

AD. KEMNA. — Stérilisation des eaux par l'ozone.

La firme Siemens et Halske de Berlin a été la première à appliquer l'ozone à la purification des eaux. Dès l'année 1891, des résultats expérimentaux obtenus par elle étaient publiés par A. Fröhlich (1) et par Ohlmüller (2). Peu de temps après, le baron Tindal et ses divers collaborateurs ouvraient aux intéressés leur station expérimentale de Oudshoorn, près de Leyde, et installaient des appareils à l'Exposition d'hygiène de Paris en 1895; appareils dont le fonctionnement fut étudié par l'Institut Pasteur. L'attention se porta ensuite sur les appareils producteurs d'ozone, et il y a ici à citer les noms de Marmier et Abraham (Lille), Andreoli (Londres) et Otto (Paris).

Il s'agissait maintenant de passer à la pratique, de montrer l'applicabilité en grand de ces procédés. Il a été question d'une installation considérable à Saint-Maur, pour les eaux de Paris, d'après le système Tindal; mais le projet ne paraît pas avoir reçu d'exécution. A la suite de l'Exposition (grand concours) de Bruxelles en 1897, le Gouvernement belge créa à Blankenberghe, près d'Ostende, une installation pour 2 000 mètres cubes par jour; après une épuration chimique préliminaire par les procédés Howatson, les eaux devaient être stérilisées par le procédé Tindal. Les résultats de ce double traitement n'ont pas été satisfaisants, et il y a actuellement des filtres à sable ordinaires. Le procédé Marmier et Abraham a été appliqué à Emmesin pour les eaux de Lille; mais cette usine ayant dû être modifiée, l'ozonisation a été suspendue. Ainsi, pour des causes diverses, aucune installation d'ozonisation en grand n'a tenu.

Il est d'autant plus intéressant d'apprendre que pendant toute cette période, la firme Siemens et Halske avait continué ses études et les considère comme assez avancées pour pouvoir, à son tour, passer à l'application. On se rappellera la communication du docteur Weyl, l'hygiéniste bien connu, au Congrès des ingénieurs allemands à Cassel

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1901, XII, p. 340.

(2) *Arb. Kais. Gesundheitsamt*, VIII, p. 229.

en 1899. M. Weyl était, à cette époque, collaborateur de la firme Siemens et Halske (1).

La communication actuelle émane du docteur G. Erlwein, chef du service chimique de la firme. Elle a pour titre : *Trinkwasserreinigung durch Ozon nach dem System von Siemens et Halske* et a paru dans le journal *Gesundheit*, 1901, n° 15.

L'installation actuelle à Martinikenfelde, Berlin, 8, Kaiserin Augusta Allee, est pour 10 mètres cubes par heure. Nous donnons l'adresse, parce que le local est ouvert à tous ceux qui s'intéressent à la question.

L'eau employée est celle de la Sprée en aval de Berlin. La teneur bactérienne (après filtrage rapide par un filtre mécanique, sous une pression de 0^m,2 à 2 mètres d'eau, avec une vitesse de 1 mètre par heure) varie de 40 000 à 60 000 germes par centimètre cube. Sa composition chimique est en moyenne une oxydabilité de 0^{gr},004 d'oxygène par litre, correspondant à environ 0^{gr},016 de permanganate réduit. C'est donc une eau très impure.

Les installations se composent :

- 1° D'une pompe élévatrice;
- 2° De filtres mécaniques pour retenir les substances en suspension;
- 3° D'une tour maçonnée de 5 mètres de haut, remplie de galets de la grosseur du poing et où se produit le contact de l'eau avec l'air ozonisé;
- 4° Du producteur d'ozone, système à plaques;
- 5° D'un appareil dessiccateur de l'air, soit une machine à glace;
- 6° D'une pompe pour fouler l'air.

Il y a en outre divers réservoirs et bassins pour l'eau. On a eu soin de donner aux divers appareils le plus possible des dimensions d'unité; c'est ainsi que les plaques de l'ozonisateur ont 1 mètre carré de surface, et que la section de la tour maçonnée est également de 1 mètre.

Le courant alternatif a 10 000 à 15 000 volts. Deux couples de plaques consomment 1 cheval-vapeur et donnent par cheval-heure de 25 à 30 grammes d'ozone, à une concentration de 5 grammes d'ozone par mètre cube d'air. La quantité d'air ozonisé à employer par mètre cube d'eau n'est pas donnée; mais il y a un tableau qui indique la consommation en ozone par mètre cube d'eau; cette quantité est en moyenne de 2 1/2 grammes; comme il est peu probable que le passage à travers l'eau utilise la totalité de l'ozone formé, on peut estimer à au moins 1 mètre cube l'air nécessaire à 1 mètre cube d'eau.

(1) Voir *Technologie sanitaire*, 1^{er} janv. 1901, V, p. 269.

Pour une installation complète de 100 à 120 mètres cubes à l'heure, y compris bâtiment et pompes pour fouler l'eau dans la canalisation en ville, mais non compris cette canalisation, le coût est évalué à 135 000 Mark, dont 60 000 pour le bâtiment, la décantation et les filtres mécaniques; l'ozonisation et ses appareils accessoires coûteraient donc 75 000 Mark comme frais de premier établissement.

Les frais d'exploitation pour l'ozonisation seule seraient :

Force motrice	1.086 Pfennig.
Salaires, nettoyage, etc.	0.229 —
	1.315 Pfennig ou 0 ^{fr} .01643

Passons maintenant à l'examen des résultats bactériologiques et chimiques.

Il y a à remarquer d'abord que le titre de la communication ne parle pas de stérilisation, mais uniquement d'épuration. Il y a là une nuance. En fait, sur 77 analyses, il n'a été obtenu de l'eau stérile que 18 fois. Le plus souvent, il reste quelques colonies, une demi-douzaine; le plus haut chiffre est 34. L'auteur déclare (p. 11) que, quelle que soit la teneur bactérienne de l'eau brute, il a toujours été obtenu une réduction jusqu'à la mesure pratiquement tolérable.

En examinant attentivement le tableau des analyses, on remarque que parfois les plaques de gélatine avec l'eau ozonisée se sont liquéfiées. Des quatre analyses du 10 décembre (à 10, 12, 2 et 4 heures), les plaques de l'eau brute des trois premiers prélèvements sont marquées : *verflüssigt*, liquéfiées; la dernière plaque donne 56 420 colonies. Pour l'eau purifiée, la plaque de 10 heures du matin est également marquée « liquéfiés »; celle de midi est cotée : « 4 verflüssigt »; — celle de 2 heures : « 2 verflüssigt » — celle de 4 heures est stérile.

Les analyses du 14 novembre donnent le résultat suivant :

	Eau brute.	Eau pure.
10 heures.	—	—
	verflüssigt	3 zum Theil verflüssigt
12 »	—	—
2 »	verflüssigt	0
4 »	verflüssigt	—

La liquéfaction des plaques, sauf le cas d'un accident de laboratoire amenant une température trop élevée pour la gélatine, est le résultat de la pullulation rapide de nombreux micro-organismes. Si les résultats doivent toujours être interprétés ainsi, il en résulterait que dans ces

cas il y a eu interruption dans la production d'ozone. Cette possibilité avait été signalée par Lindley dans la discussion de 1899. Or, la brochure de M. Erlwein donne la description d'un appareil construit plus tard; et l'on remarque que des précautions spéciales ont été prises pour signaler acoustiquement, par des moyens mécaniques très ingénieux, toute interruption dans le travail normal et en même temps écarter du réservoir d'eau pure les eaux qui traversent en ce moment l'appareil.

Il n'est donné aucun renseignement sur la nature des microbes qui échappent ou résistent à l'action de l'ozone. L'auteur attribue leur persistance à la présence d'une quantité notable de matières organiques, tant en suspension qu'à l'état dissous. « Ces matières absorbent une portion notable de l'ozone avant son action sur les bactéries. » Mais ici on retrouve une anomalie que j'ai déjà signalée antérieurement : pour $2\frac{1}{2}$ grammes d'ozone employé, l'oxydabilité de l'eau en oxygène ne diminue que de trois quarts de gramme. Voici peut-être l'explication de 3 atomes constituant la molécule d'ozone : 2 se combinent pour former de l'oxygène ordinaire et le troisième seul est actif. Or, la diminution d'oxydabilité de l'eau est assez exactement le tiers de la quantité d'ozone employée. Il y aurait donc une concordance quantitative remarquable entre la théorie et la pratique en grand.

Les auteurs de la méthode au permanganate ont admis que 1 partie d'oxygène peut détruire 20 parties de matières organiques; $\frac{3}{4}$ de gramme d'oxygène par mètre cube, ou $\frac{3}{4}$ de milligramme par litre, devraient donc détruire 15 milligrammes de matière au litre. Or, les déterminations du résidu solide ne montrent pas une différence constante de cette nature, pas plus que la détermination du carbone organique par la méthode à l'acide chromique.

L'acide nitreux est transformé en acide nitrique. Une augmentation d'acide nitrique par synthèse directe aux dépens de l'azote de l'air n'a pas pu être constatée.

L'ammoniaque de l'eau reste d'ordinaire intacte, quoique de petites quantités d'ammoniaque libre, ajoutées à l'eau, soient toujours oxydées. On a déterminé de même, par addition directe, que les sels ammoniacaux, les amines et les alcaloïdes ne sont pas attaqués.

Quant aux gaz dissous, les variations sont purement une conséquence physique de l'étalement et du barbotage; il y a départ d'acide carbonique, augmentation d'air dissous. L'élément important ici, est l'ozone lui-même. Au sortir du mélangeur, l'eau en renferme $0^{\text{mgr}},2$ au litre, mais il disparaît en quinze secondes. Une corrosion des tuyaux de fonte n'est donc pas à redouter.

La brochure de M. Erlwein décrit encore plusieurs formes différentes d'appareils et rend compte d'expériences faites avec des eaux ferrugineuses et tourbeuses, notamment à Kœnigsberg. Les questions d'appareil sont d'intérêt plus spécial pour les ingénieurs électriciens; les expériences de Kœnigsberg n'ont fait en somme que confirmer les résultats déjà obtenus antérieurement.

Dans sa communication de 1899, à Cassel, le docteur Th. Weyl sonnait la charge contre le filtrage au sable, que l'ozonisation devait balayer, sans en laisser d'autre trace qu'un mauvais souvenir. Les théoriciens ont ainsi de ces emballements. M. Erlwein se montre beaucoup plus réservé. Son procédé lui paraît devoir surtout s'implanter comme adjuvant à la filtration, quand une installation est devenue insuffisante; on pourrait alors faire marcher les filtres à grand débit, ne leur demander qu'un dégrossissage préliminaire et l'ozone assurerait la pureté bactériologique du filtrat. Un autre cas serait celui des eaux ferrugineuses du sous-sol, que, comme on pourrait le prévoir, l'ozone décolore aisément par oxydation du fer. Il y aurait donc à examiner le coût comparé, dans le premier cas, de l'extension des filtres et de l'installation de l'ozone; — dans le second cas, celui des eaux profondes ferrugineuses, le coût des ozoniseurs et le coût des installations connues d'aéragage pour ces eaux. Si réellement l'ozone est, ou meilleur marché, ou plus efficace, on peut s'en reposer sur la sagacité des intéressés pour voir le procédé rapidement se répandre.

AD. K.

(Extrait de la *Technologie sanitaire*.)
