voie publique tout liquide dont l'odeur est susceptible de nuire à la pureté de l'air, ou, enfin, dont la masse peut gêner la circulation.

Ces mesures prohibitives sont déjà en vigueur pour les établissements industriels classés, pour lesquels l'autorité admi-

nistrative a coutume d'imposer les conditions de traiter les résidus de manière à en neutraliser les propriétés nuisibles ou incommodes, et, en temps de gelée, de les porter directement à la bouche d'égout la plus voisine.

Je n'ai point à entrer ici dans aucun détail sur les moyens les plus propres à remplir le but dont il s'agit : je citerai seulement comme exemples les *eaux vannes* des fosses d'aisances, que l'on est autorisé à verser sur la voie publique, moyennant une désinfection préalable ; les *bains sulfureux*, qui peuvent être répandus sans inconvenient dans le ruisseau de la rue, après addition d'une solution de sulfate de zinc ; les *eaux acides*, qui, une fois traitées par la craie, ne présentent plus rien qui soit susceptible de nuire quand on les fait couler dans les égouts, etc.

A toutes ces eaux industrielles et ménagères, il faut joindre les eaux pluviales, qui sont fort utiles parce qu'elles lavent la voie publique, et qui deviendraient non seulement incommodes, mais encore très dangereuses par leur masse, si l'écoulement au dehors ne s'en trouvait pas assuré.

Les moyens et appareils de départ des résidus liquides sont : les *gouttières*, les *conduits*, les *ruisseaux* et les *égouts*.

Les réceptacles où ces résidus sont tenus momentanément en dépôt, se nomment *puisards* et *fosses d'aisances*.

Dans un grand nombre de villes, on fait communiquer ces réceptacles avec les *égouts* : c'est une disposition des plus vicieuses, et dont l'effet inévitable est de répandre dans les rues et les habitations des exhalaisons fétides et malsaines.

A Londres, par exemple, il n'y a pas de fosses d'aisances : les tuyaux de chute communiquent directement avec une division de l'égout qui passe sous la maison. Eh bien ! malgré les torrents d'eau qu'on y fait arriver, les inconvenients résultant de cet état de choses sont d'une nature tellement grave que la Commission métropolitaine et celle de la cité réunissent leurs

efforts pour y soustraire cette ville, et utiliser ces déjections au profit de l'agriculture.

Par opposition à cet état de choses, je dois citer ce qui a lieu à Hull, petite ville d'Angleterre, dans laquelle on a mis l'égout public en communication avec les conduits d'écoulement des eaux provenant des gouttières. Il en est résulté une multiplication infinie des tuyaux d'aérage de cet égout, en sorte qu'aujourd'hui toutes les bouches montant au nombre de six cent soixantequinze, on pu être fermées à l'aide de trappes hydrauliques (1).

Les questions hygiéniques relatives aux *égouts*, aux *fosses d'aisances* et aux *puisards*, sont trop vastes pour être abordées ici : les deux premiers fourniraient un sujet de thèse fort étendu et plein d'intérêt : je me bornerai donc à formuler les principales conditions que ces constructions me semblent devoir remplir, au point de vue de l'hygiène, tant publique que privée ; elles constitueront aussi les conclusions de la dernière partie de mon travail.

4° Les fosses d'aisances devront toujours être parfaitement étanches, et l'on ne pourra en effectuer la vidange qu'après une désinfection préalable et complète.

A ces conditions, les eaux vannes pourront être sevrées

(1) Les travaux que l'on a exécutés, depuis vingt ans, à Paris, pour l'assainissement de la ville, le percement de rues nouvelles, l'élargissement des anciennes, sont vraiment prodigieux. La seule construction des égouts s'est élevée à des sommes considérables. Il est seulement à regretter qu'on n'ait pas adopté le système des cheminées d'aérage qui eût permis de clore hydrauliquement ces vastes bouches, par lesquelles, durant la saison froide, on voit s'échapper des torrents d'une buée nauséabonde. Je ne doute pas que cette communication libre des égouts avec la voie publique ne soit une des principales causes des fièvres d'accès que l'on observe en ce pays, à des époques de l'année où elles ne devraient pas se montrer.

sur la voie publique; mais, le versement terminé, on devra en enlever les dernières traces par une projection suffisante d'eau pure.

2° Les puisards seront assimilés aux fosses d'aisances, construits, traités et vidés comme elles.

3° Les égouts devront avoir une capacité suffisante pour qu'une pluie d'orage de 0^m,025 puisse y trouver un écoulement convenable.

4° On donnera au radier la forme concave, afin que les dépôts soient sans cesse ramenés au *thalweg*.

5° Les égouts secondaires s'embrancheront tangentielle-
ment sur l'égout principal.

6° Des cheminées d'aération seront construites, pour faire communiquer directement l'intérieur des égouts avec l'atmosphère.

Il serait même préférable d'établir cette communica-
tion au moyen des tuyaux de conduite des eaux pluviales,
par la raison que le nombre en serait beaucoup plus
considérable.

7° Les conduits des eaux ménagères se rendront direc-
tement dans les égouts, avec lesquels ils s'aboucheront
par un *syphon renversé*, afin d'empêcher les exhalaisons
fétides de pénétrer dans les habitations.

8° Enfin, toutes les bouches d'égout donnant sur la
voie publique seront munies de la *trappe hydraulique*
de John Phillips, permettant l'arrivée des liquides, et
s'opposant à l'issue des émanations.

Ici se termine la tâche que de sort m'avait assignée.
S'il fallait, maintenant, résumer en quelques mots ma réponse à la question proposée en ces termes : DU CHOIX ET DE LA DISTRIBUTION DES EAUX DANS UNE VILLE, je ne croirais pouvoir mieux faire qu'en prenant un *type* auquel je rapporterais tous les systèmes actuellement en usage dans les différentes cités.
Je proposerais comme un modèle à suivre :
Une ville grande, belle, riche, bien peuplée, qui, grâce à des travaux conduits avec une intelligente économie, se trouve en possession d'eaux de source, amenées dans son sein, par un aqueduc souterrain, qui ne leur laisse rien perdre de leurs propriétés. — Ces eaux réunissent toutes les qualités physiques et chimiques désirables : elles sont limpides, d'une température de 10 degrés en toute saison, très agréables à boire. Leur composition chimique les rend propres à tous les usages domestiques, industriels ou municipaux. — Elles sont versées avec une abondance telle, que la part attribuable à chaque habitant varie entre 200 et 600 litres par jour. — Les moyens de distribution sont si bien entendus, qu'ils n'exigent presque aucun frais d'entretien, et que ces eaux coulent sans interruption toute l'année, soit par des fontaines monumentales, soit par des bornes fontaines assez multipliées, pour que la plus grande distance à parcourir pour le puisage n'excède pas 50 mètres. — Enfin, ces eaux, qui

tempèrent les ardeurs de l'été en s'épanchant à la surface du sol, sont dirigées sous terre, durant les rigueurs de l'hiver, au moyen de conduits souterrains, qui leur procurent un facile écoulement au dehors.

En voyant tant d'avantages réunis, on pourrait croire que la nature a tout fait pour l'héureuse cité dont nous venons de parler.... Ce serait une grande erreur : il y avait deux siècles et demi qu'elle luttait contre la déplorable situation où elle se trouvait sous le rapport de ses eaux, et contre l'abondance stérile des auteurs d'une foule de projets insuffisants ou impraticables, quand, il y a une vingtaine d'années, un jeune Ingénieur des ponts-et-chausées, après une étude conscientieuse et savante des localités, vint soumettre aux magistrats et aux autorités compétentes un projet complet de distribution d'eaux de sources situées à plus de 14,000 mètres de distance.

Unaniment adopté, et bientôt mis à exécution, c'est ce projet qui a mérité à M. Darcy de voir son nom inscrit parmi ceux des bienfaiteurs de Dijon.

Plebs sitiens, gemebunda diu, nunc desine questus,
Præbet amica novi dextera Mosis aquas.

FIN.