UNE MISSION PISCICOLE EN ANGLETERRE

(21 Mai - 9 Juin 1951)

par Paul VIVIER

Conservateur des Eaux et Forêts,
Chef du Service des Recherches Piscicoles.

D'intéressantes et instructives séances d'études sur *la prévention des pollutions des eaux*, organisées par le « British Council » du 21 Mai au 2 Juin 1951, m'ont permis de procéder à une enquête assez minutieuse sur les trois problèmes principaux qui préoccupent les services anglais chargés de l'aménagement des rivières :

- 1° Protection des rivières contre les dangers de la pollution ;
- 2° Études hydrobiologiques ;
- 3° Protection des poissons migrateurs : Truite et Saumon.

Les solutions techniques à ces trois problèmes sont proposées en Grande-Bretagne par trois très importants laboratoires spécialisés, savoir :

le Laboratoire de Recherches sur la pollution des eaux, à Watford, près de Londres (*Water Pollution Research Laboratory*) ;

le Laboratoire du Lac de Windermere, à Ferry House, Ambleside (Westmorland) (*Windermere Laboratory*) ;

le Laboratoire de Recherches sur la Truite, à Pitlochry (Pertshire) (*Brown Trout Research Laboratory*).

Qu'il me soit permis de remercier tout d'abord la Direction du *British Council*, et spécialement M. DUNLOP, qui a bien voulu m'admettre, avec mon adjoint M. GRIFFE, parmi les treize participants étrangers aux manifestations du *Water Pollution Prevention* (2 autrichiens, 1 belge, 2 finlandais, 2 français, 3 italiens, 3 sud-africains). Ma reconnaissance va également à M. PENTELOW, Inspecteur en chef des pêcheries au Ministère de l'Agriculture et des Pêcheries, qui m'a fourni, avec son obligeance coutumière, de nombreux renseignements. Je ne saurais non plus oublier le Dr. SOUTHGATE, Directeur du *Water Pollution Research* qui m'a donné non seulement des précisions très intéressantes sur son important service et les recherches qu'il poursuit, mais qui a pris de plus la peine d'examiner mon rapport. Le Dr. GILSON a bien voulu

me recevoir quelques jours dans son magnifique laboratoire du Windermere et me documenter très amplement sur son activité. Le Dr. PYEFINCH, Directeur du *Brown Trout Research Laboratory*, m'a fait visiter non seulement son laboratoire, mais m'a conduit auprès de différents lacs d'Écosse et montré les passes à Saumon dont il sera question plus loin. Je dois des remerciements aux différents collaborateurs de ces services dont il ne m'est pas possible de citer tous les noms ; que du moins les Drs MORTIMER, LE CREN, FROST, STUART trouvent ici l'expression de mes sentiments reconnaissants. Enfin je remercie M. MACFARLANE, Inspecteur des pêcheries de Saumon d'Écosse, M. COUVES, du Département des recherches scientifiques et industrielles et M. MÜERS, des *United dairies*, qui ont bien voulu me donner les autorisations de reproduction des photographies.

§ I. — LE LABORATOIRE DE RECHERCHES SUR LA POLLUTION DES EAUX ET LA PROTECTION DES RIVIÈRES

La protection des rivières contre la pollution des eaux a été examinée pendant deux semaines, sous ses différents aspects techniques et réglementaires.

Les conférences techniques ont été faites par le Dr. SOUTHGATE et ses principaux collaborateurs, MM. EDEN, ALLEN, PETTET, à Watford, à 25 kilomètres de Londres.

1^o Le laboratoire, son organisation et son rôle.

Le Laboratoire de Recherches sur la pollution des eaux, organisme d'État, dépendant du Département des Recherches scientifiques et industrielles (*Department of Scientific and Industrial Research*) est actuellement un très important service réparti en plusieurs stations : Watford, Birmingham et Coventry, et qui groupe 56 chercheurs et 27 aides-techniques répartis dans les sections suivantes :

1. Radio-chimie (M. EDEN) ;
2. Biologie (MM. ALLEN et TOMLINSON) ;
3. Physique (M. FREDDY) ;
4. Contrôle biologique des eaux vannes (M. HERBERT) ;
5. Contrôle de l'estuaire de la Tamise (M. GRINDLEY) ;
6. Recherches industrielles (M. JONES) ;
7. Chimie :
 - a) Électrochimie (M. KNOWLES) ;
 - b) Chimie minérale (M. WOOLF) ;
 - c) Chimie organique (M. OCHYNSKI) ;
8. Documentation.

De 1927 à 1940, le Laboratoire s'est occupé essentiellement à déter-

miner la composition des eaux résiduaires et le processus d'épuration biologique de ces eaux ; en même temps, il faisait une étude détaillée d'une rivière et d'un estuaire pollués. Depuis de nombreuses années, la pêche au Saumon dans cette rivière périlait : il fut montré que la cause en était due à un appauvrissement en oxygène et à la présence de cyanures contenus dans les eaux de lavage des gaz des fours à coke.

Depuis la guerre, dans le domaine du traitement des eaux usées, une partie importante des recherches fut dirigée vers une amélioration du rendement des méthodes de filtration biologique. Lorsque la quantité de matières organiques sur un filtre bactérien est trop grande, il y a accroissement, parfois très rapide, du poids de la couche biologique qui recouvre les éléments du filtre. Si la prolifération de cette couche, composée surtout de moisissures et de bactéries, n'est pas surveillée, le filtre devient rapidement inefficace. Cependant, si un filtre recouvert d'une couche biologique épaisse est traité par un liquide ne contenant que de faibles concentrations de matières organiques, les moisissures et les bactéries subissent des changements qui peuvent entraîner leur destruction. On a donc mis au point un procédé dit de la *double filtration alternative*, qui consiste à traiter un filtre d'abord avec des eaux usées décantées et ensuite avec l'effluent en provenance d'un autre filtre. Au cours d'expériences sur une installation fonctionnant à grande échelle, le taux de traitement des eaux usées donnant un effluent de qualité acceptable, a pu être accru ainsi de 200 %.

Le Laboratoire s'est occupé aussi spécialement, dans le domaine du traitement des eaux industrielles, de la neutralisation des cyanures dont la présence, on l'a vu, est si fréquente dans les eaux résiduaires. La méthode la plus encourageante semble être le traitement par le chlore pour former un chlorure de cyanogène qui s'hydrolyse pour donner du cyanate et finalement de l'ammoniaque. Mais le chlore est lui-même très toxique et on rencontre d'assez grandes difficultés pour mettre au point un procédé qui puisse être utilisé dans une usine ; le Laboratoire s'est attelé à ce problème et notamment à étudier le taux d'hydrolyse du chlorure de cyanogène dans différentes conditions.

Ces travaux de Laboratoire ont mis le personnel en contact très étroit avec l'industrie. Un grand nombre d'usines sont visitées au cours de l'année. Avant qu'une méthode d'évacuation de liqueurs usées puisse être suggérée, il est, en effet, presque invariablement nécessaire d'étudier les processus qui donnent naissance à ces eaux résiduaires et de déterminer leur volume et leur composition. Le Laboratoire a maintenant suffisamment d'expérience pour préconiser une méthode de traitement dans de nombreux cas, sans qu'il soit nécessaire de procéder chaque fois à des recherches expérimentales. Mais il reste des industries où l'expérimentation est nécessaire ; on commence avec des dispositifs en modèles réduits, puis l'on continue avec une usine-pilote. Celle-ci est généralement montée à l'usine même et conduite par le personnel du Laboratoire ou par celui de l'usine, sous la surveillance du Laboratoire.

Actuellement, le Dr. SOUTHGATE considère que les problèmes du traitement des eaux résiduaires industrielles, accumulés pendant la période

d'extension rapide de l'industrie anglaise, sont progressivement résolus. Mais de nouveaux problèmes surgissent, du fait de la création d'industries nouvelles et de ce qu'on devient plus exigeant dans la qualité de l'effluent destiné à être déversé dans des rivières d'où l'eau est prélevée pour les besoins domestiques, industriels et agricoles.

La visite des différentes sections du Service est particulièrement intéressante : le Laboratoire de bactériologie étudie, entre autres, l'activité des bactéries sulfuraires. Le Laboratoire de chimie organique a mis au point des procédés de chromatographie sur papier pour diagnostic et séparation des amino-acides.

Les recherches du Laboratoire de biologie sur le pouvoir de résistance du poisson au manque d'oxygène et à certains produits toxiques, sont particulièrement intéressantes par le soin extrêmement minutieux avec lequel elles sont faites ; il y a, dans ces recherches de toxicité, un perfectionnement technique inégalable et un nombre de sujets soumis à l'expérience qui donnent aux résultats, dont certains ont déjà été publiés — par exemple, ceux relatifs aux cyanures (1) — une valeur toute particulière. Certes, les recherches entreprises au début du siècle par WEIGELT, en Allemagne, LÉGER, en France, continuées par ELLIS, aux États-Unis, WUHRMANN, en Suisse, et reprises en ce moment par LECLERCQ et DEVLAMINCK, en Belgique, conservent-elles leur intérêt pratique. Mais le Dr. SOUTHGATE et ses collaborateurs partent de ce principe que le poison laissé à dose *invariable* dans l'aquarium de recherches ne donne pas les limites vraies de toxicité du produit ; une partie du corps toxique étant fixé sur le poisson en expérience, l'expérimentateur n'opère pas, en réalité, sur la dose réelle, mais sur une dose inférieure ; il est donc nécessaire, pour maintenir les conditions initiales constantes, de rajouter petit à petit une certaine quantité de poison au moyen d'un « doseur ». On peut objecter, toutefois, que dans la nature, du moins lorsqu'il s'agit d'une pollution accidentelle, la dose de poison est amenée à la rivière en une seule fois et, par conséquent, des essais opérés sur une dose connue de poison au début de l'expérience, conservent dans ce cas toute leur valeur pratique. D'ailleurs, les limites de toxicité varient tellement avec l'espèce de poisson, les sujets d'une même espèce, le temps que dure l'opération, la nature de l'eau, que l'on ne possédera jamais trop de renseignements sur cette importante question. Il nous faut donc féliciter le Dr. SOUTHGATE, en Angleterre et MM. LECLERCQ et DEVLAMINCK, en Belgique, de l'avoir abordée à nouveau, chacun avec des procédés différents, mais tous deux avec une rigueur scientifique toute particulière.

2° Le traitement des eaux industrielles.

Ceci dit, quels sont actuellement, d'après les communications qui ont été faites à Londres et à Birmingham, les plus récents perfectionnements dans le traitement des eaux résiduaires industrielles ?

Le problème est, à de nombreux points de vue, beaucoup plus difficile

(1) Voir *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 160, Janvier-Mars 1951.

que celui du traitement des eaux d'égout de ville qui, on le sait, est actuellement parfaitement au point, soit par traitement par « *boues activées* », soit par traitement par « *filtres bactériens* », soit par combinaison des deux systèmes.

« Le problème du traitement, à la source, des types nombreux d'effluents industriels, dit le Dr. SOUTHGATE, est beaucoup plus compliqué. » Il l'est, d'abord, en raison de la composition de ces eaux, qui sont soit d'origine organique naturelle, soit d'origine minérale, soit d'origine organique synthétique, d'où des méthodes de traitement extrêmement variables. Ensuite, ces méthodes doivent être appliquées en des lieux souvent restreints, où l'on ne dispose pas d'ordinaire de bonnes installations de laboratoire. Enfin, la question du traitement des eaux industrielles est étroitement liée à la nature des procédés de fabrication, si bien qu'il est arrivé, en Angleterre du moins, que le moyen le moins cher pour résoudre le problème a été d'apporter des changements à ces procédés, en veillant toutefois à ce que ces changements n'affectent pas la qualité ni n'augmentent d'une manière excessive le prix de revient des produits fabriqués.

« En cherchant à résoudre un problème d'évacuation d'eaux résiduaires, dit encore le Dr. SOUTHGATE, une collaboration étroite avec l'industrie est donc toujours nécessaire. On constate qu'au cours de ces dernières années, celle-ci porte une attention de plus en plus grande à la question de l'épuration des eaux résiduaires. »

A cela, il y a, en Angleterre, trois causes :

1° on se rend généralement compte maintenant de l'importance de conserver, dans toute la mesure du possible, dans une région industrielle, la pureté des eaux de surface comme des eaux souterraines ;

2° la loi de 1937 sur la Santé publique a provoqué des enquêtes sur les effets des effluents industriels, sur le traitement des eaux d'égout et sur la possibilité d'un traitement préalable des eaux industrielles les plus nuisibles, de manière à pouvoir être traitées ultérieurement dans la station d'épuration ;

3° la loi concernant les pêcheries de Saumon et de poisson d'eau douce de 1923, qui sera analysée plus loin, a entraîné une étude beaucoup plus approfondie des eaux de rivière et du déversement des matières polluantes. Je vais examiner maintenant quelques exemples de traitement.

a) *Les usines traitant les matières organiques.*

Il est nécessaire que les eaux industrielles n'entravent pas le traitement biologique. Les eaux usées provenant de papeterie offrent un exemple des eaux qui pourraient être traitées préalablement, avant rejet dans les égouts. Ces eaux sont souvent trop alcalines, du fait que les matières brutes sont digérées, à l'usine, en présence de soude caustique (pâte à la Soude). Il semble possible d'apporter aux procédés de fabrication des modifications tendant à réduire la quantité de liqueur alcaline perdue avec les eaux résiduaires, de façon à ne pas entraver l'épuration biologique de ces eaux.

Pour ce qui est des laiteries, nous verrons, plus loin, qu'à la condition de ne pas avoir, après dilution, des eaux ayant un B. O. D. trop élevé, ces eaux sont épurables par les différents traitements biologiques (précipitation chimique et filtration; double filtration alternative; boues activées, etc.).

Les eaux résiduaires de cidrerie paraissent pouvoir être traitées par filtration biologique, en mélange avec des eaux usées domestiques ou même seules, à la condition d'ajouter un peu d'azote, par exemple sous forme de sel d'ammonium.

Dans la fabrication de la soie artificielle par le procédé « viscose », les eaux usées contiennent une dose relativement élevée de sulfure de sodium; or, ce sulfure est oxydé, dans un filtre bactérien, en thiosulfate et en sulfate, beaucoup moins toxiques.

b) Eaux provenant d'usines à gaz.

Ces eaux sont particulièrement nocives pour les poissons. Elles contiennent, en effet, de l'ammoniaque, des sulfures, des thiosulfates, des thiocyanates et des acides de goudrons. Or, il existe des méthodes pour les améliorer : traitement du gaz encore chaud, dans un condenseur (précipitateur) électrostatique de goudron; les liqueurs en provenance des condenseurs et laveurs contiendront encore des phénols monohydriques, mais seulement des quantités très faibles de composés supérieurs du goudron (*highertar acids*).

Les thiocyanates sont incomplètement oxydés par le filtre et leur oxydation paraît dépendre d'une bactérie, normalement en petite quantité sur le filtre; ils sont formés dans les laveurs par l'interréaction de cyanure, de sulfure et d'oxygène; comme l'oxygène provient de la petite quantité d'air qui est normalement ajoutée aux gaz et qui est nécessaire pour le fonctionnement correct des épurateurs, la quantité de thiocyanate peut être réduite en ajoutant ce gaz ultérieurement.

En récupérant l'ammoniaque dans l'usine, en réduisant, comme on l'a vu, la teneur des acides supérieurs de goudron et du thiocyanate, et en envoyant, enfin, l'effluent dans les égouts de ville avec un débit aussi constant que possible, on a obtenu, notamment à Hinckley, des résultats tout à fait remarquables. Il n'y a plus maintenant de difficultés pour traiter par la méthode biologique les eaux résiduaires de cette ville, et cela malgré un accroissement de la production de gaz de plus de 50% depuis 1936. Je parlerai plus loin de la visite de l'usine de Hinckley que j'ai eu l'occasion de voir.

c) Les industries métallurgiques.

Ces eaux ont causé souvent des accidents sérieux aux stations d'épuration biologique des villes.

Dans le *décapage du cuivre* par l'acide sulfurique, on trouve, dans le liquide résiduaire, cet acide avec du sulfate de cuivre; ce sont là deux substances très toxiques pour le poisson dont on peut facilement se débar-

rasser. Le meilleur procédé consiste à les traiter par électrolyse, avec anodes de plomb et cathodes formées de feuilles de cuivre ; on régénère ainsi l'acide sulfurique et du cuivre métallique est recueilli sur la cathode, que l'on enlève lorsque son poids est devenu trop considérable.

Lorsque les eaux sont trop peu chargées en sels de cuivre (cas des eaux de rinçage), il est préférable de précipiter le métal par addition de soude et de chaux ou par envoi sur un lit de ferraille. Plus difficile est le problème du *décapage de l'acier*, les eaux résiduaires contenant de l'acide sulfurique et du sulfate ferreux ; ces substances sont, elles aussi, non seulement susceptibles d'entraver l'épuration biologique d'une station centrale d'épuration, mais encore de nature à absorber l'oxygène dissous dans l'eau de la rivière pour donner des dépôts d'hydroxyde de fer brun lorsqu'elles sont déversées directement dans un cours d'eau. Or, on peut récupérer le sulfate ferreux par cristallisation en laissant refroidir la liqueur, comme on le faisait en Allemagne, à la fin de la guerre ; mais comme il faut trouver un débouché suffisant pour ce produit, il en résulte une certaine difficulté qu'il convient de signaler.

Une quantité considérable d'acide et de sulfate de fer est perdue par les eaux de rinçage. On peut la réduire en rinçant d'abord l'acier décapé dans de l'eau qui est utilisée par la suite pour la préparation d'un bain frais de décapage et neutraliser les volumes excédentaires d'eau résiduaire pour récupérer les composés du fer précipités dans un bassin de décantation ; mais la précipitation est lente et des recherches sont en cours pour l'améliorer.

d) Eaux résiduaires contenant des chromates.

Les chromates, qui empêchent la nitrification, ont une influence néfaste sur l'épuration biologique des eaux d'égout ; le rendement des filtres est réduit lorsqu'ils existent à la dose très faible de 1 milligramme par litre d'eau.

Il faut distinguer les solutions électrolytiques usées, des eaux de rinçage. Les premières ne devraient jamais être déversées dans des égouts et il est possible de récupérer le chrome, comme on le faisait pendant la guerre. Pour les eaux de rinçage, il n'est pas économique de récupérer ce métal, mais on utilise avec profit, en Angleterre, la méthode suivante : on traite la solution de chromate par du sulfate ferreux *en excès* ; on ajoute ensuite de la chaux pour amener le pH à 8 environ, afin de précipiter l'hydroxyde de chrome ; la plupart des autres métaux qui peuvent être présents dans les eaux usées sont précipités en même temps.

e) Eaux résiduaires contenant des cyanures.

Les cyanures sont extrêmement toxiques pour les poissons, la concentration minima mortelle pour la Truite en quelques heures étant de 0,1 milligramme par litre d'ion CN. A une concentration de 1 milligramme par litre, ils entravent le traitement des eaux d'égout par la méthode des boues activées. Il est donc probable que le cyanure est oxydé dans un filtre par l'action de bactéries, comme c'est le cas pour

le thiocyanate ; mais il faut que la teneur en cyanure reste constante et ne subisse aucune fluctuation.

Il est donc nécessaire de traiter séparément, à l'usine, les eaux contenant des cyanures. On utilise actuellement deux méthodes.

Dans la première, on ajoute de la chaux et un excès de sulfate ferreux, de façon à obtenir un pH compris entre 7,5 à 10,5. On obtient ainsi des cyanures complexes de fer qui précipitent et sont séparés par décantation ; mais il n'est généralement pas possible de réduire la concentration finale au-dessous de 5 milligrammes par litre ; cette méthode est donc bonne pour des eaux usées à déverser dans un volume important d'eau d'égout qui dilue l'effluent, mais elle se montre insuffisante pour des eaux rejetées directement à la rivière.

Dans une deuxième méthode, on élimine le cyanure par addition de chaux et de chlore ; il y a formation de chlorure de cyanogène qui est ensuite décomposé, d'abord en cyanate, finalement en ammoniacque. Mais comme le chlorure de cyanogène, de même que le chlore, est lui-même très toxique pour le poisson, ce procédé ne peut être appliqué pour des eaux qui se déversent directement à la rivière. L'amélioration de cette méthode par élimination du chlore et du chlorure de cyanogène, avant rejet à la rivière, est actuellement étudiée par le laboratoire du Dr. SOUTHWATE et une technique satisfaisante a été développée, qui est maintenant utilisée dans la pratique.

f) Huiles en provenance d'installations industrielles.

Des dommages sont quelquefois causés par la décharge d'émulsions aqueuses d'huile en provenance d'ateliers de mécanique. L'huile ne pouvant généralement pas être séparée par différence de densité, il est nécessaire de détruire l'émulsion par addition d'un sel métallique. On a utilisé avec profit, dans une usine de construction de moteurs d'avions, le procédé suivant : on traite le liquide par de l'acide sulfurique pour amener le pH à 7 ; on ajoute une solution de sulfate d'alumine et on agite le mélange avec de l'air comprimé. On obtient, après un repos de huit heures, une écume épaisse qui est enlevée ; le liquide qui contient les agents de l'émulsion, acide et sulfate, est lui-même dangereux pour le poisson et il convient de l'écouler dans des égouts plutôt qu'à la rivière.

g) Réutilisation de liquides industriels.

La réutilisation de certains types d'eaux résiduelles industrielles, soit pour récupérer certains constituants précieux, soit pour éviter la difficulté et les frais d'un traitement complet de l'effluent, a été pratiquée, en Angleterre, depuis de nombreuses années, par quelques industries.

L'exemple le plus marquant est la mise au point récente d'un système de réutilisation de liqueur dans une sucrerie. Les eaux résiduelles proviennent, ici, de trois sources :

1^o eaux servant au transport de la betterave, riches en terre, en débris de plantes, contenant un peu de sucre en solution ;

2^o eaux de fabrication, riches en sucre et en matières organiques ;

3^o eau des condenseurs, utilisée pour condenser la vapeur et pour maintenir un vide partiel dans les évaporateurs où les jus sont concentrés ; cette eau contient peu de matières organiques, mais un peu d'ammoniaque.

Le traitement est le suivant :

L'eau de transport passe dans les bassins de décantation afin d'en séparer les terres et de décomposer les matières organiques par action biologique.

L'eau de filtration passe dans des tamis afin d'en séparer les matières en suspension avant d'être réutilisée. Cette réutilisation a été l'objet de quelques critiques sans grand fondement, sauf en ce qui concerne l'augmentation de la corrosion de la batterie d'extraction.

Si on utilise ce procédé, il ne s'agit plus, pour l'usine, que d'évacuer les eaux usées qui subsistent dans les bassins de décantation, à la fin de la campagne. Ces liquides peuvent être traités par filtres bactériens avec de bons résultats ; il suffit seulement de les diluer si le B.O.D. est trop élevé.

Dans quelles limites ces méthodes si intéressantes sont-elles appliquées ? Il semble qu'en Angleterre, comme ailleurs, il y ait une certaine résistance à les mettre en pratique de la part de quelques industriels qui trouvent plus commode de déverser telles quelles leurs eaux dans les égouts des villes ou même directement dans les rivières. C'est ce que montre M. RONALD HICKS à la suite d'une conférence extrêmement documentée du Dr. SOUTHGATE, au Congrès de la Santé publique et de la technique municipale à Olympia, faite le 15 Novembre 1948 :

« Le traitement des eaux industrielles usées, dit M. Hicks, vaut qu'on le considère avec les mêmes soins que les objets fabriqués eux-mêmes. S'il est économiquement sain d'augmenter le prix de revient d'un accessoire d'automobile en lui communiquant une surface polie et brillante dans un bain électrolytique, il est tout aussi logique d'ajouter quelque chose à ce prix pour le traitement des eaux de rinçage et des liquides usés provenant de ce bain. Nous trouvons normal que le mineur puisse prendre une douche avant de rentrer chez lui et qu'en conséquence le prix du charbon soit augmenté ; le prix du gaz en est accru à son tour et personne ne songe à réclamer. Mais les milieux intéressés ne comprennent pas aussi bien lorsqu'il s'agit du traitement des eaux résiduelles que les usines à gaz envoient sans aucun traitement et les milieux industriels répètent à satiété : Vous ne pouvez pas gêner le développement de l'industrie ».

Et la même personnalité conclut :

« La collaboration amicale et l'assistance technique devraient pouvoir s'accompagner d'une contrainte lorsque la nécessité s'impose. »

3° La législation des pollutions.

L'Administration chargée de la conservation des rivières n'est plus impuissante, car elle sait ce qu'elle doit faire.

Elle a été aidée dans son action non seulement par le Laboratoire de Recherches sur la pollution des eaux du Dr SOUTHGATE, mais encore par la loi de 1923 sur les pêcheries de Saumon et de poissons d'eau douce (*Salmon and Freshwater fisheries Act*) et cela m'amène à donner, d'après M. PENTELow, Inspecteur en chef des pêcheries du Ministère de l'Agriculture et des Pêcheries, des indications sur cette loi, en ce qui concerne, du moins, ses rapports avec la pollution des rivières. Cinq articles ont trait à cet important problème.

L'article 8 stipule :

1° Il est défendu de déverser, de laisser sciemment déverser, d'introduire ou de laisser sciemment introduire dans les eaux habitées par des poissons ou dans les affluents, toutes substances liquides ou solides de nature à rendre les eaux toxiques pour le poisson, le frai ou la nourriture des poissons. Toute personne contrevenant à ces dispositions sera déclarée coupable d'avoir enfreint la loi.

a) Ne pourraient pas toutefois être poursuivies les personnes agissant dans l'exercice d'un droit qui leur a été conféré légalement ou qui continuent à travailler suivant des procédés qu'elles ont utilisés avant la mise en vigueur de la loi, à condition qu'elles apportent la preuve au Tribunal devant lequel elles sont citées, qu'elles ont adopté, dans les limites d'une dépense raisonnable, les meilleurs moyens pratiques tendant à éviter la destruction des poissons, des frayères, du frai, ou de la nourriture des poissons.

b) Rien, d'autre part, dans ces dispositions, ne doit empêcher une personne quelconque de pouvoir conserver un droit légal dans les cas où elle aurait acquis ce droit si la loi n'avait pas été votée, ni de même exempter une personne quelconque d'une amende qu'elle aurait autrement encourue.

2° Il est défendu, dans une région exploitée par la pêche, de déverser dans des eaux habitées par des poissons, tout effluent industriel provenant de nouvelles installations, tant que la construction projetée n'a pas été signalée au Conseil local des pêcheries (*Fishery Board*) ou au Ministre. En cas de non déclaration, la personne sera jugée coupable d'avoir enfreint la loi.

La déclaration sera faite :

a) simultanément avec toute demande d'autorisation ou déclaration à une autorité locale, dans le cas où des textes légaux les prévoient ;

b) au moins trois mois avant le commencement des travaux, dans tous les autres cas.

Une déclaration, non accompagnée de plans et devis, devra mentionner

le lieu où ces plans et devis peuvent être examinés par un agent du Conseil des pêcheries ou du Ministère.

L'expression « installations nouvelles » signifie tous travaux entrepris après la mise en vigueur de la présente loi ou toutes modifications effectuées après cette mise en vigueur sur des installations existantes.

Ces dispositions ne s'appliquent pas à toutes installations construites par tout service d'hygiène ou toute autorité locale, agissant en application d'une loi générale ou locale.

3^o Les procédures relatives aux dispositions de cet article de loi ne devront être engagées que par le « Conseil des Pêcheries » ou par une personne ayant obtenu du Ministre une attestation prouvant qu'elle a un intérêt matériel dans la conservation des eaux susceptibles d'être polluées.

L'article 9 de la même loi est relatif aux pénalités. Il précise que si une personne « introduit des poisons, chaux ou matières toxiques dans les eaux avec l'intention de prendre ou de détruire les poissons qui peuvent s'y trouver ou être placés ultérieurement », il lui sera infligé une amende qui toutefois ne dépassera pas 50 livres (environ 50.000 fr.), ou un emprisonnement sans ou avec travail (*hard labour*), d'une durée maximum de trois mois.

L'article 54, I (*b*), indique les pouvoirs des Conseils des Pêcheries (*Fishery Boards*) actuellement remplacés, pour la plupart, par les Conseils des rivières (*River Boards*) : ils sont autorisés à engager des poursuites légales pour toute infraction à la loi, à assurer la mise en vigueur de toute disposition de la loi et à prendre les mesures nécessaires à la protection des pêcheries contre les dommages par pollution ou autres causes.

Ces « Conseils » ne sont pas d'ailleurs les seuls services à apprécier les problèmes de pollution ; l'article 55 précise, en particulier, que dans sa circonscription, un *Conseil de rivière* peut soit engager des poursuites en application des lois de prévention de pollution (1876 à 1893), concurremment avec les *autorités de la Santé publique*, soit aider toute personne ou autorité locale à engager de telles poursuites.

L'article 59 autorise le Conseil des Pêcheries à prendre des arrêtés « pour réglementer dans les eaux contenant des poissons, le dépôt ou le déversement de matières solides ou liquides nuisibles au Saumon, à la Truite de mer, aux poissons d'eau douce ou au frai et à la nourriture des poissons, toutefois sans empiéter sur les pouvoirs qu'ont certains services sanitaires ou autorités locales de déverser des eaux usées, en conformité avec les textes législatifs généraux ou locaux ».

En somme, les Conseils de rivières ont des pouvoirs comparables à ceux de nos administrations des Eaux et Forêts et des Ponts et Chaussées, mais, en outre, des pouvoirs réglementaires que ces derniers services ne possèdent pas.

C'est l'article 8, paragraphe 1^{er}, de la loi de 1923, qui a permis à ces organismes de lutter avec efficacité contre la pollution des eaux. Il leur

suffit de faire la preuve du délit, mais l'industriel, peut de son côté, arguer qu'il est autorisé à polluer la rivière ou à appliquer des méthodes utilisées avant la mise en vigueur de la loi. « Je pense que je ne fais pas erreur, ajoute toutefois M. PENTLOW, en affirmant que, depuis 1876, personne n'a pu acquérir le droit légal de polluer une rivière. »

L'Inspecteur en chef des pêcheries a tenu à commenter spécialement le paragraphe 2 de ce même article 8 qui stipule que, lorsque de nouvelles installations de décharge d'effluents industriels sont projetées, le *Fishery Board* doit être avisé. « Cet organisme, dit-il, n'a pas le pouvoir de donner ou de refuser l'autorisation de construire, mais il a le droit de savoir ce qui est projeté et, s'il craint une pollution possible, il peut s'efforcer d'obtenir une sauvegarde avant la construction des installations. Malgré sa faiblesse, cette disposition s'est révélée très utile, car, dans l'ensemble, l'industrie ne rechigne pas à collaborer lorsqu'elle est familiarisée avec le problème et lorsqu'on lui donne les moyens de l'étudier avant d'avoir engagé des dépenses dans des travaux de construction. »

C'est là une disposition très intéressante qui n'existe pas chez nous ; l'Administration de la pêche n'est pas consultée lorsqu'il s'agit de création d'usine.

Il est fait, en Angleterre, une distinction très nette entre le rejet de substances nocives dans la rivière, dans le but de s'en débarrasser par négligence ou ignorance et l'empoisonnement dans le dessein de prendre du poisson, ainsi que cela s'est pratiqué dernièrement en Écosse. Alors qu'en contravention de l'article 8 (pollution par négligence) le délinquant ne peut être emprisonné qu'à la troisième récidive, l'emprisonnement est obtenu, lorsqu'il y a infraction de l'article 9, dès la première violation.

L'administration des rivières et l'application de la loi sur les pollutions sont sur le point d'être transférées intégralement aux *River Boards* dont j'ai parlé précédemment : ce sont là des organismes nouveaux déjà au nombre de vingt-cinq et dont le nombre doit s'accroître par suppression des sept *Fishery Boards* encore responsables de l'application de ces lois. M. PENTLOW y voit un avantage : celui de donner à une seule autorité l'obligation de prévenir la pollution et de protéger en même temps la pêche. Mais il reste encore à ces organismes à trouver des équipes suffisantes d'experts susceptibles d'étudier la pollution, tant dans son aspect piscicole qu'hygiénique.

Les lois contre la pollution sont suffisantes en Angleterre. Mais là, comme en France, l'expérience a montré que des erreurs ont pu être commises du fait que l'autorité administrative était encore trop faible techniquement et financièrement pour tirer de ces lois tout le bénéfice possible.

Si le problème de la pollution des eaux n'est pas encore complètement résolu outre-Manche, du moins un effort extrêmement important a-t-il été entrepris et j'ai pu m'en rendre compte par les installations d'épuration que j'ai eu l'occasion de visiter.

4^o Visites d'installation d'épuration.

A. — BANLIEUE DE LONDRES

a) Station d'épuration de la Ville de Luton.

Cette ville est située à une cinquantaine de kilomètres de Londres et a une population de 110.000 habitants; le volume moyen journalier des eaux résiduaires traitées est d'environ 22.500 mètres cubes; elles contiennent non seulement les eaux ménagères, mais encore celles de différentes industries de la ville : ateliers de mécanique, usines chimiques et usines à gaz, chapelleries, depuis longtemps installés dans la ville.

L'épuration doit être aussi soignée que possible car Luton se trouve sur la *Lee*, petite rivière excellente pour la pêche et qui fournit, en plus, le sixième de l'approvisionnement en eau de Londres. Depuis août 1948, en raison de la sécheresse, il n'y a plus eu, en amont du point de déversement de l'effluent de la station d'épuration, d'écoulement naturel d'eau de dilution; sur de nombreux kilomètres en aval, les eaux de la rivière sont formées presque exclusivement par l'effluent en provenance de la station. La multiplication des puits et la diminution des précipitations atmosphériques ont fait baisser, dans un terrain calcaire, donc fissuré, le plan d'eau et le débit de la rivière.

Les eaux sont d'abord décantées d'une façon continue dans trois cuves circulaires d'une capacité totale de 2.400 mètres cubes, en pénétrant verticalement au centre et en quittant la cuve par-dessus le déversoir circulaire. Les eaux, partiellement débarrassées de leurs matières solides, passent ensuite dans des bassins de décantation rectangulaires, d'une capacité de 4.800 mètres cubes où les matières continuent à se déposer.

Le liquide décanté est ensuite traité partiellement par boue activée avec insufflation d'air au travers d'éléments en terre cuite : cette opération se réalise dans douze bassins d'une capacité totale de 4.800 mètres cubes suivis de six autres, d'une capacité de 6.300 mètres cubes, pour la séparation de la boue activée. Ce traitement préliminaire par boues activées a l'avantage de précipiter les éléments colloïdaux des eaux résiduaires.

Celles-ci, partiellement épurées, sont alors envoyées sur neuf filtres bactériens rectangulaires, d'un volume total de 34.000 mètres cubes

Le liquide passe ensuite dans des réservoirs à boues (*humus tanks*) de 1.120 mètres cubes où la boue se dépose.

Enfin, et c'est l'originalité de cette station, le liquide résiduaire est encore épuré sur des microfiltres et sur des filtres à sable. Les microfiltres traitent de 11.000 à 13.500 mètres cubes par jour et les filtres à sable un volume de 13.500 mètres cubes, mais qui peut être dépassé, comme l'expérience l'a prouvé.

Les boues, de leur côté, ont été traitées par deux procédés :

a) Par chauffage dans des récipients fermés sous pression, chauffés

à la vapeur à une température de 182° C. La boue ainsi privée de ses éléments colloïdaux est filtrée dans six presses à plateaux. Une grande partie de la vapeur de chauffage est fournie par combustion des résidus des presses. Ce procédé est abandonné depuis 1949 ;

b) Par addition, avant filtrage, de chaux et de sulfate de fer. La boue est alors filtrable, peut être à un moindre degré que dans l'autre procédé ; mais le débit du liquide résiduaire est moins grand et, par conséquent, moins élevée la charge supplémentaire d'une station d'épuration destinée à fournir un effluent de haute qualité.

b) Station d'épuration de Mogden (Middlesex).

Cette immense station modèle, très connue, dans la banlieue immédiate de Londres, est une des plus grandes du monde.

Elle traite les eaux résiduaires d'un district de 360 kilomètres carrés et d'une population de 1.350.000 habitants. La capacité de traitement de la station est de 300.000 mètres cubes par jour par temps sec et d'un million de mètres cubes par temps humide. Il a même été reçu des quantités bien supérieures d'eaux résiduaires ; la capacité des égouts collecteurs est de près de 3.000.000 de mètres cubes par jour.

Les eaux résiduaires sont en majorité des eaux ménagères, mais il y a aussi des eaux industrielles, il est vrai, très diluées, en provenance de centres de distribution de lait, de beurreries et d'usines de produits alimentaires.

Les eaux sont traitées par la méthode des *boues activées* (durée d'insufflation de l'air : huit heures).

Le gaz provenant de la digestion des boues (70 % de méthane) atteint un volume annuel de 14.000.000 de mètres cubes ; il est utilisé en partie comme agent moteur pour la compression de l'air destiné au traitement des boues, comme combustible pour le chauffage d'immeubles et pour la traction de véhicules. Les boues desséchées, d'un volume d'environ 45.000 mètres cubes par an, sont utilisées par l'agriculture comme engrais. La demande, durant ces dernières années, a été supérieure à la production.

c) Station d'épuration de Colne Valley Sewerage board.

Cette importante station, à peine terminée, située au nord de Londres, purifie les eaux d'une partie de la banlieue nord de la capitale, les villes de Saint-Albans, Hemel Hempstead, Watford, les districts urbains de Bushey, Chorleywood, Potters Bar et Rickmansworth et une partie des districts ruraux de Amersham, Hatfield, Hemel Hempstead, Elstree, Saint-Albans et Watford, soit environ 500 à 600.000 habitants.

Ce sont là encore des eaux ménagères, mais auxquelles s'ajoutent des eaux en provenance de brasseries, imprimeries, papeteries, usines agricoles, usines à gaz, etc.

Le traitement (boues activées) est le suivant :

Enlèvement des sables en suspension dans les eaux d'égout, sédi-

FIG. 1. — *Minworth*. Lits bactériens en jets d'eau.

Photo VIVIER.

FIG. 2. — *Minworth*. « Silt tanks ».

Photo VIVIER.

Photo VIVIER.

FIG. 3. — *Wolverhampton*.
Arrivée des eaux industrielles noires dans les cuves d'aération.

Photo VIVIER.

FIG. 4. — *Wolverhampton*. Lits bactériens.

mentation dans des réservoirs rectangulaires par simple passage avec extraction mécanique des boues, purification biochimique par le procédé des boues activées avec diffusion d'air ; décantation finale dans des réservoirs circulaires équipés avec un mécanisme annulaire de raclage des boues ; digestion des boues primaires dans des réservoirs chauffés avec collecteurs de gaz et un dispositif de filtration sous vide et de dessiccation rapide pour les boues digérées et le surplus des boues activées ; ce dispositif emploie du charbon pulvérisé comme source de chaleur. Les boues séchées sont, ou bien incinérées et ainsi aident à fournir la chaleur exigée pour la dessiccation, ou ensachées et vendues comme engrais.

B. — BANLIEUE DE BIRMINGHAM

Alors que les stations d'épuration précédemment visitées ne contenaient qu'une faible partie d'eaux résiduaires industrielles, celles de la banlieue de Birmingham ont, pour la plupart, un tout autre aspect. Là, les eaux industrielles forment une partie importante du flot résiduaire ; celui-ci d'ailleurs a, à l'arrivée, une couleur noire prononcée, bien différente de la couleur brun pâle des eaux ménagères.

Dans quelles limites, ces eaux riches en phénols, en cyanures, etc., peuvent-elles être épurées ?

Voici, d'ailleurs, un tableau comparatif entre le pouvoir polluant de diverses industries et les eaux d'égout de villes :

Industries	Eaux résiduaires produites journellement en m ³	Équivalence avec les eaux résiduaires d'une ville de population
Sucrerie traitant 1.000 tonnes de betteraves par jour.....	De 9.000 à 18.000 m ³ .	De 2.000 à 20.000 habitants.
Laiterie et fromagerie traitant de 45.000 à 160.000 litres.....	De 45 m ³ à 270 m ³ .	De 250 à 8.000 habitants.
Fabrique de confitures traitant de 70 à 80 tonnes de fruits par jour.....	De 18 à 45 m ³ .	De 300 à 5.000 habitants.
Conserves de fruits et de légumes traitant 25 tonnes par jour	De 45 à 225 m ³ .	De 300 à 5.000 habitants.

A Birmingham, les eaux industrielles ont la nature suivante :

INDUSTRIES	NATURE DES EAUX RÉSIDUAIRES
Usines métallurgiques. Petite métallurgie. Usines de produits chimiques. Électrolyse et nickelage. Fabriques de moteurs électriques. Travail du laiton. Conserves de viande. Outillage.	Produits cyanurés. Acide sulfurique, produits cyanurés, nickel. Acide, alcalis. Eaux acides. Eaux contenant du cuivre. Présence de carborundum. Matières et détritits organiques. Présence de cyanures.

Les travaux d'épuration sont, dans cette ville industrielle de plus de 1.300.000 habitants, particulièrement importants, puisque le réseau principal d'égout couvre une surface de 420 kilomètres carrés.

La majeure partie des eaux usées sont envoyées vers la Tame après avoir subi deux traitements :

un traitement préliminaire aux stations d'épuration de Saltley, Ashold et Tyburn ;

un traitement final par filtres bactériens à Minworth.

Les eaux usées venant de la vallée supérieure de la Cole subissent un traitement spécial à la station d'épuration de Yardley.

La région sud-est de l'agglomération envoie ses eaux dans la station d'épuration de Coleshill.

Enfin les eaux résiduaires provenant de la banlieue semi-rurale sud sont traitées dans quatre petites stations indépendantes.

a) Stations d'épuration de la vallée de la Tame.

1^o Saltley.

Dans cette station qui traite par temps sec environ 185.000 mètres cubes par jour, les eaux sont décantées dans deux séries de bassins (bassins primaires et bassins secondaires). Elles sont envoyées alors dans la station de Minworth, avec celles en provenance des deux stations de Ashold et Tyburn. Quant aux boues, elles sont digérées dans des bassins et les gaz recueillis par des collecteurs flottants ; ils sont employés pour produire de l'énergie soit dans des moteurs à gaz, soit dans des moteurs à gaz et au *fuel oil* ; il est nécessaire de chauffer ces bassins, par de la chaleur fournie par les gaz à la centrale de production.

2^o Minworth.

Le débit par temps sec est de 216.000 mètres cubes par jour. La plus grande partie des eaux résiduaires, déjà en partie épurées, comme on vient de le voir, est soumise à un traitement préliminaire dans des installations de bio-aération ; on applique là le même principe qu'à Luton : les matières colloïdales des eaux sont floculées par un traitement incomplet aux boues activées ; ce traitement se fait dans des canaux, soit par diffusion d'air, soit par agitation (palettes). Une partie seulement des eaux résiduaires est envoyée dans un bassin de décantation. La portion des boues qui doit être envoyée dans les canaux de floculation est « réactivée » dans des cuves par diffusion d'air ou par aération mécanique.

L'effluent liquide est envoyé sur des filtres bactériens ; ces filtres couvrent une superficie de 17 hectares ; ils sont équipés soit par rampes d'arrosage fixe, soit par distribution mécanique ; leur profondeur est de 1 m. 85 et la dimension moyenne des éléments du milieu filtrant comprise entre 19 et 44 millimètres ; le fond des filtres est en béton, recouvert de drains en terre cuite (fig. 1).

DOUBLE FILTRATION ALTERNATIVE (SCHEMA DU CIRCUIT DES EAUX)

L'effluent brut N et une partie de l'effluent secondaire R arrivent en N et R dans e distributeur. Le mélange $N + R$ est dirigé sur le filtre bactérien n° 1 où il percole et est repris par une pompe pour être déversé dans le réservoir à boues n° 1 où il se décanse une première fois. Le liquide ainsi obtenu est renvoyé au distributeur et passe sur le lit bactérien n° 2 où il devient effluent secondaire, cet effluent, après passage dans le réservoir à boues n° 2, est en partie évacué à la rivière, le surplus allant au distributeur pour diluer l'effluent brut.

Le liquide résiduaire est décanté une dernière fois dans des « Silt tanks », à écoulement ascendant, avant envoi dans la rivière (fig. 2).

Le surplus de boue activée provenant des stations de traitement préalable par bio-aération et la boue déposée dans les « humus tanks » sont déshydratées dans cinq bassins ; une fois épaissie, la boue est envoyée dans une usine de traitement et l'eau conduite par pompage vers la station de Minworth.

La station d'épuration de Saltley a une capacité insuffisante et sa construction est d'un type ancien ; la conduite de l'effluent vers Minworth est insuffisante et les stations d'Ashold et de Tyburn sont surchargées. Un projet à l'étude prévoit l'abandon de ces stations et la construction d'une nouvelle conduite qui transportera les eaux résiduaires et les eaux d'orage près des filtres percolateurs de Minworth ; une nouvelle station extrêmement moderne y sera aménagée.

3° Usine de traitement des boues.

Cette usine centrale de traitement reçoit non seulement les boues de Minworth mais encore celles, partiellement digérées, des stations de Saltley, d'Ashold et de Tyburn. Après avoir reposé près de six mois dans de grands bassins, relativement peu profonds, où la digestion se termine et où une grande quantité d'eau se sépare, la boue est pompée sur des lits de drainage et de séchage dont le fond et les côtés sont garnis de scories et de laitier. Lorsque la teneur en humidité de la boue a été réduite de 50 %, elle est utilisée. En 1950 :

17.600 mètres cubes ont été vendus à des fabriques d'engrais qui les traitent ;

8.300 mètres cubes ont été répandus directement sur des terres cultivées ;

25.500 mètres cubes furent envoyés à la décharge.

4° Station expérimentale de Minworth.

Cette station est gérée par le *Water Pollution Research Laboratory* ainsi que je l'ai signalé plus haut.

C'est là qu'a été expérimenté le procédé, bien au point maintenant, de la *double filtration alternative* : dans ce procédé chacune des deux séries de filtres bactériens fonctionne à tour de rôle comme filtre primaire et comme filtre secondaire ; comme filtre primaire, il reçoit l'effluent du bassin de décantation préalable ; comme filtre secondaire, il purifie le liquide provenant du filtre primaire. Je parlerai à nouveau de ce procédé à propos de l'épuration des eaux de laiterie ; pour les eaux d'égout, à Minworth, les résultats les meilleurs ont été obtenus en changeant l'ordre des filtres toutes les vingt-quatre heures. Les quatre filtres bactériens circulaires d'un diamètre de 36 m. 75 utilisés pour les essais de ce filtre sont capables de produire un effluent satisfaisant avec un débit

plus que double de celui de filtration simple, la qualité de l'effluent restant identique.

Aussi a-t-on entrepris à Minworth la modernisation des six blocs de filtres bactériens précédemment décrits, pour leur utilisation par la méthode de la double filtration alternative.

Ces essais sont dirigés localement par M. TOMLINSON, du Service du *Water Pollution Research Laboratory*, qui a fait visiter son laboratoire de Minworth, bien équipé pour la chimie, la bactériologie et la biologie des eaux.

b) Station d'épuration de la vallée de la Cole

Station de Yardley.

La station de Yardley présente cette particularité que les eaux qu'elle reçoit (32.000 mètres cubes par jour en 1950) contiennent un pourcentage élevé d'eaux résiduelles industrielles qui les colorent en noir.

En aval des grilles d'arrivée de l'égout, nettoyées mécaniquement, sont disposés deux canaux à détritits d'où le sable est enlevé par un élévateur à godets.

Ces eaux acides et ferrugineuses sont neutralisées par addition de chaux ajoutée à l'état sec et mélangée dans trois petites cuves par insufflation d'air comprimé.

Ces eaux industrielles ainsi préalablement préparées sont envoyées dans trois bassins de décantation, chacun d'une longueur de 70 mètres, d'une largeur de 18 mètres et d'une profondeur de 3 mètres. Un râcleur mobile pousse tour à tour la boue vers trois trémies, à l'entrée de chaque bassin, l'écume étant amenée dans une auge annexée à chaque bassin.

Les eaux décantées subissent un traitement partiel par diffusion d'air sur des filtres bactériens répartis en quatre blocs occupant une surface de 3 hectares.

Les eaux sont décantées à leur sortie dans des « humus tanks » ; les boues sont envoyées dans dix cuves primaires de digestion d'une capacité de 8.000 mètres cubes environ, équipées avec des collecteurs flottants de gaz en acier, et dont la température est maintenue constante à 22°5. Il existe également cinq cuves secondaires de digestion, de construction simple : digues en terre avec revêtement de béton, sans collecteurs de gaz et sans chauffage.

La centrale de production d'énergie comprend trois moteurs, deux de 120 CV alimentés par les gaz provenant des boues, le troisième de 270 CV, alimenté indifféremment au gaz, à l'huile lourde ou avec les deux combustibles.

c) Station de Coleshill

Cette station, formée de plusieurs unités indépendantes (actuellement deux construites), ne présente aucune caractéristique digne d'être signalée

ici ; le traitement général est le même que précédemment mais il n'y a plus de neutralisation des eaux.

d) Stations semi-rurales

J'en ai visité deux : celle de Barston et celle de Knowle.

1^o Station de Barston.

Il s'agit là d'une petite station recevant les eaux d'une agglomération de 25.000 habitants. Les eaux sont traitées d'abord par lits bactériens puis envoyées sur un champ d'épandage. Elles sortent des drains de ce champ parfaitement limpides et n'altèrent en aucune façon les eaux de la petite rivière qui les recueillent. Un seul homme suffit pour la surveillance et l'entretien de cette petite station très intéressante.

2^o Station de Knowle.

Les eaux résiduaires, en provenance d'une petite agglomération de 2.000 habitants, sont seulement envoyées sur un champ d'épandage en pente. Au bas du champ elles sont pompées en partie et servent à diluer les eaux brutes à l'arrivée. Comme il s'agit d'une petite agglomération, le système simple et peu coûteux est excellent et l'effluent, qui est dirigé vers un petit ruisseau, est d'une limpidité remarquable.

3^o Station d'épuration de Wolverhampton.

Cette station traite les eaux usées provenant de 125.000 habitants environ sur les 156.000 que compte l'agglomération, ainsi que la majeure partie des eaux résiduaires industrielles de la région. Le volume d'eau résiduaire, par temps sec, est de 29.000 mètres cubes par jour ; il est formé d'environ 40 % d'effluents industriels, quantité considérable, en provenance de la fabrication de la rayonne, d'ateliers de galvanisation, galvanoplastie, d'usines à gaz, de brasseries, laiteries, teintureries, fabriques de vernis et couleurs, ateliers de mécanique, etc. (fig. 3).

Les matières solides sont, là encore, arrêtées par des grilles (deux jeux), avec système de nettoyage mécanique et automatique. Les matières enlevées des grilles tombent sur plan incliné d'où elles glissent sur un transporteur à courroies qui les charge sur des wagonnets à benne basculante.

Le sable est enlevé par des racleurs rotatifs qui le poussent vers des trémies latérales d'où il est extrait sur des canaux inclinés et chargé sur des wagonnets.

Comme à Yardley, et pour la même raison, les eaux usées sont ensuite traitées au lait de chaux pour les neutraliser, en cas de besoin.

Les eaux sont alors soumises à des opérations semblables à celles de Yardley : cuves primaires de décantation, cuves secondaires de décantation, bio-aération avec cuves de récupération des boues, lits bactériens

rectangulaires d'une surface de 2,4 hectares (fig. 4), répartis en six unités pouvant filtrer 48.000 mètres cubes, lits bactériens circulaires en quatre unités pouvant filtrer 7.600 mètres cubes, « humus tanks », cuves de traitement des boues pour digestion primaire et pour digestion secondaire, lits de séchage des boues. La majeure partie des boues est pompée après digestion vers des terres de culture, en vue de leur fertilisation ; le restant est séché et cédé aux maraîchers et pépiniéristes de la région.

Le liquide est agité dans les bacs de bio-aération avec des palettes ; les résultats sont excellents.

En raison de la forte teneur en produits industriels, le liquide épuré est encore un peu coloré (couleur grise).

C. — LE TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES A GAZ

Usine de Hinckley et Station de Coventry.

J'ai indiqué plus haut le principe de la méthode utilisée avec plein succès à l'usine à gaz de Hinckley, près de Coventry. Les goudrons sont notamment éliminés par un précipitateur électrostatique.

Il résulte de ces opérations que les quantités d'ammoniaque, de thiocyanate et de phénols polyhydriques sont réduites dans les eaux résiduelles tandis que la concentration en phénols monohydriques augmente. Les eaux résiduelles ainsi traitées interviennent beaucoup moins dans l'épuration biologique des eaux d'égout que celles qui sont soumises aux procédés habituels.

Le *Water Pollution Research Laboratory* étudie à la Station d'épuration de Coventry, dans une annexe expérimentale, la répercussion qu'ont de telles eaux d'usines à gaz sur l'épuration biologique des eaux de ville.

D. — LE TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES D'UNE USINE DE VISCOSE (Société Courtauld, à Wolverhampton).

L'usine de Wolverhampton est une des principales usines de viscose du monde.

On sait que l'on part de la cellulose extraite du bois de sapin et qui est achetée en Scandinavie et au Canada sous forme de feuilles très épaisses analogues à du papier buvard.

Ces feuilles sont soumises à un traitement préalable à la soude pour enlever les impuretés organiques ; il en résulte des eaux résiduelles alcalines qui sont réutilisées en partie, la portion excédentaire étant dirigée sur des lits bactériens installés à l'usine même.

La cellulose est alors coupée en morceaux suivant des dimensions standard, puis immergée dans un bain contenant de la soude caustique en solution qui se combine à la cellulose pour former l'alcali-cellulose,

réduite ensuite en particules fines par traitement mécanique et emmagasinée dans des bacs pendant un certain temps.

L'alcali-cellulose est alors transportée dans des barattes où l'on ajoute du sulfure de carbone ; les particules prennent une teinte rouge orange due au xanthate de cellulose ; cette substance est dissoute ensuite dans des grands malaxeurs par de la soude caustique diluée : le fluide ainsi obtenu, de consistance voisine de celle du miel, est la *viscose*. On la fait « mûrir » pendant plusieurs jours dans de vastes réservoirs et on la filtre pour faire disparaître toutes les impuretés et la cellulose non dissoute.

Lorsqu'un mince fil de viscose pénètre dans un vase contenant de l'acide sulfurique dilué, la substance se solidifie et forme un fil continu. On utilise un bain d'acide sulfurique et de sulfate de zinc et l'on force la viscose à travers les trous minuscules d'une filière généralement en alliage or-platine, de la dimension d'un dé à coudre, mais percée parfois de 500 trous. Le bain acide est réutilisé le plus possible avant d'être envoyé dans la station d'épuration des eaux acides.

Le fil, formé de la torsion de plusieurs éléments, suivant la grosseur que l'on veut leur donner, est jaune ; on le lave à l'eau ; on ajoute du sulfure de sodium pour enlever les sulfures restants et on blanchit par traitement à l'hypochlorite de sodium. Le fil est alors savonné pour qu'il soit lustré, avant d'être séché et livré au commerce.

On a donc, en définitive :

1° des eaux alcalines, en provenance soit du traitement de la cellulose à la soude, soit des bains de fil au sulfure de sodium ;

2° des eaux acides, issues du bain coagulant d'eau acidulée (SO_4H_2 et SO_4Zn).

Ces eaux résiduelles sont traitées séparément.

Les *eaux alcalines* réutilisées au maximum sont envoyées dans des lits bactériens couverts où l'on insuffle de l'air, après addition d'une quantité infinitésimale de sels d'ammonium (phosphate et sulfate) pour favoriser l'action microbienne.

Les *eaux acides* sont neutralisées à la chaux, décantées une première fois puis envoyées dans des décanteurs secondaires après traitement à la soude. Le pH est ainsi ramené à la neutralité et le sulfate de zinc est précipité sous forme d'hydroxyde. L'effluent liquide est alors envoyé directement dans l'égout de la ville de Wolverhampton.

E. — TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUELLES D'UNE LAITERIE (Calveley, Cheshire).

Le procédé utilisé est celui de la double filtration alternative, bien mis au point en Angleterre par le Laboratoire de recherches sur la pollution des eaux.

Il s'agit d'une laiterie chargée de mettre le lait en bouteilles et qui n'a

FIG. 5. — Traitement des eaux résiduaires de laiterie
à Calveley (Cheshire).
(Reproduction autorisée par United Dairies Ltd.).

Photo GRIFFE.

FIG. 6. — Echelle de Pillochry. Vue générale.

Photo GRIFFE.

FIG. 7. — *Echelle de Pillochry. Entrée.*

Photo GRIFFE.

FIG. 8. -- *Echelle du Loch Tummel. Vue générale.*

Photo GRIFFE.

par conséquent que des eaux de lavage ; cette laiterie est importante puisqu'elle traite par jour 117.000 litres de lait.

Les eaux résiduaires après avoir été collectées sont envoyées dans un décanteur primaire, puis diluées dans un distributeur avec des eaux déjà épurées ; le flot ainsi dilué est envoyé sur un premier filtre bactérien, puis dans un décanteur secondaire (humus tank), de là dans un deuxième filtre et dans un deuxième décanteur secondaire. Le flot épuré est conduit, en partie à la rivière, en partie dans le distributeur pour diluer le flot non épuré. Pour éviter tout colmatage des filtres, l'ordre d'utilisation de chacun d'eux est inversé chaque quinzaine (fig. 5).

Cette méthode a été contrôlée de très près par le *Water Pollution Research Laboratory*, de 1935 à 1938.

Les expériences ont été faites :

— soit avec 1 volume d'eaux chargées en sérum avec 3 volumes d'eaux chargées en lait ;

— soit avec 1 volume d'eaux chargées en sérum avec 1 volume d'eaux chargées en lait ;

— soit avec 3 volumes d'eaux chargées en sérum avec 1 volume d'eaux chargées en lait ;

— soit, enfin, avec des eaux chargées uniquement en sérum.

Le B.O.D. du liquide non épuré variait de 1.280 à 450. L'effluent à la sortie de l'appareil, avait un B.O.D. variant de 10 à 3.

A Calveley, il s'agissait d'une laiterie seule ; mais, dans certaines laiteries-fromageries, la méthode a été utilisée avec succès également. Il suffit de diluer suffisamment l'effluent résiduaire.

§ II. — LE LABORATOIRE DE WINDERMERE ET L'ETUDE HYDROBIOLOGIQUE DES LACS

Mis sur pied depuis 1931, petitement d'abord, puis avec une ampleur accrue, le Laboratoire de Windermere, installé aujourd'hui à Ferry House (Ambleside) dans un ancien hôtel, au bord du Lac, a été magnifiquement adapté par des transformations multiples à ses nouvelles fonctions. Mon collaborateur, M. DUSSART, a donné dans le *Bulletin Français de Pisciculture* (n° 155, Octobre-Décembre 1949), à la suite d'une mission que je lui avais fait obtenir, un compte rendu détaillé de son séjour dans cette magnifique station, qui comprend aujourd'hui une dizaine de chercheurs et un personnel important d'aides-techniques et de garçons de laboratoire (1). Le Dr GILSON, avec qui j'ai eu un long entretien et qui a bien voulu me faire visiter en détail son laboratoire, m'a dit que le personnel de la Station était d'une trentaine de personnes. Elle dispose, en outre, de plusieurs voitures automobiles (camionnettes),

(1) 5 spécialistes, 4 assistants, 3 aides techniques, 1 bibliothécaire, 1 secrétaire, 1 régisseur de laboratoire, 2 hommes d'ateliers, 10 garçons de laboratoire, 1 chef comptable et une secrétaire.

de plusieurs embarcations à moteur et à rames (deux à moteur, six à rames).

Un établissement de pisciculture, à quelques kilomètres de Windermere, lui est annexé : on élève là des Truites et des Ombles en vue de l'expérimentation et j'ai pu noter un essai intéressant d'aération de l'eau par aspersion. Il en résulte une évaporation et, donc, un certain refroidissement du liquide, refroidissement, en vérité peu sensible ; ce sont là encore des essais expérimentaux mais qui devaient être signalés.

Dans le laboratoire même, est installé un thermomètre électrique enregistreur qui donne pour diverses profondeurs, à chaque instant, la température de l'eau du lac ; cette indication est fort importante, car c'est la température qui conditionne l'étude du peuplement biologique. Ce thermomètre a été mis au point par le Dr. MORTIMER, chargé de la limnologie physique, qui poursuit depuis quelques années de belles études sur les courants lacustres, en modèle réduit comme en plein lac.

La biologie est étudiée par différents spécialistes ; Miss FROST s'est attaquée à l'Omble chevalier, dont elle a mis en évidence la présence de deux variétés frayant dans des endroits et à des époques différents, l'une en Novembre, en profondeur, l'autre, au printemps, en surface.

M. Le CREN, est le spécialiste des Perches ; il en suit la croissance dans le Windermere grâce à des pêches fréquentes par nasses où il retrouve des individus qu'il a marqués préalablement à l'opercule.

Les Ombles chevaliers sont également l'objet d'études semblables, un procédé nouveau de marquage a été mis au point dans le laboratoire et mérite d'être signalé car il ne présente pas les inconvénients de certaines marques qui alourdissent le poisson. La marque, une petite plaquette métallique, est tout simplement glissée sous la peau de l'Omble chevalier au moyen d'une incision minuscule qui ne blesse en rien le poisson. Pour reconnaître celui-ci, on fait, au ciseau, une échancrure de 2 centimètres environ dans la peau de la partie anale de l'animal : la cicatrice qui se forme est très apparente et permet de reconnaître immédiatement le poisson.

Le Dr. MACAN est l'entomologiste du service, qui comprend encore un algologue, un chimiste et un bactériologiste.

L'équipe, nombreuse, est unie par la vie en commun dans une station isolée où les repas sont pris ensemble et où les célibataires ont leur chambre. Les visiteurs sont accueillis cordialement dans la Station et y trouvent, à des conditions exceptionnelles, le gîte et le couvert. Un de nos compatriotes le Dr. SENEZ, de Marseille, y a effectué, durant plusieurs mois, des recherches sur l'hydrobactériologie.

Le Laboratoire de Windermere est magnifiquement équipé pour remplir la triple mission de recherches, d'éducation (bibliothèque, collections) et de renseignements pratiques dont il a été chargé.

C'est un modèle et je ne pense pas qu'il y ait en Europe rien qui puisse lui être comparé pour l'hydrobiologie et la pisciculture.

Grâce à des excursions auxquelles a bien voulu nous convier le per-

sonnel du Laboratoire et notamment M. Le CREN, que je tiens à remercier particulièrement de son extrême obligeance, j'ai pu avoir un aperçu des lacs de la région.

Le Windermere est le plus important d'entre eux, je l'ai dit tout à l'heure ; comme il est profond (environ 60 mètres), c'est un lac oligotrophe à Salmonidés de fond et à Perches. On y trouve de l'Omble chevalier, de la Truite, des Perches, du Brochet, des poissons blancs (Véron) et de l'Anguille. La Loche et le Chabot, qui sont assez abondants, offrent aux Ombles une nourriture appréciée ; il n'y a pas de Corégones.

La pêche professionnelle aux filets et aux nasses y est interdite, si bien que le personnel du Laboratoire peut suivre parfaitement, avec tous les engins de capture, les expériences qu'il poursuit.

§ III. — LA STATION DE PITLOCHRY, EN ECOSSE ET LES RECHERCHES SUR LES SALMONIDES

La Station de Pitlochry récemment créée par le département d'Écosse à Édimbourg est un laboratoire d'État ; elle est encore logée dans des baraquements en planches, admirablement placée d'ailleurs, près du lac de retenue du barrage hydroélectrique de Pitlochry. Chargée tout spécialement de la Truite et du Saumon, dont on sait l'importance économique et touristique en Écosse, cette Station, dirigée par le Dr. PYEFINCH, a déjà une certaine importance. Une demi douzaine de chercheurs y travaillent, animés par le Directeur secondé par un excellent biologiste, le Dr. STUART. Ce sont là encore des spécialistes, biologistes surtout comme il se doit, mais aidés d'un chimiste. La Station dispose de plusieurs champs d'expérience dans les nombreux *Loch* écossais ; très récente, elle n'a pas encore fait paraître les résultats des recherches qu'elle poursuit et qui portent principalement sur la croissance et la nourriture de la Truite et du Saumon. Des essais expérimentaux sont poursuivis au laboratoire même sur les conditions de réussite, à l'éclosion, de boîtes d'alevinage analogues à celles récemment mises au point en France par un de mes adjoints, M. l'Ingénieur VIBERT. Une de ces boîtes était enfouie sous des graviers à une profondeur de 15 centimètres dans un aquarium d'expérimentation en verre qui permettait de suivre parfaitement le développement des œufs, la naissance des alevins et leur montée en surface à travers les interstices des pierres. Les premiers essais expérimentaux minutieux effectués sur la boîte anglaise confirment l'efficacité de la méthode pour les graviers grossiers.

Grâce à l'obligeance du Dr. PYEFINCH, j'ai pu visiter plusieurs de ces lacs et rivières ; dans les rivières c'est essentiellement le Saumon et la Truite qui constituent le peuplement ; dans les *Loch* qui communiquent avec une rivière, on retrouve encore la Truite et le Saumon (*Loch Tummel*), parfois l'Omble ; dans certains petits *Loch* isolés, comme le *Loch Kinadochy*, on ne note guère que du poisson blanc et du Brochet.

Quant à la soi-disant variété de Truite du *Loch Lewen* qui présenterait à la nageoire adipeuse une tache rouge caractéristique, elle est inconnue

des biologistes de la Station. J'ai eu l'occasion d'examiner quelques-unes des Truites fario de la région provenant de rivières et mises en aquarium ; j'ai pu constater qu'il y avait, selon les sujets, de grandes variations : l'une de ces Truites, notamment, portait deux taches rouges sur la nageoire adipeuse, une autre avait une bordure de la même coloration au même endroit, d'autres, enfin, n'avaient aucune tache. Ce sont là des variations locales comme il en existe chez tous les Salmonidés, Truite fario, Truite arc-en-ciel, Omble chevalier et Corégones.

Grâce encore à l'obligeance du Dr. PYEFINCH, j'ai pu examiner de très près deux des plus récentes échelles à Saumons construites en Écosse par les usines hydroélectriques qui se multiplient dans cette région montagneuse ; ayant pris quelques croquis et fait quelques photos, je crois utile de m'étendre un peu sur ces deux échelles dont l'efficacité a été reconnue.

1^o Échelle de Pitlochry sur le Tummel.

Le barrage de Pitlochry, construit par le Bureau hydroélectrique du Nord de l'Écosse (1), a une hauteur de 15 mètres. L'échelle, entièrement cimentée, qui affecte la forme d'un U, a une longueur d'environ 216 mètres et est constituée de 27 compartiments communiquant les uns avec les autres par un orifice noyé. Chaque compartiment a une longueur moyenne de 8 mètres, pour une largeur de 4 mètres (fig. 6).

La profondeur moyenne des bassins est de 2 m. 50, le centre de l'orifice circulaire qui les fait communiquer entre eux étant à environ 90 centimètres du fond. Le diamètre de l'orifice est d'environ 75 centimètres.

Cette échelle est située sur une des rives de la rivière ; l'entrée en aval, qui a une si grande importance est tout particulièrement soignée ; il faut, en effet, que le Saumon soit conduit presque automatiquement dans la passe qu'il doit remonter (fig. 7).

Ce qui caractérise l'échelle de Pitlochry, c'est l'installation d'une chambre d'observation construite sur une des parois latérales de la passe, près de son extrémité supérieure. Cette chambre d'observation permet d'examiner ce qui se passe dans deux compartiments successifs de l'échelle, au moyen de trois glaces. De plus, dès qu'un Saumon traverse le court canal de communication entre les deux compartiments, un « œil électrique » provoque l'enregistrement automatique du passage du Saumon. On sait ainsi exactement le nombre de Saumons qui passent dans l'échelle et ce renseignement est extrêmement intéressant. C'est ainsi que du 22 Avril 1951, début de la remontée, au 6 Juin 1951, date de ma visite, il avait été enregistré 1.471 Saumons, soit une moyenne de 32 Saumons par jour. De fait, en l'espace d'un quart d'heure d'observation, j'ai eu la grande joie de voir passer du compartiment inférieur au compartiment supérieur un magnifique Saumon. Il est important que les poissons

(1) Je remercie M. YOUNG, du Bureau Hydroélectrique du Nord de l'Écosse, à Édinburgh, qui a bien voulu examiner mon rapport et me donner les autorisations nécessaires.

puissent se remettre de ces montées successives dans des « chambres de repos ». Le Saumon que j'ai observé n'a fait que traverser la chambre inférieure, mais est resté très longtemps dans la chambre supérieure. Il arrive même qu'un individu, mais c'est très inhabituel, redescende dans le compartiment précédent ; il est donc, dans ce cas, enregistré trois fois ; une fois, à la montée, sur un enregistreur, une seconde à la descente, comme *Kell* sur un deuxième enregistreur, et de nouveau, sur

ECHELLE DE PITLOCHRY

le premier enregistreur, pour sa deuxième montée ; pour éliminer ces causes d'erreur, on a placé, à Pitlochry, des contrôleurs qui observent, jour et nuit, chacun des Saumons qui passe et notent son passage. Le chiffre que j'ai donné tout à l'heure est le chiffre officiel que j'ai relevé sur le « carnet de bord » de la chambre d'observation.

2° Échelle du Loch Tummel.

Cette échelle, du Bureau hydroélectrique du Nord de l'Écosse, située en amont de la précédente, sur la même rivière, assure le franchissement d'un barrage de 21 mètres, donc un tiers plus haut que celui de Pitlochry. L'échelle est du même type, formée de bassins successifs, mais évidemment plus nombreux (une quarantaine) toutefois un peu moins longs

et un peu moins larges. Comme pour l'échelle de Pitlochry, cette échelle a été construite et est entretenue par l'usine électrique concessionnaire (fig. 8).

* * *

Comme on vient de le voir, trois services spécialisés, chacun d'importance, répondent aux besoins de la production piscicole anglaise :

Le *Water Pollution Research Laboratory* organisme du Ministère des Recherches et des Inventions, est chargé exclusivement des rapports de la pollution avec la production piscicole.

Le *Windermere Laboratory*, laboratoire privé subventionné par l'État, est plus particulièrement spécialisé en biologie des poissons et en hydrobiologie générale.

Quant au *Brown Trout Laboratory*, propriété du département d'Écosse, à Edimbourg, il a son action limitée à cette contrée ; elle se trouve plus spécialement axée sur les problèmes concernant les Salmonidés.

Ces laboratoires — et c'est ce qu'il y a lieu de souligner — tout en étant indépendants, collaborent cependant activement entre eux. Il y a une coordination des recherches grâce aux Conseils scientifiques dont ils sont pourvus. C'est ainsi que M. PENTELow, Inspecteur en chef des pêcheries d'eau douce au Ministère de l'Agriculture et des Pêcheries, à Londres, fait partie des conseils de ces trois stations et y donne le point de vue de la pisciculture officielle. Il n'y a pas ainsi de double emploi.

L'Angleterre est actuellement admirablement outillée au point de vue des recherches piscicoles ; si elle a fait dans le domaine de l'hydrobiologie des progrès importants, c'est beaucoup parce que l'État a compris, selon la propre expression du Docteur GILSON, Directeur du *Windermere Laboratory*, qu'il n'était plus possible, pour lui, de se désintéresser de la technique et que c'était elle, en définitive, dans tous les domaines, qui conditionnait la grandeur d'une nation.