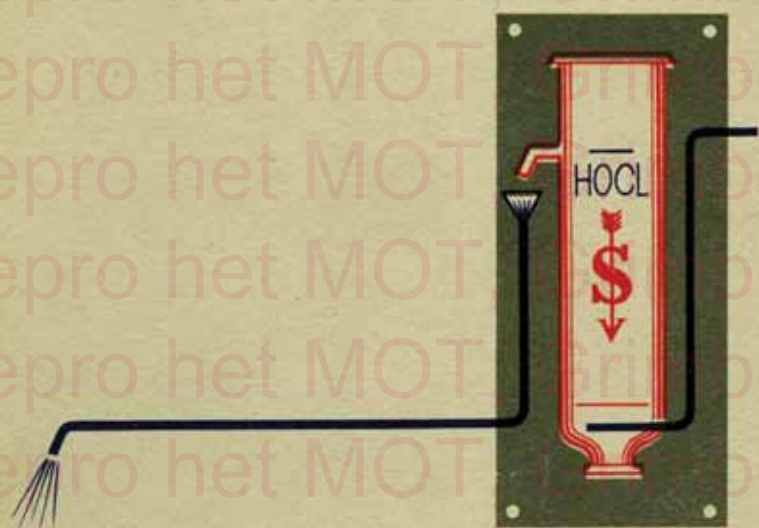


STÉRILISATION STABILISATION ET ÉPURATION DES EAUX

par l'Acide Hypochloreux

procédé **SOLVAY & C^{IE}**

GÉNÉRALITÉS



Solvay & C^{ie} 33, rue Prince Albert, Bruxelles

**STÉRILISATION
STABILISATION
ET ÉPURATION DES EAUX**

PAR L'ACIDE HYPOCHLOREUX

Procédé SOLVAY & C^{IE}

J. David

GÉNÉRALITÉS

STÉRILISATION STABILISATION ET ÉPURATION DES EAUX

PAR L'ACIDE HYPOCHLOREUX

Procédé SOLVAY & C^{ie}

GÉNÉRALITÉS

A) AVANT-PROPOS.

Les découvertes et les théories de Pasteur ont amené à cette constatation que l'eau qui a été au contact avec la vie animale ou végétale, est un véhicule de germes des maladies et que les matières organiques mortes qu'elle charrie sont le foyer d'une activité microbienne intense et putride.

Dès lors est apparue la nécessité de rendre ces eaux, d'où qu'elles viennent, incapables de nuire à la santé publique, et par conséquent de les épurer. Parfois aussi l'épuration s'impose en vue de certains usages industriels.

La diversité des causes de POLLUTION des eaux, ainsi que la considération de leur destination, posent de nombreux problèmes dont la solution pourrait se résumer en trois procédés garantissant leur sécurité : la STÉRILISATION, la STABILISATION, et d'une manière générale, l'ÉPURATION.

Pour faire comprendre aisément les explications résumées dans cet opuscule, même au lecteur non familiarisé avec ces questions, nous croyons utile de définir les mots soulignés ci-dessus. Nous le faisons le plus simplement possible.

POLLUTION.

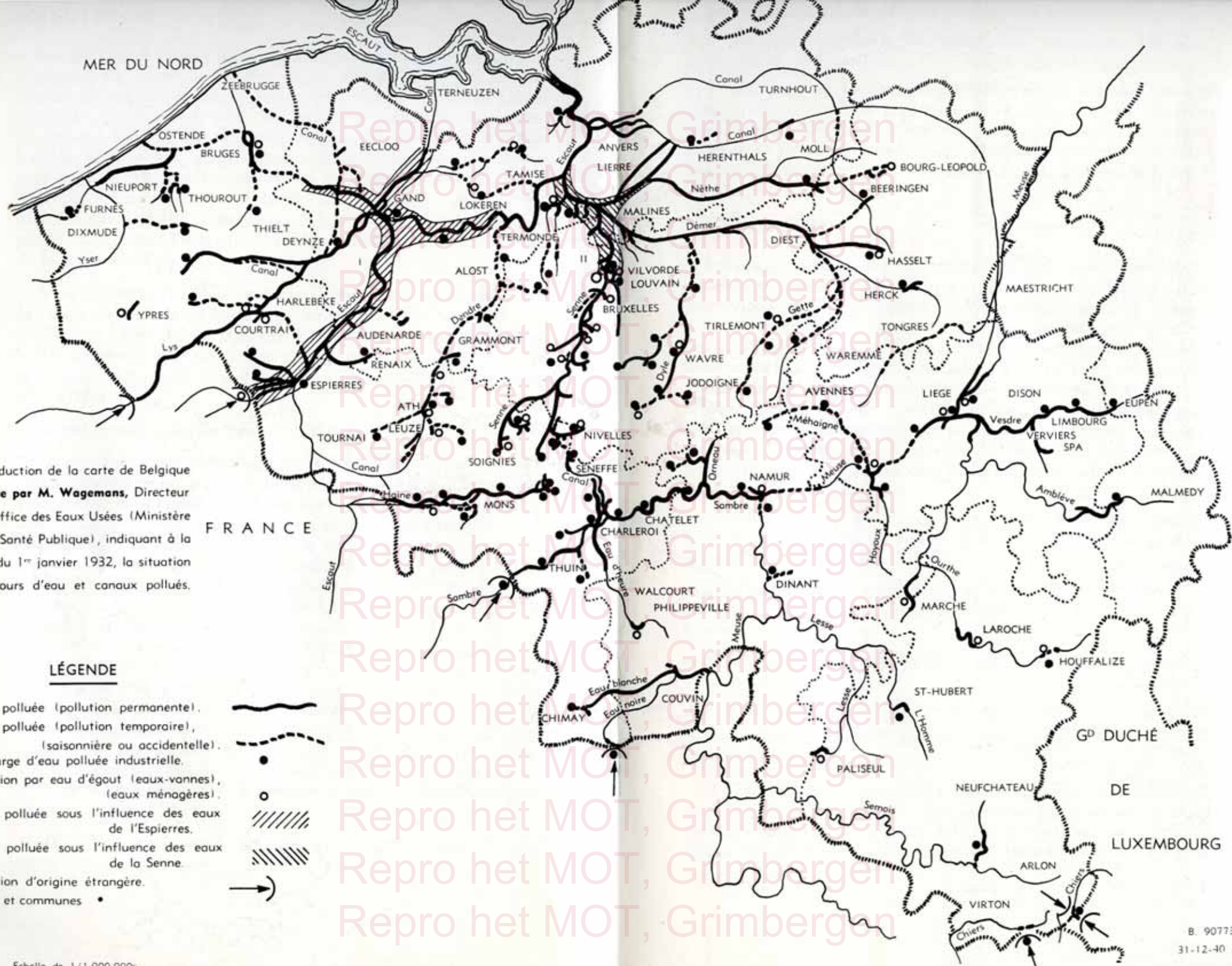
Presque tous les cours d'eau des bassins hydrographiques belges, y compris les canaux et les plus petites rivières, sont pollués ; la plupart le sont d'une façon permanente, les autres d'une façon saisonnière ; certains le sont sur tout leur parcours, les autres localement. Bien souvent ils constituent des cloaques à odeur pestilentielle, charriant des germes infectieux. Seul le bassin de la Meuse supérieure en Belgique, jusque Namur, échappe à la contamination générale croissante d'année en année : voir la carte ci-contre indiquant la situation des cours d'eau et des canaux pollués et dressée par M. Wagemans, Directeur de l'Office des Eaux Usées, Ministère de la Santé Publique.

Aussi les Pouvoirs Publics se sont alarmés de ce malheureux état de choses qui ne fait qu'empirer et devient préjudiciable à la santé publique et à l'emploi des eaux par l'industrie. La nécessité d'épurer les eaux s'impose impérieusement pour apporter un remède au mal grandissant. On parle donc aujourd'hui beaucoup de pollution et d'épuration.

Quand peut-on dire qu'une eau est *polluée* ?

En principe, il y a pollution chaque fois qu'un apport étranger (eaux résiduaires ou matières quelconques) modifie d'une façon permanente ou du moins pour une certaine durée, la composition biologique (capacité de vie animale ou végétale) ou chimique d'une eau naturelle au point d'empêcher le développement de la *bonne* faune aquatique et de ne plus permettre la vie aux poissons. Dans ce cas l'eau est *complètement* polluée et devient certainement impropre à la consommation par les hommes et les animaux. De plus elle est, telle quelle, souvent inutilisable par l'industrie. La pollution n'est pas toujours poussée aussi loin et peut permettre la vie à quelques rares poissons résistants ; même dans ce cas, elle n'en constitue pas moins un grand danger pour le consommateur. Parfois aussi les eaux sont uniquement contaminées par des germes pathogènes (qui causent les maladies) sans présenter à première vue les signes d'une eau polluée. Elles peuvent encore n'être que simplement chargées d'une flore microscopique (telles les algues) ou d'éléments chimiques qui en entravent l'emploi judicieux pour certains usages.

Les principales causes de pollution sont le déversement dans les cours d'eau :



Reproduction de la carte de Belgique dressée par M. Wagemans, Directeur de l'Office des Eaux Usées (Ministère de la Santé Publique), indiquant à la date du 1^{er} janvier 1932, la situation des cours d'eau et canaux pollués.

LÉGENDE

- Zone polluée (pollution permanente).
- Zone polluée (pollution temporaire, saisonnière ou accidentelle).
- Décharge d'eau polluée industrielle.
- Pollution par eau d'égout (eaux-vannes, eaux ménagères).
- Zone polluée sous l'influence des eaux de l'Esperies.
- Zone polluée sous l'influence des eaux de la Seine.
- Pollution d'origine étrangère.
- Villes et communes.

1° des eaux d'égouts de ville non traitées préalablement ;

2° des eaux résiduaires des installations sanitaires : hôpitaux, sanatoriums, cliniques, etc. ;

3° des eaux résiduaires d'industries traitant soit des matières organiques putrescibles (sucreries, conserves, abattoirs, équarrisages, colles, laiteries, brasseries, lavoirs de laine, tanneries, rouissages, etc.), soit des matières minérales nocives (industries chimiques, métallurgiques, minières, cokeries, usines à gaz, etc.).

STERILISATION.

Les eaux, quels que soient leurs aspects et indépendamment des matières organiques putrescibles ou minérales (en solution ou en suspension) qu'elles transportent, et des microorganismes vivants dont elles sont chargées, peuvent véhiculer une catégorie de bactéries appelées *pathogènes*. On désigne ainsi tous les microbes qui causent les maladies infectieuses telles, pour ne citer que les plus graves : la diphtérie dont le croup est une forme, le typhus qui attaque surtout les jeunes gens, la tuberculose dont le bacille de Koch se porte non seulement aux poumons mais sur tous les organes du corps, le charbon qui frappe insidieusement les hommes et les animaux, le tétanos qui produit la tension convulsive et douloureuse des muscles, etc.

C'est l'eau qui, le plus souvent, sert de véhicule à tous ces agents contagieux. Dès qu'elle est suspectée de contenir l'un de ces pathogènes, il faut la stériliser.

La stérilisation est une opération par laquelle on détruit les bactéries pathogènes qui constituent un danger pour la santé des hommes et des animaux.

Nous classons les procédés de stérilisation en deux catégories suivant l'effet obtenu :

1° Ceux dits « bactéricides », c'est-à-dire qui tuent réellement les bactéries ainsi que leurs *germes sporulés* (œufs) qui sont de loin les plus résistants.

2° Ceux dits « empêchants » (terme employé en médecine surtout vétérinaire), c'est-à-dire qui ne tuent pas complètement les pathogènes, du moins les spores, mais les placent dans un milieu qui arrête leur développement et leur multiplication. Dans ce cas le

microbe, ou sa spore, conserve la vie à l'état latent, il (elle) attend des circonstances favorables pour poursuivre son évolution.

Citons un exemple :

Supposons que les eaux résiduaires d'un abattoir renferment le microbe du charbon. Si nous les traitons avec une dose suffisante d'un antiseptique nous tuons le microbe y compris sa spore, sans aucune possibilité de reprise de vie. L'effluent sera stérilisé « bactériologiquement » ; on pourra même boire son eau sans danger de gagner le charbon. Au contraire, si la dose du réactif stérilisant est insuffisante pour tuer la spore, celle-ci continue à vivre dans son enveloppe, mais la présence de l'antiseptique arrête son évolution, elle est « tamponnée », c'est une stérilisation dite « empêchante ». Retirons la spore de ce milieu défavorable et plaçons-la dans un bouillon de culture, à bonne température ; aussitôt elle reprend une vie active, elle germe et donne naissance à une colonie. Ce phénomène se produira si un animal ingurgite ainsi des spores tamponnées, drainées par les eaux. Dans le corps de l'animal les spores trouvent la nourriture et la chaleur nécessaires à leur développement. Si les spores sont nombreuses, il faudra toute la robustesse de l'animal et souvent l'intervention vétérinaire ou médicale pour enrayer la maladie.

STABILISATION.

« Stabiliser une eau » voilà certes une expression peu connue par beaucoup d'entre nous. On stabilise les eaux qui sont le siège de *putréfactions* ou qui sont *chimiquement* actives. Rappelons d'abord ce qu'est une putréfaction. Celle-ci consiste dans la décomposition de matières animales ou végétales privées de vie, accompagnée d'un dégagement de gaz fétides. Pour qu'elle ait lieu, il faut des germes microbiens, anaérobies principalement, avec un certain degré de chaleur et d'humidité. Dans les liquides, la putréfaction se produit comme suit. Au commencement il se développe des organismes microscopiques qui absorbent l'oxygène dissous dans l'eau tout en attaquant les matières organiques ; c'est le travail aérobie qui s'arrête dès que l'oxygène manque. Le travail ainsi préparé est continué par des animaux minuscules, les vibrions et ensuite par les microbes anaérobies ; les uns et les autres vivent dans un milieu exempt d'oxygène. Ils décomposent la matière organique azotée en produits complexes d'abord, plus simples ensuite, avec dégagement de gaz fétides. Après la transformation finale, appelée

digestion, la matière et par conséquent le milieu, ne se modifient plus. L'eau est rendue stable.

Mais la putréfaction elle-même constitue un danger lorsqu'elle se fait dans le voisinage des hommes et des animaux, elle rend l'eau malsaine, la charge de gaz désagréables et nocifs; l'absence d'oxygène dissous supprime la possibilité de vie à la faune et à la flore aquatiques. De plus les matières putréfiées sont un foyer à pathogènes et à vers nuisibles.

Pour éviter ces inconvénients il faut procéder à la digestion des matières putrescibles dans des conditions qui ne présentent aucun danger, ou bien il faut empêcher leur putréfaction. Le traitement suivi rendra l'eau stable biologiquement, c'est-à-dire qu'elle ne sera plus susceptible de modification, soit d'une façon permanente, soit d'une façon temporaire.

S'il s'agit d'une eau chimiquement active, on neutralisera les éléments chimiques actifs présents, acides ou bases, et l'eau sera ainsi rendue chimiquement stable.

« Stabiliser une eau » est donc une opération par laquelle on fixe ses caractères physiques, chimiques et biologiques, en supprimant toute possibilité de fermentation et de réactions chimiques.

Appuyons cette définition par un exemple.

1° Stabilisation permanente.

Traisons une eau d'égout de ville par l'un ou l'autre procédé qui pratiquement enlève toutes les matières organiques putrescibles, en suspension ou en solution, et qui en même temps retient les microbes de la fermentation. Après traitement, l'effluent sera stabilisé d'une façon permanente puisque, ultérieurement, il ne pourra plus donner lieu à des fermentations malodorantes, faute de matière fermentescible. Si de plus nous le traitons par un adjuvant antiseptique tuant les pathogènes qu'il pourrait encore véhiculer, la stabilisation sera complétée par une stérilisation. La stabilisation permanente exige donc la destruction des matières organiques putrescibles.

2° Stabilisation temporaire.

Si nous traitons cette même eau par un réactif qui tue les ouvriers de la fermentation, les aérobies et les anaérobies, mais ne détruit pas, ou pas complètement, les matières organiques putrescibles, on dira que l'effluent est stabilisé temporairement, faute de microbes

dont la vie est rendue impossible par la présence du réactif antiseptique. Dès que celui-ci sera épuisé et si les matières azotées rencontrent une nouvelle colonie microbienne, la fermentation reprendra son action. Si de plus nous avons traité l'effluent par un antiseptique puissant tuant les pathogènes, la stabilisation temporaire sera accompagnée d'une stérilisation. La stabilisation temporaire se limite donc à tuer les ferments et à attaquer en surface les matières organiques, attaque qui « patine » ces dernières et leur donne une certaine résistance à une putréfaction ultérieure.

EPURATION.

Ce mot est employé dans le langage courant pour désigner indifféremment toute une gamme d'opérations. On dit par exemple qu'on épure à la chaux et à la soude les eaux destinées à l'alimentation des chaudières : ici il s'agit d'un adoucissement d'eaux trop dures. On dit aussi qu'on épure les eaux de réfrigération des condenseurs d'une centrale pour désigner un simple traitement anti-algues dans le but d'éviter le « salissement » des tubes des condenseurs. On dit encore qu'on épure les eaux d'alimentation d'une papeterie lorsqu'il s'agit d'une clarification au moyen de filtres qui retiennent les matières en suspension tels les sables et les argiles, ... et ainsi de suite.

Dans les exemples cités ci-dessus le mot épuration a une signification restreinte se limitant au but poursuivi.

Il prend une signification plus étendue si on l'applique au traitement des eaux résiduaires urbaines, traitement qui assure l'enlèvement des matières inorganiques, la destruction et l'enlèvement des matières organiques (stabilisation). Dans le sens le plus étendu il comprend également la destruction des pathogènes (stérilisation) et la neutralisation chimique.

Nous définissons donc l'épuration comme suit :

Dans le sens « complet » c'est l'opération par laquelle on débarrasse les eaux des matières qu'elles charrient, tant organiques qu'inorganiques, en suspension ou en solution, en assurant en même temps la destruction des pathogènes et des agents microbiens divers. Elle comprend donc intrinsèquement dans ce cas la stérilisation et la stabilisation en même temps que la clarification et la neutralisation chimique.

Dans un sens « restreint » l'épuration se limite à un enlèvement partiel des corps étrangers que l'eau contient.

B) COUP D'ŒIL HISTORIQUE SUR L'ÉPURATION DES EAUX.

VOIES BIOLOGIQUE ET CHIMIQUE.

Les procédés chimiques d'épuration furent essayés il y a une cinquantaine d'années surtout pour lutter contre des épidémies qui sévissaient alors un peu partout. Ils furent abandonnés peu à peu devant l'application des méthodes biologiques. Les causes de ce délaissement sont nombreuses, mais leur développement ici nous entraînerait trop loin. La principale était que le volume trop important de certaines matières organiques charriées, ou leur texture trop compacte, empêchaient l'action chimique d'être totale en pénétrant jusqu'au cœur de ces amas.

Pratiquement la javellisation et la verdunisation seules subsistèrent pour stériliser principalement les eaux destinées à la consommation (eau potable). Dans ces procédés on utilise le chlore, l'eau de Javel (hypochlorite de soude), ou l'hypochlorite de chaux. Ces corps sont dissous dans l'eau à traiter en assurant mécaniquement leur division la plus parfaite possible dans la masse (appareil Bunau-Varillat). On rencontrait aussi quelques cas d'épuration des eaux où l'on avait recours aux coagulants physico-chimiques, tels la chaux, la soude, les sels d'alumine, les sels de fer et surtout le chlorure ferrique.

Si l'on excepte ces cas d'application, la voie chimique fit place à la voie biologique qui trouve son origine dans le fait suivant. Comme nous l'avons dit plus haut, dans le § stérilisation, les substances organiques abandonnées à elles-mêmes dans leur milieu servent d'aliments à quantité de microbes qui les décomposent jusqu'à l'extrême limite. Il y a digestion microbienne. Cette notion a fait naître la méthode d'épuration (stérilisation et stabilisation) par voie biologique, c'est-à-dire la destruction de la matière putrescible par les microbes : fosses septiques, champs microbiens, filtres

percolateurs, boues activées. Est-ce la solution définitive ? Il ne le semble pas.

Aujourd'hui et malgré l'engouement poussé à l'extrême pour le procédé dit des « boues activées », dernier cri de la voie biologique, on constate une nette tendance vers l'utilisation de la voie chimique chaque fois que la chose est possible.

Nous ne pouvons dans cette petite brochure passer en revue les multiples causes qui sont à la base de ce revirement. Donnons-en seulement quelques-unes :

1° les procédés biologiques présentent de sérieux inconvénients tant techniques qu'économiques ;

2° l'idée qui s'impose de plus en plus chez les Pouvoirs Publics comme chez les spécialistes de l'épuration, pour lutter contre la pollution générale des eaux, consiste à recourir à des procédés non onéreux qui assurent seulement une épuration partielle, une stabilisation temporaire (nous y ajoutons la stérilisation) des eaux résiduaires diverses. Le but que l'on recherche est le « blocage », le « tamponnement » de la putréfaction ; on laisse aux eaux réceptrices des cours d'eau le soin d'achever l'épuration par la voie naturelle *aérobie* sans émanation pestilentielle, la plus simple et la plus économique.

Cette conception, suivie dans la pratique, éviterait l'installation de stations de grande envergure, onéreuses et délicates. Evidemment, dans chaque cas d'application, la puissance auto-épuratrice du cours d'eau devra rester supérieure au pouvoir polluant résiduaire de l'effluent traité, de façon à éviter la pollution des eaux réceptrices. La stabilisation temporaire ainsi comprise est aisément réalisée par la VOIE CHIMIQUE ;

3° parfois les circonstances exigeront une épuration complète. Pour répondre avec sécurité à cette exigence exceptionnelle, nous estimons qu'il faudra envisager une combinaison de procédés d'épuration qui se complètent, car aucun procédé n'est universel. Presque toujours dans ce cas, la voie chimique constituera un adjuvant obligatoire préparant ou parachevant l'effet de la voie biologique ou physique ;

4° la voie chimique permet d'obtenir avec certitude et par un traitement des plus simples la destruction des pathogènes propagateurs des maladies. Elle apporte ainsi une contribution essentielle à l'hygiène publique. La voie biologique n'arrive pas toujours au

même résultat ; elle n'est pas sûre, surtout s'il s'agit de tuer la forme filtrante de certains microbes ;

5° de grands progrès ont été réalisés dans la technique des procédés chimiques par la mise au point de modes opératoires appropriés à chaque cas d'espèce.

Résumons-nous :

D'une part la voie biologique est très onéreuse, elle exige l'emploi subséquent de la méthode chimique bactéricide, elle est délicate et ne supporte la variation des débits que par l'emploi d'artifices.

D'autre part, dans bien des cas, la voie chimique à elle seule sera suffisante, car elle assure la stérilisation et la stabilisation des eaux traitées en attendant qu'elles subissent l'action autoépuration des cours d'eau.

VOIE CHIMIQUE OXYDANTE.

Lorsqu'il s'agit d'enlever les matières organiques ou inorganiques des eaux, la voie chimique utilise les *coagulants physico-chimiques* tels ceux déjà énumérés (p. 11) ; s'il s'agit de stériliser et de stabiliser les eaux, elle utilise des réactifs *oxydants* et on dira qu'on applique la voie chimique oxydante.

Parmi les réactifs chimiques oxydants et déshydrogénants, le chlore a toujours été le principal agent utilisé, surtout comme antipathogène et pour détruire les cryptogames microscopiques. Son emploi est recommandé aujourd'hui pour traiter également les eaux résiduaires diverses putrescibles. Employé seul il arrête la fermentation des matières azotées en tuant les ferments et les bacilles, et en attaquant en surface les matières putrescibles. Il répond ainsi à la conception nouvelle de l'auto-épuration. Il intervient aussi très heureusement comme adjuvant de préparation et d'achèvement dans l'épuration complète des eaux, en liaison avec des coagulants physico-chimiques ou avec un procédé biologique réduit.

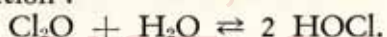
Le chlore est employé tel quel, dissous dans l'eau ou à l'état d'hypochlorite de soude (eau de Javel), d'hypochlorite de chaux ou de calcium, de chloramine, et enfin, suivant la technique la plus récente, sous forme d'

ACIDE HYPOCHLOREUX.

CARACTERISTIQUES.

L'acide hypochloreux a pour formule HOCl, c'est donc une combinaison ternaire d'hydrogène, d'oxygène et de chlore.

Son poids moléculaire est 52,4. Il n'est connu qu'en solution. Son anhydride Cl₂ O est un gaz connu, de couleur orange, qui se condense facilement en un liquide bouillant à + 5° C. L'anhydride est très soluble dans l'eau qui en dissout 200 fois son volume (d'après Fr. Swarts). Cette dissolution de l'anhydride s'accompagne d'une réaction chimique ; il se forme en effet de l'acide hypochloreux d'après l'équation :



L'acide hypochloreux ainsi formé est un OXYDANT TRÈS ÉNERGIQUE. Très instable, il cède normalement de l'oxygène et se transforme en acide chlorhydrique. Son dédoublement théorique

$\text{HOCl aq} = \text{HCl aq} + 1/2 \text{O}_2$
dégage 1.000 calories.

Cette transformation est accompagnée des éléments de l'ionisation, c'est-à-dire d'ions ClO⁻, d'ions Cl⁻, d'ions H⁺.

C'est seulement depuis peu de temps que la littérature signale l'utilisation *directe* de ce réactif oxydant comme agent chimique de stérilisation et de stabilisation des eaux et comme adjuvant de leur épuration complète. Ce n'est qu'après de sérieuses controverses qu'on a reconnu que l'acide hypochloreux se formait comme agent intermédiaire dans le mécanisme d'oxydation par le chlore et par ses dérivés et qu'il était l'agent actif de l'oxydation. Dès lors n'était-il pas logique de fabriquer directement l'acide hypochloreux et de l'introduire tel quel dans les eaux à traiter ? Du coup on évitait les transformations multiples qui se passaient au sein des eaux, entraînant une grande lenteur dans l'action oxydante.

MECANISME D'ACTION DE L'ACIDE HYPOCHLOREUX INTRODUIT DIRECTEMENT DANS LES EAUX A TRAITER.

Introduit directement dans le liquide, l'acide hypochloreux n'est pas soumis à un équilibre chimique d'ionisation comme l'est un corps stable. La production d'*oxygène naissant* n'est pas régie par la loi d'action des masses mais par la dissociation rapide due à son instabilité. Il agit donc MASSIVEMENT dans l'unité de temps. Ce mécanisme produit rapidement les éléments actifs stérilisants et stabilisants : l'oxygène naissant, en masse, et les ions ClO^- , suroxydent les cellules vivantes attaquées, les ions ClO^- et Cl^- chlorent certaines matières organiques, les mêmes ions Cl^- et ClO^- « déshydrogènent » les cellules. En résumé l'acide hypochloreux agit sur la matière organique vivante (microbes, algues, vers, animaux minuscules, etc.) comme sur la matière organique privée de vie et putrescible, par un double phénomène intense de SUROXYDATION et de DÉSHYDROGÉNATION causant rapidement la mort et la destruction ou la transformation des matières en corps plus stables. C'est ce mécanisme qui à notre avis explique les vertus spécifiques de l'acide hypochloreux énumérées ci-après. C'est également l'opinion du biologiste et bactériologiste M. PIGNEUR, docteur en médecine vétérinaire, élève et stagiaire de l'Institut Pasteur à Paris.

VERTUS SPECIFIQUES DE L'ACIDE HYPOCHLOREUX.

De tous les réactifs *oxydants* chimiques, l'acide hypochloreux, injecté directement, est l'agent

BACTÉRICIDE,
ALGICIDE,
DÉSODORISANT,

le plus efficace.

Son action RAPIDE et PROLONGÉE assure la STÉRILISATION et la STABILISATION des eaux renfermant des pathogènes, des microorganismes divers et des matières putrescibles. Il tue avec certitude les germes infectieux, les cryptogames microscopiques telles les algues ; il attaque les matières organiques qu'il transforme totalement ou tout au moins superficiellement (cela dépend de leur volume) en corps imputrescibles.

Sans être un agent de floculation, il aide celle-ci en la préparant. C'est aussi un admirable désodorisant car il détruit rapidement les

produits gazeux nauséabonds de la putréfaction, notamment l'hydrogène sulfuré et autres gaz fétides.

L'action immédiate et massive dans l'unité de temps — condition nécessaire pour « tamponner » avec certitude une putréfaction — est plus difficilement obtenue avec les autres dérivés chlorés qui exigent une durée plus longue de contact. Chose curieuse, l'action de l'acide hypochloreux est plus *prolongée* que celle de ceux-ci. L'infériorité relative des autres dérivés chlorés s'explique par leur plus grande stabilité. De ce fait l'acide hypochloreux qu'ils produisent en vertu de la loi d'action des masses, ne prend naissance qu'au fur et à mesure de la rupture de l'équilibre chimique, c'est-à-dire avec lenteur, d'où action lente d'oxydation et de déshydrogénation.

Les diagrammes « Pouvoirs bactéricides comparés de l'eau de chlore et de l'acide hypochloreux » (fig. 1), « Pouvoir bactéricide de l'acide hypochloreux, essai sur une émulsion de spores charbonneuses dans l'eau résiduaire d'un clos d'équarrissage » (fig. 2), montrent nettement la vertu bactéricide supérieure de l'acide hypochloreux et mettent en relief son action rapide et prolongée.

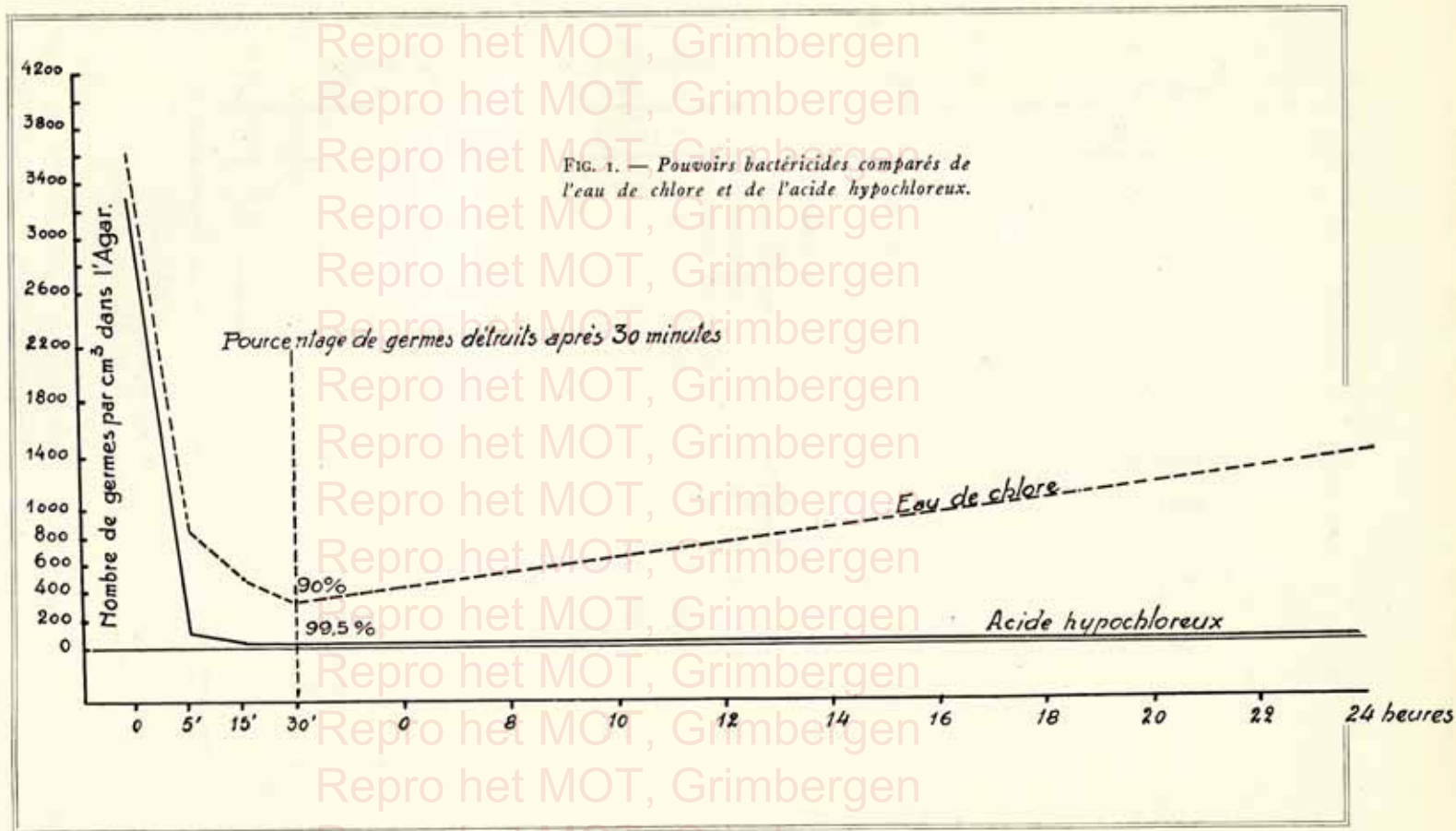
Notons encore qu'un essai sur une émulsion de spores charbonneuses contenant seulement 800 colonies sur témoin (boîte de Pétri) a donné les résultats suivants :

a) traitement avec 2 fois la demande en chlore (CD) : après 2 *minutes* on constatait seulement 9 colonies, après 30 *minutes* il n'est réapparu aucune colonie ;

b) traitement avec 4 fois la demande en chlore (CD) : après 2 *minutes* toutes les colonies étaient détruites. Des essais ont montré que les microbes ou spores n'étaient pas seulement « tamponnés » mais qu'ils étaient réellement *tués*.

L'instabilité de l'acide hypochloreux oblige à le fabriquer sur place et à l'utiliser sans trop tarder. C'est peut-être un inconvénient, c'est aussi un avantage. On le fabrique en quantité voulue pour l'employer où l'on veut et à la dose que l'on veut ; il présente de ce fait une commodité d'emploi très grande que ne permet pas l'emploi du chlore gazeux par exemple.

Ses vertus et nos expériences nous ont conduit à une méthode d'emploi que nous résumons dans le chapitre E.



D) PROCÉDES DE FABRICATION DE LA SOLUTION.

PRINCIPE.

Le chlore en s'hydrolysant au contact de l'eau donne naissance à l'acide hypochloreux HOCl, d'après l'équation d'équilibre



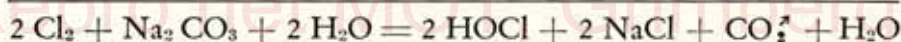
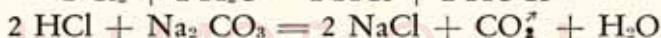
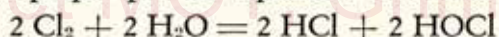
Une partie seulement du chlore s'hydrolyse de la sorte.

En vertu de la loi des masses, l'hydrolyse ne peut s'alimenter qu'au fur et à mesure de la décomposition de HClO, ce qui fait que la quantité produite de HOCl est toujours faible par rapport au chlore qui reste à l'état libre dans la masse du liquide.

Mais si l'on détruit HCl, terme du second membre de l'équation, au moyen d'un sel métallique, au fur et à mesure de sa formation, on favorise l'hydrolyse dans le sens de la formation de HClO.

En limitant la durée de contact, de manière à neutraliser HCl sans toucher à HOCl formé, on obtient une solution d'acide hypochloreux ne renfermant ni chlore libre, ni hypochlorite.

La réaction s'explique par les équations ci-dessous :



Si la durée de contact était insuffisante il resterait du chlore libre en solution; si la durée de contact était trop longue l'HOCl réagirait avec le sel métallique pour donner un hypochlorite, dans le cas ci-dessus, un hypochlorite de soude, NaOCl.

C'est la mesure du pH de la solution qui indiquera sa nature, en effet :

un $\text{pH} < 4$ indique qu'on a une solution de chlore et d'acide chlorhydrique avec un peu d'acide hypochloreux ;

un pH compris entre 4 et 6,5 indique une solution d'acide hypochloreux ;

un pH compris entre 6,5 et 7,5 indique une solution d'acide hypochloreux avec un peu d'hypochlorite ;

un pH $>$ 7,5 indique une solution d'hypochlorite du métal employé.

Nous réglons nos appareils de manière à réaliser un pH compris entre 4 et 6,5 ; ils produisent donc pratiquement 100 % de solution d'acide hypochloreux.

Les 3 procédés Solvay.

Comme sels métalliques nous utilisons suivant les cas : 1° du calcaire CaCO_3 qui donne une solution d'acide hypochloreux avec son sel neutre CaCl_2 ; c'est pour cela que la liqueur ainsi fabriquée s'appelle acide hypochloreux CALCIQUE ; 2° une mixture solide magnésienne qui donne une solution d'acide hypochloreux avec son sel neutre MgCl_2 et la liqueur prend le nom d'acide hypochloreux MAGNÉSIEEN ; 3° une solution de carbonate de soude Na_2CO_3 qui donne une solution d'acide hypochloreux avec son sel neutre NaCl et la liqueur prend le nom d'acide hypochloreux SODIQUE.

Nous fabriquons donc la liqueur par les 3 procédés :

1° Eau, chlore, calcaire (solide).

2° Eau, chlore, magnésium (solide).

3° Eau, chlore, carbonate de soude (solution).

PRINCIPE DU TRAITEMENT.

Il consiste à appliquer les VERTUS SPÉCIFIQUES DE L'ACIDE HYPOCHLOREUX FRAIS, FABRIQUÉ SUR PLACE au moyen d'un appareil simple, robuste, peu encombrant, sans usure, d'une marche certaine et souple, n'exigeant pas une surveillance permanente.

NOS MODES OPERATOIRES.

Nous fabriquons sur place une solution d'acide hypochloreux à un titre actif déterminé.

Selon les cas d'espèce nous appliquons le traitement en suivant l'un des deux modes opératoires ci-après :

1^{er} MODE. — Nous introduisons la liqueur stérilisante par injections *intermittentes, de courtes durées, à doses massives* et à *action instantanée*. En principe et pour chaque cas d'espèce, la dose massive de chaque injection est *constante* mais le nombre d'injections ou *fréquence* des injections varie selon les circonstances qui sont elles-mêmes variables (saison, température, variation du degré de pollution, etc.).

2^{me} MODE. — Nous introduisons la liqueur stérilisante par injections *continues, à faibles doses*. En principe la dose *varie*, pour chaque cas d'espèce, d'un moment à un autre suivant la variation de circonstances locales, de manière à maintenir un *excès déterminé* du réactif dans les eaux traitées. Lorsqu'il s'agit de doses infimes, comme dans le cas du traitement bactéricide des eaux potables, l'injection est accompagnée d'un brassage énergique ; nous réalisons ainsi une véritable *verdunisation à l'acide hypochloreux*.

BUTS POURSUIVIS.

Non seulement nous réalisons la stérilisation et la stabilisation au moment de l'injection, mais nous donnons à l'eau traitée un pouvoir stérilisant résiduaire qui prolonge son action dans le temps. Ce résultat est obtenu en maintenant un léger excès de réactif dans les eaux traitées, chose permise plus aisément par l'emploi de l'acide hypochloreux que par celui du chlore ou des autres dérivés chlorés. Citons l'exemple d'une eau de piscine qui, par son pouvoir stérilisant résiduaire, protège les baigneurs contre les pathogènes apportés par certains d'entre eux ; une eau qui a été stérilisée mais qui n'est pas stérilisante n'assure pas la protection contre ce mode de contagion.

Nous employons aussi l'acide hypochloreux comme adjuvant obligatoire dans d'autres procédés d'épuration — complète ou partielle — des eaux résiduaires diverses (d'égouts notamment) pour compléter ou simplifier ceux-ci. Dans ce cas nous procédons à un pré-traitement en vue de préparer les opérations ultérieures et d'assainir l'ensemble des installations épuratrices, et à un post-traitement assurant avec certitude la stérilisation et la stabilisation de l'effluent à la sortie de l'usine épuratrice.

La grande souplesse du procédé de stérilisation à l'acide hypochloreux et son efficacité remarquable dans tous les domaines permettent son application aux eaux les plus diverses.

On peut distinguer deux grandes catégories :

CAS OU L'ACIDE HYPOCHLOREUX EST EMPLOYE SEUL comme agent stérilisant et stabilisant, avec ou sans l'aide d'une filtration mécanique ou physique.

1. Stérilisation et traitement antialgues des eaux de *bassins de natation*. Les résultats techniques obtenus montrent le grand progrès obtenu par l'emploi de l'acide hypochloreux.

2. Traitement anti-algues des eaux de réfrigération des condenseurs des centrales. Ce traitement décuple la vie effective d'un condenseur avant « salissement », d'où économie dans les frais d'entretien des condenseurs de plus de 50 %.

3. Stabilisation des eaux résiduaires des *sucreries*. Les petites eaux aseptisées peuvent rentrer dans le cycle des eaux de diffusion. Il en résulte une grande économie d'eau et une récupération énorme de sucre.

4. Stabilisation et stérilisation des eaux d'*abattoirs* et des *clos d'équarrissage*. L'effluent débarrassé de ses pathogènes (charbon, tétanos) et stabilisé pour une certaine durée peut subir les opérations de décantation et être évacué sans aucune émanation pestilentielle.

5. Stabilisation et stérilisation des eaux d'*égouts de ville*. Traitées par l'acide hypochloreux, les eaux d'égouts peuvent être dirigées sans dégagement d'odeurs nauséabondes et sans danger pour la santé vers le cours d'eau récepteur où s'opérera une auto-épuration économique.

6. Stérilisation des *eaux potables*. La verdunisation à l'acide hypochloreux des eaux destinées à la consommation humaine et animale, assure la destruction des germes infectieux.

7. Stérilisation et traitement anti-algues d'eaux diverses servant à l'alimentation industrielle.

8. Stérilisation et stabilisation de nombreux effluents putrescibles provenant des industries traitant des *matières organiques* (laiteries, fromageries, conserves, etc.).

9. Stérilisation des eaux résiduaires des *sanatoriums, hôpitaux, etc., etc.*

CAS OU L'ACIDE HYPOCHLOREUX EST EMPLOYE EN COMBINAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDES.

Dans certains cas l'épuration ne peut être limitée à une stérilisation et à une stabilisation temporaire, notamment lorsque les eaux résiduaires sont fortement chargées de matières putrescibles et lorsqu'on ne dispose pas d'un cours d'eau récepteur à pouvoir auto-épuration suffisant. Il faudra dès lors recourir à d'autres procédés utilisant la voie physique ou biologique ou chimico-coagulante pour pousser l'épuration à un degré plus élevé. On utilisera encore très avantageusement l'acide hypochloreux dans ces cas pour le pré-traitement et le post-traitement. Citons entre autres l'épuration des *eaux d'égouts* de ville, des *eaux de rouissage*, des eaux résiduaires d'*abattoirs et d'équarrissage*, de *distilleries*, etc., où l'acide hypochloreux sera avantageusement employé en combinaison avec les autres procédés. On peut même dire que ces derniers ne peuvent guère se passer d'un traitement chimique collatéral.

G) NOS APPAREILS SOLVAY
UNIVERSELS.

APPAREILS STANDARDS.

Brevets Belges n^{os} 420402, 423470, 431054.

La Société Solvay et C^{ie} construit 4 modèles d'appareils à fabriquer les solutions d'acide hypochloreux. Le plus petit modèle est en verre pyrex, les autres sont en grès (fig. 3 et 4).

Leur capacité de production en éléments actifs oxydants, calculée en chlore actif, est indiquée au tableau ci-dessous.

Modèles	Capacité de production en chlore actif/heure.	
	Limites	Marche normale
Pyrex Br 39	25 à 500 gr.	150 à 300 gr.
I	50 gr. à 6 kg.	1 à 4 kg.
II	6 à 50 kg.	15 à 25 kg.
III	15 à 75 kg.	25 à 35 kg.

Ils sont appelés *universels* parce qu'ils peuvent servir à fabriquer indifféremment des solutions d'acide hypochloreux, d'hypochlorite de soude (eau de Javel), d'hypochlorite de chaux.

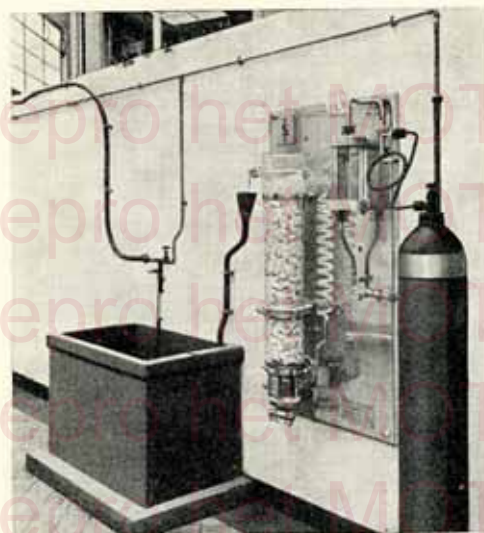


FIG. 3. — *Appareil stérilisateur en pyrex, pour piscines, modèle B. 39.*

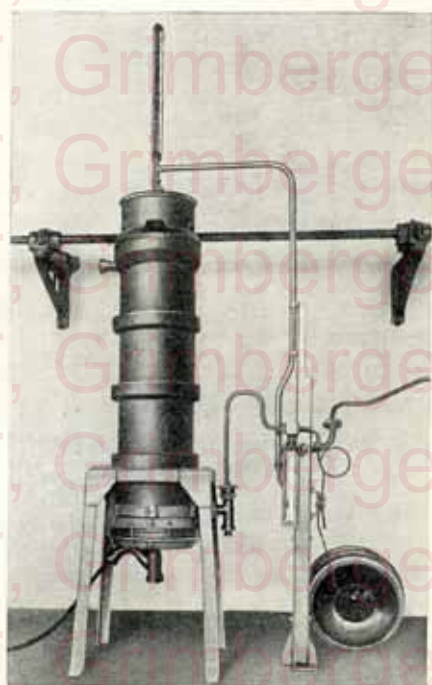


FIG. 4. — *Appareil stérilisateur en grès, type III.*

INSTALLATIONS DE GRANDE ENVERGURE.

Lorsqu'il s'agit d'installer un appareillage à grande capacité de production, nos services techniques établissent les projets sur simple demande et sans engagement de la part du client. Ce sera le cas notamment s'il s'agit d'un traitement stérilisant des eaux potables d'une cité, ou d'un traitement stabilisant des eaux d'égoûts de ville.

H) RÉFÉRENCES.

L'acide hypochloreux n'est employé comme agent épurateur *distinct* et utilisé directement que depuis peu de temps. Cependant, dès l'origine, son intérêt a attiré l'attention des spécialistes et, à maintes reprises, l'emploi de ce nouveau réactif a été signalé dans la littérature technique.

Bien que tout récent, le procédé à l'acide hypochloreux a déjà reçu de nombreuses applications, notamment en Belgique et en Allemagne, pour le traitement stérilisant, stabilisant ou anti-algues des eaux.

En Belgique, citons :

Le traitement stérilisant des eaux de piscine :

- Binnenhof, le Zoute.
- Ecole de natation, Waereghem.
- Piscine Communale, Ypres.
- Piscine Communale, Saint-Gilles, Bruxelles.
- Palais des Thermes Liégeois, Liège.
- Piscine de Meerbeeke-Waes.
- Piscine Communale, Forest.
- Piscine de l'Ecole Normale, Andenne.
- Piscine Bourgeois, La Louvière.
- Piscine Demat, La Louvière.
- Piscine privée, Jemeppe-sur-Sambre.
- Piscine privée, Couillet.
- Etc., etc.

Le traitement antialgues des eaux de réfrigération des centrales :

- S. A. Interbrabant, Centrale de Schaerbeek.
- Société de Gaz et d'Electricité du Hainaut, Centrale de Farciennes.

Société Intercommunale Belge d'Electricité, Centrale de Sweveghem.

Le traitement stérilisant des petites eaux des sucreries :

Raffinerie Tirlemontoise, à Tirlemont.
Raffinerie Notre-Dame, à Oreye.

Le traitement des eaux d'alimentation :

Union Allumettière S. A., Usine d'Overlaere-Grammont.

Le traitement des eaux résiduaires de sanatorium :

Sanatorium de Sysseel.

Les installations générales d'épuration, réalisées par :

S. A. d'Épuration et Entreprises.
S. A. Sobelco.

Le traitement des eaux de rouissage :

A la suite des essais concluants exécutés à la Station expérimental de l'Etat à Haerlebeke, l'acide hypochloreux, en combinaison avec d'autres réactifs, est envisagé par l'Office des Eaux Usées pour l'épuration des eaux de rouissage de la Lys.

Signalons enfin qu'en Allemagne, durant la seule année 1938, plus de 70 piscines ont adopté le procédé de stérilisation de l'eau par l'acide hypochloreux.

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS, S'ADRESSER A :

SOLVAY & C^{IE}

Service Technico-Commercial

33, rue Prince Albert, BRUXELLES

Téléphone 11.39.40

R. C. Bruxelles 5554

