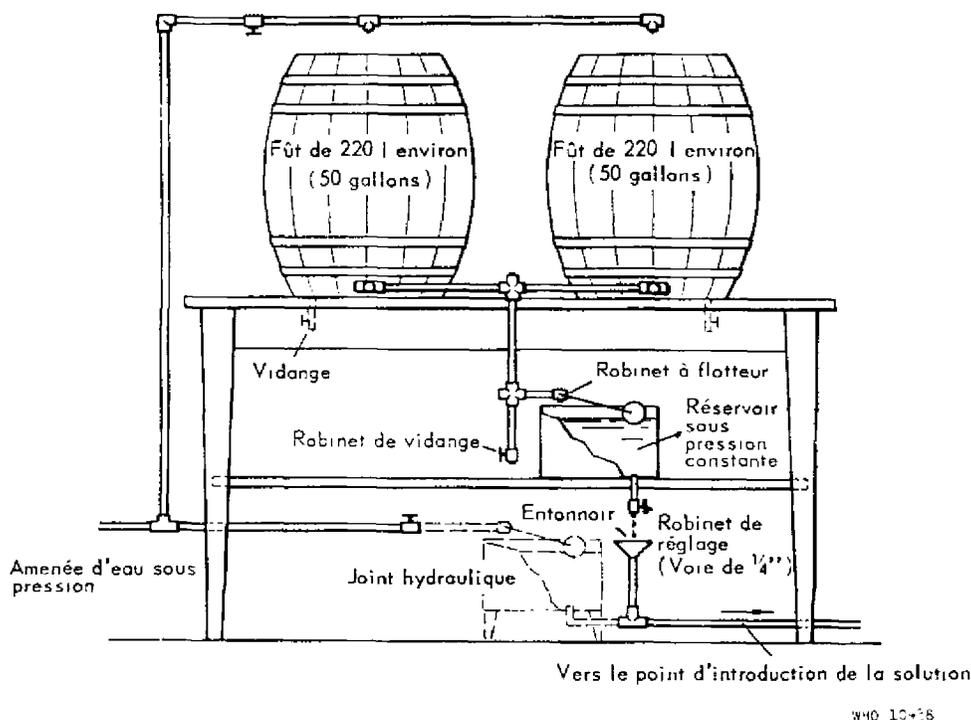


pression hydrostatique constante qu'on peut ajuster à une valeur suffisamment élevée pour éviter toute obstruction. S'il est construit avec soin et comporte des réservoirs et des fûts goudronnés ou enduits d'une autre matière résistant à la corrosion, le deuxième dispositif (fig. 14) constitue un distributeur semi-permanent de solution-mère de chlore.

FIG. 14. APPAREIL DOSEUR D'HYPOCHLORITE



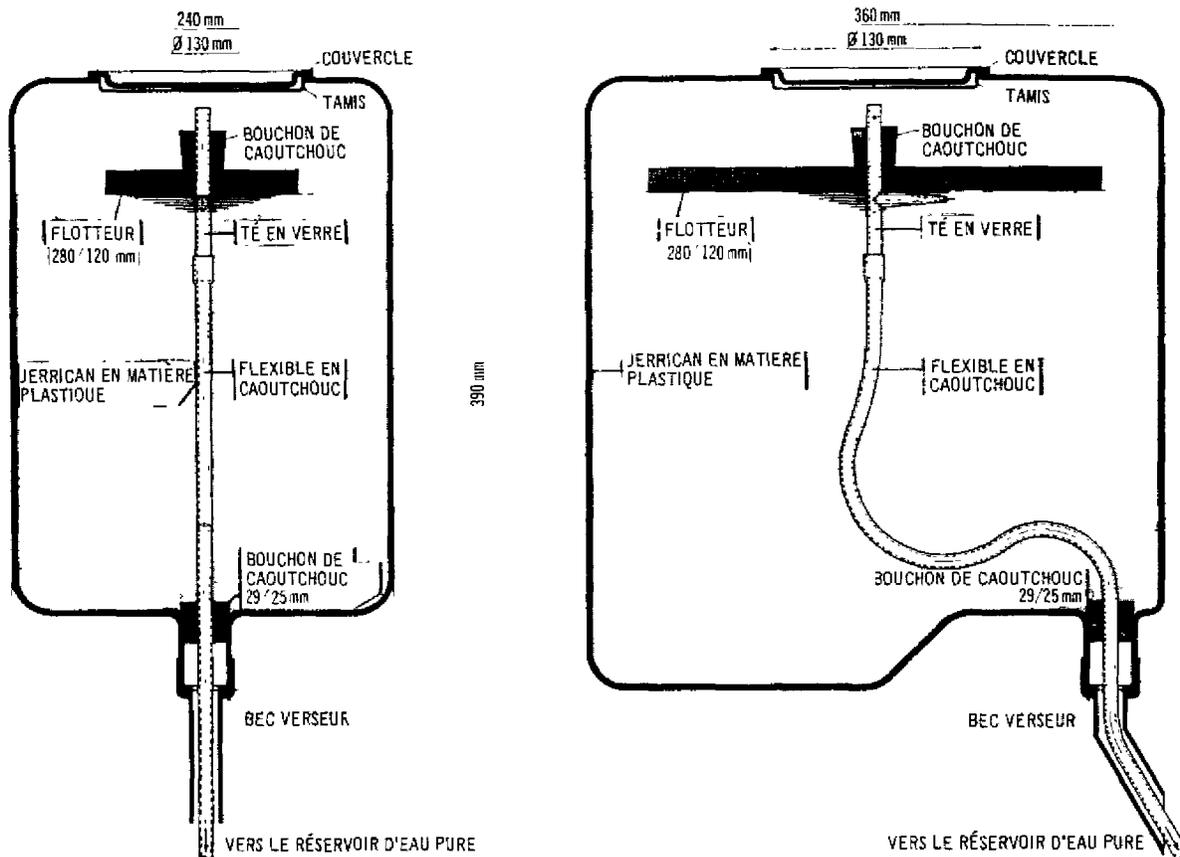
Le joint hydraulique et les canalisations connexes sont inutiles si la solution est introduite dans une conduite ouverte, un puits, etc. Ils sont indispensables si la solution est introduite dans la tubulure d'aspiration d'une pompe.

Un autre dispositif simple pour l'application à l'eau d'une solution désinfectante de chlore a été mis au point au Soudan.¹ Il consiste en un jerrican en matière plastique, renversé et percé d'un trou à sa base (fig. 15).

Le flotteur est en matériau léger pour garnitures. La solution est soutirée à l'aide d'un té de verre dont l'embout ouvert est calibré par étirage à chaud. Pour obtenir le débit voulu, on fabrique et on essaie des tés ayant des orifices de divers diamètres. La concentration de la solution est ajustée de manière à obtenir la quantité de chlore requise. Le montage de ce dispositif nécessite le matériel suivant:

¹ Grombach, H. E. (1966) *Study on rural water treatment plants in the Sudan Gezira*, Genève (OMS, rapport non publié).

FIG. 15. JERRICAN EN MATIÈRE PLASTIQUE TRANSFORMÉ EN CHLORATEUR

*Chlorateur :*

- 1 jerrican de 25 litres en matière plastique
- 1 flotteur en plastique expansé (28 × 12 × 1,2 cm)
- 3 tés de verre, diamètre extérieur 7 mm, embouts effilés de manière à obtenir des orifices de prise de divers diamètres
- 3 bouchons de caoutchouc, de 25–29 mm de diamètre
- 1 tuyau de caoutchouc, diamètre extérieur 9 mm, diamètre intérieur 6 mm, longueur 120 cm, très flexible

Accessoires :

- 1 entonnoir en matière plastique
- 1 récipient de mesure
- 1 tuyau en matière plastique, diamètre extérieur 12 mm, diamètre intérieur 9 mm, longueur selon besoins (environ 10 m)
- 2 seaux de 5 litres en matière plastique pour la préparation de la solution de chlore.

4) *Chloration en continu.* Cette méthode consiste à immerger dans l'eau des récipients poreux contenant de l'hypochlorite de calcium ou du chlorure de chaux. Elle est surtout utilisée pour traiter les puits et les sources mais peut être appliquée à d'autres systèmes d'approvisionnement. Elle a été mise

au point et appliquée en Bulgarie et dans d'autres pays, avec de bons résultats pratiques. On trouvera ci-dessous une description de son emploi en Bulgarie.¹

Le dispositif permettant d'ajuster la teneur en chlore actif se présente sous la forme d'un récipient cylindrique creux en terre cuite, la « cartouche doseuse » (fig. 16). La matière employée — terre d'infusoires ou terre à potier — est suffisamment perméable pour permettre le passage du chlore actif.

Bourrée d'hypochlorite ou de chlorure de chaux humidifié, la cartouche est hermétiquement fermée à l'aide d'un bouchon de caoutchouc. On l'immerge dans l'eau jusqu'à ce que le chlore actif commence à diffuser à travers la paroi, ce qui prend 12 à 24 heures.

Cette diffusion est plus ou moins importante selon la concentration de la substance chlorogène, la porosité de la paroi et l'aire de contact avec l'eau.

Le nombre et la taille des cartouches seront déterminés en fonction des besoins, qu'on pourra évaluer par dosage du chlore résiduel. Etant donné que le passage du chlore à travers la paroi dépend de l'aire de contact avec l'eau, la dose pourra être réglée en enfonçant plus ou moins la cartouche (fig. 17).

La plupart du temps, la chloration d'urgence s'effectue dans des réservoirs. Pour que le chlore diffuse librement et uniformément dans toute leur étendue, on peut disposer la ou les cartouches de deux manières :

1) Verticalement, dans un petit récipient monté sur une dérivation branchée sur la conduite d'alimentation du réservoir. Comme le débit dans la dérivation est proportionnel au débit dans la conduite principale, le niveau de l'eau dans le récipient varie en fonction de l'alimentation du réservoir et, en recouvrant plus ou moins les cartouches, règle automatiquement la diffusion du chlore.

2) Dans le canal de décharge du réservoir à travers lequel passe tout le volume d'eau à traiter. Cette technique s'applique également aux réservoirs de stockage et aux châteaux d'eau des petits réseaux (débitant jusqu'à 5 litres/s).

Si l'eau est pompée, la canalisation de sortie du récipient contenant les cartouches est reliée à l'aspiration de la pompe. L'opérateur doit immerger ou enlever les cartouches selon qu'il met en route ou arrête la pompe. Lorsque les pompes sont à arrêt et marche automatiques, le déplacement des cartouches peut également être automatisé en suspendant les cartouches à un levier qui s'élève ou s'abaisse en fonction des variations de pression dans le refoulement de la pompe.

Il est primordial d'assurer la désinfection en continu des sources et des puits protégés dans les zones où la nappe phréatique est à moins de 3 m de la surface du sol. Les cartouches doseuses doivent être immergées en un point tel que la désinfection de l'eau tirée du puits ou de la source soit totale.

Lorsqu'il s'agit de puits ouverts, on peut directement immerger les cartouches. Le nombre et la taille des cartouches, qui déterminent la quantité de chlore libérée, seront fixés en fonction de la capacité du puits et du débit de soutirage. Pour assurer la désinfection totale de l'eau de source, on pourra placer les cartouches dans une chambre spéciale située au point de captage en les disposant de façon telle qu'elles soient entièrement noyées lorsque le débit est maximal. Si le débit diminue, le niveau de l'eau dans la chambre baisse, découvrant partiellement les cartouches, ce qui réduit d'autant la quantité de chlore actif libérée.

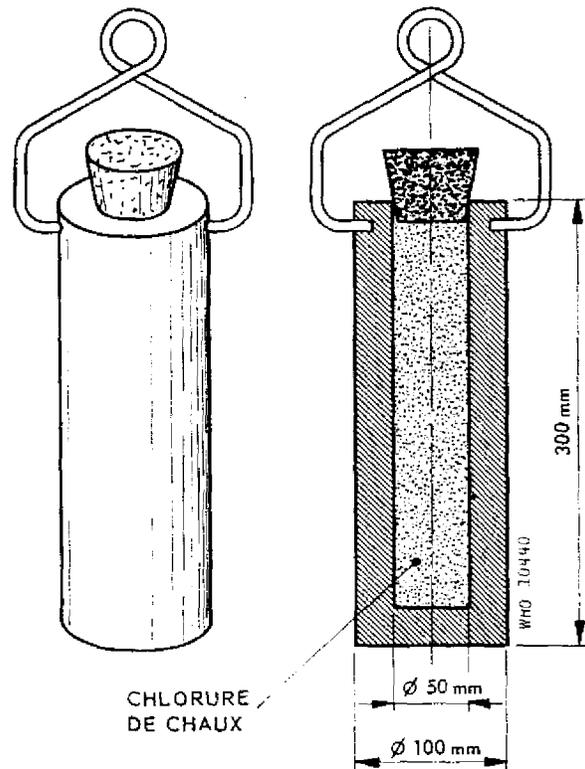
L'usage de ces cartouches doseuses exige qu'on prenne diverses précautions :

1) Avant de procéder au chargement, vérifier l'état de la cartouche et s'assurer notamment qu'elle n'est pas fissurée, que le bouchon de caoutchouc tient bien, etc.

2) Charger la cartouche avec un produit dont la teneur en chlore actif est connue.

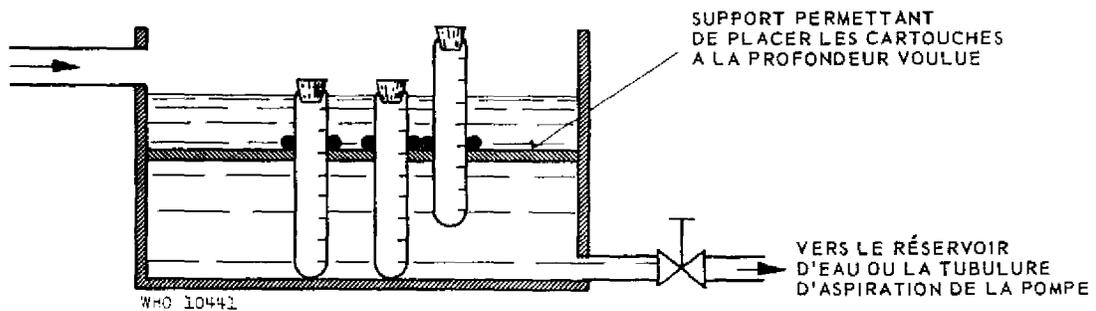
¹ Zdravkev, M. (1959) *New method of chlorinating drinking water*, Genève (OMS, rapport non publié).

FIG. 16. CARTOUCHE DOSEUSE NORMALISÉE POUR LA CHLORATION DE L'EAU DE BOISSON



Cette cartouche peut contenir 480 g de chlorure de chaux et libérer du chlore actif à raison d'environ 40 mg/h.

FIG. 17. RÉCIPIENT À CARTOUCHES DOSEUSES POUR LA CHLORATION EN CONTINU



- 3) Lorsqu'on immerge une cartouche fraîchement chargée, laisser s'écouler au moins 24 heures avant d'utiliser l'eau.
- 4) Doser régulièrement le chlore résiduel et, si possible, compléter cette analyse par un examen bactériologique.
- 5) Remplacer les cartouches avant qu'elles ne soient vides.
- 6) Avoir sous la main des cartouches de recharge.

L'eau traitée en vue d'une distribution d'urgence devra titrer au moins 0,7 mg de chlore résiduel par litre. On reconnaît que la chloration est suffisante à la présence, au bout d'une demi-heure, d'une odeur et d'une saveur légères de chlore. Dans les régions inondées où le réseau de distribution d'eau fonctionne encore, la teneur en chlore résiduel devra être plus élevée. Il arrive que l'eau prenne un goût désagréable dû à l'action du chlore sur certains dérivés phénoliques ou d'autres composés organiques. Ce goût doit être accepté, car il est le signe d'une bonne désinfection.

2. Coagulation – désinfection

Si de l'eau turbide est laissée au repos pendant plusieurs heures, les solides en suspension sédimentent partiellement. L'addition de substances chimiques telles que les aluns, le chlorure ferrique et le sulfate ferreux accélère le processus, en favorisant la formation d'un «floc» de grosses particules, qui adhèrent aux matières en suspension ou réagissent avec elles. Ce phénomène est connu sous le nom de coagulation et les substances utilisées à cette fin sont appelées coagulants. Sous leur action, le floc devient de plus en plus lourd et précipite facilement. L'élimination des matières organiques réduit considérablement la quantité de chlore nécessaire à la désinfection.

La coagulation est régie par un grand nombre de facteurs. Citons :

1) La concentration des ions hydrogène. Le pH est optimal quand le floc se forme et précipite le plus facilement. L'adjonction de coagulants faisant varier le pH, il faut le ramener à sa valeur optimale en ajoutant une base ou un acide.

2) Le brassage. Pour obtenir des résultats satisfaisants, il faut que les coagulants et l'eau soient intimement mélangés. Pour y parvenir, on peut : a) admettre la solution de coagulants dans la tubulure d'aspiration d'une pompe et laisser la pompe opérer elle-même le mélange ; b) disposer un flacon distributeur au-dessus du tuyau ou du flexible qui alimente le réservoir en eau brute et laisser la solution s'écouler goutte à goutte ; c) opérer par dissolution, en laissant l'eau brute se déverser sur un panier contenant le coagulant à l'état solide.

3) La dose de coagulant. La quantité de coagulants et celle des substances chimiques nécessaires pour ajuster le pH peuvent être calculées connaissant le pH et le type d'alcalinité. Toutefois l'essai en bécher permet de déterminer approximativement la dose optimale pour une eau quelconque. On trouvera au tableau 2 des renseignements sur les substances chimiques utilisées pour provoquer la coagulation ou ajuster l'alcalinité de l'eau.

3. Coagulation – filtration – désinfection

Cette méthode comporte une filtration en plus des opérations précitées. S'il est possible de construire des réservoirs provisoires, il vaut mieux laisser

l'eau se décanter avant de la filtrer. Toutefois, dans les unités mobiles d'épuration, la filtration s'opère sous pression sans décantation préalable. Ces unités ont en général une capacité horaire de 4 à 7 m³ et comportent essentiellement *a*) une pompe centrifuge couplée à un moteur à essence, *b*) un filtre (filtre sous pression ou filtre rapide à sable), *c*) un distributeur d'hypochlorite, *d*) des réservoirs pour les solutions (un pour la solution d'alun et l'autre pour le carbonate de sodium anhydre, *e*) un réservoir pour la solution de chlore, *f*) des raccords pour flexibles, *g*) des vannes et clapets divers (aspiration, admission, vidange, purge, refoulement, régulation du débit, etc.), et *h*) une boîte à outils. On se conformera aux instructions qui figurent dans les manuels fournis avec ces unités.

4. Filtration – désinfection

Cette méthode consiste à mélanger l'eau avec du kieselguhr puis à faire passer le tout dans une unité de filtration constituée d'un certain nombre de plaques filtrantes (fig. 18 et 19). On a construit des unités mobiles utilisant ce procédé dont le débit atteint 50 000 litres/h. Elles comportent essentiellement *a*) une pompe centrifuge actionnée par un moteur à essence muni d'un démarreur à câble, *b*) un filtre (kieselguhr), *c*) un distributeur d'hypochlorite, *d*) un dispositif pour l'adjonction de la suspension de kieselguhr et un compresseur, *e*) un réservoir d'admission et de recyclage, *f*) un réservoir pour la solution de chlore, *g*) des raccords pour flexibles, *h*) des vannes et clapets divers (aspiration, admission, vidange, refoulement, régulation du débit, purge, etc.), et *i*) une boîte à outils. On se conformera aux instructions qui figurent dans les manuels fournis avec ces unités.

Stockage

Pour stocker l'eau en cas d'urgence on peut utiliser des moyens de fortune, par exemple des récipients de toile, de nylon caoutchouté ou de matière plastique pouvant contenir jusqu'à 10 m³. Avec des conteneurs de polyéthylène placés dans des fosses creusées aux dimensions on peut stocker jusqu'à 50 m³. Si le stockage a pour seul but d'assurer un certain temps de contact après la chloration, les réservoirs devront avoir une capacité qui permette un contact d'au moins 30 minutes. Si l'eau est stockée en vue d'être distribuée, la capacité totale des réservoirs devra correspondre à la consommation pendant 12 à 24 heures. Des réservoirs surélevés, ou châteaux d'eau, peuvent être construits rapidement avec des fûts, des feuilles de tôle, ou des récipients en amiante-ciment. Les supports peuvent être confectionnés à l'aide de perches, de planches ou de tubes métalliques. Dans de nombreux pays on construit des châteaux d'eau normalisés entièrement préfabriqués, qui peuvent être rapidement transportés et montés.

Dans les camps de secours de caractère durable, tous les réservoirs devront être couverts, d'une part pour les protéger du soleil et éviter ainsi

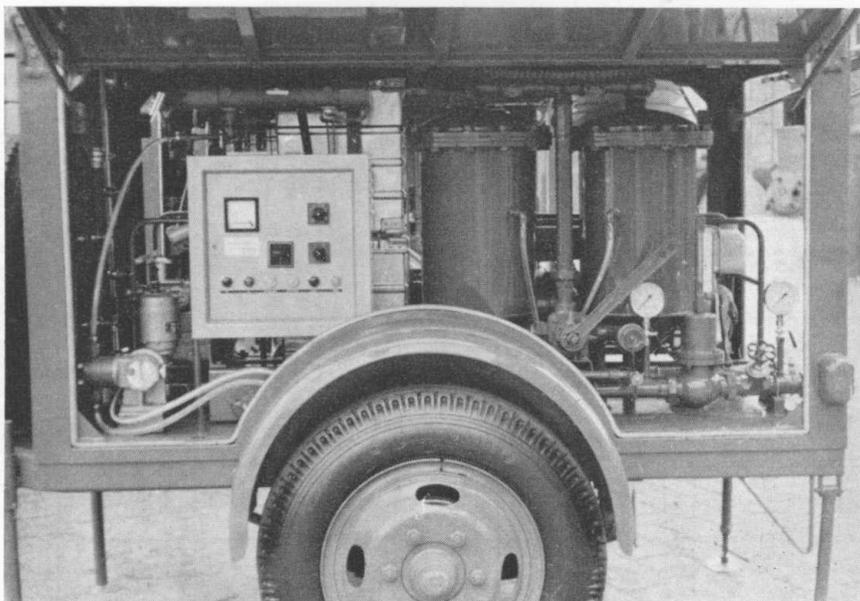
TABLEAU 2. PRODUITS CHIMIQUES UTILISÉS POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU (COAGULATION ET ALCALINISATION) *

Produit (nom vulgaire entre parenthèses)	Aspect	Emploi	Sources en cas d'urgence	Dose (mg/l)	Valeurs limites du pH	Alcalinité naturelle (en mg/l) nécessaire pour 1 mg/l de coagulant	Alcalinité artificielle (en mg/l) nécessaire pour 1 mg/l de coagulant			Remarques
							Chaux éteinte	Chaux vive	Carbo- nate de so- dium an- hydre	
Aluminium sulfate d' (sulfate d'alumine)	Cristaux brunâtres à gris-vert	Coagulant	Drogueries, marchands d'engrais ou phar- macies	5,1-51,0	4,4-6,0 5,7-8,0 9,0-10,5	0,45	0,35	0,28	0,48	Utilisation des divers Inter- vales de pH: 4,4-6,0 eau très colorée 5,7-8,0 eau turbide et moyennement colorée 9,0-10,5 coagulation des carbonates (adou- cissement chaux- soude)
Aluminium et ammonium, sulfate double d' (alun ammoniacal)	Cristaux blancs	Coagulant	Grandes piscines	5,1-103,0	5,7-8,0	0,29 approx.	0,23 approx.	0,18 approx.	0,31 approx.	Moins soluble que le sulfate d'aluminium. Emploi généralement limité aux piscines et filtres sous pression. La teneur en ions ammonium peut être précisée.

Ferreux, sulfate (protosulfate de fer, vitriol vert, couperose verte)	Cristaux vert à jaune brunâtre	Coagulant	Drogueries, marchands d'engrais	5,1-51,0	8,5-11,0	—	0,27	0,22	en principe non utilisé	
Sodium, carbonate de (carbonate de soude)	Masses, cristaux ou poudre de couleur blanche	Ajustage du pH ou élimination de la dureté permanente	Drogueries ou pharmacies	1,7-34,0 pour ajuster le pH	—	—	—	—	—	Facilement soluble
Calcium, hydroxyde de (chaux éteinte)	Masses ou poudre blanches	Ajustage du pH ou élimination de la dureté carbonatée	Drogueries, marchands d'engrais	1,7-60,0 pour ajuster le pH	—	—	—	—	—	Peu soluble, donc ajouté sous forme de suspension
Calcium, carbonate de (calcaire, craie)	Masses blanches	Ajustage du pH	Drogueries, marchands d'engrais	1,7-60,0	—	—	—	—	—	Réduire en poudre avant l'emploi
Sodium, hydroxyde de (soude caustique)	Flocons blancs	Ajustage du pH	Drogueries, azatsb	1,7-34,0	—	—	—	—	—	Facilement soluble et très corrosif

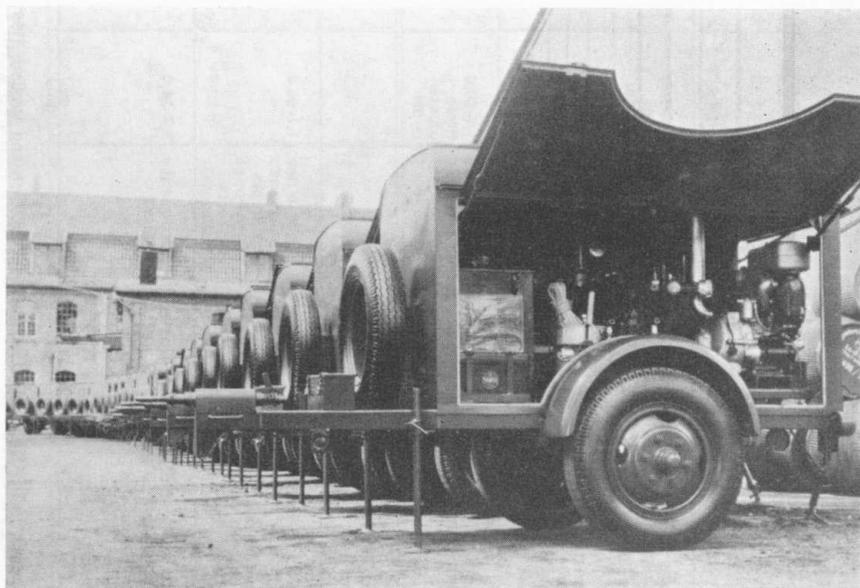
* Adapté de US Department of Health, Education and Welfare (1961) *Health mobilization course manual*, Washington, D.C.

FIG. 18. UNITÉ MOBILE DE PRODUCTION D'EAU POTABLE, MONTÉE SUR REMORQUE À DEUX ROUES



Reproduit avec l'aimable autorisation de Berkefeld Filter GmbH, Celle, République fédérale d'Allemagne.

FIG. 19. UNITÉS MOBILES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE, DÉBIT: 10 000 litres/h



Reproduit avec l'aimable autorisation de Berkefeld Filter GmbH, Celle, République fédérale d'Allemagne.

la prolifération des algues qui donnent un goût à l'eau et, d'autre part, pour les mettre à l'abri des oiseaux, des insectes et de la poussière. Le toit des réservoirs pourra être fait de plaques d'amiante-ciment ou de tôle ondulée. Il faudra les munir d'une descente de trop-plein et veiller à ce que l'eau ainsi évacuée ne menace pas les fondations. Le tuyau de remplissage devra en principe déboucher au sommet du réservoir et être muni d'un robinet à flotteur. Le tuyau de distribution devra être situé à environ 5 cm au-dessus du fond du réservoir. Une petite tubulure de vidange sera installée au ras du fond et il faudra également prévoir un trou d'homme sur le toit pour le nettoyage, l'inspection et les réparations. L'orifice des événements devra être grillagé afin de les protéger contre les insectes et les oiseaux de petite taille.

Epreuves

En attendant que les laboratoires attachés aux réseaux municipaux de distribution puissent de nouveau fonctionner normalement, les échantillons d'eau devront subir une analyse complète dans un laboratoire situé à proximité de la zone sinistrée. Les épreuves les plus importantes à effectuer sur le terrain en cas d'urgence sont les suivantes :

- 1) dosage du chlore résiduel (libre et combiné);
- 2) examen bactériologique (recherche des coliformes);
- 3) mesure de la concentration des ions hydrogène;
- 4) détermination du type d'alcalinité.

Des techniques, des milieux, et un matériel appropriés ont été mis au point pour permettre l'application des membranes filtrantes à l'examen bactériologique de l'eau sur le terrain. La teneur en chlore résiduel, la concentration des ions hydrogène et le type d'alcalinité peuvent être déterminés à l'aide d'indicateurs colorés adéquats. Le mode opératoire de ces épreuves est brièvement décrit ci-dessous :

1. Teneur en chlore résiduel

En solution acide, le chlore libre réagit sur l'orthotolidine en donnant un composé jaune vif. Il existe des comparateurs colorimétriques de poche utilisant cette réaction et adaptés à l'emploi sur le terrain. Le pH de l'eau intervient dans cette épreuve et les échantillons d'alcalinité élevée doivent être préalablement neutralisés par un acide. Pour pallier l'effet des substances parasites (comme les chloramines) on utilisera la méthode à l'orthotolidine — arsénite décrite dans les *Normes internationales pour l'eau de boisson* :

Etiqueter trois cuves de comparateur ou trois flacons carrés: A, B et OT. Dans les cuves de 10 ml, employer 0,5 ml de réactif à l'orthotolidine et 0,75 ml dans les cuves de 15 ml, en conservant toujours le même rapport pour d'autres volumes de l'échantillon. Employer des volumes de réactif à l'arsénite égaux à ceux du réactif à l'orthotolidine.

A la cuve A, contenant le réactif à l'orthotolidine, ajouter un volume mesuré de l'échantillon. Mélanger rapidement et ajouter immédiatement (en 5 secondes) le réactif

à l'arsénite. Mélanger rapidement de nouveau et comparer avec les étalons colorimétriques aussi vite que possible; noter le résultat. La valeur obtenue (A) représente le chlore actif libre et les substances parasites.

A la *cuve B*, contenant le réactif à l'arsénite, ajouter un volume mesuré de l'échantillon. Mélanger rapidement et ajouter immédiatement le réactif à l'orthotolidine. Mélanger rapidement de nouveau et comparer avec les étalons colorimétriques aussi vite que possible; noter le résultat (B¹). Exactement 5 minutes plus tard, comparer de nouveau aux étalons colorimétriques; noter le résultat (B²). Les valeurs obtenues représentant les substances parasites décelées par la lecture immédiate (B¹) et par la lecture effectuée après 5 minutes (B²).

A la *cuve OT*, contenant le réactif à l'orthotolidine, ajouter un volume mesuré de l'échantillon. Mélanger rapidement et, exactement 5 minutes plus tard, comparer avec les étalons colorimétriques; noter le résultat. La valeur obtenue (OT) correspond à la totalité du chlore résiduel et à l'ensemble des substances parasites.

CALCUL

Chlore résiduel total = OT - B².

Chlore actif libre = A - B¹.

Chlore actif combiné = chlore résiduel total — chlore actif libre.¹

2. Colimétrie (sur membranes filtrantes)

On filtre un échantillon d'eau sur une membrane qui est placée ensuite sur un tampon absorbant saturé d'un milieu de culture différentiel (type milieu d'Endo). Après incubation, on examine les colonies de coliformes, qui ont un aspect caractéristique.

Les fabricants de membranes filtrantes ont commercialisé des nécessaires d'épreuve utilisables sur le terrain. On s'attachera à suivre les modes opératoires détaillés dans la notice accompagnant chaque nécessaire ou dans les *Normes internationales pour l'eau de boisson*.¹

3. Détermination de la concentration en ions hydrogène

Certains composés organiques changent de couleur selon la valeur du pH et peuvent donc être utilisés comme indicateurs. Lorsqu'un échantillon d'eau est additionné d'une petite quantité d'une de ces substances, une coloration apparaît: le pH de l'eau peut alors être déterminé par comparaison à une échelle de teintes disposée sur un disque. Les indicateurs utilisables à cette fin ont les caractéristiques suivantes:

Indicateur	Intervalle de PH	Virage
rouge de méthyle	4,4-6,0	du rouge au jaune
bleu de bromothymol	6,0-7,6	du jaune au bleu
rouge de phénol	6,8-8,4	du jaune au rouge
bleu de thymol	8,0-9,6	du jaune au bleu

Sur le terrain, on ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol à 10 ml d'eau et l'on compare la coloration obtenue à l'échelle colorimétrique.

¹ *Normes internationales pour l'eau de boisson*, 2^e éd., Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1965.

A défaut d'échelle, on pourra interpréter le résultat à l'aide du tableau suivant :

<i>Couleur</i>	<i>pH approximatif</i>
bleu foncé	7,6
bleu clair	7,0
vert	6,8
jaune-vert	6,4
jaune	6,0

On peut également utiliser des papiers imprégnés d'indicateur.

4. *Alcalinité*

Elle peut être de 3 types: alcalinité (OH^-), alcalinité carbonatée (CO_3^{--}) et alcalinité bicarbonatée (HCO_3^-). On peut les distinguer par titrage avec un acide en présence d'indicateurs divers; toutefois ces dosages sont rarement effectués sur le terrain à la suite d'une catastrophe.

Distribution

Dans la plupart des situations d'urgence, l'eau est fournie par des camions-citernes (fig. 20) mis à la disposition des sinistrés par les brigades de pompiers, l'armée, les laiteries, les fabricants de boissons, etc. On pourra remettre à chaque famille un récipient à eau en matière plastique ou en tôle galvanisée. Un camion-citerne avec, sur place, un ou plusieurs réservoirs de stockage, doit pouvoir desservir 1000 personnes. Les responsables de l'hygiène du milieu veilleront à ce que les camions-citernes soient ravitaillés à partir de sources acceptables et conformément aux règles d'hygiène; la chloration s'effectuera sous leur surveillance.

S'il existe à une distance raisonnable un réseau municipal de distribution, on pourra le relier au camp provisoire au moyen de canalisations légères, en plastique ou en acier, à assemblage rapide. Dans les camps de caractère durable, on pourra poser des canalisations qui alimenteront un certain nombre de points d'eau. Ceux-ci possèdent généralement au moins deux robinets, la proportion devant être d'un robinet pour 100 personnes. Aucun abri ne devra être situé à plus de 100 m d'un point d'eau.

Protection matérielle

Dans les situations d'urgence, la protection matérielle des réserves d'eau mises à la disposition des réfugiés est d'une importance primordiale. Outre la pose de barrières (murs, clôtures, etc.), il pourra être nécessaire de poster des gardes chargés d'empêcher la foule d'envahir et d'endommager les unités de traitement, les stations de pompage, les camions-citernes, les postes de distribution et les installations provisoires. Les prises d'eau, les puits et les