

La révolution des boues activées a 100 ans

B. EL OIFI¹ et B. VÉDRY²

¹ Département de Génie Civil Environnemental, Institut d'Ingénierie et de Mécanique, Université de Bordeaux, avenue des Facultés - Bât. B18, 33405 Talence, France

² RESNATURALIS SARL, 24 380 Vergt, France

*Auteur de correspondance : Bouchra El Oifi, bouchra.el_oifi@u-bordeaux.fr

Résumé – Le traitement des eaux usées des grandes cités continentales se faisait par épandage sur sol en place jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle. Mais les recherches continuaient pour trouver des procédés moins immobilisateurs de surfaces périurbaines. Des progrès à partir de 1900 sont réalisés en épuration biologique au moyen de lits bactériens et de filtres à sable en particulier aux États-Unis à la station expérimentale de Lawrence. Un procédé à culture libre étudié au centre de Lawrence est prédaté puis mis au point en Angleterre par un universitaire expert en assainissement G.J. Fowler qui bouleverse les perspectives économiques de l'épuration des eaux usées. C'est le procédé des boues activées révélé en 1914, qui se développe immédiatement en Angleterre malgré la guerre et encore plus aux États-Unis, où un conflit de propriété industrielle entre les métropoles américaines et l'entreprise de G.J. Fowler est déclaré. Ces grandes métropoles des États-Unis entraînent le succès mondial du procédé, qui reste jusqu'à aujourd'hui la principale technique d'épuration des eaux usées.

Mots-clés : Eaux usées, boues activées

Abstract – The activated sludge revolution a 100 years ago.

New sewage purification process, less area consuming, were urgently investigated to stand for irrigation fields. Heavy research programs were carried out in the Lawrence Experimental Station (N.Y., USA) under H.W. Clark on contact beds, percolating beds, and sand filters. G.J. Fowler from the Manchester University came to visit the latest experimentations of H.W. Clark and caught up there the idea of a potential industrial process which he developed, tested and matured in Manchester. It is the celebrated Activated Sludge Process published in 1914. In spite of WWI it expanded immediately giving birth to several variations. Large cities in the U.S. tested and built plants with this process resulting in legal conflicts between them and Fowler's patents. However, the choice of the activated sludge process by some large cities entailed a worldwide success for the process which remains still today, one hundred years after its creation, the leading process for sewage purification.

Keywords: Sewage, activated sludge

INTRODUCTION

Le procédé des boues activées est le traitement des eaux usées le plus largement répandu, depuis les très grandes cités jusqu'à l'habitat isolé avec un système d'assainissement individuel. Sa naissance, les procédés qu'il a concurrencés et déplacés, son expansion initiale extraordinaire sont quelque peu ignorés. C'est à l'occasion de son centenaire qu'il convient de rappeler et d'honorer sa genèse sans toutefois oublier que ce procédé a aussi ses inconvénients particuliers.

1. ÉTAT DE L'ART DU TRAITEMENT DES EAUX USÉES AVANT 1900

Le procédé général reposait sur l'épandage associé à des cultures agricoles. Deux précurseurs des champs d'épandage étaient bien connus avant 1870 qui montraient la voie de la technique de l'épandage agricole pour épurer les eaux usées (Daverton, 1922 ; Vedry, 1996) :

- l'irrigation des champs d'orangers à Valence en Espagne au moyen des eaux usées de la ville,

réglementairement collectées et distribuées sous l'autorité d'un tribunal ; système qui datait des arabes au X^e siècle ;

- les *campi marcite* (champs pourris) milanais. Il s'agissait d'épandage d'eau d'égout en lame mince sur des sols en pente engazonnés exposés au sud pour produire du fourrage même en hiver. Plusieurs facteurs concourraient à l'épuration et à l'absence d'odeurs : effet de serre, développement d'algues et de biofilm avec des bactéries fixatrices du soufre à l'arrivée de l'eau brute, production de traces d'ozone, biofilm bactérien sur les feuilles d'herbe, remaniement du biofilm par une microfaune protozoaire et métazoaire et dépôt des suspensions d'eau sur les herbes, fonctionnement pérenne par pousse permanente des herbes support de croissance des biofilms épurateurs. Il fallait toutefois faucher l'herbe régulièrement pour entretenir le système.

Les grands champs d'épandage

En Angleterre, quelques champs d'épandage existaient, pas de grandes dimensions en surface mais donnant de bons résultats. Le champ de Craigentiny en Écosse était remarquable parce que, fonctionnant avec de l'eau usée brute, il permettait, grâce aux publications de ses résultats, le calcul du dimensionnement d'autres installations (Cirelli, 2006).

En France, les études scientifiques commencent en 1868 à Clichy au débouché des égouts de Paris dans la Seine. Une application en vraie grandeur est faite à Gennevilliers en 1874, puis en 1895 et 1900 à Achères sur 5 500 hectares (Lutz, 2000).

En Allemagne, l'ingénieur Hobart conçoit à Berlin en 1880 des épandages agricoles sur 15 000 hectares (Darmond, 1999).

En Russie, à Moscou il y avait les champs d'épandage de Lublino (Bessonoff *et al.*, 1928).

Ce procédé, apparemment simple et rationnel, a des inconvénients : l'immobilisation immobilière périurbaine, le coût d'aménagement énorme, la priorité à l'agriculture sur l'épuration, les mauvaises odeurs pour les riverains, la médiocre utilisation de l'azote par les plantes.

2. ÉVOLUTION DU TRAITEMENT DES EAUX APRÈS 1900

Outre les champs d'épandage, trois filières de procédés existent : lits bactériens de contact, lits bactériens percolateurs, les décanteurs.

Les lits bactériens de contact

Dès 1895, en Angleterre, W.J. Dibdin développe les lits bactériens de contact. Ce procédé consiste en un bassin

rempli de matériaux filtrants, support de croissance bactérienne, qu'on remplissait d'eau usée ; on laissait en contact pendant deux heures environ l'eau et les matériaux recouverts de biofilm. C'était la phase de contact. Puis on vidait rapidement le bassin de son eau considérée comme épurée, l'air remplaçait l'eau et oxygénait la biomasse fixée sur le matériau. C'était la phase d'aération qui durait deux à trois heures. On remplissait à nouveau le bassin avec de l'eau brute, et le cycle continuait.

W.J. Dibdin, mettait trois bassins de contact en cascade (Dibdin, 1908) : l'eau du premier, qui avait une granulométrie grossière du matériau, se déversait dans le second bassin à granulométrie inférieure, pour finir dans un troisième bassin à granulométrie de type sable (<2 mm). C'était un fonctionnement en discontinu par bâchées. L'inconvénient était l'accumulation de la biomasse au cours du temps, entraînant l'anoxie des bassins et empêchant ainsi l'épuration.

W.J. Dibdin (Dibdin, 1922) faisait alors des essais d'injection d'air dans le matériau pour décrocher les biomasses en excès pour ensuite les recueillir en surface. Ce sont les premiers essais d'injection d'air dans un lit de contact qui joueront un rôle essentiel dans l'histoire des boues activées. W.J. Dibdin améliora le fonctionnement des lits bactériens en installant une fosse septique en amont qui avait pour rôle, tel un décanteur de nos jours, de retenir les suspensions de l'eau brute ce qui diminuait considérablement la fréquence des colmatages des lits de contact.

Il améliora une fois de plus, vers 1910, les lits de contact en remplaçant les matériaux de remplissage plutôt sphériques par des dalles d'ardoise empilées et espacées de quelques centimètres. Il augmentait ainsi la surface de contact, facilitait grandement la circulation de l'eau et de l'air. Une macrofaune de vers colonisait la boue et la minéralisait en un humus stabilisé. Les lits de contact en ardoise seront au cœur de l'idée des boues activées.

Les lits bactériens percolateurs

Le procédé de lits bactériens percolateurs, inventé en 1893 par Joseph Corbett à Serford (Peter, 1925) tendait vers 1900 à supplanter celui des lits de contact. Il consistait en un bassin rempli de matériaux, supports de croissance (coke ou mâchefers) posés sur radiers perforés. L'eau usée était distribuée en continu et ruisselait sur le matériau au moyen de divers systèmes : ponts baladeurs, tourniquets hydrauliques, becs asperseurs.

C'était un procédé d'alimentation en continu. Les lits bactériens percolateurs n'étant jamais immergés, ils permettaient ainsi une circulation d'air permanente dans les matériaux et donc permettaient moins de risques d'anoxie que les lits bactériens de contact.

Les décanteurs

Certaines villes bénéficiant de grands fleuves ou de bords de mer estimaient pouvoir rejeter les eaux usées dans le milieu naturel, débarrassées au préalable seulement de leurs matières en suspension. L'autoépuration des puissants fleuves ou de la mer était censée éliminer la pollution dissoute. C'était le cas de l'Allemagne, des États-Unis et de certaines villes d'Angleterre. Une condition était nécessaire cependant : éviter de rejeter des eaux excessivement chargées en pollution dissoute. Les fosses septiques ainsi étaient évitées car leurs eaux s'enrichissent en produits de la fermentation.

Les trois procédés principaux utilisés pour éliminer les suspensions étaient (Peter, 1925) :

- les décanteurs de type Dortmund, décanteurs statiques installés sur des affluents du Rhin, à savoir Ruhr et Emscher notamment ;
- les fosses Travis, apparues à Hampton en Angleterre, consistaient en un bassin de décantation à deux compartiments, le premier, le décanteur à temps de séjour court (deux heures environ), et un volumineux compartiment accumulant les boues du décanteur, le temps de séjour étant de l'ordre de cinquante jours. La boue s'y digérait en conditions anaérobies sans perturber la décantation. Le docteur Travis améliora vers 1905 son procédé en installant des lattes de bois dans le compartiment décanteur. Des biofilms microaérobies se développaient sur les lattes adsorbant une partie de la pollution dissoute de l'eau décantée. Ces lattes s'appelaient « décolloïdeurs » ;
- les fosses Imhoff, mises au point à l'institut hygiéniques de Rellinghausen près de Essen par Karl Imhoff, étaient une amélioration du système Travis. Elles comportaient un décanteur-digesteur à deux compartiments mais avec collecte du biogaz potentiellement utilisable comme carburant. Imhoff, fit lui-aussi usage des « décolloïdeurs » comme le docteur Travis. Le procédé des fosses K. Imhoff connu aux États-Unis avant 1914 un remarquable succès dans le traitement des eaux brutes avant rejet dans le milieu naturel. On verra que les fosses K. Imhoff remaniées furent les premiers bassins utilisés pour les boues activées américaines.

3. BESOIN DE NOUVELLES TECHNIQUES VERS 1914

Dans les grandes villes possédant des champs d'épandage, un problème général se posait dans les années 1912/1913 ; c'était la recherche toujours croissante de

nouveaux terrains d'épandage. L'expansion des villes au début du XX^e siècle devenait importante, entraînant un débit croissant d'eaux usées et les champs d'épandage existants se trouvaient toujours sous-dimensionnés avec une surcharge en polluants

Les champs d'épandage ayant nécessité des emprunts considérables ainsi que des dispositions juridiques très complexes, notamment les clauses de durée des contrats entre agriculteurs et champs d'épandage des villes, il n'était pas question de supprimer ces champs pour les remplacer par un procédé novateur, même plus performant. Alors les industriels en charge de l'assainissement étudiaient ces nouveaux procédés en tant que prétraitement des eaux brutes avant leur application sur champs d'épandage. L'eau étant épurée, il devenait possible d'en distribuer plus sur les sols d'épandage. On évitait ainsi de rejeter des eaux brutes non traitées dans le milieu naturel.

4. LA STATION EXPÉRIMENTALE DE LAWRENCE

C'était un centre expérimental prestigieux en amont de New York.

Depuis 1892 on y expérimentait des lits de contact, des filtres à sable et l'influence de la granulométrie du sable sur le colmatage. C'est à Lawrence qu'on avait mis au point les paramètres de la filtration sur sable, la taille effective et le coefficient d'uniformité, toujours d'actualité, en assainissement non collectif (ANC) notamment.

Expérience fondatrice de l'idée des boues activées

Les chimistes Harry W. Clark et Stephen D. Cage (Metcalf et Eddy, 1922, 1935), qui depuis des années testaient la filtration sur lits bactériens, travaillaient sur une expérimentation de longue haleine qui avait pour but de traiter les eaux usées avant rejet en mer. Plusieurs modalités étaient comparées :

- aération par bullage de l'eau usée avec et sans algues. Certains flaconsensemencés en algues étaient clos sans bullage ;
- épuration de la même eau usée sur lits bactériens de contact à ardoises comme référence.

Les essais étaient conduits dans des séries de flacons contenant des dilutions croissantes d'eau usée. Régulièrement, après décantation, le liquide surnageant des flacons était enlevé, analysé et remplacé par de l'eau usée à la même dilution que l'eau éliminée.

Il ressortait de ces essais que les eaux en présence d'algues et en flacon fermés épuraient aussi bien que les eaux aérées par insufflation d'air et sans algue et aussi, par

ailleurs que les eaux issues du lit de contact à ardoises, témoin de fonctionnement conventionnel.

5. L'INNOVATION : GILBERT JOHN FOWLER

En 1912 à Manchester en Angleterre, un professeur d'université, chimiste et biochimiste, G.J. Fowler (Fowler et Mumford, 1913 ; Fowler, 1902), également salarié de l'administration des eaux de la ville de Manchester, supervisait les travaux de recherche de la station d'épuration de Manchester (Davyhulme) pour étudier les moyens de pré-traiter les eaux d'égout. G.J. Fowler était reconnu comme expert en la matière, auteur de livres techniques d'analyse et de plusieurs publications. Il travaillait avec deux chimistes de la ville de Manchester, fraîchement diplômés de l'université de Manchester, E. Ardern et W.T. Lockett. Parallèlement il menait certains travaux avec E.M. Mumford (Fowler et Mumford, 1913) spécialiste des bactéries ferrugineuses. J.G. Fowler s'était intéressé aux lits bactériens de contact aérés artificiellement par injection d'air pour combattre le colmatage du lit. En 1912, G.J. Fowler participe à un congrès aux États-Unis, puis est consulté par la ville de New York sur le problème de la pollution de la baie par les rejets des eaux usées et leur refoulement par les marées le long de la côte.

Il visita à cette occasion la station de Lawrence et reçut les explications des essais par Clark lui-même. Il eut une idée qu'il tût, retourna à Manchester et lança immédiatement des expériences de confirmation de ses hypothèses. La vision de Fowler était que d'après les essais « lawrenciens » l'agent efficace de l'épuration était les bactéries du sédiment des flacons. Les algues qu'il contenait, fournissaient l'oxygène à des colonies de bactéries qui devaient être présentes, notamment des bactéries nitrifiantes puisqu'il y avait nitrification de l'ammonium qui se produisait très rapidement. Fowler entrevoyait un procédé consistant à conserver la biomasse, le levain en somme, qui se produit en bullant dans l'eau d'égout et qui est tout à fait analogue aux bioglées des lits de contact à ardoises, pour exploiter ses propriétés. Il comprenait que Clark occupé par ses expériences gigantesques avec leur pesant formalisme ne pourrait pas rapidement exploiter industriellement ses découvertes. Des essais étaient nécessaires pour mettre au point les détails de ces nouveaux principes.

Fowler conduisit deux séries d'essais simultanément.

L'une à la station d'épuration de Manchester (Davyhulme) avec deux collaborateurs de la ville de Manchester, E. Ardern et W.T. Lockett, diplômés de l'Université de Manchester avec les moyens analytiques et expérimentaux du laboratoire de la station. L'autre à l'Université avec deux stagiaires chercheurs chimistes

et biochimistes, E.M. Mumford et Gladys Cliffe. Fowler choisissait des collaborateurs avertis et rôdés avec lesquels il avait déjà produit des travaux et publié.

L'expérience avec Mumford consistait à cultiver dans un tonneau aéré par un bullage fin, produit par injection d'air à travers une brique poreuse, des colonies de bactéries ferrugineuses baptisées « M7 » en présence d'eau usée. Les bactéries ferrugineuses avec leur gaine d'oxyde de fer décantaient bien et étaient potentiellement des agents oxydants, Fowler fondait beaucoup d'espoir dans cette expérience (Fowler et Mumford, 1913).

L'expérience à la station de la station de Davyhulme reproduisait une partie des essais de Clark, ceux qui consistaient à buller dans des flacons remplis d'eau d'égout et, après décantation, à rejeter l'eau surnageant, puis à recueillir avec soin les dépôts formés, et à remplir à nouveau avec une eau usée brute.

Au cours de l'année 1913, il apparaît que les bactéries M7 ne donnent pas les résultats espérés, la nitrification n'étant pas au rendez-vous, l'eau reste trouble mais un considérable savoir-faire sur pilote semi-industriel a été acquis, l'art d'aérer une culture bactérienne par un diffuseur poreux, la conception du pilote et son fonctionnement en discontinu par bâchées.

Par contre les essais au laboratoire de la station de Davyhulme, après un démarrage pénible, s'avèrent prometteurs, les intuitions de G.J. Fowler sont vérifiées. G.J. Fowler fait d'ailleurs prendre un brevet d'invention par le directeur W. Jones d'une société amie spécialisée en épuration des eaux, Jones & Attwood Limited, à l'insu de son employeur la ville de Manchester.

La présentation publique des boues activées

Lors d'un congrès de la société des industries chimiques le 3 avril 1914, E. Ardern et W.T. Lockett présentent les résultats de leurs essais effectués en 1913. Le titre de la communication est : « *Experiments on oxidation of sewage without aid of filtration* » (Arden et Lockett, 1914a, b).

Il indiquait d'emblée qu'il s'agissait d'essais contournant le procédé conventionnel des filtres, c'est-à-dire les lits bactériens de contact ou percolateurs. Il faisait allusion aussi par le mot « aide » à l'utilisation des filtres comme élément fiable d'une filière complexe de traitement et ménageait avec précaution les villes équipées de ces installations et leurs industriels. En mentionnant la notion biochimique d'oxydation, le titre de la communication indiquait l'intention des auteurs de rester universitaires, manieurs de concepts sans interférences directement industrielles ou commerciales et donc inattaquables.

Le terme de *boues activées* apparaît pour la première fois désignant la biomasse produite par le procédé.

Les auteurs remerciaient G.J. Fowler de ses précieux conseils techniques et mentionnaient les essais de H.W. Clark aux États-Unis.

Les points importants de ces travaux sont :

- l'agent de l'épuration et de nitrification des eaux usées est une boue décantable. La boue activée est une biomasse contenant des bactéries stimulées, activées par un conditionnement préalable indispensable qui consiste à aérer assez longtemps en présence de substrat l'eau usée suffisamment tamponnée par des bicarbonates de calcium ;
- il n'y a pas de matériaux support de croissance, ce qui est une des causes principales du coût financier des lits bactériens ;
- le temps de séjour dans le bassin pour une épuration parfaite est de 6 heures, bien moins que dans les lits bactériens ;
- le volume d'eau traitée par volume de bassin est nettement supérieur à celui des lits bactériens ;
- le fonctionnement est discontinu, un seul bassin assure les fonctions d'activation (aération) et de décantation.

Les auteurs curieusement ne prennent pas de brevets d'invention.

Trois publications dans les revues anglaises *Journal of the societies of chemical industries*, (J. Soc. Chem. Ind.) (Arden et Lockett, 1914a, b, 1915) et « *The Surveyor* » précisent et complètent la communication initiale. Elles font notamment état d'essais sur pilote semi-industriel dont les résultats sont transposables à des installations réelles. Notons que ces essais ont été faits sur des pilotes analogues aux essais de E.M. Mumford, des tonneaux équipés de bulleurs d'air à travers des briques poreuses.

Un concurrent accrocheur

En 1910, à la station de Salford, proche de Manchester, étaient faits des essais directement à l'échelle semi-industrielle, inspirées des expériences qu'Arden et Lockett faisaient à Davyhulme. Le chimiste de la station E. Melling avec l'appui de son fougueux supérieur avaient rendu visite à leur voisin et s'étaient fait expliquer leurs expériences dans des flacons. Ils avaient cru pouvoir reproduire les mêmes essais mais à une échelle plus grande et sans les nombreuses modalités expérimentales d'une recherche universitaire.

En 1915 E. Melling (Arden et Lockett, 1915) publiait ses résultats et trouvait un intérêt immédiat chez les exploitants de lits bactériens du monde entier. Ils y reconnaissaient parfaitement leurs propres problèmes et l'ébauche d'une solution pratique, contrairement aux études d'Arden et Lockett, certes détaillées, mais longues à

analyser du fait des essais sur pilotes de laboratoire et non facilement transposables à grande échelle.

E. Melling expliquait qu'il avait réutilisé un bassin déclassé, une ancienne fosse, l'avait équipée d'injection d'air et avait réussi en des temps relativement courts à faire des boues activées qui décantaient dans le bassin en arrêtant l'air. Il exploitait avec succès le bassin selon le système d'alimentation discontinue par bâchées. En Angleterre beaucoup de stations d'épurations firent, de même, leurs propres essais semi-industriels sur des bassins déclassés en vue de passer à l'échelle industrielle. Cet article sera lu à Paris par les responsables de l'assainissement qui pourront facilement faire des expériences analogues. À Moscou, à la même époque, les exploitants des champs d'épandage faisaient des essais identiques.

Les variantes des boues activées

Au cours des essais dans des fosses ou bassin déclassés mis à la disposition des expérimentateurs imitateurs d'Arden et Fowler des difficultés apparurent, résolues de diverses manières, conduisant à des procédés d'aération très différents de ceux de Jones & Attwood (alias Fowler).

John Haworth (Fontaine, 1927 ; Dienert, 1922), un des cadres de la station de Sheffield, après plusieurs années d'essais, mit au point un système d'aération qui échappait aux brevets Jones & Attwood. C'était une aération par moyen mécanique et non plus par insufflation. Des roues à aubes, véritables génératrices de houle, mettaient en mouvement dans des bassins en long la boue activée qui s'aérait au contact de l'air. Un décanteur clarificateur séparait eaux épurées et boues qui étaient reconduites en aération. Ce système connut un beau succès. Une des premières unités de boues activées construite en France fut le système Sheffield à Mont Mesly.

Joshua Bolton (Fontaine, 1927 ; Dienert, 1922) à Sutton mit au point un bassin original qui combinait les deux fonctions distinctes des boues activées, l'aération et la décantation. C'était un bassin combiné appelé *Simplex*. L'aération originale était faite par une turbine de surface qui entraînait la circulation des boues et leur projection en l'air en une puissante gerbe au cours de laquelle la boue s'oxygénait. Un des premiers bassins de boues activées en France sera l'unité *Simplex* à la station expérimentale de Colombes.

Ainsi en 1921 au moins 4 variantes de bassins de boues activées existaient.

- Système fonctionnant par bâchées, donc non continu, décrit dans les essais sur tonneaux de Arden, Lockett, Melling. C'est le système actuel *Sequencing Batch Reactor (SBR)*.

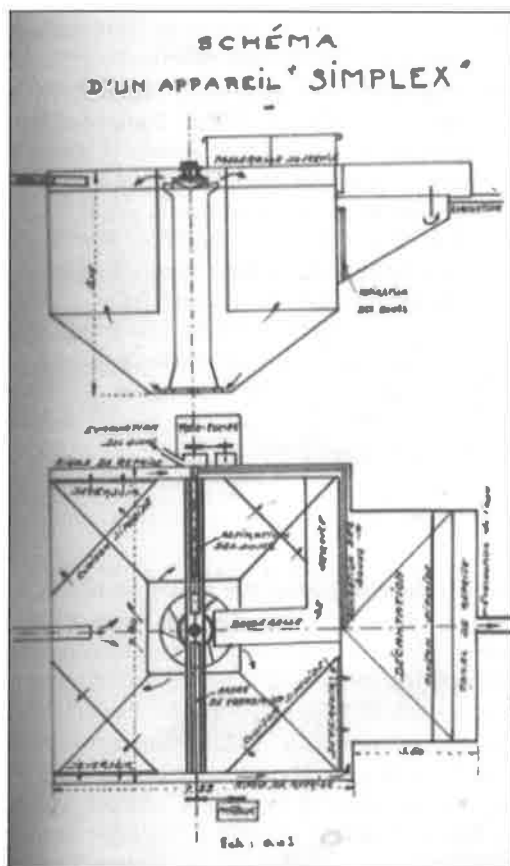


Schéma 1. Plan du bassin SIMPLEX de John Bolton.

Scheme 1. Drawing of a John Bolton plant called SIMPLEX.



Fig. 1. Bassin type Scheffield à roues à aube.

Fig. 1. Sheffield type tank with paddles.

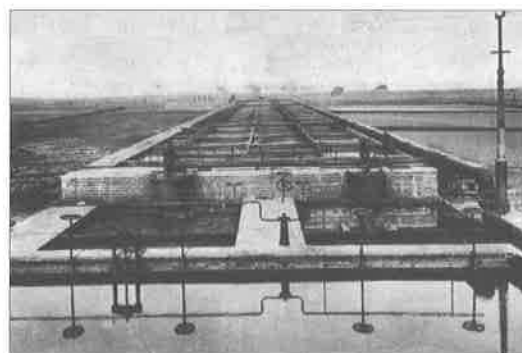


Fig. 2. Vue générale de la station d'épuration de Davyhulme. La première station à échelle industrielle de boues activées de Manchester à Davyhulme.

Fig. 2. First industrial activated sludge plant in Davyhulme near Manchester.

- Système des entreprises Jones & Attwood et *Activated Sludge*, en continu, comportant un bassin d'aération permanente par dalles poreuses recevant l'eau usée, un décanteur avec recyclage des boues, un bassin de réactivation intermédiaire, aéré en permanence, sans eau usée et recevant les boues recyclées du décanteur.
- Système Simplex, bassin combiné avec aération par turbine de surface (Schéma 1).
- Système Sheffield, à longs canaux parallèles avec aération par roues à aubes, suivi de décanteurs avec recyclage de la boue décantée dans les canaux d'aération (fig. 1).

G.J. Fowler l'industriel

Tout en restant salarié de la ville de Manchester, Fowler entra comme directeur des projets chez Jones & Attwood où il retrouvait son ancien partenaire pour l'équipement du tonneau pilote de E.M. Mumford, J. Coombs qui entre-temps avait rallié Jones & Attwood avec la fonction de

directeur technique. Le propriétaire Jones, détenteur des brevets était le troisième directeur de l'entreprise. La société prend plusieurs brevets sur la manière d'aérer des bassins au moyen de dalles poreuses et de disposer les parois de bassin pour faciliter et régulariser la circulation des boues dans le bassin d'aération et leur mélange avec l'air injecté.

Les villes anglaises qui avaient fait des essais exploratoires sur des bassins semi-industriels passaient maintenant à la construction d'ouvrages définitifs, quand elles découvrirent l'existence des brevets Jones & Attwood. La ville Manchester regimba rappelant que Fowler avait mûri son projet avec le personnel et équipement de la station de Davyhulme (fig. 2) et que les brevets auraient dû appartenir aux chercheurs ou à la ville, leur employeur. Fowler magnanime ou pragmatique laissa la ville Manchester construire sa station de boues activées sans faire valoir ses droits aux redevances.



Fig. 3. La station d'épuration à boues activées de Milwaukee sur le lac Michigan.

6. LES BOUES ACTIVÉES AUX ÉTATS-UNIS

Il est indiqué plus haut que l'idée des boues activées est née à la station expérimentale de Lawrence, d'un visiteur G.J. Fowler. Toutefois, aux États-Unis, grâce aux nombreuses publications, les essais de H.W. Clark (Metcalf et Eddy, 1922, 1935) étaient connus.

De nombreuses équipes pluridisciplinaires municipales, comme en Angleterre, faisaient des essais de ce nouveau procédé sur des bassins déclassés disponibles et réaménagés, souvent d'anciennes fosses Imhoff, très présentes alors aux États-Unis.

Après quelques années d'essais pour comprendre le procédé et pour affiner le dimensionnement, les villes dans les années 1925 commençaient à construire leurs propres stations d'épuration à boues activées à taille réelle. Milwaukee, Saint-Louis, Detroit, Indianapolis, Houston étaient sur les rangs.

La Ville de Milwaukee (Metcalf et Eddy, 1922, 1935), en particulier, avec son dynamique responsable des essais chimiques, T.C. Hatton¹, était très avancée dans la construction de sa grande station quand elle fut surprise de se voir opposer les brevets de la société Activated Sludge Inc., émanation de la société anglaise Activated Sludge Ltd. qui était elle-même une filiale de la société mère Jones & Attwood Ltd (fig. 3). Un litige juridique s'ensuivit qui dura jusqu'en 1933, fin de la validité des brevets. Milwaukee et les autres villes durent payer des royalties.

¹ Il pensait que les boues activées étaient du domaine public à cause de la conférence d'E. Arden et T.W. Lockett le 3 avril 1914 et que de toutes façons les travaux de Clark étaient antérieurs à ceux des anglais. Par ailleurs, il avait consulté G.J. Fowler en tant que professeur de l'université de Manchester sur le projet de la station de Milwaukee et pensait avoir des relations de chercheur et non de services commerciaux.

C'est ainsi que les États-Unis par leurs stations gigantesques, appuyées sur une recherche universitaire dynamique installèrent définitivement le procédé des boues activées, qui reste en tête des techniques d'assainissement dans le monde.

CONCLUSION

Un départ décisif en Angleterre, un bond puissant en avant aux États-Unis, fondateur décisif du procédé, telle est l'installation du procédé des boues activées comme le traitement privilégié et novateur des eaux usées.

En France le procédé est expérimenté à la station de Colombes dès 1917. Quelques stations d'essais sont construites, à Mont Mesly et à Colombes dans les années 1925. C'est après la deuxième guerre mondiale que chaque ville aura sa station. Achères, la principale station d'épuration de Paris, avec 4 tranches d'ouvrage de boues activées en 40 ans, donc 4 évolutions techniques du procédé, devient la troisième plus grande station à boues activées connue. Les recherches les plus modernes continuent d'être faites sur ce procédé biologique qui renforce la connaissance scientifique et technique à son sujet. Les grandes villes asiatiques s'équipent avec ce procédé qui s'assure ainsi un avenir sans concurrence.

RÉFÉRENCES

- Arden E. et Lockett W.T., 1914a. Experiments on oxidation of sewage without aid of filters, *J. Soc. Chem. Ind.* 10, part I, 523.
- Arden E. et Lockett W.T., 1914b. Experiments on oxidation of sewage without aid of filters, *J. Soc. Chem. Ind.*, 23, part II, 1022.
- Arden E. et Lockett W.T., 1915. Experiments on oxidation of sewage without aid of filters. *J. Soc. Chem. Ind.* 34, part III, 937.
- Bessonoff I.S., Savostianoff P.S., Welitchkine N.M., 1928. The intermittent Irrigation Fields of Luberzi (Moscow) during the first 10 years of operation (1914-1924). *5th report Res. Comm.* 9, p. 152.
- Brault J. M., 2009. Modélisation hybride de boues activées dans l'industrie des pâtes et papiers : étude et prédiction du foisonnement filamenteux. Thèse. École Polytechnique de Montréal, 273 p.
- Calmette A., 1901, les procédés biologiques d'épuration des eaux résiduaires, revue municipale de Paris, sn Paris, ISSN 1248394X
- Cambier R. et Cavel M., 1923. Épuration des eaux d'égout du département à la station expérimentale de Mont-Mesly en 1922, *Annales des Services Techniques de la Ville de Paris*, T.4.
- Cirelli C., 2006. Environnement et usages de l'eau. Doctorat Université Paris 8, 436 p.

- Clark H.W. et Gage S.D., 1909. A review of twenty-one years Experimentation upon the purification of sewage at the Lawrence Experiment Station, annual report, state board of health, 114.
- Comte S., 2005. Interactions entre les exopolymères extraits de biomasses épuratoires et les métaux, doctorat de l'Université de Limoges, 111 p.
- Darmond P., 1999. L'homme et les microbes XVIIe-XXe siècle, Fayard, EAN 9782213602912.
- Daverton A., 1922. Assainissement des villes et égouts de Paris, Paris Dunod Editeur, 792 p.
- Dibdin W.J., 1908. The purification of sewage on state beds. Public Health, pp. 228-230.
- Dienert F., 1922. Epuration des eaux et assainissement des cours d'eau, école spéciale des travaux publics, Paris, 604 p.
- Fontaine M., 1927. L'épuration des eaux d'égout : application anglaise de la méthode des boues activées. *Le Génie Civil*, 26 p.
- Fowler G.J. Mumford, E.M., 1913. Preliminary Note on the Bacterial Clarification in Sewage. *Royal San. Inst. Journ.*, 34 p.
- Fowler G.J., 1902. Sewage works analyses, New York, J. Wiley & sons ; London, P. S. King & son, 135 p.
- Haworth J., 1924. Sewage disposal in Sheffield. Annual meeting of the institution of Municipal and County Engineers.
- Lutz J., 2000. Les épandages dans le parc agricole d'Achères, Graphein, 129 p (ISBN 978-2910764241).
- Melling S.E., 1915. Aeration of Sewage and other Foul Liquids. British Patent, pp. 1124-1130.
- Metcalf L. et Eddy H.P., 1922. Sewerage and Sewage Disposal, Mc Graw-Hill Book Company.
- Metcalf, L., Eddy H.P., 1935. American Sewage Practice ; McGraw-Hill Book Company.
- Peter H., 1925. Méthodes modernes d'épuration des eaux d'égout en Europe et en Amérique, bulletin technique de SN, pp. 16-20.
- Vedry B., 1996. Balade écologique au fil de la seine en 1900, éditions Graphein, 159 p.
- Iconographie : Archives Bernard Védry.