

TRAITEMENTS APPLICABLES EN MILIEU RURAL

Comme on l'a déjà fait remarquer, les réseaux de distribution ruraux seront conçus en fonction de la nécessité de préserver la qualité de l'eau naturelle choisie. La politique de l'organisme de contrôle responsable, dans ces conditions, sera de n'exiger le traitement que lorsqu'il est indispensable et que l'exploitation correcte et la surveillance de la station de traitement peuvent être assurées. L'expérience acquise en de nombreuses régions a montré qu'une fois la station construite, les opérateurs et les organismes de contrôle doivent faire preuve d'une vigilance constante pour éviter que la station elle-même ne puisse devenir une cause de propagation d'épidémies soudaines. La littérature, ancienne et contemporaine, abonde en récits d'apparition de cas de fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, de choléra et d'ictère épidémique, dus à des interruptions dans le traitement (chloration, par exemple) dont était responsable un personnel inexpérimenté ou non qualifié.

L'organisme de contrôle devra s'opposer tout aussi vigoureusement à l'emploi des procédés de traitement dont la collectivité pourra difficilement supporter les dépenses de construction, d'exploitation et d'entretien. L'appareillage moderne, conçu pour réduire à un minimum les problèmes d'entretien, est coûteux et délicat à surveiller. D'autre part, un équipement moins coûteux nécessite un entretien et des réparations constantes. Ceci explique en partie pourquoi une étude soignée, basée sur des considérations techniques et économiques, peut être indispensable pour comparer, dans les cas douteux, les avantages du traitement des eaux, d'une part, et d'autre part ceux de l'amenée par de longues conduites d'une eau pure en provenance de sources lointaines, de puits artésiens ou de galeries d'infiltration. Lorsque ces études ne peuvent être réalisées, l'expérience montre qu'il est recommandé, autant que possible, d'investir largement en vue d'éliminer les problèmes d'exploitation et d'entretien.

Parmi les facteurs à considérer figurent les suivants :

- 1) fonds disponibles;
- 2) coût de construction comparé de divers projets établis pour résoudre le même problème;
- 3) compétence du personnel disponible pour le service courant;

- 4) possibilités de surveillance de l'exploitation;
- 5) frais d'exploitation (carburants, lubrifiants, produits chimiques, personnel);
- 6) durée de vie utile de chaque installation proposée.

A titre d'exemple, on peut rapporter ici qu'en 1947, au Venezuela, Wagner a trouvé que les dépenses relatives à la réalisation d'une conduite de fonte de 10 cm (4 in.) de diamètre et de 3-4 km de long (environ 2 milles) étaient justifiées pour éviter le creusement d'un puits de 30 m (100 ft) de profondeur fournissant 380 litres (100 US gal.) d'eau par minute, malgré des dépenses de pompage prévues raisonnables, la disponibilité de carburants à bon compte et des communications assez bonnes.

Dans certains cas, des conditions ou des besoins spéciaux justifient des mesures complexes. Il se peut par exemple qu'un hôpital ou une industrie locale impose le traitement de l'eau. Le service de santé local s'assure alors le concours d'agents qualifiés pour la conduite et l'entretien de la station, ainsi que pour le contrôle de la qualité de l'eau traitée.

Lorsque la décision de construire une station de traitement a été prise, il faut avoir soin d'établir des plans qui permettent sans difficulté une augmentation ultérieure du débit. Cette recommandation est extrêmement importante dans les régions rurales dont il est généralement difficile de supputer le développement. S'adressant, lors d'un séminaire de l'OMS, à des opérateurs de stations de traitement, à La Nouvelle-Delhi (Inde), H. G. Baity, qui possède une expérience mondiale dans ce domaine, a déclaré : ^a

« Les observations faites partout dans le monde permettent d'importantes conclusions concernant la conception des stations de traitement. Il ne faut jamais perdre une occasion de prêcher la raison et la prudence en cette matière. Des sommes incalculables ont été perdues dans tous les pays, faute d'avoir adopté des principes sains et d'avoir construit des stations susceptibles d'extension. Les ossatures modernes en béton armé peuvent résister cent ans et plus, mais des ingénieurs imprévoyants calculent souvent des stations qui ne sont valables que pour l'avenir immédiat, selon des plans et avec des restrictions topographiques telles qu'il faut démolir la station et en construire une nouvelle dès qu'un accroissement de la capacité de traitement devient nécessaire. En Caroline du Nord, faute de prévoyance, toutes les stations construites depuis trente ans ont dû être abandonnées. Les pertes dues à cette imprévoyance se sont chiffrées par millions de dollars. Une situation analogue se produira sans doute en de nombreux endroits de l'Asie du Sud-Est. Cette coûteuse leçon doit nous apprendre à éviter de répéter de telles erreurs, en observant les précautions suivantes :

» 1. Se souvenir que la plupart des agglomérations continueront à s'accroître pendant longtemps, et estimer les populations et les besoins en eau à long terme.

» 2. Prévoir des lieux d'implantation dont l'étendue et la topographie se prêtent à des extensions indéfinies des stations et de leurs annexes.

^a Baity, H. G. (1953) *Experiences in improving water purification practices in the United States*. In: *Proceedings, Seminar for Waterworks Operators*, New Delhi (Document publié par le Bureau régional de l'OMS pour l'Asie du Sud-Est et par le Ministère de la Santé de l'Inde)

» 3. Adopter le « principe unitaire » dans la conception des stations (par exemple, coupler les bassins de sédimentation et les filtres) et prévoir des possibilités d'extension indéfinies.

» 4. S'assurer du rendement hydraulique des stations, pour le présent comme pour l'avenir, et disposer les installations actuelles de telle sorte qu'elles ne soient pas un obstacle aux développements futurs.

» L'observation de ces principes conduira à édifier des stations qui ne seront pas seulement économiques et durables mais encore qui seront si compactes et si rationnellement disposées que leur exploitation sera très commode. »

Bien que l'administration centrale ou provinciale puisse parfois disposer des services d'ingénieurs qualifiés pour le calcul et pour la surveillance des stations de traitement, les petites collectivités rurales ne devront pas trop compter sur ces services dans l'exploitation courante de leurs installations. Cette considération est bien entendu subordonnée à la nature et à l'importance du procédé mis en œuvre dans chaque cas particulier. Dans les pays où les administrations sanitaires mettent en œuvre, par le truchement de leur service de génie sanitaire, des programmes de contrôle de la qualité de l'eau, de brefs cours de formation et de « rappel » sont organisés périodiquement, à l'intention des opérateurs de station, avec un succès considérable.

Lors de l'examen des qualités physiques et chimiques (voir p. 54) d'une eau, a été donnée une liste des substances dont la présence peut rendre l'eau inacceptable pour les consommateurs. En milieu rural, le traitement ne peut porter que sur les éléments ci-après : turbidité, couleur, teneur en fer, en manganèse et en anhydride carbonique. En outre, il peut être nécessaire de traiter l'eau pour l'assainir du point de vue bactériologique. C'est particulièrement le cas lorsqu'une enquête sanitaire combinée à une série d'analyses bactériologiques révèle la possibilité d'une contamination par des organismes pathogènes. Parmi les traitements applicables il convient de citer la sédimentation, la filtration, l'aération et la chloration. On dispose de plusieurs moyens de mettre en œuvre ces différents procédés; il faudra faire un choix après avoir examiné minutieusement les facteurs techniques en jeu et les conditions locales.

Sédimentation simple

Seule la sédimentation simple sera envisagée ici : l'usage de produits chimiques pour favoriser l'opération serait irréalisable en milieu rural car il exige des dépenses excessives et des compétences indisponibles. La sédimentation simple dans des bassins naturels ou artificiels est utile pour réduire la turbidité et le nombre des germes pathogènes. Elle peut être efficace, soit seule, soit combinée à une filtration lente sur sable ou à une chloration.

En général, la sédimentation simple produit les effets suivants :

1) *Réduction de la turbidité* : L'efficacité de la sédimentation pour réduire la turbidité dépend de la nature des matières en suspension et du temps de

décantation. Avant de décider de recourir à ce traitement, il faut étudier la nature et les caractéristiques des matières en suspension dans l'eau brute. Turneure & Russell ⁴⁰ indiquent les vitesses de sédimentation suivantes :

	<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Vitesse de sédimentation ft/h</i>	<i>m/h</i>
Sable grossier	1,0	1200	360
	0,5	636	190,8
Sable fin	0,25	320	96
	0,10	96	28,8
Vase	0,05	34,8	10,44
	0,005	0,46	0,138
Argile fine	0,001	0,018	0,0054
	0,0001	0,00018	0,000054

Il ressort de ce tableau que la réduction du trouble dû à la présence d'argile fine ou de matières colloïdales peut demander un temps considérable, à moins qu'un coagulant chimique comme le sulfate d'alumine ne soit employé dans des bassins de décantation spécialement conçus pour hâter la sédimentation. La construction d'un bassin, dans ces conditions, ne serait pas utile. D'autre part, des matériaux grenus et des vases peuvent être entraînés dans l'eau de surface par suite de l'érosion du bassin versant sous l'influence, par exemple, de fortes pluies ou d'inondations. Le trouble provoqué par ces matières peut bien souvent être éliminé rapidement et efficacement par simple sédimentation dans un bassin de dimensions convenables. Il est donc nécessaire, lors des recherches sur le terrain et des enquêtes sanitaires, de recueillir le maximum d'informations sur cet aspect des sources d'eaux superficielles. Des mesures de la turbidité à diverses époques de l'année et dans diverses conditions de débit du cours d'eau seront précieuses.

2) *Réduction de la population bactérienne*: La simple retenue de l'eau dans un réservoir réduira le nombre total primitif des bactéries car leur taux de mortalité est plus élevé que celui de leur reproduction. Tel est particulièrement le cas des germes pathogènes pour lesquels l'eau n'est généralement pas un milieu de reproduction favorable. Plus les conditions sont défavorables à la reproduction des bactéries, plus rapide sera la réduction du nombre de bactéries, dans les eaux à pH faible par exemple. Turneure & Russell ⁴⁰ donnent à ce sujet les chiffres suivants :

<i>Localité</i>	<i>Durée de rétention (jours.)</i>	<i>Réduction bactérienne (%)</i>
Londres, Angleterre	3,3-15	49-97
Covington, Ky. (sur l'Ohio), Etats-Unis	30	93
Cincinnati, Ohio (sur l'Ohio), Etats-Unis	6	87

Selon les conditions locales, une simple rétention et sédimentation peut produire une réduction bactérienne considérable. Il importe toutefois de localiser, par une enquête sanitaire, les sources possibles de contamination de la zone de drainage. Lorsque la contamination n'est pas d'origine humaine, les risques, du point de vue sanitaire, sont considérablement moindres.

3) *Stockage*: Tout réservoir ou bassin, conçu principalement pour la sédimentation, offre des possibilités de stockage. Cette considération est importante. Une bonne capacité de stockage aide à garantir un approvisionnement continu en eau, objectif fondamental. Le bassin de sédimentation peut donc jouer un double rôle.

4) *Réduction de la couleur*: Une sédimentation simple de faible durée n'est pas très efficace pour diminuer la couleur de l'eau. On dispose à ce sujet de très peu de données précises. Turneure & Russell ⁴⁰ signalent une réduction de 30 à 70% dans les réservoirs du Massachusetts, pendant des périodes de 2 à 12 mois. Il semble donc que cette méthode ne puisse provoquer qu'une faible réduction de la couleur.

5) *Production d'algues*: Le stockage de l'eau dans un réservoir ouvert donne aux algues l'occasion de se développer. Le problème peut devenir plus difficile à résoudre que le problème primitif. Les algues se multiplient grâce aux substances nutritives, telles que les composés azotés phosphorés, potassiques solubles et quelques autres produits que l'on trouve dans les eaux de surface. Plus ces substances sont abondantes, plus s'intensifie le développement des algues. Toutefois, même une faible quantité de substances nutritives permet un certain développement. En général, on peut obtenir des indications sur la possibilité de poussées d'algues en examinant d'autres étangs ou lacs de la région.

Un bassin de retenue, qui emmagasine l'eau pour plusieurs jours ou plusieurs semaines, peut constituer un moyen aussi économique qu'avantageux de réaliser à la fois un traitement et un stockage. On envisagera donc son aménagement dans tous les cas où il est possible. Dans beaucoup de régions rurales, la simple retenue de l'eau constituera un traitement suffisant pour obtenir une eau raisonnablement saine. Au lieu d'accroître les installations de traitement, l'ingénieur aura intérêt, du point de vue sanitaire, à consacrer les fonds disponibles à la réalisation d'une distribution plus large de l'eau des bassins.

Dans les régions rurales, le type de bassin le plus pratique est celui qui est obtenu par un simple barrage de terre (voir p. 176). Le calcul de bons bassins de décantation, avec ou sans flocculants, exige des connaissances spéciales, et ne sera entrepris que par des hydrauliciens ou des ingénieurs sanitaires compétents.

Filtration lente sur sable

Emploi et limites d'emploi

La filtration lente sur sable est un excellent mode de traitement pour les approvisionnements d'eau en milieu rural. Elle peut donner de bons résultats et demande un minimum d'attention et de compétence pour le service courant et l'entretien. Toutefois, la turbidité de l'eau brute ne doit pas dépasser certaines limites.

Soumis aux charges indiquées dans le paragraphe suivant, le filtre pourra normalement :

- 1) réduire la flore bactérienne de 85-99%, suivant son abondance initiale;
- 2) réduire la turbidité d'environ 50 p.p.m. (valeur maximum admissible) à 5 p.p.m.;
- 3) réduire la coloration dans une certaine mesure, selon la dimension des grains de sable et la vitesse de filtration.

Le filtre à sable lent convient très bien pour le traitement de l'eau dans les conditions suivantes :

- 1) réseau d'approvisionnement par gravité;
- 2) eau brute de qualité bactériologique moyenne mais pouvant être contaminée accidentellement;
- 3) eau brute de turbidité généralement faible.

Dans d'autres conditions, particulièrement dans le cas de longues périodes de forte turbidité, une décantation préalable sera en général nécessaire pour préparer l'eau brute en vue de sa filtration. Le traitement bactériologique de l'eau filtrée peut se faire par chloration.

Description

1) Eau brute : turbidité inférieure à 50 p.p.m., mais des eaux plus chargées peuvent être filtrées pendant de courtes durées. Pour un fonctionnement continu et économique, la turbidité moyenne devra être inférieure à 30 p.p.m.

2) Capacité de filtration : environ $2,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jour}$ (3×10^6 US gal./acre/day) ou moins, selon le type d'eau, le sable, et le résultat désiré. Plus le débit choisi sera faible, meilleur sera le résultat (voir tableau VII).

3) Sable filtrant : doit être uniforme, avec un coefficient d'uniformité d'environ 2,00 mais ne dépassant jamais 2,50, exempt de matière organique. La dimension effective sera de 0,3-0,4 mm. Plus fin sera le sable, plus efficace sera la filtration; mais plus vite aussi le filtre se colmatara, ce qui augmen-

tera les frais d'exploitation. De bons résultats ont toutefois été obtenus avec du sable un peu plus grossier (4 mm) et des charges supérieures, ce qui permet de réduire les dimensions du filtre et d'abaisser les frais. De hauts débits se justifient dans le cas d'eaux généralement claires et non polluées

4) Lit filtrant : Environ 1,0 m (40 in.) de sable supporté par 40 cm (16 in.) de gravier rond et de sable grossier calibrés. Le lit de gravier sera formé de 20 cm (8 in.) de gravier rond, lavé, de 75 mm (3 in.) à 25 mm (1 in.) de diamètre; de 10 cm (4 in.) de gravier rond, lavé, de 25 mm (10 in.)

TABLEAU VII. FILTRES A SABLE LENTS — TABLEAU DE HAZEN *

Vitesse de filtration (m ³ /m ² /jour)	Perte de charge dans le sable (m)	Perte de charge admissible dans le système de drainage (m/m)	Rapport approximatif entre surface filtrante et section du collecteur			Vitesse approximative dans le collecteur (m/s)	Vitesse approximative dans les branches latérales (m/s)	
2,8	0,028	0,007	6300			0,20	0,12	
3,75	0,037	0,009	5600			0,24	0,15	
4,70	0,046	0,011	5100			0,27	0,17	
5,60	0,055	0,014	4700			0,30	0,19	
7,50	0,073	0,018	4200			0,36	0,22	
9,35	0,091	0,023	3800			0,41	0,25	
14,00	0,137	0,034	3200			0,51	0,32	
Canalisations	Surface maximum drainée (m ²)							
	2,80	3,75	4,70	5,60	7,50	9,35	14,00	
Branches latérales	cm	in.						
5	2	7,4	6,5	6,0	5,5	4,9	4,5	3,8
8	3	16,8	14,9	13,7	12,8	11,4	10,6	8,7
10	4	30,1	26,8	24,6	22,8	20,3	18,6	15,6
13	5	48,2	42,8	39,1	36,3	32,0	29,4	24,8
15	6	69,7	62,3	56,8	53,0	46,5	42,8	36,2
20	8	125,0	112,0	102,0	94,0	84,0	76,0	64,0
Collecteur								
25	10	320	280	250	230	205	185	160
30	12	455	400	360	335	300	270	220
38	15	720	640	575	540	475	430	360
46	18	1040	930	840	770	690	620	520
53	21	1420	1260	1145	1060	930	850	710
61	24	1860	1650	1500	1390	1230	1120	930
69	27	2360	2080	1890	1750	1540	1405	1120
76	30	2930	2580	2355	2180	1925	1750	1460
84	33	3520	3160	2880	2600	2300	2140	1770
91	36	4190	3720	3440	3160	2800	2500	2050

Coefficient de frottement pour le calcul du collecteur: $C = 110$.

Coefficient de frottement pour le calcul des branches latérales: $C = 100$.

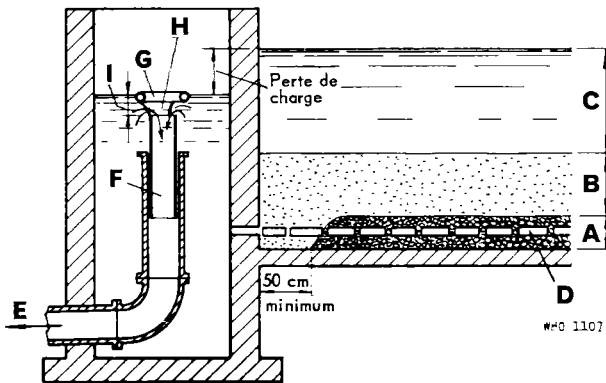
* Adaptation au système métrique faite par le Professeur Azevedo Netto, Collège Mackenzie São Paulo, Brésil.

à 10 mm ($\frac{3}{8}$ in.) de diamètre; et de 10 cm (4 in.) de gravier rond lavé de 10 à 5 mm ($\frac{3}{8}$ à $\frac{3}{16}$ in.) de diamètre. Le fond du lit, en pierraille, s'arrêtera à 50 cm des parois; dans cette zone, le sable reposera directement sur le fond (voir fig. 67). La profondeur d'eau sur le filtre pourra être de 1,0 à 1,5 m (40 à 60 in.).

5) Système de drainage : en terre cuite ou en tuyaux de béton, posés à joints ouverts. De préférence : éléments de 30 à 40 cm (12-15 in.) de longueur. L'écartement des drains dépend de leurs dimensions et de la vitesse de filtration. L'écartement latéral maximum est de 2 m (80 in.). Par exemple, un drain de 5 cm (2 in.) pourra récolter l'eau de $7,4 \text{ m}^2$ (80 sq.ft) au débit de $2,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jour}$ (3.10^6 US gal./acre/day). Au même débit, un tube de 7,5 cm (3 in.) pourra drainer une surface de $16,8 \text{ m}^2$ (180 sq.ft) de filtre.

6) Evacuation de l'eau filtrée : le dispositif d'évacuation constitue un élément important du filtre (fig. 67). Le dispositif représenté empêche les renversements de sens de la pression qui pourraient endommager le filtre. Lorsque la résistance due au colmatage du filtre est égale à la hauteur totale d'eau sur le filtre, la filtration cesse. Il est bien entendu nécessaire de laver le filtre avant qu'il soit complètement colmaté. Toutefois, si le lavage normal prévu n'est pas effectué, ce dispositif de sûreté arrête la filtration avant que des dommages surviennent.

Fig. 67. SORTIE D'EAU FILTRÉE



- | | | |
|---|---|---------------------------------|
| A = Couche de pierres et gravier | C = Couche d'eau au-dessus du lit filtrant | F = Tube télescopique |
| B = Sable filtrant | D = Drains | G = Flotteur |
| | E = Eau filtrée | H = Déversoir circulaire |
| | | I = Charge constante |

La perte de charge maximum admissible est égale à l'épaisseur de la couche d'eau qui surmonte le filtre.

7) **Fonctionnement continu** : Il importe de prendre un maximum de précautions pour assurer un fonctionnement continu et pour maintenir le niveau de l'eau au-dessus du sable. Il faut en effet protéger la couche de boue qui s'accumule à la surface du filtre, ainsi que le film qui enveloppe les grains de sable des couches supérieures, car ces dépôts contribuent fortement à accroître le rendement de la filtration. Si la filtration n'est pas conduite comme il a été indiqué ci-dessus, le filtre peut devenir un milieu de reproduction favorable pour les bactéries, et le nombre total de germes être plus élevé dans l'eau filtrée que dans l'eau brute.

8) **Nettoyage du filtre** : On nettoie le filtre en enlevant très soigneusement par grattage 5 à 8 cm (2-3 in.) de la couche superficielle de sable. On remet ensuite le filtre en service. Le sable souillé est traité dans une chambre de lavage en vue de son réemploi. Le processus peut être répété jusqu'à élimination d'environ 40% du sable. Le sable nettoyé est alors remis en place, jusqu'au niveau d'origine. Il doit être soigneusement étalé, au moyen de râtaux légers, par exemple, de manière à niveler la surface aussi bien que possible.

9) **Lavage du sable** : Dans les régions rurales, c'est le plus souvent un travail manuel. Le sable est agité dans une boîte sous un courant d'eau de vitesse assez faible pour ne pas entraîner les petites particules. Au fur et à mesure que l'opération se poursuit, l'eau de lavage se clarifie jusqu'à ce que le sable soit propre. Le sable peut alors être conservé : il est prêt à être replacé sur le filtre.

Note : Aucun appareil de contrôle du débit n'est prévu dans une telle station, mais on peut utiliser une vanne papillon asservie à un flotteur pour contrôler le débit d'eau brute. Ce dispositif simple et peu coûteux, facilite le travail.

Aération

Rôle

L'aération est utile dans certaines conditions bien déterminées :

1) *Pour lutter contre les goûts et odeurs* : L'aération est indiquée lorsque les goûts et odeurs sont dus à des gaz dissous (l'hydrogène sulfuré, par exemple). Elle peut être également efficace, bien qu'à un degré moindre, lorsque les goûts et odeurs sont dus à des matières organiques en décomposition, à des déchets chimiques ou à des sécrétions de micro-organismes. De plus, l'aération augmente la teneur en oxygène des eaux naturelles qui n'en sont pas saturées et, ce faisant, aide à éliminer la saveur plate de l'eau de pluie et de l'eau distillée.

2) *Pour précipiter le fer et le manganèse* : Le fer se trouve plus fréquemment dans les eaux naturelles que le manganèse. Il est heureusement plus

facile à éliminer. L'analyse chimique de l'eau brute indiquera la nature du ou des composés ferrugineux de l'eau. En général, le fer se trouve sous forme de bicarbonate ou de sulfate ferreux. Par contact avec l'oxygène libre (0,14 p.p.m. de O_2 par p.p.m. de fer oxydé) il se forme du sesquioxyde de fer (Fe_2O_3). La réaction a lieu à pH supérieur ou égal à 7,0. Cet oxyde est insoluble et se dépose. Aussi est-il parfois souhaitable de prévoir une courte période de stockage et de sédimentation suivie, s'il y a lieu, d'une filtration pour éliminer le précipité.

Lorsque le fer est combiné à des matières organiques, la séparation, en présence d'acides organiques, est beaucoup plus difficile : l'opération demande un ajustement précis du pH, des matériaux et un appareillage spéciaux de filtration, et parfois l'addition d'autres réactifs. Si aucune autre source d'approvisionnement n'existe dans la région, on prendra l'avis de spécialistes compétents. Pour de grands établissements, on pourra envisager l'emploi d'appareils à zéolite spécialement conçus pour la déferrisation.

3) *Pour chasser l'anhydride carbonique* : L'excès d'anhydride carbonique rend l'eau agressive et dissout le fer dans les conduites de distribution. L'aération peut aider à l'élimination d'un excès de CO_2 , qui se dégage à l'air.

Méthodes d'aération

En milieu rural, il est généralement peu économique d'installer des pompes à seule fin d'assurer l'aération de l'eau. Mais il est parfois possible de combiner aération et pompage entre la source et le réservoir. Dans les dispositifs d'amenée par gravité, il arrive que l'on dispose d'une charge amplement suffisante pour assurer l'aération. L'eau doit être mise aussi complètement que possible en contact avec l'air, pour qu'elle se sature d'oxygène. A cette fin, on peut la faire tomber en cascade sur des marches, la pulvériser par des ajutages et la recueillir en couche mince sur un tablier de béton avant de la diriger dans un réservoir; on peut aussi la laisser ruisseler sur des plateaux perforés, placés verticalement les uns au-dessus des autres. Il faudra prendre soin d'éviter toute contamination venant de l'extérieur pendant l'aération, et de protéger les installations contre les insectes qui pourraient se multiplier dans la boue se formant sur les surfaces humides.

Dans chaque cas, il est recommandé de procéder à des recherches préliminaires dans une petite station pilote. On connaîtra ainsi le rendement de l'aération dans un ensemble donné de circonstances, avant d'engager de grandes dépenses pour la construction d'une installation d'aération. Ces précautions sont particulièrement importantes et nécessaires lorsqu'on manque d'expérience dans ce domaine et qu'on ne dispose pas de laboratoires suffisamment équipés.

Lutte contre la corrosion

Comme on l'a déjà expliqué, il est rarement possible de réaliser en milieu rural, par des moyens chimiques, le traitement scientifique nécessaire pour prévenir la corrosion et l'incrustation des conduites par des eaux chargées d'anhydride carbonique et de carbonates acides. Toutefois, l'excès d'anhydride carbonique peut être éliminé par aération (comme on l'a vu au paragraphe précédent) ou par combinaison à un excès de carbonate, ce qui réduit l'agressivité de l'eau. Ce dernier traitement peut être réalisé en faisant passer l'eau chargée de CO_2 à travers un lit de marbre ou de roches calcaires. Le procédé est simple et ne demande aucun appareillage spécial.

Chloration

La chloration est la plus pratique des méthodes de désinfection chimique de l'eau. Elle tue les organismes pathogènes et de nombreuses autres bactéries mais elle n'est pas utilisée pour stériliser l'eau, ce qui après tout n'est pas nécessaire. Le chlore est un agent très actif, qui réagit rapidement avec les substances, organiques ou non, présentes dans l'eau. Il faut donc l'ajouter à l'eau en quantité suffisante pour que les réactions soient complètes et qu'il reste assez de chlore libre (et dans certains cas de chloramines) pour exercer une action bactéricide. La quantité de chlore nécessaire, abstraction faite du chlore résiduel éventuel après une durée donnée de désinfection, est la « demande en chlore ».

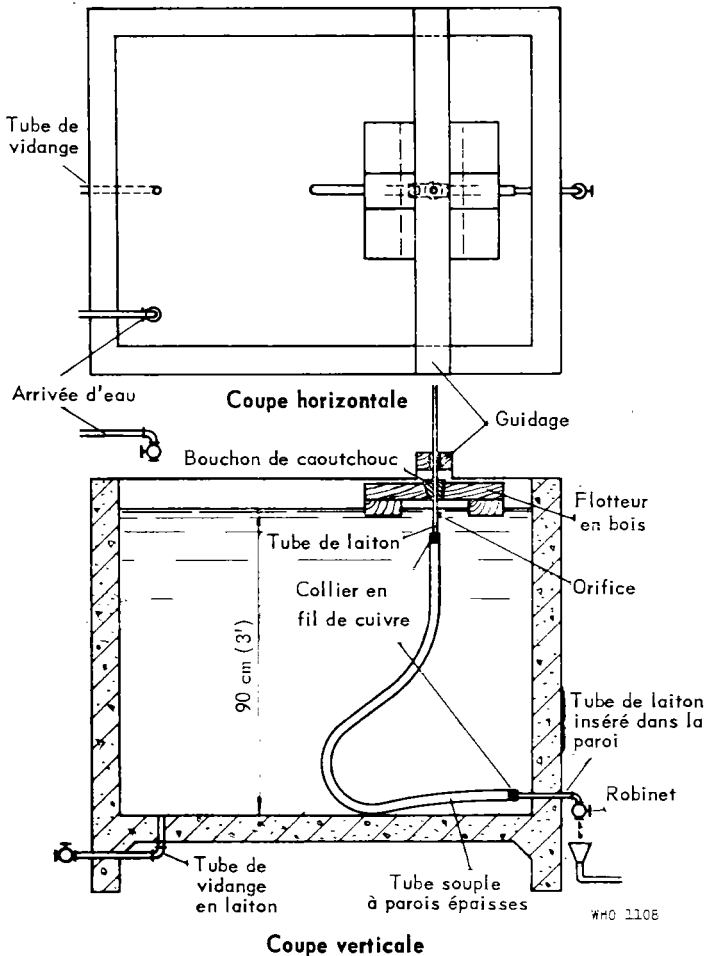
Comme on l'a déjà expliqué, la chloration peut être le seul traitement appliqué à l'eau des petits réseaux de distribution, lorsque cette eau est naturellement satisfaisante des points de vue physique et chimique. Elle peut être également appliquée à des eaux déjà améliorées par sédimentation et (ou) par filtration. Pourtant, la demande en chlore d'une telle eau peut varier considérablement d'un moment à l'autre, du fait de la présence de substances dissoutes que n'éliminent pas les procédés simples déjà mentionnés. Il est donc nécessaire dans les applications faites en milieu rural comme en milieu urbain, de contrôler la présence de chlore résiduel par de fréquents essais à l'orthotolidine et par la recherche en laboratoire des bactéries coliformes (voir p. 50). En milieu rural les doses seront assez élevées, mais une concentration résiduelle de 0,5 p.p.m. (mg/l) après une période de contact de 30 minutes sera suffisante pour réaliser une désinfection normale. (La destruction des kystes amibiens peut exiger 2 mg/l de chlore résiduel et 30 minutes de contact.) On trouvera plus loin (p. 198) des renseignements sur la chloration ménagère.

Le matériel nécessaire pour l'essai à l'orthotolidine est simple, compact et facile à transporter. Le réactif (1 ml d'orthotolidine par 100 ml d'eau à analyser) donne une couleur jaune qui indique la présence de chlore résiduel.

Des étalons colorés font partie du matériel d'essai et permettent une détermination exacte du chlore résiduel. L'essai est parfois compliqué par une alcalinité élevée ou par la présence dans l'eau de fer ou de nitrites qui faussent la détermination colorimétrique de la teneur en chlore. Des avis techniques permettront d'apporter à l'essai les modifications nécessaires.

Dans la plupart des régions rurales, l'addition de chlore à l'eau se fait par une méthode simple plutôt qu'à l'aide d'un appareil commercial. Nous

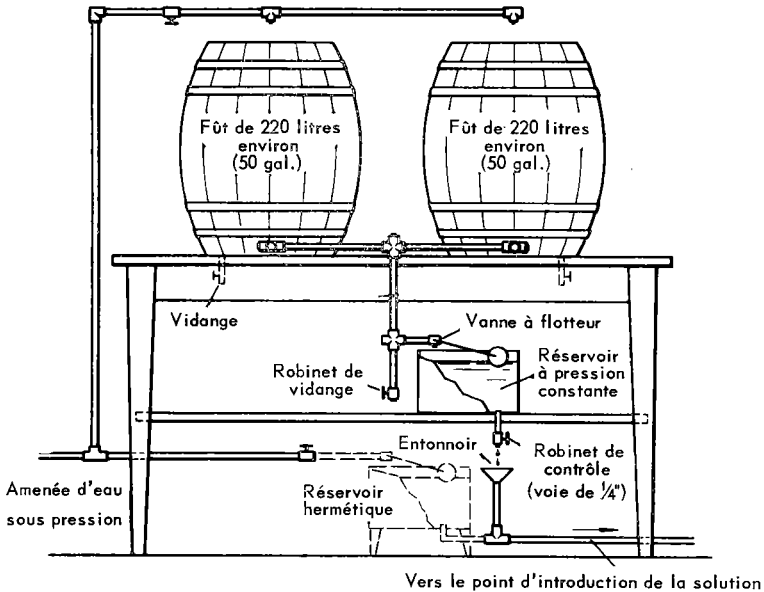
Fig. 68. APPAREIL DOSEUR D'HYPOCHLORITE



Reproduit d'après le Bulletin N° 21 du New York State Department of Health, avec l'autorisation de ce Département.

Note.— Le laiton peut être remplacé par une matière plastique.

Fig. 69. APPAREIL DOSEUR D'HYPOCHLORITE



WHO 1109

Le réservoir hermétique à fermeture hydraulique et les canalisations connexes sont inutiles si la solution est introduite dans une conduite ouverte, un puits, etc. Ils sont indispensables si la solution est introduite dans la canalisation d'admission d'une pompe.

Matériel

- | | |
|---|--|
| 2 fûts de 220 litres environ (50 Imp. gal.) | 1 entonnoir de verre ou de fer émaillé |
| 1 réservoir de chasse à flotteur | Tube de fer galvanisé de 2,5 cm (1 in.) en quantité suffisante |
| 1 réservoir de chasse à flotteur à fermeture hydraulique (s'il y a lieu) | 10 m (35 ft) de bois de charpente de 5 cm × 10 cm (2 in. × 4 in.) |
| 3,6 m (12 ft) ou plus de tube de laiton de 2,5 cm (1 in.) | 2,5 m (8 ft) de planches de 2,5 cm × 15 cm (1 in. × 6 in.) |
| 2 robinets de laiton de 2,5 cm (1 in.) | 3 m (10 ft) de planches de 2,5 cm × 30 cm (1 in. × 12 in.) |
| 4 croix de laiton de 2,5 cm (1 in.) et 6 bouchons | 5 m (16 ft) de planches de 2,5 cm × 10 cm (1 in. × 4 in.) |
| 1 té de laiton de 2,5 cm (1 in.) | 1 vase gradué de 1 litre (≈ 1 quart) |
| 1 robinet de laiton de 0,6 cm (1/4 in.) | 1 balance de cuisine |
| 1 réducteur de laiton pour fixer le robinet de 0,6 cm (1/4 in.) au fond du réservoir à pression constante | 1 seau en bois de 12,5 litres (3 Imp. gal.) et une palette en bois |
| 2 tés de fer galvanisé de 2,5 cm (1 in.) | |
| 2 coudes de fer galvanisé de 2,5 cm (1 in.) | |

Le laiton peut être remplacé par une matière plastique.

ne décrivons donc pas les appareils de chloration généralement employés soit pour la désinfection courante des approvisionnements urbains soit en cas d'urgence, car leur utilisation et leur entretien demandent une formation spéciale. Ce type d'appareil est décrit en détail dans nombre d'ouvrages cités en référence.

Le composé chloré le plus fréquemment employé est l'hypochlorite de sodium ou de calcium, NaOCl ou Ca(OCl)_2 . La teneur en chlore libérable de ces composés varie de 70 % pour l'hypochlorite concentré, à 25-30 % pour le chlorure de chaux ordinaire. Ce dernier, quoique plus répandu sur le marché est peu stable et s'affaiblit avec le temps, ainsi que par exposition à l'air et à la lumière.

On recourt le plus souvent à la méthode de mélange discontinu qui implique la préparation d'une solution de concentration déterminée et son introduction dans l'eau par un système à gravité. La concentration de la solution ne dépassera pas 0,65 % de chlore (p/p), car c'est à peu près la limite de solubilité du chlore aux températures ordinaires. Par exemple, 10 g de réactif solide ordinaire à 25 % sont dissous dans 5 litres d'eau, ce qui donne une solution-mère à 500 p.p.m. Pour la désinfection de l'eau de boisson, on peut essayer d'ajouter une partie de solution-mère à 100 parties d'eau à traiter. La dose initiale serait ainsi de 5 p.p.m. Si le taux de chlore résiduel après 30 minutes de contact est supérieur à 0,5 p.p.m., on peut réduire la dose initiale.

Les figures 68 et 69 représentent deux dispositifs doseurs de solution-mère. Le premier (fig. 68), simple et sûr, permet de déverser une solution de chlore dans un réservoir, une conduite ouverte, un puits, etc. Avec un réservoir hermétique et une vanne à flotteur, la solution peut être introduite dans l'aspiration d'une pompe. Lorsque le niveau liquide dans le réservoir hermétique est au-dessus de la ligne piézométrique, la solution peut être introduite. Le flotteur de bois maintient une charge constante sur l'orifice, qui peut être assez grand pour éviter l'obstruction. Le deuxième dispositif représenté (fig. 69) est presque entièrement fait de bois. Bien construit, avec des réservoirs et des fûts revêtus d'asphalte ou d'une autre matière résistant à la corrosion, ce dispositif constitue un moyen semi-permanent pour additionner l'eau d'une solution-mère de chlore.

On trouve également sur le marché des appareils mécaniques pour la chloration de l'eau des réseaux d'adduction individuels ou collectifs, nécessitant peu de chlore et exigeant peu de surveillance. Ces appareils, de petites dimensions, sont faciles à installer et demandent peu de soins. Ils consistent généralement en une pompe à diaphragme pour l'injection d'une solution d'hypochlorite dans le réseau, qu'il soit à gravité ou à surpression. La concentration de la solution est de préférence de 1 % environ; elle atteint rarement 5 %. On trouve également divers types de dispositifs de chloration à entraînement électrique ou par courroie, et à manœuvre automatique ou manuelle. Il faut tenir compte en outre, dans le choix de l'appareil, du type de réseau et de la pression de l'eau. La plupart des appareils existants permettent l'addition d'une solution d'hypochlorite proportionnellement au débit d'eau à traiter. Une installation typique comprend l'appareil de chloration et ses accessoires, une réserve de réactif désinfectant, un ou plusieurs réservoirs tapissés intérieurement de caoutchouc ou d'émail, et une trousse pour le dosage du chlore résiduel.

Pour passer commande d'un appareil de chloration, il convient de fournir au constructeur les renseignements suivants :

Réseaux alimentés par pompage :

1. Croquis de l'installation de pompage
2. Types de pompes et nombre des pompes de chaque type
3. Mode de fonctionnement (manuel ou automatique)
4. Débit de pompage (litres ou gallons/minute) et quantité d'eau totale pompée par jour (mètres cubes ou gallons)
5. Energie électrique disponible (tension, phases, fréquence)
6. Pression de refoulement (minimum et maximum)
7. Hauteur d'aspiration
8. Section des tuyaux d'aspiration et de refoulement
9. Renseignements divers (espace disponible pour l'installation, dimensions des clapets de pied, des vannes de commande, etc.)

Réseaux alimentés par gravité :

1. Croquis du réseau, indiquant l'emplacement de la source d'eau et les distances
2. Dimension de la conduite maîtresse
3. Dimensions, type et description du compteur, le cas échéant
4. Pression (minimum et maximum) au compteur et au point d'installation
5. Débit (minimum et maximum)
6. Débit moyen journalier (minimum et maximum)
7. Débit en cas d'incendie, s'il est prévu (litres ou gallons/minutes)
8. Perte de charge admissible (mètres ou pieds)
9. Renseignements divers (espace disponible pour l'installation, etc.)

Comparaison des procédés de traitement

<i>Procédé</i>	<i>Résultats</i>	<i>Frais de construction</i>	<i>Frais d'exploitation</i>	<i>Attention requise</i>
Rétention en bassin	Diminution de la turbidité et de la flore bactérienne	Elevés	Faibles	Faible
Filtration lente sur sable	Diminution de la turbidité et de la flore bactérienne	Elevés	Relativement faibles	Moyenne
Aération	Elimination des gaz; précipitation du fer	Elevés	Faibles	Faible
Lutte anti-corrosion	Diminution de l'agressivité	Elevés	Faibles	Faible
Chloration	Réduction de la flore bactérienne	Faibles	Relativement élevés	Grande

En supposant que, dans un ensemble donné de circonstances, chacun des traitements ci-dessus soit correctement conçu à partir d'informations sérieuses et qu'aucun pompage ne soit nécessaire, le bassin de rétention, bien que de construction coûteuse, peut constituer la méthode la plus économique de réalisation d'un approvisionnement rural satisfaisant. Par ailleurs, s'il suffit de réduire la flore bactérienne, une simple chloration sera le procédé le moins cher, mais demandera un maximum de soins et de compétence. Cette analyse du problème est évidemment une simplification exagérée des diverses difficultés que l'ingénieur doit surmonter sur le terrain, mais elle illustre la complexité du problème du traitement de l'eau en milieu rural. C'est surtout dans ces situations délicates que les services d'un ingénieur sanitaire sont le plus nécessaires, car il possède les connaissances indispensables pour évaluer les avantages et les inconvénients des divers facteurs techniques et sanitaires, et pour parvenir au meilleur compromis possible compte tenu des circonstances.

Purification ménagère de l'eau

Pour des raisons d'ordre économique et autres, il sera impossible avant longtemps, de fournir un approvisionnement en eau satisfaisant à des millions d'habitants dans les régions rurales de nombreux pays. Il incombe pourtant aux services sanitaires de protéger partout la santé des populations rurales vivant sur le territoire de leur ressort et d'enseigner aux populations dépourvues d'approvisionnements en eau saine, les méthodes qui permettent de rendre l'eau potable. Compte tenu de l'expérience rassemblée dans de nombreux pays, l'Organisation mondiale de la Santé a publié, en 1956, une note concernant la purification de l'eau à petite échelle,¹² qui est reproduite ci-après avec l'autorisation de son auteur, M. R. N. Clark. Cette note contient des instructions pratiques détaillées applicables aussi bien par les habitants d'un village que par les services de santé dans leurs campagnes d'éducation sanitaire rurale.

On dispose de trois méthodes générales pour purifier l'eau à l'échelle domestique ou individuelle : *a*) l'ébullition, *b*) la désinfection chimique, et *c*) la filtration. Toutes trois sont utilisables seules ou en combinaison.

Ebullition

L'ébullition est une méthode satisfaisante pour détruire les organismes pathogènes que peut contenir l'eau; elle est également efficace, que l'eau soit claire ou trouble, qu'elle soit relativement pure ou fortement contaminée par des matières organiques. L'ébullition détruit toutes les formes de germes pathogènes à transport hydrique : bactéries, spores, cercaires, kystes et œufs.

La quantité de combustible nécessaire pour faire bouillir une même quantité d'eau dépend du système de chauffage de l'appareil et du récipient

utilisés. Dans les conditions ordinaires, pour porter à l'ébullition un litre (\simeq 1 quart) d'eau destinée à la boisson, il faut brûler 1 kg (\simeq 2 lb) de bois environ.

Par sécurité, l'eau doit être amenée à l'ébullition franche. L'apparition de bulles (bouillonnement) est parfois confondue avec l'ébullition, de même que l'apparition d'un brouillard ou de vapeur au-dessus de l'eau. Aucun de ces signes ne prouve que l'eau a atteint la température d'ébullition. Il est bon de faire bouillir l'eau dans le récipient où elle sera laissée à refroidir et conservée, et de n'utiliser ce récipient à aucune autre fin.

L'ébullition altère le goût de l'eau car elle élimine les gaz dissous, surtout l'anhydride carbonique. Le conseil fréquemment donné d'aérer l'eau par agitation ou par vidange d'un récipient dans un autre est mauvais car ces manipulations constituent un risque sérieux de recontamination. Abandonnée pendant un certain temps, allant de plusieurs heures à un jour entier, dans un récipient partiellement rempli, l'eau dont une bonne surface est exposée à l'air, même si l'orifice du récipient est couvert, perd une grande partie de son goût d'eau « bouillie ». De toute façon, ce goût est inoffensif et de loin préférable à la pollution de l'eau.

Désinfection chimique

Chlore

Le chlore est un désinfectant utile pour l'eau de boisson; il agit sur les bactéries communément associées aux maladies à transport hydrique. Aux doses usuelles, il n'agit toutefois pas sur certains kystes et œufs, ni sur des germes enrobés dans des particules solides. Le chlore entre en combinaison presque instantanée avec les matières organiques de l'eau et, sous cette forme combinée, devient inefficace. Il faut donc ajouter, outre la dose nécessaire pour obtenir l'action bactéricide, assez de chlore pour satisfaire à la « demande en chlore » de l'eau. La combinaison du chlore avec d'autres substances peut communiquer à l'eau un goût de chlore qui toutefois n'implique nécessairement pas la présence d'un excès de chlore. En général, la chloration ne suffit pas pour traiter les eaux très polluées contenant de grandes quantités de matières organiques, ni les eaux troubles. Mais les eaux troubles peuvent évidemment être chlorées, avec succès, après filtration.

C'est sous forme de solution que le chlore est le plus facile à ajouter. Une bonne solution-mère pour le traitement de l'eau contient environ 1% de chlore libre, concentration approximative des solutions désinfectantes telles que la Zonite, le Milton et l'eau de Javel.

Les agents de blanchiment vendus sous forme liquide par un grand nombre de firmes contiennent en général 3-5% de chlore libre et sont faciles à diluer à 1%. La solution de Dakin contient environ 0,5% de chlore libre.

Le chlorure de chaux ordinaire de préparation récente contient environ 30% de chlore libre. Toutefois, sa teneur en chlore diminue rapidement dès

que le récipient est ouvert, ou même simplement s'il est conservé trop longtemps. Il vaut mieux utiliser tout le contenu de la boîte en une fois, dès que celle-ci a été ouverte, et en faire une solution-mère. La chaux inerte se dépose en quelques heures, laissant le chlore actif dans la solution claire.

L'hypochlorite concentré en poudre contient environ 70 % de chlore. Les récipients doivent être conservés au frais; il est arrivé que des boîtes, abandonnées en plein soleil ou dans un endroit chaud, explosent. L'hypochlorite concentré est plus stable que le chlorure de chaux et conserve mieux son titre après ouverture de la boîte; il n'est donc pas nécessaire d'utiliser toute une boîte en une fois. Il perd toutefois sa richesse en chlore en un ou deux mois après l'ouverture de la boîte.

Les solutions contenant beaucoup plus de 10 % de chlore libre sont instables dans les régions chaudes. Les solutions chlorées doivent être conservées en bouteilles brunes ou vertes, à l'abri de la lumière.

Pour préparer un litre d'une solution à environ 1 %, on ajoute suffisamment d'eau pour porter à 1 litre (\approx 1 quart) les quantités suivantes : soit 250 ml (1 tasse) de chlorure décolorant liquide, soit 40 g (deux cuillerées à soupe et demie) de chlorure de chaux, soit 15 g (une cuillerée à soupe) d'hypochlorite concentré.

On peut préparer des quantités plus faibles de solution en réduisant convenablement ces volumes. La Zonite et l'eau de Javel peuvent être utilisées sans dilution.

Pour chlorer l'eau, il faut l'additionner de trois gouttes de solution à 1 % par litre ou par quart d'eau (une once liquide pour 32 gallons impériaux). Si l'eau est limpide, mais très colorée, comme un thé très faible, ou si elle a une odeur sulfureuse perceptible, il convient de doubler la dose. Après l'addition du produit, l'eau sera soigneusement agitée puis abandonnée au repos pendant 20 minutes au moins avant usage. On peut obtenir un mélange suffisant en vidant l'eau du récipient où elle a été chlorée, dans le récipient où elle sera conservée.

On peut également se procurer le produit chloré sous forme de tablettes. On trouve dans le commerce des produits tels que les suivants : Halazone, Chlor-dechlor et Hydro-chlonazone. Les directives données sur l'emballage seront scrupuleusement observées. Le Chlor-dechlor, par exemple, a une double action. Il commence par désinfecter l'eau, grâce à un composé chloré spécial, puis, la couche extérieure du comprimé étant dissoute, le noyau interne neutralise le chlore restant pour réduire le goût. Lorsqu'on utilise plusieurs comprimés, il faut les ajouter tous en même temps. Les comprimés ajoutés après la dissolution du noyau, même d'une seule tablette, sont complètement inefficaces.

Iode

L'iode est un désinfectant de premier ordre. La teinture d'iode peut être employée pour désinfecter l'eau; normalement deux gouttes de teinture

d'iode à 2% suffisent pour 1 litre (1 quart) d'eau. Les eaux troubles ou boueuses ou perceptiblement colorées, même limpides, ne conviennent pas. Si l'eau est très polluée, il faut doubler la dose. Le procédé est sans danger, mais la dose élevée donne à l'eau un goût « médicinal ».

Des composés iodés, tels que le tri-iodure de potassium tétraglycine, ont été préparés en tablettes, qui agissent sur les kystes amibiens, les cercaires, les leptospires et même quelques virus. On trouve sur le marché divers produits (*Globaline*, *Potable Aqua* et *Individual Water Purification Tablets*) pratiques pour désinfecter l'eau.

Permanganate de potassium

Le permanganate de potassium (vendu en solution sous le nom de *pinkie* ou liquide de *Condy*) a été souvent employé pour la désinfection de l'eau. C'est un oxydant énergétique; aussi son pouvoir de désinfection est-il rapidement épuisé dans les eaux contenant des substances organiques. La dose usuelle est de 1 partie pour 2000, soit 0,5 g par litre. Le permanganate de potassium est peut-être efficace contre le vibron cholérique, mais il est de peu de secours contre les autres germes pathogènes. Dans l'eau traitée par le permanganate apparaît, avec le temps, un précipité brun foncé que l'on observe sous forme de dépôt adhérent dans les récipients de verre ou de porcelaine et qui est difficile à enlever sans grattage. Le permanganate de potassium n'est pas satisfaisant et n'est pas recommandé pour la désinfection de l'eau.

Filtration

Il existe deux types de filtres généralement employés dans le traitement des approvisionnements en eau ménagers : le filtre à sable, relativement grossier, et le filtre en céramique de texture plus fine.

Filtre à sable

Le filtre à sable ménager, sauf s'il est judicieusement employé, est relativement peu actif contre les bactéries. Toutefois, il élimine les kystes, les œufs, les cercaires et autres organismes relativement gros; il retient la majorité des matières en suspension grenue et visibles, bien qu'un léger trouble puisse persister après filtration. La filtration sur sable peut être rendue plus efficace en traitant préalablement et avec soin l'eau par le sulfate d'alumine, ce qui donne alors une eau limpide. Quelques filtres ménagers contiennent également du charbon de bois qui est sans action purificatrice mais qui absorbe certains composés responsables d'un mauvais goût et qui rend l'eau « plus douce ». Encore faut-il que ce charbon soit fréquemment renouvelé. Il arrive souvent que les filtres à sable soient partiellement colmatés par des matières organiques et, dans certaines conditions, favorisent la prolifération

de bactéries. Nombreux sont les cas connus d'eau filtrée contenant plus de bactéries que l'eau brute. L'utilisation de filtres à sable ménagers n'est pas recommandée, sauf si l'eau est bouillie ou désinfectée après filtration.

Cette réserve faite, le filtre à sable ménager occupe une place définie dans le traitement de l'eau. Il est facile à construire partout où l'on trouve du sable fin. Les points essentiels dans la préparation du filtre sont les suivants : la couche de sable traversée par l'eau aura au moins 60 cm (2 ft) de hauteur ; une épaisseur supplémentaire de 15 cm (6 in.) est souhaitable ; le débit maximum à travers le filtre ne dépassera pas 3,6 litres par mètre carré et par minute (4 gallons par pied carré et par heure).

On peut construire un filtre simple avec un cylindre d'acier de 60 cm (24 in.) de diamètre et de 75 cm (30 in.) de haut, ouvert à la partie supérieure. Il suffit de placer le cylindre sur un support, au-dessus d'un récipient et de forer dans le fond du cylindre un trou d'écoulement de 2 mm ($3/32$ in.). Sur quelques centimètres de hauteur, garnir le fond du cylindre de pierraille de la dimension d'un pois environ et remplir de sable fin jusqu'à 10 cm (4 in.) du sommet. Pratiquer un trou de trop-plein dans la paroi du cylindre, juste au-dessous du bord supérieur, et le munir d'un bout de tuyau. Pour utiliser le filtre, maintenir au-dessus du filtre un écoulement suffisant pour que le filtre reste plein en léger excès. Il est parfois nécessaire de placer un petit disque à la surface du sable, sous le jet d'arrivée, pour éviter la formation d'un trou dans le sable. Le débit d'un tel filtre sera d'un litre par minute (12 gallons/heure) d'une eau limpide que l'on pourra chlorer.

Lorsqu'on utilise un tel filtre, il est souhaitable de maintenir un écoulement ininterrompu à travers l'appareil. La vitesse de filtration peut tomber avec le temps, mais le filtre ne sera nettoyé qu'à de longs intervalles (de quelques semaines ou même de quelques mois) car son efficacité dépend de l'activité biologique à la surface du sable. On évitera les difficultés dues à la présence d'algues vertes en recouvrant le filtre de manière à assurer une obscurité parfaite (les algues vertes ont besoin de lumière). Lorsqu'il devient nécessaire de nettoyer le filtre, on peut en racler une couche très mince (environ 0,5 cm ou $1/4$ in.) qu'on rejette, et ratisser légèrement la surface pour l'ameublir. Après quelques nettoyages de ce genre, la charge de sable sera complétée jusqu'au niveau initial, par du sable propre, après élimination des couches supérieures polluées.

Filtres en matériaux céramiques

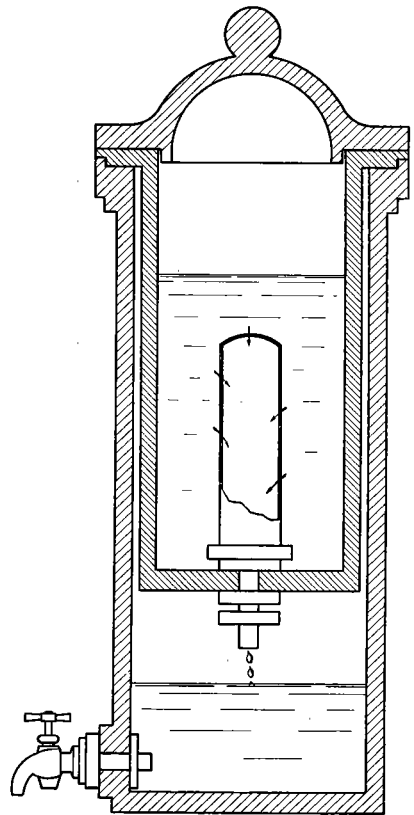
Il existe plusieurs types de filtres en produit céramique (fonctionnant sous ou sans pression) et de pompes filtrantes ; et on trouve une gamme étendue de produits céramiques présentant des pores de diverses dimensions. L'élément essentiel de ces appareils est la bougie filtrante ; la façon dont l'eau est forcée à travers la bougie est affaire de convenance. Seules des eaux propres seront filtrées sur des bougies de produit céramique, car les eaux troubles ou opalescentes provoquent un colmatage rapide.

Les bougies filtrantes à gros grain sont utiles pour éliminer les matières en suspension, les œufs d'helminthes, les cercaires et les kystes. Leur efficacité peut n'être que partielle pour éliminer les germes pathogènes plus petits : l'eau sera donc chlorée ou désinfectée après passage à travers une bougie à gros grain ou un filtre de type industriel.

Les filtres de porcelaine ont des pores de dimensions allant de $50\ \mu$ (ou plus) à $0,30\ \mu$. Pour purifier l'eau de façon satisfaisante, la dimension des pores ne sera pas supérieure à $1,5\ \mu$: à titre d'exemples, on peut citer le Chamberland L_2 et le Selas 015. Ces filtres et d'autres à grain fin retiennent tous les germes pathogènes qui se trouvent normalement dans l'eau de boisson ; la consommation de l'eau ainsi filtrée, sans traitement ultérieur, est sans danger. Les filtres et leurs accessoires seront soigneusement examinés à de fréquents intervalles pour déceler les fissures ou les fentes qui pourraient permettre à l'eau de passer sans filtration. Les filtres de porcelaine seront nettoyés et bouillis de temps à autre. Si un filtre est colmaté ou enrobé complètement, il sera nettoyé sous un jet d'eau courante avec une brosse à poils raides, exempte de savon, de graisse ou d'huile, puis mis dans l'eau bouillante pendant 15 à 20 minutes. Même si le filtre ne se colmate pas, il doit être nettoyé et traité à l'ébullition au moins une fois par semaine.

Il existe un autre type de bougie filtrante, connu sous le nom de filtre à kieselguhr ou à diatomées. De même que les filtres en porcelaine, les filtres à kieselguhr existent avec différentes dimensions de pores. Les filtres à pores fins peuvent retenir toutes les bactéries courantes de l'eau. Parmi les filtres à kieselguhr connus figurent le Berkefeld (fig. 70) et le Mandler. Leur porosité est désignée par V (« viel » ou grossier), N (« normal » ou moyen) et W (« wenig » ou fin). Les filtres V ne conviennent qu'à l'élimination des matières en suspension ; après filtration, l'eau doit être soumise à un traitement complémentaire pour en détruire les bactéries. Les filtres N éliminent les plus petites bactéries, et l'eau ainsi filtrée peut être consommée sans inconvé-

Fig. 70. FILTRE BERKEFELD



nient. Les bougies de kieselguhr exigent les mêmes soins que les bougies de porcelaine, mais elles demandent un nettoyage plus fréquent, au minimum tous les quatre ou cinq jours.

Un type spécial de filtre à kieselguhr, appelé « Katadyne », présente une surface enrobée d'un catalyseur à l'argent qui ne modifie pas la porosité mais qui tue par action oligodynamique les bactéries qui entrent en contact avec la surface. Ce genre de filtre ne doit être nettoyé que lorsqu'il est colmaté.

Les bougies filtrantes peuvent être montées sur un filtre à gravité, qui consiste en deux réservoirs, la ou les bougies étant fixées au réservoir supérieur. L'eau amenée au sommet du dispositif s'écoule à travers les bougies et s'emmagasine dans le compartiment inférieur. Lorsqu'on dispose d'une conduite d'eau sous pression, on réalise un autre montage. La bougie est disposée dans une enceinte sous pression accouplée directement au réseau de distribution; l'eau filtrée est soutirée au fur et à mesure des besoins. Il existe enfin un troisième type de montage avec pompe à main. Le tube d'aspiration plonge dans un récipient contenant de l'eau, et la pompe est actionnée comme une pompe de bicyclette dans le corps de laquelle se trouverait la bougie filtrante. L'eau filtrée est déchargée dans un autre tube. Tous ces systèmes sont satisfaisants à condition que les bougies filtrantes adoptées soient convenables.

Stockage de l'eau

Mais il ne suffit évidemment pas d'apporter tout le soin souhaitable à l'obtention d'une eau saine; il faut ensuite veiller à éviter la contamination de l'eau après traitement. Une eau bouillie ou filtrée est sujette à une recontamination immédiate. En revanche, l'eau traitée au chlore ou à l'iode possède une protection résiduelle capable d'enrayer une légère recontamination pendant une période considérable. Toutefois, cet effet résiduel lui-même disparaît avec le temps, à moins qu'on n'ajoute des réactifs. Il importe donc au plus haut point de maintenir l'eau propre.

Les principes à observer sont simples : employer des récipients de stockage propres, ne rien tremper dans l'eau, maintenir les récipients couverts pour éviter l'entrée des insectes, de la poussière et en général de toute substance étrangère.

La propreté du récipient suppose une vidange périodique, un lavage, et un rinçage à l'eau bouillante ou à l'eau très chlorée, pour empêcher la formation de boue.

Autant que possible, on fera usage de récipients à embouchure étroite, à col suffisamment petit pour empêcher l'introduction d'une louche, d'une tasse ou de la main. Lorsqu'on emploie de grands récipients, on s'arrangera pour que la vidange soit aisée, soit par inclinaison, soit par rotation. Le meilleur moyen lorsque les récipients sont grands est d'employer si possible un robinet.

Pour empêcher l'entrée d'impuretés, il faut munir le récipient d'un couvercle, de préférence en matière imperméable et lavable. Le type de couvercle à choisir dépend uniquement du récipient. Il sera suffisamment étanche pour empêcher l'entrée des insectes (mouches, guêpes, etc.) et assez important pour ne pas être trop facilement perdu ou brisé.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que la glace peut aussi être la source d'une contamination. Les cubes de glace seront préparés avec une eau convenablement traitée, c'est-à-dire avec de l'eau de boisson. A moins d'être assuré que la glace est pure, celle-ci ne sera jamais ajoutée à la boisson elle-même, mais utilisée comme moyen extérieur de réfrigération du flacon destiné à contenir la boisson.

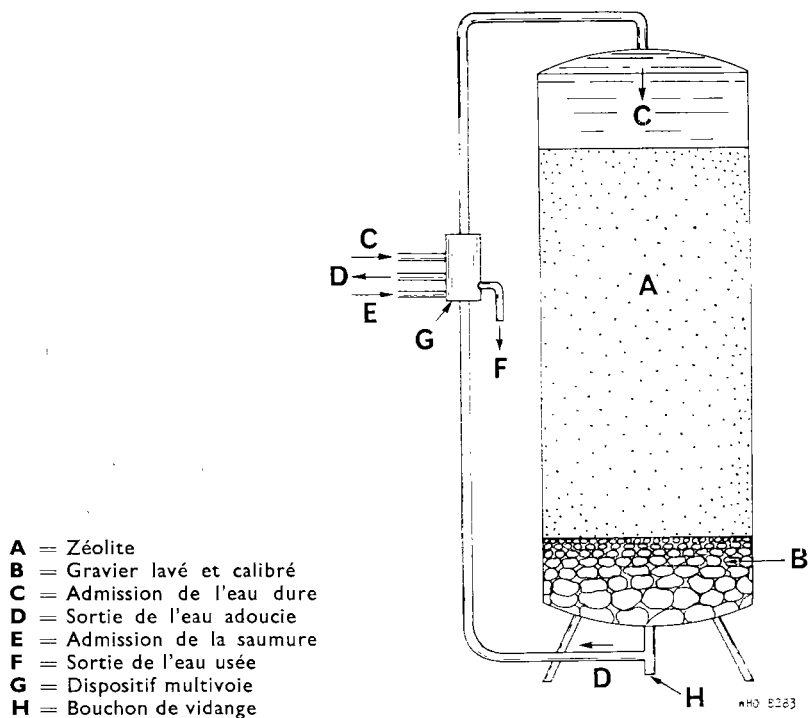
L'emploi d'eau en bouteilles ou de boissons carbonatées exige, de son côté, des précautions. Le fait que ces produits sont mis en bouteilles et capsulés ne garantit nullement leur pureté. Lorsque l'eau est mise en bouteille, sa teneur bactérienne diminue avec le temps, mais kystes et œufs peuvent survivre à de longues périodes de stockage. Les propriétés bactéricides des boissons « douces » dépendent de leur teneur en sucre, mais seule leur pureté initiale et une longue durée de stockage garantissent leur innocuité. Dans le cas de boissons carbonatées, l'anhydride carbonique inhibe le développement des bactéries; mais son action est sélective, certains organismes étant plus résistants que d'autres. La carbonatation seule ne suffit pas à rendre un breuvage sain. La meilleure pratique semble être de ne consommer que des boissons mises en bouteilles dans des établissements connus pour n'employer que des produits purs et pour avoir adopté des procédés de fabrication hygiéniques.

Élimination de certaines substances gênantes

Dans les habitations rurales desservies par l'eau courante au robinet, on peut éliminer, lorsqu'il y a lieu, certaines substances minérales au moyen d'appareils spécialement conçus et généralement disponibles dans le commerce. On peut se procurer, par exemple, des appareils ménagers pour supprimer la dureté, éliminer le fer, le soufre, l'anhydride carbonique, ou pour lutter contre les mauvais goûts et l'odeur.

L'appareil d'adoucissement de l'eau représenté à la figure 71 comporte un réservoir en acier contenant une couche de zéolite synthétique granulaire qui a la propriété de retenir le calcium et le magnésium des eaux dures et, en échange, de libérer du sodium. Les sels sodiques ne donnent pas des eaux « dures ». Lorsque la zéolite a échangé tout son sodium, il faut la régénérer par une saumure, après l'avoir lavée à contre-courant pour éliminer les dépôts. Le calcium et le magnésium fixés par la zéolite se combinent alors avec le chlore du sel pour former des chlorures de calcium et de magnésium qui sont éliminés par lavage. En même temps, le sodium du sel est retenu par les grains de zéolite, et l'appareil est de nouveau prêt à l'emploi. Cet instru-

Fig. 71. ADOUCISSEUR A MANŒUVRE MANUELLE



ment permet d'adoucir l'approvisionnement complet du ménage ou, par une disposition convenable de la tuyauterie, seulement l'eau de lessive ou de chauffage, selon les désirs. Il en existe deux modèles, l'un à manœuvre manuelle, l'autre à manœuvre automatique. A la commande, il faut spécifier la dureté de l'eau brute en p.p.m., la capacité désirée et l'espace disponible.

On fabrique également des appareils ménagers pour les opérations suivantes :

1) déferrisation par formation de bicarbonate ferreux, grâce à un passage sur des glauconies naturelles;

2) élimination de l'anhydride carbonique par passage à travers un lit de marbre concassé, au lieu de zéolite;

3) élimination des matières organiques responsables des goûts et odeurs, par passage à travers un lit de charbon activé.