

arrivé pur, en sort souillé par les égouts de ces villes; de sorte que l'influence exercée par la pollution de la rivière ne peut pas y être aussi puissante que dans des villes recevant des eaux déjà souillées.

Nous voyons dans le troisième tableau Manchester, Salford, villes pleinement soumises à l'influence, quelle qu'elle soit d'ailleurs, d'une rivière souillée d'impuretés, et où les résultats de cette influence, s'ils existent, ne sauraient manquer d'être manifestes.

Enfin le dernier tableau a été réservé aux villes de Warrington, Widnes et Runcorn, afin d'y rechercher l'influence spéciale exercée par la double pollution de l'atmosphère et de l'eau qui caractérise les fabriques de produits chimiques et d'alcali.

Malgré ces distinctions importantes et le soin que les auteurs ont apporté dans leur étude, ils n'ont pu formuler aucune conclusion absolue; leurs travaux ont établi que, ainsi que nous le disions au début, il est extrêmement difficile, sinon à peu près impossible, d'évaluer isolément l'action d'une rivière sur la santé des habitants riverains, alors que toujours des influences morbifiques, beaucoup plus puissantes, se trouvent en présence.

D'autre part, certaines observations paraissent accuser l'influence morbifique de la pollution de la Seine par les eaux d'égout; mais ces faits par l'interprétation que l'on peut en donner ne nous semblent pas contradictoires des conclusions que nous venons de faire connaître.

M. Hérard, ayant remarqué que lors de l'épidémie de choléra de 1865-1866, la plupart des malades amenés dans son service provenaient de Montmartre, apprit que ce quartier recevait de l'eau de Saint-Ouen au-dessous du collecteur.

Il a également paru ressortir de l'ensemble des témoignages médicaux, exposés à la Commission d'enquête de l'assainissement de la Seine, que, parmi les localités en aval de Paris, celles qui paraissent avoir le plus à souffrir, au point de vue de la salubrité, se trouvent situées sur la rive concave, c'est-à-dire sur la rive qui est surtout envasée (Clichy, Saint-Ouen, Argenteuil, Bezons).

Ces derniers exemples nous semblent établir davantage l'action des eaux stagnantes sur la santé publique, qu'ils ne permettent d'apprécier l'action même de la pollution de la rivière. L'observation de M. Hérard fait seule exception, mais il s'agit là d'un cas d'un tout autre ordre; et, ce qui ressort de ce fait, c'est que le germe du choléra, déposé dans les eaux d'égout, peut être transmis par leur intermédiaire.

Sans doute, l'eau d'égout qui reçoit les débris des fosses d'aisance ne peut pas créer le choléra de toutes pièces; le choléra vient de l'Inde, il ne se montre en Europe que par importation, mais lorsque la matière cholérique existe dans les fosses d'aisance, et par suite dans les égouts, elle peut arriver à se mêler à l'eau et à l'eau potable. Il ressort des observations de J. Simon, qu'à Londres il mourut 15 pour 1,000 des habitants dont les maisons étaient alimentées par l'eau du fleuve provenant du grand cloaque; puisée dans ce point, l'eau donnait 46 grains de résidu solide par gallon. Dans les autres maisons de la ville, qui d'ailleurs se trouvaient, à tous les autres points de vue, dans des conditions hygiéniques identiques, la mortalité ne fut que de 5,7, pour 1,000. L'eau, dont on faisait usage, avait été prise en amont de la ville et ne donnait que 13 grains de résidu solide par gallon.

A Halle, Delbrück a remarqué en 1866 que, dans une prison, où l'épidémie avait pris un grand développement, les puits recevaient de l'eau d'infiltration des fosses. Cet auteur expliqua encore l'intensité moins grande de l'épidémie de 1867, comparée à celle de 1866, par cette considération que la canalisation des eaux avait été modifiée. L'eau arrivait

presque pure en 1867, tandis que jusqu'à l'automne de 1866, les conduits puisaient l'eau de la Saale dans un endroit où se déversait la totalité des immondices de la ville.

Snow a réuni un grand nombre de faits pour établir ce mode de transmission du choléra, et il a donné à son opinion un caractère de précision scientifique remarquable. On avait prétendu que, dans les cas de mélange de la matière cholérique à l'eau, la propagation ne se faisait pas directement par l'absorption de l'eau corrompue, mais par des émanations provenant de la terre imprégnée de matières putrides et altérées, par le séjour, dans le sous-sol des bâtiments, d'une eau corrompue; or, Snow a montré que, dans ces cas, les personnes atteintes n'étaient pas celles du voisinage, mais bien celles qui buvaient l'eau. Dans Broadstreet, ce sont les individus faisant usage de l'eau d'un certain puits, recevant les infiltrations de l'égout, qui devenaient malades. Tout le voisinage échappait à la maladie, mais un passant venait-il à boire de cette eau, il était immédiatement atteint par le choléra. Snow a même cité des cas dans lesquels, transportée à une certaine distance, elle aurait communiqué le choléra à une personne qui en avait bu. C'est ainsi que l'histoire des puits empoisonnés, que la crédulité et l'ignorance ont tant exploitée, se trouve démontrée scientifiquement à un point de vue différent.

Dans les exemples que nous venons de citer, l'eau d'égout ne paraît être nuisible que par suite d'un vice dans la construction des égouts, soit parce que les parois, étant mal obturées, laissent filtrer l'eau contaminée qui peut ainsi adultérer la nappe souterraine où les puits vont s'alimenter, soit parce qu'ils viennent déboucher dans un fleuve, dans un point en aval duquel on vient puiser l'eau potable. Ce sont là des vices de construction et d'aménagement qu'une administration soigneuse évitera facilement.

Les observations que nous avons faites à l'égard du choléra sont applicables à la fièvre typhoïde et à la dysentérie.

C'en est assez, ce me semble, pour prouver combien cette question des eaux d'égout réclame impérieusement une solution pratique. Un décret du Président de la République, en date du 4 septembre 1878, a organisé une grande Commission supérieure pour l'aménagement des eaux en France. L'un des principaux objets de sa mission était la recherche des moyens à adopter pour l'utilisation des eaux d'égout des villes, au profit de l'agriculture. Depuis près de deux siècles, ces eaux sont utilisées pour l'irrigation de prairies aux portes de la ville d'Édimbourg.

Dans la plupart des villes d'Angleterre, tous les systèmes d'épuration ont été employés avec des succès divers. L'Italie a obtenu près de Milan des résultats très remarquables par l'irrigation. Un certain nombre de villes, en Allemagne, en Belgique, en Suisse, en Hollande, et quelques-unes en France épurent les eaux de leurs égouts ou cherchent à le faire.

On possède donc aujourd'hui des données suffisantes pour déterminer la meilleure solution du problème. Les nombreux procédés d'épuration rentrent tous dans les trois systèmes suivants :

1° Épuration mécanique;

2° Épuration chimique;

3° Épuration par le sol.

Enfin un système mixte consisterait à débarrasser, d'abord mécaniquement, les eaux d'égout des matières lourdes et peu fertilisantes qu'elles contiennent, avant de les livrer à l'agriculture.

ÉPURATION ET UTILISATION DES EAUX D'ÉGOUT. — I. Les *procédés mécaniques* sont surtout le *barrage*, la *filtration* et la *décantation*. En établissant des barrages ou de grands réservoirs pour la réception des eaux d'égout (*subsidence* des Anglais), on arrive, par le repos, à faire précipiter toutes les matières suspendues dans l'eau, ce qui permet alors de laisser écouler le liquide clarifié. On débarrasse ainsi les eaux de la silice et des autres substances minérales solides qu'elles charrient, ainsi que d'une portion considérable des matières organiques qui ne sont point à l'état de solution; mais ce procédé présente un double inconvénient.

D'abord le liquide qui s'écoule des bassins collecteurs, est encore chargé de matières organiques fermentescibles et putrides en dissolution. Si donc, on le verse dans les rivières, il y deviendra une source d'infection très considérable, bien que moins intense que l'eau d'égout elle-même. D'un autre côté, la formation de bassins aussi considérables, que ceux que nécessiterait l'épuration d'une rivière infectée par une grande capitale, donnerait lieu à un foyer de maladies épidémiques qui pourrait exercer l'influence la plus fâcheuse sur la santé de la population environnante.

Pour les villes comme Paris ou Londres, il s'agit de 400 à 500 mètres cubes de dépôt par jour. Leur extraction, leur manutention, leur transport, leur déchargement, constitueraient autant d'opérations coûteuses et dangereuses. Aussi toutes les commissions d'enquête, françaises ou anglaises, ont-elles énergiquement condamné ces procédés; les applications qui ont été faites à Reims, Birmingham, Blackburn, Newcastle, Unter-Lime ont toutes démontré l'imperfection, la cherté et le danger du système.

M. Lauth, a proposé récemment un autre procédé mécanique. D'après lui, lorsqu'on fait barbotter de l'air dans de l'eau d'égout, de façon à la saturer d'air aussi complètement que possible, cette eau subit une transformation chimique qui la rend imputrescible, et l'on peut constater au microscope que, dans l'eau ainsi aérée, la vie est des plus actives.

Des infusoires en quantité considérable, des monades, des bactéries, s'y développent concurremment avec des algues de diverses espèces, tandis que l'eau d'égout, qui n'a pas été ainsi traitée, devient promptement noire et infecte, et que les végétaux et les animaux y meurent ou disparaissent. M. Lauth reconnaît bien que l'eau d'égout ainsi aérée n'est pas pure, et qu'elle contient en dissolution de l'azote en forte proportion, mais elle est d'une pureté relative assez grande et l'on peut se demander si ce résultat n'est pas suffisant. Cependant les expériences faites sur des eaux aérées, d'après les données de M. Lauth, ont permis de constater qu'après l'opération, les eaux contenaient encore 27 grammes d'azote soluble par mètre cube.

Or les règlements anglais sur la matière déclarent impures les eaux contenant plus de 5 grammes d'azote par mètre cube. Il faudrait en outre des bassins, des canaux, des réservoirs de dimension colossale puisque les égouts de Paris y verseraient plus de 260,000 mètres cubes d'eau en 24 heures. La question de l'enlèvement des dépôts se représente ici avec tous ses inconvénients.

Toutefois, l'épuration mécanique a été employée avec succès dans de petites localités, ou plutôt lorsqu'il s'agit d'épurer les eaux d'une seule maison ou d'un simple village. Dans ce cas, l'eau qui s'écoule est immédiatement employée pour l'irrigation et ne va pas empoisonner une rivière.

Quant à la *filtration* elle ne peut évidemment être conseillée, comme la méthode précédente, que pour des volumes d'eau peu considérables.

II. Les *procédés chimiques* sont extrêmement nombreux; ils ont pour but de précipiter les matières organiques dissoutes, ce qui permet alors de laisser écouler les eaux sur la voie publique, tandis que le précipité recueilli au fond des bassins est employé comme engrais.

Un chimiste français, de Boissieu, avait proposé, en 1762, de purifier les eaux d'égout par un mélange d'acétate de plomb et de sulfate de fer; telle est la première application du système qui nous occupe en ce moment. Les principaux réactifs chimiques qu'on emploie aujourd'hui sont: le sulfate d'alumine plus ou moins impur, la chaux vive, l'hypochlorite de chaux, le phosphate de chaux, les sels de magnésie, le charbon sous une multitude de formes (charbon de bois, tourbe, charbon d'algues marines, lignite, fragments de coke, etc.). Enfin, l'un des procédés les plus usités en Angleterre est celui qu'on connaît sous le nom de méthode *a, b, c*, qui consiste à employer un mélange d'alun, de sang, de charbon et d'argile (en anglais *alum, blood, charcoal, clay*).

Ces divers procédés chimiques, auxquels on pourrait en ajouter d'autres, ont pour effet de précipiter très rapidement les matières organiques que renferment les eaux d'égout. Le liquide à purifier est versé dans des réservoirs où il reçoit les mélanges chimiques qui doivent agir sur lui; le tout est agité à l'aide d'une turbine; enfin on laisse reposer, et le précipité s'étant formé, on laisse écouler les eaux clarifiées et on recueille le précipité, qui peut servir d'engrais. Il est à remarquer que les eaux qui s'échappent, après avoir été soumises à ces diverses méthodes d'épuration, contiennent toujours une quantité considérable de matières organiques; en d'autres termes, l'épuration est incomplète.

Le meilleur de tous les réactifs, jusqu'ici connus, paraît être le sulfate d'alumine, qui se décompose en présence de l'alcalinité des eaux d'égout, et abandonne de l'alumine à l'état gélatineux: il en résulte une sorte de collage: les matières solides sont entraînées au fond du bassin, mais les matières dissoutes restent dans l'eau; c'est donc bien moins un procédé d'épuration qu'un moyen de clarification; c'est ce que démontrent les analyses faites par les commissions de la ville de Paris. Elles ont établi que l'eau épurée contient les $\frac{2}{5}$ de l'azote total de l'eau d'égout et le $\frac{1}{5}$ des matières volatiles et combustibles, lesquelles sont en grande partie organiques. Au reste, les reproches qu'on peut faire au sulfate d'alumine s'adressent avec bien plus de force encore aux autres réactifs. Frankland, chargé d'une enquête sur ce procédé par le gouvernement anglais, a constaté qu'il ne faisait disparaître qu'un tiers des produits nuisibles renfermés dans l'eau d'égout, laissant subsister les deux autres tiers qui vont empoisonner les rivières.

Aussi les moyens chimiques sont de moins en moins employés en Angleterre et l'on peut prévoir le moment où ils y seront complètement abandonnés. L'engrais qu'on obtient par cette méthode est trop pauvre pour pouvoir être transporté au loin à grands frais et l'on ne trouverait que difficilement à l'employer dans le voisinage des villes,

puisque celles-ci fournissent en abondance autour d'elles le fumier, la gadoue et autres matières plus riches que les résidus des eaux d'égout. On ne saurait, d'autre part, comment se débarrasser à Paris d'un produit sans valeur agricole qui, pour cette ville, ne représenterait pas moins de 500 mètres cubes par jour. Enfin, les procédés chimiques coûtent beaucoup plus cher que les autres systèmes, et ils négligent entièrement la question de l'utilisation des eaux d'égout.

Il est donc évident que ce n'est point encore là qu'il faut chercher la solution du problème; on croit l'avoir trouvée dans l'action du sol. Nous allons examiner ce dernier point.

III. *Purification des eaux d'égout par l'action du sol.* — Il est aujourd'hui démontré que les eaux d'égout, distribuées par l'irrigation sur un sol perméable, abandonnent leurs principes fermentescibles aux couches qu'elles traversent et deviennent ainsi l'un des engrais les plus puissants. Le sol est en effet l'épurateur le plus parfait des eaux chargées de matières organiques. Cette propriété ressort de l'examen des faits que la nature nous permet d'observer tous les jours. Voici d'ailleurs comment les choses se passent.

Lorsque ces eaux impures sont versées sur un sol meuble, les matières insolubles sont d'abord arrêtées par la surface comme par un filtre : quelques particules, assez ténues pour franchir ce premier obstacle, sont bientôt fixées un peu plus bas. Tel est le premier effet produit; c'est un simple filtrage mécanique. L'eau, débarrassée des matières insolubles, descend plus avant; le sol s'en imbibe; chaque particule de terre s'enveloppe d'une couche liquide extrêmement mince; ainsi divisée, l'eau présente à l'air, confiné dans le sol, une surface énorme; alors s'opère le second effet de l'irrigation : la combustion de la matière organique dissoute dans l'eau d'égout. On dit que le feu purifie tout; et, en effet, il n'y a pas de matière organique si impure, si malsaine, que le feu ne transforme, avec le concours de l'oxygène de l'air, en acide carbonique, eau et azote, composés minéraux absolument inoffensifs. Dans l'intérieur du sol, se passe un phénomène de même ordre, non plus violent et visible comme le feu, mais lent, sans aucun signe extérieur; ce n'en est pas moins une combustion qui réduit toute impureté organique en acide carbonique, eau et azote; il lui arrive même d'être plus parfaite que la combustion vive, et d'oxyder, de brûler l'azote, ce que le feu ne sait pas faire. L'azote est, en effet, beaucoup moins combustible que le carbone et l'hydrogène, c'est-à-dire qu'il se combine beaucoup plus difficilement que ces corps avec l'oxygène; c'est pourquoi la transformation de l'azote organique en acide nitrique est le signe d'une parfaite combustion dans le sol. Quant aux matières insolubles retenues à la surface, elles n'échappent pas davantage à la combustion lente, surtout quand un labour les a incorporées dans le sol. Tout ce qui en reste est un sable extrêmement fin qui comptera désormais parmi les éléments minéraux de la terre.

Les expériences récentes dues à M. Schloesing et à M. Müntz ont jeté quelque jour sur cette propriété remarquable de la terre végétale de brûler les matières organiques des eaux d'égout et de nitrifier l'azote. Les matières humiques, qui existent dans tous les sols sous des doses très variées, ne sont point indispensables pour la manifestation de cette propriété : en effet, quand on arrose régulièrement, avec de l'eau d'égout, du sable quartzueux calciné ou rouge, c'est-à-dire dépouillé de toute trace de substance organique, on peut obtenir la combustion totale des impuretés et la nitrification complète de l'azote, si la dose journalière versée sur le sable est telle que le liquide mette huit jours à en parcourir l'épaisseur.

Mais la nitrification, opérée dans ces conditions, est arrêtée absolument, lorsqu'on intro-

duit dans le sable de la vapeur de chloroforme. Or, M. Müntz a démontré que cet anesthésique paralyse tous les organismes, fonctionnant comme ferments : les levûres, le mycoderma aceti, les vibrions des fermentations putrides, etc. Il devient donc extrêmement probable que la nitrification peut être corrélative de la vie d'organismes capables, comme le mycoderma aceti et d'autres, dont M. Pasteur a si bien défini les fonctions, de transporter l'oxygène de l'air sur les matières organiques les plus diverses.

L'eau d'égout est assez riche en matières organiques ou minérales pour nourrir les organismes chargés de l'épurer, sans le secours de la matière humique des sols; c'est pourquoi le sable calciné peut remplacer la terre végétale pour épurer l'eau d'égout.

L'épuration par le sable ne s'établit pas dès le premier jour de l'irrigation. Les germes des organismes nitrificateurs ne se trouvant pas dans le milieu, il faut d'abord qu'ils y soient apportés et qu'ils s'y développent en quantité suffisante : ce n'est, d'ordinaire, qu'après quelques semaines que l'épuration se produit. Dans la terre végétale, elle commence immédiatement, parce que les organismes sont en pleine possession du terrain. Mais, à cette différence près, un sable, convenablement accessible à l'air, doit valoir la terre la plus riche en humus, au point de vue spécial de l'épuration.

Cette théorie n'exclut pas évidemment la possibilité de la nitrification par la combustion lente, opérée par l'oxygène, sous l'action des seules forces physiques ou chimiques, et sans l'intermédiaire de la vie. Mais, pour toute personne au courant des travaux de M. Pasteur, la nitrification par les organismes paraîtra douée d'une activité bien plus grande que la nitrification par les agents chimiques.

Les terres plus ou moins arables, comprenant, par suite, une plus ou moins forte proportion d'humus, sont donc propres à épurer les eaux d'égout, en même temps qu'elles en utilisent les éléments; mais les terres les plus pauvres, les sables purs, assurent, au bout d'un temps très court, une épuration tout aussi parfaite, l'eau d'égout fournissant d'elle-même les organismes nitrificateurs que renferme à l'avance l'humus des terres arables.

Dans les documents sur l'irrigation par les eaux d'égout, on associe souvent le sol et les plantes comme agents épurateurs. Il y a là sans doute une confusion : le sol nu, sans végétation, suffit pour une purification parfaite; s'il lui fallait le concours des plantes, comment se ferait l'épuration pendant l'hiver, ou pendant l'été, entre deux cultures consécutives? L'expression « épuration par les plantes » emporte l'idée qu'elles absorbent, pour vivre, une partie des impuretés organiques des eaux. Or, rien n'autorise une hypothèse semblable. Il est parfaitement établi que les plantes vivent de composés minéraux : acide carbonique, eau, ammoniacque, acide nitrique, phosphates, etc. Elles organisent la matière minérale. Quant aux substances organiques contenues dans les eaux, elles sont généralement très peu diffusibles à travers les membranes qui revêtent les organes d'absorption des racines, et il est rationnel de penser que leur rôle, comme aliments directs, est très réduit; les plantes ne les absorbent pas en quantité notable : elles concourent cependant à l'épuration, mais d'une autre manière : par l'évaporation, elles dépensent une partie de l'eau versée sur le sol, et servent ainsi à l'évacuation des liquides. Elles laissent dans le sol et à sa surface des restes de leur végétation qui serviront à entretenir, à augmenter la provision de terreau. Elles consomment enfin une partie de l'ammoniacque ou de l'acide nitrique qui en dérive, et en déchargent d'autant les eaux épurées. Il est presque superflu de faire observer que la culture est ici envisagée exclusivement au point de vue de l'épuration : il ne s'agit pas encore de l'utilisation des eaux d'égout.

Pour discerner ces conditions, il suffit de considérer le mécanisme de l'épuration : on y voit deux mouvements, celui de l'eau, celui de l'air. Le mouvement de l'eau se décompose en trois temps : la distribution des eaux impures à la surface, la filtration à travers le sol épurateur, l'évacuation des eaux épurées, c'est-à-dire l'arrivée, le travail, le départ. Le mouvement de l'air consiste en échanges entre le sol et l'atmosphère, ayant pour effet de renouveler constamment la provision d'oxygène dans le sol, à mesure qu'elle est consommée par la combustion des impuretés de l'eau.

Il y a des dépendances évidentes entre ces divers mouvements et le pouvoir épurateur du sol : l'aération et la circulation de l'eau sont comme des pourvoyeurs de l'épuration;

lui apportant, l'un le gaz comburant, l'autre la matière combustible, dans les proportions voulues. Or, le pouvoir épurateur du sol, ou, en d'autres termes, la quantité d'impuretés qu'il peut brûler dans un temps donné, lui appartient en propre; on ne le change pas: on le prend tel qu'il est. Mais il est possible de le mesurer, et, par conséquent, de régler l'apport des impuretés qu'il doit consumer, comme on règle l'apport du bois dans un foyer, quand on sait combien celui-ci en peut brûler. Sans être maître de l'aération, on peut beaucoup sur elle; on la favorise en ameublissant le sol par des labours profonds; on l'excite par le drainage; on peut lui nuire aussi par l'excès de l'irrigation. Quant à sa mesure, on ne la connaît pas; on n'a aucune idée des quantités d'air qui circulent entre la terre et l'atmosphère. Enfin, les mouvements de l'eau sont entièrement à la disposition de l'homme: il en règle la distribution et même l'évacuation avec une complète liberté.

On voit, d'après ces observations, que les conditions de bonne épuration dont l'homme peut disposer se rapportent à l'aération du sol et aux mouvements des eaux.

Lorsque le sol a reçu les préparations mécaniques destinées à faciliter la circulation de l'air, on n'a plus d'action sur l'aération, si ce n'est par les apports d'eau.

L'épuration est un phénomène de combustion lente, continue; la circulation de l'air est un fait mécanique, également continu. La perfection, dans les mouvements de l'eau, consisterait donc à les rendre continus à leur tour. Mais cela n'est pas possible; l'irrigation est nécessairement intermittente; la filtration et l'évacuation le deviennent après elle. Cette intermittence, quand elle est convenablement réglée, ne nuit pas à la continuité de l'opération principale; mais il est évident que les variations de la distribution dans le temps et dans la quantité doivent être comprises entre certaines limites, en dehors desquelles l'opération est compromise.

La circulation de l'eau, pour que l'épuration soit complète, doit être réglée de telle sorte que l'eau demeure toujours dans l'intérieur du sol, au moins le temps voulu pour une complète épuration. On peut laisser chômer le pouvoir épurateur du sol, en suspendant ou diminuant les arrosages dans l'intérêt des cultures; mais il ne faut jamais essayer de réparer le temps perdu, en donnant au sol plus qu'il ne peut épurer.

Il est d'ailleurs impossible de fixer d'une manière générale, par des chiffres constants, la dose des arrosages, ou l'intervalle de temps entre chacun d'eux; il y a trop de variabilité dans les éléments qui déterminent ces chiffres, c'est-à-dire dans le pouvoir épurateur du sol, dans son épaisseur, dans la quantité d'eau qu'il retient par capillarité. Dans chaque cas particulier, il faut faire un calcul fondé sur des données expérimentales propres au terrain.

Il y a des terres, comme celles du pays de Caux, qui sont placées sur des sols filtrants très élevés au-dessus des eaux souterraines; toute précaution prise dans ces terres, en vue de l'évacuation des eaux, serait superflue; mais le plus souvent, surtout quand la distribution atteint une certaine importance, il est indispensable d'ouvrir un chemin aux eaux épurées. C'est au drainage qu'on a recours; son établissement est évidemment nécessaire dans les terrains compactes, reposant sur des sous-sols peu perméables, comme il y en a beaucoup en Angleterre. Sans lui, l'eau s'accumulerait dans le sol et remplirait les interstices réservés à l'air; dès lors seraient supprimées à la fois l'aération, la combustion des matières organiques et par suite l'épuration; la putréfaction s'emparerait du terrain. La nécessité de drainer s'impose encore dans des cas où l'on pourrait s'en croire exempté, par exemple lorsqu'un terrain graveleux, essentiellement filtrant, est placé sur un fond imperméable; les eaux d'infiltration, rassemblées sur ce fond, s'écoulent selon sa pente, en filtrant à travers les matériaux du sol; or, si l'inclinaison est faible, si la distance à parcourir est considérable, si la distribution à la surface est faite avec l'abondance que la nature du terrain semble autoriser, il se forme une nappe souterraine qui augmente d'épaisseur, jusqu'à ce qu'elle ait pris une pente suffisante pour son écoulement. La hauteur du sol épurateur peut être ainsi diminuée et devenir trop faible pour assurer l'épuration complète. Dans ce cas le drainage doit comprendre essentiellement un certain nombre de tuyaux évacuateurs imperméables avec des branches collectrices perméables, nécessaires pour maintenir aux nappes souterraines leur niveau normal.

En résumé, entretenir le plus possible l'aération du sol, distribuer l'eau régulièrement, c'est-à-dire en même quantité et à des intervalles de temps égaux, de manière que sa descente à travers le sol dure au moins le temps voulu pour son épuration; prendre quand cela est nécessaire, des dispositions pour l'évacuation de l'eau, afin de ne jamais l'accumuler dans le sol: telles sont les conditions d'une bonne épuration.

Ce pouvoir doit être toujours déterminé par une expérience directe. C'est à Frankland qu'on doit la méthode usitée en pareil cas.

Un tube vertical de 25 à 50 centimètres de diamètre sur 2 mètres de long, et dont l'extrémité inférieure s'appuie sur du gravier contenu dans un bassin, est rempli avec la terre dont il s'agit de reconnaître le pouvoir. Chaque jour, on verse sur la terre un volume connu et constant d'eau d'égout, et on continue le même régime pendant plusieurs semaines; puis on passe à une dose journalière d'eau d'égout plus élevée et on la maintient encore pendant plusieurs semaines, et ainsi de suite, en augmentant toujours la dose, jusqu'à ce que l'analyse des liquides filtrés annonce qu'on a atteint la dose maxima à partir de laquelle l'épuration est imparfaite. La capacité du tube étant d'ailleurs connue, on calcule sans peine la dose correspondant à un mètre cube de terre. Frankland a montré ainsi que :

1 mètre de sable épure par jour 25 et même 33 litres d'eau d'égout de Londres;

1 mètre de sable, mêlé de craie, épure par jour 25 et même 33 litres d'eau d'égout de Londres.

Des terres sableuses, argileuses, tourbeuses, lui ont fourni des résultats égaux ou supérieurs. Dans des essais de ce genre, il importe que la terre mise en expérience représente fidèlement le sol dont il s'agit de mesurer le pouvoir épurateur. Or, le plus souvent, ce sol n'est pas homogène: il se compose de plusieurs couches de composition différente. Il faut que chacune de ces couches occupe sa place dans l'appareil, comme si l'on avait découpé, dans toute l'épaisseur du sol, un cylindre de terre vertical et qu'on l'eût transporté dans un tube.

Quand l'expérience a appris combien de litres d'eau peuvent être épurés par 1 mètre cube de terre, on en déduit sans peine les données qu'il importe de posséder, savoir: la quantité d'eau qu'un hectare peut recevoir par jour ou par an, et le temps pendant lequel l'eau demeure suspendue dans le sol, c'est-à-dire le temps nécessaire pour l'épuration.

Les eaux de source, le plus souvent si pures et si limpides, proviennent d'eaux superficielles souillées par des matières végétales et animales.

Une expérience fort simple, dont j'ai été témoin au bureau du service municipal à Clichy, montre d'une façon saisissante le rôle de filtre, que joue le sol à l'égard des eaux d'égout. On remplit une grande caisse de 2 mètres de hauteur, ou même un simple vase en verre de 0,50, de terre et de sable caillouteux empruntés à la plaine de Gennevilliers; on y verse des eaux d'égout extrêmement chargées, et l'on constate que la filtration à travers ce sol artificiel suffit pour les clarifier pendant des mois entiers. Des phénomènes analogues se passent en grand sur certains terrains bien connus des géologues.

Les Anglais nous ont précédés depuis longtemps dans l'étude de ces questions. A Londres, jusqu'en 1852, le système des égouts était tel qu'à marée haute, l'eau chargée

d'immondices remontait jusque dans les rues et venait quelquefois inonder les caves des maisons. C'est en présence d'une inondation de ce genre, que le Parlement fut un jour obligé de suspendre ses séances. Forster conçut alors un plan d'assainissement dans lequel l'eau pure arrivait à la ville, les immondices étaient entraînées à travers des égouts subdivisés à l'infini jusqu'au collecteur, les rejetant dans la Tamise, à 50 milles au-dessous de Londres, environ 40 kilomètres.

On cherchait à débarrasser le fleuve des eaux d'égout, en profitant de l'action du flux et du reflux de la mer qui se fait sentir jusqu'au delà de Londres. Depuis ce système, les eaux d'égout sont amenées par les collecteurs dans des bassins assez vastes pour recevoir toute l'eau qui arrive entre deux marées. Ces bassins qui se remplissent, pendant les cinq heures de l'ascension du flot, se vident dans le fleuve au moment où le flot descend. On espérait que les eaux contaminées des égouts seraient entraînées à la mer par l'action énergique du jusant, et qu'elles ne seraient pas ramenées à Londres par le flot. Ces prévisions ne se sont pas réalisées. Les parties basses de Londres souffrent encore aujourd'hui des exhalaisons fétides de la Tamise et il faut en revenir aux procédés d'épuration par les irrigations.

Des expériences très concluantes ont eu lieu, depuis longtemps, sur plusieurs points différents : à Edimbourg, des prairies établies sur un terrain sablonneux et ne rapportant que 50 francs par an, ont atteint, par ce régime, une valeur locative de 1,500 francs. Des résultats analogues ont été obtenus à Croydon, Rugby et dans diverses autres localités.

L'une des expériences les plus célèbres et les plus complètes a été tentée, dans l'établissement connu sous le nom de *Lodge Farm*, par la Compagnie concessionnaire des eaux d'égout de la partie nord de Londres. Puisées au dépotoir de *Burking Creek*, où débouchent les collecteurs, ces eaux sont conduites par un aqueduc de 60 kilomètres, sur les relais de Maplin, pour transformer ceux-ci en prairies. L'établissement de *Lodge Farm*, qui comprend 80 hectares, est formé, pour la plus grande partie, de terrains extrêmement pauvres, à sous-sol de gravier, perméables sur une profondeur de 3 à 4 mètres, et pour une petite partie d'un sol argileux de meilleure qualité, mais peu profond, reposant également sur du gravier. Les cultures se composent principalement de ray-grass d'Italie, de betteraves, de luzernes, de lin, de choux, de céréales, enfin de fraises qui ont remporté des prix au concours horticole de Londres, et dont une grande partie a été expédiée en France pour la consommation de Paris. Les résultats ont été excellents au point de vue agricole, et plus satisfaisants encore au point de vue de la salubrité, car ces eaux, qui dans leurs réservoirs exhalaient une forte odeur d'hydrogène sulfuré, devenaient complètement inodores après avoir été répandues sur les champs.

La détermination du pouvoir épurateur d'un sol par le procédé de Frankland a permis à des praticiens anglais de calculer, en plusieurs occasions, la surface qu'ils devaient consacrer à l'épuration d'un volume d'eau d'égout produit journellement par une ville. Quand on transporte ainsi dans la pratique un résultat acquis dans le laboratoire, il faut toujours se rappeler que l'application en grand ne saurait réaliser les conditions de régularité, dans les intermittences des arrosages et dans les doses, qu'il est facile d'observer dans l'expérience en petit. Les doses maxima déterminées dans le laboratoire doivent donc subir une réduction; néanmoins, même en faisant une part très large aux imperfections inévitables de la pratique, c'est-à-dire en forçant l'étendue du terrain destiné à l'épuration, on est arrivé, en Angleterre, à faire épurer, sur des surfaces limitées, des quantités considérables d'eau d'égout, s'élevant jusqu'à 200,000 mètres cubes par an et par hectare.

L'application la plus connue du procédé d'épuration par filtrage à travers le sol est celle qui a été faite par M. Bailey-Denton, à Merthyr-Tydfil, en 1870, et dont les résultats ont été vérifiés par MM. Frankland et Morton. L'irrigation est pratiquée à raison de 180 à 240,000 mètres cubes par hectare et par an; le sol filtrant a une profondeur de 2 mètres, c'est une argile placée sur du gros gravier; l'épuration est aussi complète qu'on le peut désirer. Sans doute la dose maxima qu'un sol peut épurer varie selon sa composition et sa richesse en terreau : celui de Merthyr-Tydfil est probablement l'un des plus favorisés sous ce rapport. Il n'en est pas moins constant qu'en Angleterre, quand il s'est

agi simplement d'épurer les eaux d'égout par filtration à travers le sol, la dose annuelle a été comprise entre 80 et 200,000 mètres cubes par hectare, le sol ayant une épaisseur utile de 1^m,80 à 2 mètres.

En Italie, mêmes tendances et mêmes résultats; à Milan, l'irrigation des Marcittes par les eaux noires sortant de la ville a depuis longtemps parfaitement réussi. A Novare, le même procédé est appliqué aux eaux d'égout; la ville de Florence étudie en ce moment l'emploi de ce système sur les prairies voisines des Cascines; c'est dans le même ordre d'idées qu'a été conçu un projet pour Buda Pesth; en Allemagne, la ville de Dantziak est entrée dans la même voie; enfin Bruxelles et Berlin viennent également d'adopter ce système. A Bruxelles, on a procédé au moyen d'égouts collecteurs, latéraux à la petite rivière de Senne. A Berlin, la situation de la ville rend l'évacuation des eaux très difficile; un réseau de drains étroits et placés près de la surface du sol recueille les liquides impurs provenant des maisons et les déverse dans un premier collecteur. Des machines élévatoires les envoient de ce premier égout dans un second, puis dans un troisième, et c'est de là qu'une nouvelle force motrice les élève pour les diriger sur des terrains domaniaux, situés à 55 kilomètres de Berlin.

Pour nous rapprocher de Paris, nous citerons les expériences si concluantes qui ont été pratiquées dans la plaine de Gennevilliers. C'est en 1869 que ces travaux ont commencé; interrompus pendant les années 1870 et 1871, ils ont été repris en 1872, et en 1874 ils ont absorbé plus de 8 millions de mètres cubes d'eau d'égout.

Les terrains de la plaine de Gennevilliers sont formés d'une vaste couche d'alluvion de 7 à 10 mètres d'épaisseur. Cette alluvion est composée de sable et de cailloux, recouverts d'une mince couche de terre végétale. C'est au-dessous de cette masse perméable que se développe une vaste nappe souterraine descendant des hauteurs du Mont-Valérien et de Buzenval vers la Seine, et qui règne à une profondeur de 2 à 4 mètres au-dessous de la surface du sol.

Les expériences, faites d'après la méthode Frankland à l'usine de Clichy, montrent qu'un hectare du sol de Gennevilliers, ou des terrains analogues qui se trouvent dans les diverses boucles de la Seine, peut épurer complètement 57,000 mètres cubes d'eau; mais ce chiffre n'est point une limite supérieure. D'autre part les expériences de Frankland assignent même aux sols graveleux un pouvoir épurateur beaucoup plus élevé. Aussi la commission d'enquête de 1876 a-t-elle nettement admis que le sol de Gennevilliers et les terrains analogues, pris sous une épaisseur utile de 2 mètres, pouvaient épurer 50,000 mètres cubes d'eau des égouts de Paris par hectare et par an, pourvu, bien entendu,