

qu'on a soin de n'employer pour les usages alimentaires que de l'eau préalablement filtrée (Würtz). Il en serait autrement si l'on faisait usage d'une eau trouble, qui pourrait contenir en suspension du carbonate de plomb.

Pour combattre ces inconvénients, deux procédés sont surtout en usage. Souvent on protège l'intérieur des conduites en plomb en les recouvrant d'étain, de sulfate de plomb et de vernis divers. Aucun de ces moyens ne paraît mettre complètement à l'abri du danger. L'autre procédé consiste à employer des tubes dans lesquels le plomb est complètement éliminé. On se sert, à cet effet, de tubes en fonte ou en fer forgé, dont l'intérieur peut être recouvert d'un enduit vitreux; de tubes d'étain ou de cuivre étamé, qui sont excellents au point de vue hygiénique, mais trop dispendieux pour être généralement employés; de tubes en zinc, qui sont bientôt recouverts d'un enduit insoluble, lorsque les eaux contiennent du carbonate de chaux; enfin, de tubes en pierre, en carton-pâte, en gutta-percha, en papier bitumé. Dans certains pays, l'eau traverse des conduites en bois (Genève), mais elle contracte invariablement une saveur désagréable, due à la présence de matières organiques en décomposition. En somme, le procédé le plus irréprochable paraît consister à employer des tubes en fonte ou en fer revêtus intérieurement d'un enduit protecteur.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DES EAUX IMPURES OU MALSAINES. — EAUX D'ÉGOUT. — EAUX INDUSTRIELLES. — EAUX DE MARAIS.

EAUX D'ÉGOUT. — Nous allons étudier successivement l'origine des eaux d'égout, leur composition; l'encombrement du lit des fleuves, l'altération de leurs eaux; enfin les divers procédés d'épuration et d'utilisation de ces eaux impures, ainsi que les principaux procédés d'application.

Origine. — Les eaux qui traversent les égouts sont dérivées d'une multitude de sources diverses et qui sont loin d'être les mêmes dans les différentes localités qui sont pourvues d'un réseau plus ou moins régulier de canaux souterrains.

Les égouts reçoivent la pluie qui vient inonder les rues en temps d'orage, les eaux ménagères provenant des habitations privées, les résidus des opérations industrielles, enfin, dans la plupart des cas, les excréments solides et liquides de la population. Dans quelques villes, les matières fécales solides ne sont pas rejetées dans les égouts, mais, partout ou presque partout, les déjections liquides finissent par y arriver. On com-

prend donc que la composition chimique de ces courants souterrains est extrêmement variable et ne présente rien de constant.

Quelquefois, en effet, l'eau des égouts est visiblement impure, dans d'autres cas elle est à peine trouble et pourrait à la rigueur passer pour l'eau d'une rivière ordinaire. Elle contient non seulement des matières en solution, mais surtout une quantité énorme de corps flottants: l'eau des égouts de Paris se fait remarquer par l'énorme quantité de bouchons qu'elle charrie.

Il n'est pas sans intérêt de donner à cet égard quelques renseignements positifs:

Composition. — D'après Letheby, l'eau des égouts de Londres présente la composition indiquée dans le tableau suivant:

GRAINS PAR GALLONS.

	JOUR.	NUIT.	ORAGES.
A. Matières solubles	55,74	65,09	70,26
— organiques	15,08	7,42	14,75
Azote	5,44	5,19	7,26
— substances minérales	40,66	57,67	55,71
Acide phosphorique	0,85	0,69	1,05
Potasse	1,21	1,15	1,61
B. Matières suspendues	58,15	15,99	51,88
— organiques	16,11	7,48	17,55
Azote	0,78	0,29	0,67
— substances minérales	22,04	6,51	14,55
Acide phosphorique	0,89	0,64	0,98
Potasse	8,08	0,64	0,16

Nous mettons en regard de la composition des eaux d'égout de Londres celle des égouts de Paris.

COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX D'ÉGOUT DE PARIS.
RÉSUMÉ DES ANALYSES.

Le réseau des égouts de Paris se résume dans les collecteurs princi-

paux, représentés sur la carte de Gennevilliers, que nous donnons dans cet ouvrage :

Le grand collecteur de rive droite : ABC ;
Le grand collecteur de rive gauche : DBC ;

[Ces deux collecteurs ont un tronc commun BC et peuvent être dérivés, à l'aide de machines, en I, dans la plaine de Gennevilliers.]

Le collecteur départemental, ou de Saint-Denis : EFG.

Ce collecteur reçoit en K les eaux-vannes sortant de la voirie de Bondy. De F en H existe une dérivation qui l'amène (eaux de la partie supérieure) dans la plaine de Gennevilliers.

Ceci posé, le tableau ci-joint donne :

Sous le n° 1, l'eau du collecteur d'Asnières, prise au débouché, en C ;

Sous le n° 2, cette même eau, filtrée mécaniquement au laboratoire, et réduite par conséquent à ses parties dissoutes ;

Sous le n° 3, l'eau du collecteur de Saint-Denis, prise en F, telle qu'elle arrive, par conséquent, dans la plaine de Gennevilliers ;

Sous le n° 4, cette eau, prise en G, lorsque la voirie de Bondy ne fonctionne pas ;

Sous le n° 5, cette eau, prise en G, lorsque la voirie de Bondy fonctionne.

Ces deux exemples, empruntés aux deux plus grandes villes de l'Europe, nous paraissent suffisants pour donner une idée générale de la composition que présentent ces eaux.

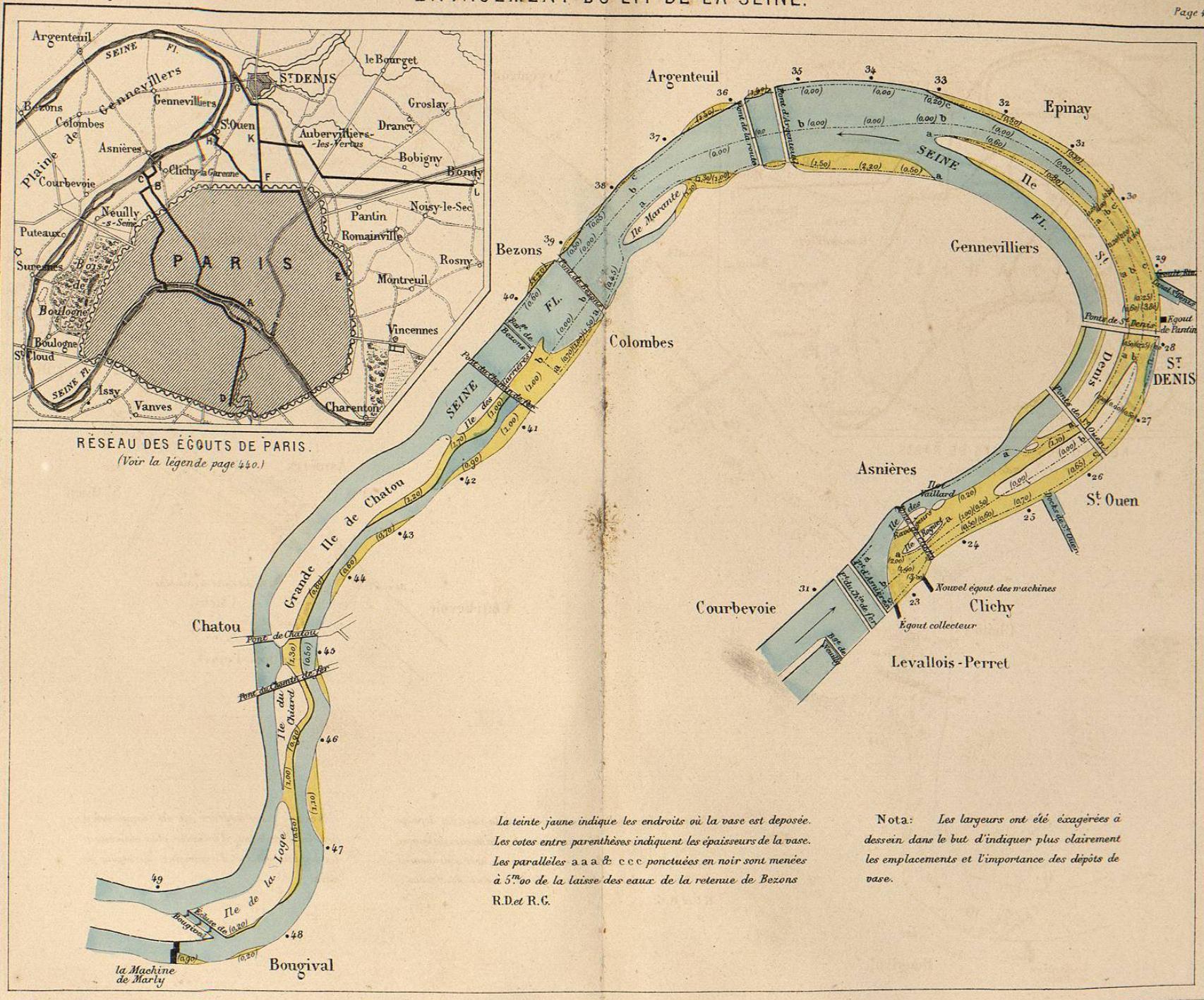
Comme on le voit, elles renferment une énorme quantité de matières utilisables au point de vue de l'agriculture et de l'industrie, mais en même temps des éléments puissants d'infection pour les rivières.

Examinées au microscope, les eaux d'égout renferment une forte proportion de matières organiques en état de décomposition putride, ainsi qu'une quantité prodigieuse de microbes de toutes formes, des bactéries et des corps améboïdes, et quelques infusoires inférieurs, principalement des paramécies. On y rencontre aussi quelques sporules de fungus, mais fort peu de diatomées et encore moins des infusoires supérieurs, tels que les rotifères.

Le tableau suivant donne la teneur moyenne des microbes des différentes eaux comparées à l'eau d'égout (P. Miquel).

Provenances.	Microbes par centimètre cube.
Eau de condensation	0,2
Eau de pluie.	55,0
Eau de la Vanne.	62,0
Eau de la Seine.	1200,0
Eau d'égout.	20000,0

Ces chiffres ont été trouvés avec des eaux analysées aussitôt après leur arrivée au laboratoire ; si l'on attend vingt-quatre heures les bactéries pul-



MATIÈRES CONTENUES DANS UN MÈTRE CUBE D'EAU D'ÉGOUT

COMPOSITION DES EAUX DU COLLECTEUR D'ASNIÈRES ET DES EAUX DU COLLECTEUR DÉPARTEMENTAL DE SAINT-DENIS

INDICATION DES ANNÉES.	MATIÈRES VOLATILES OU COMBUSTIBLES (organiques).			MATIÈRES MINÉRALES.								TOTAL GÉNÉRAL.	OBSERVATIONS.
	Azote.	Autres matières organiques.	Total partiel.	Acide phosphorique	Potasse.	Soude.	Chaux.	Magnésie.	Résidu insoluble dans les acides.	Divers.	Total partiel.		
1° Collecteur d'Asnières.													
(Eaux de Paris. — Matières suspendues et dissoutes.)													
1867	0,052	»	»	0,014	0,029	»	0,455	0,016	0,912	0,526	»	»	Analyses incomplètes.
1868	0,040	0,729	0,769	0,016	0,051	0,071	0,479	0,044	0,785	0,555	1,981	2,750	
1869	0,045	0,690	0,735	0,017	0,055	0,071	0,405	0,021	0,652	0,595	1,594	2,527	Moyenne de 6 mois.
1870	0,045	0,704	0,749	0,017	0,056	0,094	0,555	0,028	0,456	0,584	1,570	2,119	
1871	0,051	0,691	0,742	0,017	0,040	0,104	0,299	0,020	0,587	0,578	1,245	1,988	Moyenne de 6 mois.
1872	0,056	0,561	0,597	0,014	0,051	»	0,521	»	0,445	0,401	1,212	1,809	
1875	0,040	0,649	0,689	0,018	0,045	»	0,571	»	0,584	0,529	1,547	2,256	Moyenne de 6 mois.
1874	0,045	0,862	0,907	0,025	0,047	»	0,546	»	1,117	0,624	2,537	3,264	
1875	0,055	1,056	1,089	0,022	0,048	»	0,479	»	0,984	0,542	2,075	3,164	Moyenne de 6 mois.
1876	0,054	0,989	1,045	0,024	0,050	»	0,485	»	1,044	0,452	2,055	3,096	
Moyennes ¹	0,045	0,769	0,814	0,019	0,040	0,085	0,415	0,028	0,717	0,475	1,777	2,591	¹ Moyenne de 9 années.
2° Collecteur d'Asnières.													
(Eau filtrée au papier. — Matières dissoutes seules.)													
1875	0,028	0,518	0,546	0,005	0,054	»	0,179	»	0,425	0,404	0,765	1,409	Moyenne de 8 mois.
1876	0,021	0,227	0,248	0,002	0,057	»	0,165	»	0,149	0,505	0,638	0,906	Moyenne de 4 mois.
Moyennes	0,024	0,272	0,297	0,002	0,045	»	0,172	»	0,156	0,554	0,709	1,002	
3° Collecteur de Saint-Denis et dérivation de Saint-Ouen (amenant les eaux à Gennevilliers).													
(Eaux à la sortie de Paris. — Matières suspendues et dissoutes.)													
1875	0,056	0,600	0,659	0,024	0,049	»	0,404	»	0,564	0,614	1,655	2,291	Moyenne de 5 mois.
1874	0,055	0,925	0,958	0,024	0,050	»	0,415	»	0,757	0,416	1,620	2,578	Moyenne de 5 mois.
1876	0,067	0,864	0,951	0,014	0,054	»	0,581	»	0,654	0,516	1,599	2,550	Moyenne de 1 mois.
Moyennes	0,046	0,862	0,948	0,021	0,058	»	0,599	»	0,652	0,515	1,625	2,575	
4° Collecteur de Saint-Denis (sans Bondy).													
(Eaux de Paris et de Saint-Denis. — Matières suspendues et dissoutes.)													
1875	0,091	0,684	0,775	0,020	0,107	»	0,411	»	0,495	0,954	1,665	2,440	Obs. faites le 10 juill.
5° Collecteur de Saint-Denis (avec Bondy).													
(Eaux de Paris, de Bondy et de Saint-Denis. — Matières suspendues et dissoutes.)													
1868-69	0,140	1,578	1,518	0,040	0,089	0,214	0,484	0,065	0,221	0,850	1,945	3,461	

lulent. L'eau d'égout devient féconde au millionième de goutte, ce qui équivaut à 40 millions de bactériens par centimètre cube de liquide.

Les eaux d'égout sont évidemment impropres à entretenir la vie dans les organismes les plus élevés, aussi voit-on leur présence faire rapidement disparaître la vie animale et végétale, ou du moins les poissons, les mollusques et les plantes aquatiques, dans les cours d'eau dont elles sont tributaires. Carfield cite les eaux versées dans le Savern par les fabriques de flanelle de Newton; cette rivière en arrive à un état incroyable de fétidité et d'altération, et la couleur de son eau prend quelquefois une teinte tellement foncée, que les membres de la commission des égouts, ont eu l'idée d'écrire leur protestation, contre cet état de choses, en trempant leur plume dans l'eau même de la rivière, à une petite distance de la chute de l'égout de Wakefield.

Encombrement du lit des fleuves. — Altération de leurs eaux. — Depuis longtemps on s'est préoccupé de l'altération des eaux de la Tamise, empoisonnées par les déjections de la plus grande capitale du monde. Nous nous contenterons d'étudier ici l'infection de la Seine qui, quoique moins considérable, a pris depuis quelques années des proportions inquiétantes.

En amont de Paris, dit M. Durand-Claye, dans la traversée de la capitale, ainsi qu'entre les fortifications et Asnières, la Seine présente un aspect satisfaisant, au moins à la simple inspection superficielle... En un certain nombre de points répartis sur les deux rives, des filets d'eaux impures sortent de divers établissements industriels ou des égouts de la banlieue et même des égouts de Paris, non encore réunis au collecteur; mais ces filets d'eaux impures sont rapidement noyés dans la masse du fleuve. Les poissons vivent dans toute la largeur de la rivière, des végétaux d'ordre élevé poussent sur les berges, le fond de la Seine est formé de sable blanc... En aval du pont d'Asnières la situation change brusquement. Sur la rive droite de la Seine se trouve le débouché du grand collecteur de Clichy. Un courant considérable d'eau noirâtre sort de ce collecteur et s'épanouit en Seine, en formant une courbe parabolique. Cette courbe occupe une étendue variable dans le courant. En temps ordinaire, elle tient environ la moitié de la largeur du fleuve. En temps d'orage, elle se rapproche de la rive gauche. Cette eau est chargée de débris organiques de toute sorte : légumes, bouchons, poils, cheveux, cadavres d'animaux, etc. Elle est ordinairement recouverte d'une couche de matières grasses qui, suivant la direction du vent, vient s'accumuler sur une rive ou sur l'autre. Une vase grise, mélangée de débris organiques, s'accumule le long de la rive droite et forme des bancs d'atterrissement qui, à certaines périodes de l'année, présentent des saillies considérables hors de l'eau, et ne disparaissent que grâce à de coûteux dragages... Cette vase est le siège d'une fermentation active qui se traduit par des bulles innombrables de gaz venant crever à la surface de l'eau : pendant une grande partie de l'année, et spécialement au moment des fortes chaleurs, ces bulles atteignent des proportions considérables : 1 mètre à 1^m,50 de diamètre. Elles entraînent la vase en s'en dégageant et amènent à la surface des matières noires et infectes, qui cheminent ensuite à découvert avec le courant. Le passage d'un bateau soulève des flots d'écume et crée une véritable ébullition qui dure quelques minutes dans le sillage. Tous ces phénomènes se produisaient, en 1870, sur la

seule rive droite du fleuve et l'infection ne se manifestait d'une manière évidente que sur le premier des trois bras que la Seine forme à Clichy.

Aujourd'hui le second bras est complètement envahi et l'altération se montre sur la rive droite du dernier bras. Aucun être vivant, aucun poisson, aucune herbe verte ne se rencontrent dans le bras droit; dans le bras central le poisson recommence à apparaître et se retrouve dans le bras gauche. Les jours de grande pluie d'orage, lorsque le courant des eaux d'égout a envahi la totalité de la largeur de la Seine, les poissons peuvent être accidentellement détruits, même dans les parages qu'ils fréquentent habituellement, par suite de l'infection générale et temporaire du fleuve... Au delà des îles de Clichy, et jusqu'à l'île Saint-Denis, l'infection continue en s'accusant un peu moins fortement à la surface... A Saint-Ouen commence l'île Saint-Denis qui sépare le fleuve en deux bras distincts : le bras gauche, alimenté par la partie la moins altérée du fleuve et ne recevant du reste aucun nouvel affluent d'eau infecte, présente des eaux qui semblent d'une pureté très suffisante; le bras droit, au contraire, alimenté par le courant même du collecteur de Clichy qui a suivi spécialement la rive droite, conserve, devant Saint-Ouen et au delà, les caractères d'infection constatés à Clichy, ceux-ci vont cependant en diminuant d'intensité apparente jusqu'au pont suspendu de Saint-Denis... Aux premières maisons de Saint-Denis des usines commencent à amener une recrudescence d'infection par un assez grand nombre de déjections industrielles, mais leur action est peu de chose à côté de celle du collecteur départemental qui débouche à quelques mètres en aval du pont suspendu. Cet égout vomit une eau absolument noire et fétide dont l'odeur ammoniacale est des plus prononcées. Cette eau envahit bientôt la largeur complète du bras. Des écumes flottent sur toute la surface. Des bulles de gaz se dégagent de tous côtés; cet état se continue avec une intensité presque constante jusqu'en face le village d'Épinay. Le fond du fleuve est dans tout ce parcours garni d'une vase noire, fétide, gluante, peuplée de vers rougeâtres qui ne se trouvent que dans les eaux de vidanges les plus infectes. Périodiquement cette vase émerge au voisinage de la bouche du collecteur et doit être extraite par dragage. Notons que la rivière du Crout, qui débouche en Seine entre Saint-Denis et Épinay, vient ajouter un assez notable contingent d'eaux industrielles à l'afflux infect du collecteur.

D'Épinay à Argenteuil une amélioration apparente se manifeste.... D'Argenteuil au barrage de Bezons, la Seine présente un aspect acceptable, mais, au niveau du barrage, une odeur très marquée se fait de nouveau sentir, les eaux impures semblent rejetées par le barrage sur la rive gauche. La vase noirâtre réapparaît sur toute la largeur du bras avec une épaisseur de 0^m,70 environ. Bientôt l'odeur disparaît. Une végétation des plus abondantes garnit les deux rives.... A Marly, les basjokers de l'écluse sont couverts d'un dépôt noir et fétide, des écumes se voient le long du barrage et des appareils annexes. L'eau conserve toujours une teinte foncée qu'elle manifeste également dans le bras droit qui passe devant Chatou. L'intensité de coloration du fleuve diminue graduellement : l'eau est encore trouble et d'un goût peu agréable à Saint-Germain et à Maisons-Laffitte. Au delà, vers La Frette et Conflans, et spécialement après le confluent de l'Oise, la Seine a repris une apparence, un état sensiblement analogue à celui qu'elle offrait en amont des collecteurs. A Meulan, toute trace extérieure d'infection a disparu¹.

L'analyse chimique vient confirmer les données que fournit l'inspection extérieure, en montrant que les eaux impures, qui se déversent en Seine, jettent dans ce fleuve deux ordres de produits entièrement différents. Les matières minérales encombrant le cours du fleuve et altèrent sa composition par simple mélange, les matières organiques subissent une multitude de transformations en absorbant de l'oxygène et donnent naissance à de l'acide carbonique, de l'eau, des carbures d'hydrogène, de l'ammoniaque, de l'hydrogène sulfuré et des sels divers.

Tant que les matières organiques azotées sont abondantes, l'eau est absolument impure; lorsque la fermentation est achevée, les eaux présentent à la fois une diminution dans l'oxygène dissous et une disparition des matières organiques azotées, remplacées par des

¹ Voy. la carte représentant l'envasement de la Seine et indiquant les points où débouchent les différents collecteurs.

composés divers et en particulier par l'ammoniaque; enfin, lorsque, par suite du mouvement et de l'aération, elles ont redissous une quantité normale d'oxygène, elles redevennent réellement potables, c'est ce qui a lieu pour la Seine au niveau de Meulan.

Quelques caractères chimiques de cette eau permettent d'en juger la valeur :

	Azote organique	Azote total y compris les sels ammoniacaux	Oxygène dissous par litre, en cent. cub.
Par mètre cube. Pont d'Asnières, amont du collecteur	0 ^{sr} ,85	1 ^{sr} ,5	5,54
Clichy, aval du collecteur, bras droit	1 ^{sr} ,51	4 ^{sr} ,0	4,60
Saint-Ouen, bras droit	1 ^{sr} ,16	2 ^{sr} ,0	4,07
Débouché du collecteur départemental	»	98 ^{sr} ,0	»

On trouve si l'on prend la composition de l'eau :

	Az. org.	Az. tot.	Oxyg. dissous
Du côté de Mantes	»	1,4	8,96
— Vernon	»	»	10,40
— Rouen	»	»	10,42

En somme, entre Clichy et l'extrémité de l'île Saint-Denis, en amont d'Argenteuil, l'eau de la Seine, dans le bras qui reçoit les collecteurs, est absolument impropre à un usage domestique quelconque; elle renferme des éléments fermentescibles prêts à entrer en décomposition et à répandre l'infection. Entre Argenteuil et Marly, l'eau est moins impure chimiquement; elle n'est de bonne qualité qu'à Meulan.

Eu étudiant les gaz contenus dans l'eau, précisément là où se produit l'absorption d'oxygène, les ingénieurs du service municipal ont trouvé :

Hydrogène protocarboné	72,88	pour 100
Acide carbonique	12,50	—
Oxyde de carbone	2,54	—
Acide sulfhydrique	6,70	—
Divers	4,58	—

On comprendra sans peine l'épouvantable infection dont nous venons de tracer le tableau d'après M. Durand-Claye, en se rappelant que le réseau des égouts de Paris qui, en 1856, ne comptait que 160 kilomètres, présentait en 1877, avec ses annexes, 771 kilomètres.

« Ce vaste réseau réunit les eaux de pluie, les eaux ménagères, les eaux vannes, les tinettes filtres et des urinoirs publics, une partie des balayures des rues, etc. Les deux bouches de Clichy et de Saint-Denis versent en Seine un cube journalier moyen d'environ 260,000 mètres cubes, dont les 4/5 à Clichy et 1/5 à Saint-Denis. C'est par an un cube total de 95 millions de mètres cubes d'eaux impures versées en Seine. »

Ce chiffre atteint aujourd'hui 100 millions.

Le collecteur départemental de Saint-Denis, beaucoup plus riche en

matières infectantes, représente, malgré le volume relativement faible de ses eaux, plus du tiers des effets nuisibles, au point de vue de la pollution de la rivière. Enfin, n'oublions pas que le débit total du fleuve, en aval de Paris, ne représente guère que quinze fois le débit des collecteurs.

Il faut ajouter encore à ces grandes causes d'infection les causes secondaires; ce sont les petits égouts et surtout les eaux industrielles, si nombreuses dans le département de la Seine.

L'eau d'égout possédant tous ces caractères, c'est-à-dire noire, fétide, est absolument impropre à tout usage domestique et même industriel. On ne peut songer à l'utiliser comme eau potable; elle n'est jamais bue telle qu'elle est et ne saurait donc, à ce titre, provoquer aucune maladie; mais il y a lieu de tenir compte des émanations qu'elle répand et des infiltrations à la suite desquelles l'eau d'égout peut se trouver mélangée à des eaux potables.

Sans doute, une enquête n'est pas nécessaire pour pouvoir affirmer, sans hésitation, qu'une rivière polluée par les eaux d'égout peut être l'origine d'inconvénients sérieux. Toutefois, en dehors de la transmission de certains germes de maladie, il n'y a pas de preuves, absolument et rigoureusement scientifiques, qui démontrent que la rivière, ainsi polluée, soit la source de maladies déterminées.

Pour se rendre compte de l'influence que la pollution d'une rivière peut exercer sur une ville, il faudrait pouvoir apprécier son action isolée. Or, il n'en est jamais ainsi, et de nombreux facteurs viennent compliquer et obscurcir le problème.

Ici, il faut faire la part de l'agglomération excessive des habitants; là, apparaît la nécessité où sont les mères de travailler sans relâche dans les fabriques au lieu de donner leurs soins à leurs enfants en bas âge; ailleurs, il faut faire intervenir le système des fosses d'aisance, nécessairement malsain au milieu d'une ville très peuplée. Il nous serait facile de multiplier le nombre de ces facteurs. Les commissaires de la grande enquête sur l'infection des rivières en Angleterre (W.-Th. Denison, E. Frankland et J. Chalmers Morton, 1870) ont essayé de réunir dans des tableaux les principaux faits sanitaires fournis, à ce point de vue, par vingt-quatre villes différentes, qu'ils ont divisées en quatre classes.

Dans la première classe, ils ont rangé les villes telles que Liverpool, situées sur un vaste estuaire où s'exerce librement l'action de la marée, et les villes telles que Walton où il n'y a pas de rivière et qui peuvent par conséquent être considérées comme absolument à l'abri de l'influence nuisible dont ils cherchaient à déterminer les effets.

Dans le second tableau se trouve Preston, situé à l'extrémité de l'estuaire, où une grande masse d'eau de mer vient se mêler aux eaux d'une rivière remplie d'impuretés, Bolton, Blackburn, Oldham, villes toutes situées sur un cours d'eau qui, après être