Dix-neuvième année. — N° 227. Novembre 1937.

REVUE INTERNATIONALE de la Croix-Rouge

Médecin-colonel Dr W. J. BABECKI (Pologne).

Premier rapport sur les moyens d'examen et de désinfection de l'eau pour les troupes en campagne[1].

1. *Sujet du rapport.*

Le ravitaillement en eau des troupes en campagne constitue l'un des problèmes les plus anciens et les plus importants de l'hygiène militaire, déjà connu et estimé à sa juste valeur par les grands capitaines de l'antiquité.

Ce problème a fait l'objet de nombreuses études principalement dans le courant du dernier quart de siècle. La guerre mondiale et les guerres qui l'ont suivie ont confirmé, une fois de plus, l'hypothèse que l'eau a une immense importance sanitaire et que la solution favorable du problème de l'eau préserve l'armée des infections les plus dangereuses, telles que la fièvre typhoïde, la dysenterie, le choléra et les diarrhées infectieuses. La négligence dans cet ordre d'idées expose les troupes à des ravages plus cruels que les pertes occasionnées par l'ennemi.

V. C. Vaughan, hygiéniste du corps expéditionnaire américain pendant la grande guerre, a déclaré dans son

[1] Rapport présenté à la 12e session de la Commission internationale permanente d'études du matériel sanitaire. — Cf. *Revue internationale*, octobre 1937, pp. 960-978.

rapport concernant les conditions hygiéniques sur le front ouest, que l'excellent état sanitaire des millions de soldats qui ont combattu pendant des mois et des années dans des conditions extrêmement difficiles était dû :

1. Au raffermissement de l'autorité du Service de santé, dont les ordres étaient obéis et exécutés, contrairement à ce qui avait eu lieu pendant les guerres précédentes ;

2. Aux mesures prises pour assurer l'hygiène de l'eau et l'élimination des déchets ;

3. Aux vaccinations préventives.

L'excellent rapport du professeur A. Castellani sur la guerre italo-éthiopienne a confirmé l'opinion de Vaughan.

L'importance du problème de l'eau pour les troupes en campagne et les grandes difficultés impliquées par la solution pratique de ce problème, sont causes que, depuis la guerre mondiale jusqu'à nos jours, on ne cesse d'étudier cette question. On a publié tant d'excellents ouvrages sur l'examen et la désinfection de l'eau, que même un bref résumé de ces travaux risquerait de prolonger outre mesure ce rapport. Je vais donc m'efforcer d'être concis et je me bornerai strictement à l'hygiène de l'eau pour les troupes en campagne et en mouvement, les régiments, les bataillons, les compagnies et les groupes de soldats isolés.

Je toucherai à peine au problème de l'examen et de la désinfection de l'eau pour la troupe à la caserne, en étape, sur les nœuds de communication, dans les bases de ravitaillement des grandes unités et même sur un front stabilisé. Dans ces conditions, en nous basant sur l'état actuel de la technique sanitaire et sur les expériences de la grande guerre, nous pouvons envisager le ravitaillement en eau de la troupe au même point de vue que le ravitaillement en eau de la population. Tous les modes d'examen, la désinfection et le filtrage usités en

temps de paix, peuvent être appliqués sans grande difficulté dans les conditions précitées et en temps de guerre. Les laboratoires mobiles, motorisés et admirablement aménagés donnent la possibilité de procéder à toutes les analyses, et les excellents appareils destinés au filtrage et à la désinfection de l'eau, montés sur les wagons, les barques et les automobiles, permettent de purifier en peu de temps et à peu de frais de grandes quantités d'eau.

Ce problème est techniquement résolu d'une manière satisfaisante dans beaucoup de pays ; les méthodes standardisées usitées pour la désinfection et le filtrage de l'eau destinée à la population peuvent être appliquées pour l'armée et il serait superflu de les discuter.

Mon rapport est exclusivement consacré au problème de l'examen et de la désinfection de l'eau pour les troupes en campagne forcées d'employer l'eau au lieu où elles se trouvent et n'ayant pas à leur disposition les laboratoires et les appareils techniques compliqués destinés à cet usage.

Il existe beaucoup de lacunes dans ce domaine et une grande diversité d'opinions. Les réponses des chefs du Service de santé de différentes armées à l'enquête initiée sur les méthodes actuelles de l'examen et de la désinfection de l'eau, insérées à la fin de ce rapport démontrent clairement que cette question demeure en suspens dans beaucoup d'armées et que, peut-être, nulle part elle n'a été résolue d'une manière absolument satisfaisante.

2. *L'examen de l'eau pour les troupes en campagne est-il possible et nécessaire ?*

Dans les années qui précédèrent la grande guerre, lorsqu'on eut compris l'importance de ravitailler les troupes en bonne eau potable, on dota, dans beaucoup

d'armées, les détachements de petits laboratoires portatifs qui permettaient aux médecins militaires de procéder à un examen sommaire de l'eau dans le but de vérifier si elle était ou non potable.

On s'efforça de simplifier les méthodes et d'arriver à construire un petit complet peu encombrant et qui n'aurait pas exigé un trop grand travail de la part du médecin. Il fallut évidemment renoncer aux examens biologiques et bactériologiques, lesquels impliquent non seulement des aménagements plus compliqués, tels qu'une petite étuve pour la culture des microbes et pour la détermination de l'index coli, mais exigent aussi trop de temps, au moins 24 heures, pour vérifier si l'eau n'est pas contaminée. On se contentait d'un examen des qualités physiques et chimiques de l'eau et on se servait des méthodes les plus simples, de préférence aux méthodes plus précises et plus compliquées. Des laboratoires de ce genre étaient affectés à la plupart des armées.

Le laboratoire employé dans l'armée russe avant la guerre est utilisé avec quelques modifications dans l'armée soviétique. Cet appareil mérite d'être mentionné, car il n'applique que des réactifs secs sous forme de comprimés.

Pendant la guerre mondiale, les appareils pour l'examen chimique de l'eau n'eurent pas de grande application. Là où le front était stabilisé, ces appareils n'étaient pas nécessaires, car l'arrière fournissait aux détachements du front une eau qui avait été examinée dans les laboratoires de campagne des grandes unités. Vu la grande agglomération des troupes sur le front et la contamination constante de l'eau de source et de l'eau puisée dans les puits, on admit dans beaucoup de cas qu'il serait plus pratique de considérer chaque eau susceptible d'être contaminée, comme suspecte, et on appliqua très consciencieusement les méthodes de désinfection et d'épuration de l'eau avec ou sans examen préalable.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Beaucoup de médecins militaires ont acquis la conviction, qui n'est pas dénuée de fondement, que la manière la plus facile et la plus efficace de procéder à l'examen de l'eau en campagne consiste à inspecter l'origine et l'entourage de la source d'eau. Dans un examen chimique de l'eau, nombreux sont les indices qui nous prouvent que l'eau est contaminée et non potable, mais aucune analyse chimique ou même bactériologique ne nous donne la certitude que l'eau, dans les conditions de campagne, est absolument inoffensive et potable. Seul, un examen de laboratoire combiné avec l'inspection soignée de la source permettra de constater si une eau pourra servir comme boisson sans être épurée ou désinfectée.

Toutefois, l'examen chimique de l'eau, en démontrant le degré de contamination organique de l'eau et de ses éléments chimiques, fournit des données précieuses qui auront une influence décisive sur l'usage qu'on en pourra faire, ainsi que sur le choix de la méthode de désinfection et d'épuration.

L'examen chimique de l'eau en campagne est absolument nécessaire si l'on a égard à la possibilité d'empoisonnement de l'eau par l'ennemi, prémédité ou accidentel, quand l'arme chimique est en jeu.

Il est donc indiqué de munir les troupes en campagne d'une petite boîte de réactifs et d'appareils les plus simples permettant de constater rapidement si l'eau est inoffensive et si elle ne contient pas de substances toxiques.

Il faut prendre en considération que les troupes en campagne seront souvent forcées de procéder à la désinfection et à l'épuration de l'eau, les appareils précités devront donc fournir la garantie que les résultats désirés seront atteints, que l'eau a été suffisamment épurée et que les moyens de désinfection ont été dosés d'une manière convenable.

Il serait donc extrêmement désirable que les modèles d'appareils de ce genre soient présentés par toutes les

armées et réunis par le Bureau international d'études sanitaires, afin de pouvoir comparer leur valeur, leur précision et leur utilité pratique relativement aux conditions requises par les troupes en campagne ainsi qu'on l'a fait dans le cas d'autres appareils sanitaires possédant une grande importance pour les Services de santé de toutes les armées, afin que, dans le rapport définitif, on puisse présenter les conclusions et indications pratiques bien fondées.

3. *Reconnaissance et inspection des sources d'eau.*

Chaque examen hygiénique de l'eau doit être précédé par des informations sur les particularités géologiques et hydrographiques du terrain d'où elle provient. Le Service de santé de chaque armée ne devra pas négliger de recueillir les données nécessaires et d'en informer tous les médecins militaires attachés aux troupes. Les médecins militaires devront veiller à la nécessité de procéder sur place à une reconnaissance sur la situation épidémique et endémique locale par rapport aux maladies d'origine hydrique.

Chaque examen de la source d'eau doit être précédé par une inspection minutieuse du sol et du terrain d'où elle provient, de l'entourage, des possibilités de contamination et des moyens de capter l'eau et de la puiser.

Une reconnaissance minutieuse et une bonne inspection de la source d'eau permettront souvent d'évaluer l'eau au point de vue hygiénique, sans procéder à un examen chimique, tandis qu'aucun examen chimique ou même bactériologique n'offrira une garantie absolue, si l'on ne connaît pas l'origine de l'eau et son entourage.

Il est inévitable, pendant les opérations en campagne, de se servir des eaux d'origine diverse : des eaux souterraines ou superficielles, provenant des puits, lacs, rivières, ruisseaux et même des marais, des flaques d'eau stagnantes et des trous d'obus.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

La division des eaux souterraines provenant des puits ou des sources naturelles, en eaux profondes ou moins profondes, a peu de valeur pratique au point de vue de l'hygiène. Il est plus important de diviser les eaux en eaux abritées d'en haut par une couche de sol imperméable, telle que l'argile, par exemple, et en eaux non abritées, donc menacées, dans différents cas, par une contamination provenant de la surface du sol.

La première, tant qu'on la puisera d'une façon convenable, c'est-à-dire avec l'aide de puits artésiens, rationnellement construits, sera la seule que l'on pourra souvent considérer en campagne comme apte à l'utilisation même sans examen chimique ou bactériologique préalables et sans la soumettre à une désinfection ou épuration quelconque.

La deuxième sera toujours suspecte en campagne, même si elle provient de puits assez profonds. Sa qualité dépend de la capacité de filtration des couches superposées et de la nature de la couche fournissant l'eau. Les eaux provenant des rochers, de sols pierreux ou ayant des fissures sont particulièrement dangereuses, car elles peuvent être infectées dans des lieux très éloignés, ne pouvant être soumis à l'inspection.

La qualité de ces eaux, même si elles sont vérifiées par l'analyse chimique ou bactériologique, peut être sujette à des fluctuations considérables, surtout au cours des opérations de guerre, lorsque les troupes puisent, pendant leurs marches, d'énormes quantités d'eau dans les puits et peuvent provoquer des changements considérables dans le niveau des eaux souterraines et une affluence rapide de l'eau d'un sol dont la capacité de filtration peut ne pas être suffisante pour arrêter les éléments d'infection.

Les règles établies pour les eaux non abritées, fixant que la distance du puits du lieu de la souillure, des fosses d'aisance, etc., ne peut être inférieure à 10 ou 20 ou même

30 mètres, ont peu de valeur en campagne. De même, la fixation de la profondeur minime du puits à 5 ou 6 m. à partir de la surface du sol jusqu'à la surface de l'eau, assez pratique dans des conditions normales, pour des terrains sablonneux et dans les régions peu habitées, ne peut servir de règle en temps de guerre pour les troupes en campagne.

Les eaux de surface des rivières, des ruisseaux et des étangs ou des sources abritées, si elles proviennent de terrains déserts ou couverts par la forêt, peuvent être considérées comme bonnes pour approvisionner la population en temps de paix ; en temps de guerre elles seront toujours suspectes.

L'entourage de la source, la construction du puits et les aménagements pour puiser l'eau constituent souvent un élément complémentaire et très dangereux de la souillure ou de l'infection récente de l'eau.

4. *Caractères physiques de l'eau.*

L'examen physique de l'eau détermine d'ordinaire si l'eau est claire ou trouble, sa couleur, son odeur et son goût. Le meilleur aspect, le goût et l'odeur de l'eau ne nous autorisent jamais à dire que l'eau est potable, toutefois ils nous servent d'indice et attirent notre attention sur les souillures ou autres éléments nuisibles. Etant donné la simplicité de cet examen, ils doivent être pris toujours en considération en campagne.

Eau trouble. — L'eau peut être troublée par des éléments minéraux tels que le sable, l'argile, les sels ferrugineux, etc., ou par des éléments d'origine organique.

Les premiers ne sont pas dangereux par eux-mêmes, mais ne sont pas désirables ; ils rendent l'eau moins agréable comme boisson et, lorsqu'ils sont nombreux, peuvent irriter les voies digestives.

Les deuxièmes font toujours craindre une contamination qui peut être dangereuse.

Les eaux comprises dans la seconde catégorie sont donc toujours suspectes.

Les eaux souterraines doivent être limpides, excepté les cas où le puits vient d'être creusé et où l'eau peut contenir une grande quantité de sable ou d'argile. Les eaux souterraines qui contiennent des sels de manganèse sont transparentes au moment où on les puise, mais au bout d'un certain temps une légère pellicule irisée recouvre leur surface, parfois aussi un résidu jaune ou grisâtre apparaît au fond du récipient.

Les eaux de surface sont souvent troubles. En temps ordinaire, le degré de turbidité de l'eau est démontré par comparaison avec une série d'étalons de l'eau contenant différents nombres de milligrammes de terre infusoire.

En campagne, il suffira de constater que l'eau est limpide, légèrement ou fortement trouble.

Les eaux qui paraissent nébuleuses et ne déposent pas de résidu sont supposées être contaminées par des substances colloïdales organiques.

Couleur de l'eau. — La couleur de l'eau est occasionnée, d'ordinaire, par des matières colorantes d'origine végétale (humus) qui ne sont pas nuisibles à la santé. Parfois, la couleur peut être occasionnée par l'infiltration des eaux d'égout ou par des déchets d'usine (teintureries, tanneries, etc.).

Dans certains pays, on compare l'eau examinée avec une série d'étalons composés de solutions différentes de sels de platine (K_2PtCl_6) et du cobalt ($CoCl_2.6H_2O$). En temps de campagne, cette mesure est superflue ; il suffira d'indiquer approximativement le caractère et l'intensité de la couleur à vue d'œil.

Odeur de l'eau. — L'odeur de l'eau est due aux gaz et aux substances volatiles qu'elle contient. Toute odeur de l'eau est indésirable, même si elle est inoffensive. Les eaux souterraines ont parfois une odeur d'hydrogène sulfureux qui peut être inoffensive.

L'odeur provenant de la décomposition des corps organiques d'origine végétale (odeur de tourbe, de foin, d'herbe, de terre) ne disqualifie pas l'eau. Il arrive souvent que les algues qui poussent dans les eaux de surface communiquent à l'eau une odeur déplaisante de poisson ou une odeur aromatique, comme celle du géranium. Les corps organiques de provenance animale en voie de décomposition communiquent à l'eau une odeur fade ou pourrie qui fait toujours soupçonner une contamination dangereuse.

Les eaux souillées par les déchets industriels et les corps chimiques tels que les gaz de guerre ont quelquefois une odeur caractéristique. Le lewisite, par exemple, confère à l'eau une odeur de géranium ; l'ypérite, une odeur de moutarde ou de raifort, etc.

Pour bien reconnaître l'odeur de l'eau, il faut faire chauffer dans un récipient environ 100 cc. d'eau à une température de 80 ou 90° C.

Goût de l'eau. — Les eaux suspectes d'être infectées ne doivent pas être goûtées. Le goût de l'eau empoisonnée peut nous renseigner quelquefois sur le caractère du poison employé. L'eau empoisonnée par les alcaloïdes a parfois une saveur amère ; les sels des métaux toxiques confèrent à l'eau un goût métallique ou astringent.

L'examen chimique de l'eau.

L'examen chimique de l'eau a deux buts :

1. Hygiénique, qui consiste à démontrer le degré de contamination et la présence de matières organiques ou autres nuisibles à la santé ;

2. Toxicologique, ayant pour objet la détection des substances toxiques.

L'examen chimique hygiénique complet de l'eau comprend ordinairement les analyses suivantes :

1. Réaction (pH).
2. Résidu sec.
3. Résidu après calcination.
4. Matières organiques (en oxygène nécessaire pour leur oxydation).
5. Ammoniaque (sels).
6. Ammoniaque albuminoïde.
7. Azote organique.
8. Nitrites.
9. Nitrates.
10. Chlorures.
11. Sulfates.
12. Fer.
13. Degré hydrotimétrique total.
14. Degré hydrotimétrique dû aux bicarbonates.
15. Degré hydrotimétrique permanent.
16. Manganèse et autres, si nécessaire.

Toutes ces analyses peuvent être faites sans difficulté dans les bases de ravitaillement des grandes unités qui ont un laboratoire à leur disposition. Les méthodes qui seront appliquées dans ces conditions ne diffèrent pas, en principe, de celles qu'on emploie en temps de paix pour l'examen de l'eau d'approvisionnement de la population. Dans les pays où les méthodes d'analyse de l'eau ont été unifiées et standardisées, elles doivent être également appliquées dans l'armée, pour la simple raison que le personnel appelé à les faire les connaît déjà.

L'analyse chimique de l'eau donne des indications très précieuses sur ses propriétés hygiéniques, mais l'appréciation des résultats de cette analyse exige une expérience considérable.

Médecin-colonel Dr W. J. Babecki.

G.-H. Lemoine divise les eaux d'après leurs propriétés chimiques et bactériologiques en : 1) eaux très pures, 2) eaux potables, 3) eaux suspectes, 4) eaux mauvaises, impropres à la boisson.

	Eau très pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau mauvaise
Degré hydrotimétrique total permanent : 1° correspond à 10 mgr. de $CaCO_3$ dans 1 litre d'eau	5 à 10°	15 à 30°	plus de 30°	plus de 100°
Après ½ heure d'ébullition	2° à 5°	5° à 12°	12° à 18°	plus de 20°
Résidu salin à 110° (4 h.)	moins de 150 mgr. dans 1 litre	moins de 400 mgr.	de 400 à 700 mgr.	plus de 700 mgr.
Chlorures en Cl	moins de 15 mgr. par litre (ou moins de 27 mgr. NaCl)	moins de 50 mgr.	de 50 à 100 mgr.	plus de 100 mgr.
Sulfates (en sulfate anhydre de chaux)	moins de 8 mgr.	8 à 50 mgr.	plus de 50 mgr.	plus de 85 mgr.
Matières organiques (en oxygène emprunté au permanganate de potasse en milieu alcalin)	moins de 1 mgr.	moins de 2 mgr.	de 3 à 4 mgr.	plus de 4 mgr.
Nitrites (N_2O_3)	0	0	traces	quantités appréciables
Nitrates (N_2O_5)	0	moins de 15 mgr.	de 15 à 30 mgr.	plus de 30 mgr.
Ammoniaque albuminoïde	moins de 0,05 mgr.	0,05 à 0,10 mgr.	0,11 à 0,15 mgr.	plus de 0,15 mgr.
Bactéries	moins de 100 dans 1cc.	100 à 1000 dans 1 cc.	1000 à 10.000	plus de 10.000
B. coli	0	1 à 10 par litre	10 à 50 par litre	plus de 50 par litre

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Les normes usitées dans d'autres pays n'en diffèrent pas beaucoup.

D'après Erismann, les eaux potables :

1. Ne doivent pas donner plus de 500 à 600 mgr. de résidu salin par litre d'eau.
2. Leur degré hydrotimétrique total ne doit pas dépasser 18° à 20° degrés allemands (soit 180 à 200 mgr. de CaO par litre).
3. Les chlorures tout au plus 30 à 50 mgr. par litre (soit 20 à 30 mgr. en chlore).
4. Les sulfates en SO^2 (au plus 80 mgr.).
5. Les nitrites en N^2O^3 (traces minimes).
6. Les nitrates en N^2O^3 (30 à 40 mgr.).
7. L'ammoniaque (traces).
8. Oxygène nécessaire —2 à 3 mgr. (soit 8 à 10 mgr. du permanganate de potasse) nécessaire pour l'oxydation des substances organiques.

Dans les deux cas les normes n'ont qu'une valeur relative et ne peuvent pas être appliquées d'une façon absolue.

Les troupes en campagne qui seront contraintes de prendre des décisions rapides concernant le choix de l'eau et la manière de s'en servir, non seulement n'auront pas le temps de procéder à une analyse bactériologique, mais n'auront même pas le temps de faire une analyse chimique complète et qui n'est pas du reste nécessaire.

Dans ces conditions, un examen chimique sommaire sera suffisant. On peut se borner à la recherche de :

1. Réaction.
2. Substances organiques (oxygène nécessaire).
3. Ammoniaque libre ou minéral et albuminoïde.
4. Nitrites.
5. Nitrates.
6. Chlorures.

7. Degré hydrotimétrique total et temporaire (dû aux bicarbonates).

Dans les cas où l'examen chimique devra être encore abrégé, on pourra se borner à déterminer l'oxygène nécessaire (substances organiques), l'ammoniaque, les nitrites et les chlorures.

Dans les cas précités, les méthodes d'examen devront être les plus simples et autant que possible pareilles aux méthodes usuelles.

Réaction. — Les eaux naturelles ont en général une réaction qui s'exprime en pH de 6,5 à 8,5. L'indication précise du pH n'est pas difficile à obtenir en campagne et peut être déterminée à l'aide du comparateur de Walpole et des séries des standards préparés de divers réactifs, tels que phenolsulphophtaléine (pH de 6,8 à 8,4) ou dibromosulphophtaléine (pH de 6,2 à 7,8).

La détermination exacte de pH n'est pas nécessaire en campagne. Il suffira de vérifier la réaction à l'aide de deux morceaux de papier de tournesol, l'un bleu et l'autre rose trempés à moitié dans l'eau et examinés au bout de 2 à 3 minutes. D'habitude les eaux naturelles ne modifient pas les papiers de tournesol (la réaction neutre) ou le papier rose se teint légèrement en bleu et le papier bleu prend une légère teinte rose (réaction amphotérique) ou bien les deux papiers se nuancent légèrement en bleu (réaction légèrement alcaline).

Une déviation prononcée de la réaction peut éveiller le soupçon que l'eau a été souillée par les eaux d'égout, les déchets industriels ou par des poisons.

Substances organiques. — Dans des conditions stabilisées la détermination de l'oxygène nécessaire pour l'oxydation des substances organiques constitue un indice très précieux qui démontre la contamination organique de l'eau et ne doit jamais être négligée.

Nous appelons oxygène nécessaire de l'eau la faculté de l'eau de réduire le permanganate de potasse par les matières organiques et quelquefois minérales contenues dans l'eau : substances albuminoïdes, ammoniaque, nitrites, sels ferreux, sulfides.

La méthode de détermination d'oxygène ne diffère en rien de celles dont on se sert ordinairement. Mais comme elle est assez compliquée dans les conditions de campagne, elle pourra à la rigueur être omise.

Les eaux de surface (lacs et rivières) ou d'un sol tourbeux, même quand elles sont pures et peuvent servir à la boisson, contiennent souvent des substances organiques d'origine végétale très considérables et la quantité d'oxygène nécessaire dépasse bien des fois les limites théoriques fixées à 2 ou 3 mgr. d'oxygène emprunté au permanganate de potasse au milieu alcalin par litre d'eau.

De même dans les eaux souterraines très profondes, pures et potables, l'oxygène nécessaire peut être élevé à cause de la présence de sels ferreux qui, s'ils se trouvent en petite quantité, n'ont pas d'importance au point de vue hygiénique.

Ammoniaque. — L'ammoniaque se trouve d'ordinaire dans l'eau naturelle sous forme de sels. Ils sont ordinairement d'origine organique, provenant de la décomposition des substances albumineuses, en premier lieu des déchets de provenance animale. Comme tel, l'ammoniaque est un indice hygiénique très important. Il ne faut pas toutefois oublier que les eaux profondes, même très pures, renferment parfois des quantités considérables d'ammoniaque de provenance minérale.

L'ammoniaque apparaît au premier stage de la décomposition des substances organiques, comme suite de la putréfaction, elle peut donc être considérée comme l'indice d'une contamination récente et dangereuse.

Des traces d'ammoniaque peuvent se trouver dans les eaux atmosphériques et dans l'eau de pluie, qui en contient d'ordinaire une petite quantité.

L'eau peut aussi contenir une petite quantité d'ammoniac provenant de la décomposition des substances organiques de provenance végétale. Dans ces conditions, la question peut être résolue par la détermination d'une plus grande quantité de chlore qui constitue le produit final de la décomposition des corps organiques de provenance animale.

On détermine généralement l'ammoniaque libre ou salin en comparant la coloration obtenue dans de l'eau examinée avec le réactif de Nessler et la coloration d'une série d'étalons de différentes solutions du chlorure d'ammonium traités avec le même réactif. Comme il serait difficile de préparer chaque fois une nouvelle série d'étalons, il vaut mieux se servir en campagne d'une série d'étalons relativement stables (plusieurs mois) de solutions de bichromate de potasse ($K_2Cr_2O_7$) et de sulfate de cobalt ($CoSO_4$) ou encore mieux d'une série de verres colorés de teinte correspondante aux solutions modèles de l'ammoniaque traités par le réactif de Nessler. Ces verres se trouvent dans le commerce.

La quantité d'ammoniaque libre ou salin dans l'eau potable ne doit pas dépasser 0,03 mgr. par litre.

Ammoniaque albuminoïde. — Combiné aux matières organiques, il peut en être libéré à la température d'ébullition *dans une solution alcaline par le permanganate* de potasse.

Cet indice précieux de la pollution organique de l'eau est plus difficile à déterminer en campagne, car avant de le faire, il faut tout d'abord éliminer de l'eau l'ammoniaque libre par une ébullition prolongée, libérer dans l'eau qui reste l'ammoniaque albuminoïde par le perman-

ganate de potasse en solution alcaline, distiller et doser l'ammoniaque libre ainsi obtenu dans le distillat.

Les eaux potables ne doivent pas contenir plus de 0,35 mgr. d'ammoniaque albuminoïde par litre d'eau.

Nitrites. — Les nitrites sont des corps transitoires et fragiles produits dans l'eau soit par l'oxydation d'ammoniaque (2e stade de décomposition organique), soit par la réduction des nitrates. Dans les deux cas, leur formation dans l'eau est la preuve des procès bactériens actifs.

On les détermine ordinairement par la méthode de Griess : on ajoute à 100 cc. d'eau examinée dans le cylindre de Nessler (en la décolorant auparavant, si nécessaire, par de l'hydrate d'aluminium ou par le charbon) 1 cc. d'une solution d'acide sulfanilique et 1 cc. de solution de naphtylamine-α et on compare la coloration obtenue avec une série des solutions modèles des nitrites traitées de la même façon ou, ce qui est plus commode en campagne, avec une série de verres colorés de teintes et intensités correspondantes aux colorations obtenues avec les solutions modèles. Les petits colorimètres se trouvant dans le commerce facilitent une rapide appréciation des résultats d'analyse.

L'eau potable doit être exempte de nitrites ou n'en contenir que des traces (0,0001 mgr. par litre).

Chlorures. — Les chlorures se trouvant dans l'eau proviennent soit du sol, des couches naturelles de sel ou de la pollution par les eaux d'égout et surtout par les matières fécales et l'urine des hommes et des animaux.

Dans une localité donnée, on trouve ordinairement un index normal de chlorures. Tout excédent peut indiquer la pollution. La détermination des chlorures dans l'eau est surtout précieuse quand on les trouve en même temps que les substances organiques considérables (oxygène nécessaire élevé), l'ammoniaque ou les nitrites.

Dans les eaux superficielles ouvertes, peu polluées, les chlorures sont peu élevées. Dans les eaux de puits, leur quantité ne doit pas dépasser 50 mgr. (calculée en NaCl) par litre. On détermine les chlorures par le dosage à l'aide de solution titrée d'azotate d'argent en présence du bichromate de potasse (virement de teinte du jaune au brun).

Recherche des substances toxiques.

Les eaux naturelles ne contiennent pas de substances toxiques véritables. Les sels de manganèse qui se trouvent quelquefois dans les eaux naturelles ont une toxicité faible. Les sels ferreux qui se trouvent souvent dans les eaux naturelles ne sont nuisibles à la santé que quand ils se trouvent en quantité très considérable, et alors ils donnent un goût désagréable à l'eau.

Les substances vraiment toxiques peuvent se trouver dans l'eau soit par la souillure par les eaux d'égouts ou les déchets industriels ou elles peuvent y pénétrer accidentellement.

Pendant la guerre, on peut se heurter à la contamination des eaux par les gaz de guerre et on peut envisager l'empoisonnement intentionnel des eaux d'alimentation par un ennemi peu scrupuleux.

Il est à remarquer que l'empoisonnement de l'eau, même dans les conduites d'eau des villes, peut être en théorie facilement accompli, dans n'importe quel point du réseau, par un robinet ordinaire, dans un appartement privé, si le réseau d'eau n'a pas été muni des appareils ou soupapes de sûreté spéciaux ne permettant pas le refoulement de l'eau en sens inverse. Il semble que, jusqu'à présent, aucune ville n'ait été munie de semblables soupapes, qui devraient être appliquées presque dans toutes les maisons ou sur les conduites des blocs de maisons. Déjà pendant la guerre mondiale,

on envisageait dans la plupart des armées belligérantes la possibilité de l'empoisonnement des eaux par l'ennemi et certaines d'entre elles, notamment l'armée britannique était très bien préparée pour la recherche des poisons dans les eaux d'approvisionnement et possédait les appareils à grand débit pour la neutralisation des poisons qu'on pourrait trouver dans l'eau.

D'après le professeur Baker, conseiller de l'armée britannique, on envisageait la possibilité de trouver dans les eaux les substances toxiques les plus probables :

1) les sels des métaux lourds (plomb, cuivre, mercure, etc.) ;
2) les composés toxiques d'arsène ;
3) les cyanures toxiques (de potasse, de soude).

En théorie, on peut soupçonner aussi l'empoisonnement de l'eau par les substances toxiques d'origine végétale, notamment par les alcaloïdes.

Certaines tribus sauvages de l'Amérique du Sud empoisonnent l'eau des étangs et ruisseaux avec des racines de quelques plantes vénéneuses pour tuer les poissons.

Les gaz de guerre qui peuvent se trouver dans les eaux sont très différents. On peut citer ici les arsines et les sternites, phosgène, chlore, ypérite, lewisite, etc.

Recherche des sels de métaux lourds toxiques.

La recherche des sels des métaux, même quand ils se trouvent en quantité non toxique, ne présente pas de difficulté. Ils donnent tous un précipité avec la solution à 10% de sulfure de sodium.

Recherche des composés toxiques d'arsène.

Les composés arsénicaux toxiques (acide arsénieux et arsénique et leurs sels, le trichlorure d'arsenic) sont mis en évidence par le sulfure de sodium ou, s'ils sont en très petite quantité, par la méthode de Marsh.

Recherche des cyanures. — Les petites quantités des cyanures extrêmement toxiques de sodium ou de potassium dans l'eau, ont une faible odeur d'amandes amères qui peut pourtant être inaperçue par le soldat. On les décèle à l'aide du sulfate ferreux (formation du bleu de Prusse).

Recherche des poisons végétaux. — Les alcaloïdes d'origine végétale se trahissent le plus souvent par leur goût amer. Toutefois des quantités toxiques de ces substances en très grande dilution peuvent être inaperçues par le soldat assoiffé.

La nicotine est toxique pour l'homme à la dose de 50 à 100 mgr. Elle peut être décélée déjà en solution de 5 mgr. dans 1 litre d'eau par le réactif phosphoro-molybdénique (solution à 10% dans de l'eau distillée acidulée par de l'acide nitrique) avec lequel elle donne un précipité.

L'atropine, la scopolamine et l'hyoscyamine (dose léthale pour l'homme 5 à 10 mgr.) peuvent être trouvées à l'aide du même réactif.

La strychnine, dont la dose léthale est de 30 à 50 mgr. confère à l'eau un goût très amer déjà en solution de 15 à 20 mgr. par litre. Elle pourrait donc à peine être utilisée par l'ennemi pour l'empoisonnement de l'eau.

La physostigmine (dose léthale 5 à 10 mgr.) et *la vératrine* (dose léthale 25 mgr.) peuvent être découvertes à l'aide de l'acide phosphoro-molybdénique.

L'acotinine qui est considérée comme le poison végétal le plus fort (dose léthale pour homme 3 mgr. seulement) est difficile à déceler en solution de 3 mgr. par litre d'eau, mais elle donne un faible précipité blanc avec l'acide phosphoro-molybdénique en solution de 4 mgr. par litre d'eau.

Toxines bactériennes. — Il est difficile, en se basant sur les données existantes, de se prononcer sur la possibilité d'empoisonnement des eaux naturelles par des toxines bactériennes. On considère la toxine du botulisme comme la plus violente. (D'après Van Ermengen, 0,0003 à 0,001 cc. de la culture du bacille botulin tue le lapin). Nous manquons de données sur la durabilité dans l'eau de cette toxine. On ne peut découvrir les toxines bactériennes que par les recherches sur les animaux de laboratoire, très difficile à faire en campagne.

Les gaz de guerre.

La plupart des gaz de guerre peuvent se trouver accidentellement dans les eaux servant au ravitaillement des troupes en campagne.

Le chlore est facile à découvrir quand la dose est nuisible, par son goût et son odeur spécifiques.

Groupe du phosgène. — Les corps de ce groupe ont une odeur caractéristique par laquelle on les reconnaît (gaz moutarde). Dans l'eau il se décompose vite et perd ses propriétés toxiques.

La chloropicrine est un liquide plus lourd que l'eau. Elle est peu soluble dans l'eau et ses solutions, même saturées, ne sont pas dangereuses. Elle émet une odeur pénétrante, qui permet de la découvrir aisément.

Les gaz lacrimogènes sont faciles à découvrir en raison de leurs propriétés lacrymogènes et irritantes.

Les arsines sont les dérivés de trichlorure d'arsène ($AsCl_3$) dans lequel le chlore a été remplacé par un composé de la série aliphatique ou aromatique. Les arsines de la série aliphatique sont des liquides ayant une forte odeur. Même leurs solutions faibles sont fortement toxiques, mais leur odeur piquante avertit de leur pré-

sence. Les arsines de la série aromatique ou sternites sont des substances solides insolubles dans l'eau et colorées, donc faciles à découvrir.

L'ypérite est un liquide ayant l'odeur du raifort. Il est peu soluble dans l'eau et se décompose lentement (hydrolyse). Il est facile à reconnaître par son odeur. On peut le découvrir aussi à l'aide du réactif Desgrès (solution d'iodure de potassium, de chlorure de mercure et de chlorure de platine).

Le lewisite émet une forte odeur de géranium même dans la quantité de 2 gouttes dans 1 litre d'eau.

Essai biologique pour la détection des poisons en campagne.

Szniolis, de l'Institut d'hygiène d'Etat à Varsovie, propose d'utiliser pour la recherche des substances toxiques en campagne, notamment des alcaloïdes et des poisons de combat dans l'eau au moyen des sangsues médicinales vivantes. Ces animaux peuvent vivre trois mois et plus dans une bouteille remplie d'eau, sans nourriture et sans qu'il y ait lieu de les soigner autrement.

Les sangsues placées dans un vase contenant de petites quantités d'ypérite, de lewisite, de nicotine et de beaucoup d'autres poisons, s'agitent d'une façon très vive et caractéristique.

Neutralisation des poisons.

La question de la neutralisation des poisons pouvant se trouver dans l'eau n'a pas été traitée ici, comme dépassant l'objet du rapport.

Epuration de l'eau.

La Commission internationale permanente d'études sanitaires a bien fait de désigner comme objet de l'étude actuelle « la désinfection de l'eau » et non « épuration

de l'eau » en voulant limiter ce sujet, trop vaste. Toutefois, il résultera des arguments ci-dessous, que, dans beaucoup de cas, la désinfection de l'eau est insuffisante pour rendre l'eau potable, il y a lieu de l'épurer préalablement dans un filtre mécanique quelconque.

Dans les conditions de campagne, il y a toujours lieu de prévoir des situations pareilles à celle que dépeint si bien le colonel Lelean, de l'armée britannique.

« Je revois en imagination ce tableau quand, au bord du grand désert du Sahara, la seule source d'eau sur le trajet de marche de 38 milles (plus de 60 km.) n'était qu'un petit étang. L'eau, dans cet étang, était recouverte de l'écume verte et tellement repoussante que même les chevaux, tout assoiffés qu'ils étaient, se détournaient avec dégoût. »

La guerre de tranchées nous a fourni beaucoup d'exemples où on était obligé de se servir de l'eau provenant de trous d'obus remplis de toutes sortes de pourriture et de saleté.

Des eaux semblables doivent être rendues potables à l'aide d'aménagements qui puissent accompagner les troupes partout où elles se déplacent.

Il est évident que, le cas échéant, aucune désinfection de l'eau ne peut être suffisante sans filtration ou autre épuration (coagulation) préalable. Mais même dans le cas où nous aurions devant nous de l'eau ayant un aspect satisfaisant et limpide, l'épuration mécanique de l'eau améliore sensiblement les conditions de sa désinfection ultérieure. *Aussi il faut prendre pour principe que, dans les conditions de campagne, les détachements doivent avoir la possibilité, non seulement de désinfecter, mais aussi de filtrer l'eau de boisson.*

Jusqu'ici, le filtrage de l'eau en campagne était difficile à réaliser. De nombreux types de filtres en porcelaine, en terre infusoire et autres, de Berkefeld, de Chamberland, etc., faits en matériel dur, utilisés ou essayés par

différentes armées avant ou pendant la guerre mondiale, n'ont pas donné satisfaction.

Les filtres anglais mobiles, accompagnant les détachements en campagne, au cours de la guerre mondiale, ont déjà été disqualifiés en novembre 1914, après plusieurs marches en Flandre, par la Commission officielle sanitaire. Ces filtres étaient facilement sujets à des avaries pendant le transport. Ces avaries étaient difficiles à reconnaître. Ces filtres laissaient passer des germes et, par là, leur emploi pouvait devenir fort dangereux. Du reste, ils se bouchaient facilement, exigeaient un nettoyage fréquent, qui donnait lieu à de nouveaux endommagements. Leur rendement diminuait vite et il fallait les remplacer souvent.

Lelean cite que lorsqu'on a placé la culture bactérienne entre l'enveloppe en métal et la bougie du filtre et lorsqu'on a compté les microbes de l'eau filtrée, on a noté, pendant 4 jours successifs, après une filtration de 15 minutes :

le 1er jour — 4 bactéries dans 1 cc. d'eau,
le 2me jour — 25 bactéries dans 1 cc. d'eau,
le 3me jour — 130 bactéries dans 1 cc. d'eau,
le 4me jour — 705 bactéries dans 1 cc. d'eau.

Et lorsqu'il se trouvait dans l'eau des bacilles de la fièvre typhoïde, les filtres les laissaient passer dès le quatrième jour, ce qui indiquait la nécessité de nettoyer les bougies tous les 3 jours au moins.

L'expérience d'autres armées était à peu près pareille, les filtres se bouchaient trop vite et leur rendement était insuffisant, ou bien, lorsqu'on appliquait une pression excessive sur les filtres, ils laissaient passer des germes en quantités de plus en plus considérables.

Les filtres de campagne mobiles utilisés au cours de la guerre mondiale par l'armée britannique et dont les détachements de ce pays possèdent encore, sont faits en molle-

ton spécial, étalé sur un échafaudage en métal. Ils jouent le rôle des filtres mécaniques : ils arrêtent les impuretés physiques, mais n'assurent pas suffisamment l'arrêt des microbes. L'eau destinée à la filtration sur ces filtres est mélangée avec une quantité convenable de coagulant ($^2/_3$ de sulfate double d'aluminium et de potasse $+ ^1/_3$ de carbonate de sodium).

Si leur service est bien assuré, les résultats obtenus sont satisfaisants, toutefois leur emploi en campagne est assez embarrassant.

Pour bien épurer l'eau sur ces filtres, il est nécessaire de fixer la quantité du coagulant variable selon la composition et la réaction de l'eau. Les doses généralement employées peuvent, dans certains cas, ne pas donner satisfaction. La précipitation (qui dépend de la réaction de l'eau) peut ne pas avoir lieu et l'eau passera trouble. Ces difficultés n'ont pas grande importance dans les grandes installations de filtrage d'eau dans les bases de ravitaillement où toutes les analyses nécessaires peuvent être faites. Dans ces conditions, on peut sans difficulté, comme on l'a fait souvent pendant la guerre, se servir aussi des filtres à sable ordinaires.

L'armée allemande se servit beaucoup de filtres de campagne légers, que le fantassin pouvait porter sur son dos. Toutefois, ils se bouchaient trop vite ou n'arrêtaient pas suffisamment les microbes.

On recommande actuellement les filtres de campagne d'amiante et de cellulose de la maison Seitz-Werke, Kreutznach (Rheinland). Les auteurs russes ont décrit des modèles de filtres pareils sous des noms différents. Les filtres de campagne Seitz sont composés de plusieurs disques filtrants du mélange intime d'amiante et de cellulose. Ces filtres sont fabriqués en deux genres : les disques K *(Klärfilter)*, clarifiant l'eau, mais ne garantissant pas l'arrêt des microbes, et EK *(Entkeimungsfilter)*, clarifiant et stérilisant l'eau.

Le modèle s'adaptant bien aux conditions de campagne est un appareil portatif d'un poids de 18 kilogrammes environ et d'un rendement théorique de 200 litres d'eau filtrée à l'heure. Le filtre lui-même se compose de huit disques du type E.K. interposés entre des plaques en métal couvertes de sillons. Ce filtre est pourvu d'une soupape de sécurité qui fait jaillir l'eau et empêche l'utilisation du filtre lorsque les disques ont été saturés de façon que l'augmentation de la pression n'aurait plus donné la garantie de l'arrêt des microbes.

J'ai étudié moi-même, bien des fois, cet excellent modèle de filtre dans le laboratoire d'hygiène du centre de l'armée à Varsovie avec le résultat suivant :

Au début de la filtration, le rendement du filtre atteignait 200 litres à l'heure. Toutefois, à l'emploi pas trop intense de la pompe à main, sans fatiguer le soldat manipulant la manivelle, on peut obtenir en moyenne un rendement de 140 à 160 litres par heure seulement.

Les premières portions d'eau contaminée artificiellement par la culture des coli-bacilles au nombre de 10.000 par cm., ne contenaient, après le filtrage, que 18 à 60 bactéries ne fermentant pas la lactose qui proviendrait probablement du manque de stérilité de l'appareil filtrant et des disques. Après deux à trois heures de travail, on obtenait de l'eau stérile.

Pendant le filtrage des eaux troubles, souillées d'argile, après qu'on eut fait passer par le filtre 4.000 litres d'eau, la soupape de sûreté laissait couler l'eau qui inondait toute l'installation et empêchait pratiquement la continuation du filtrage. Il fallait changer les disques filtrants. Ces filtres retiennent aussi une grande quantité de colorants.

Je suis arrivé à la conviction que les filtres de Seitz, à disques filtrants E.K., sont excellents et pratiques pour les troupes en campagne ; toutefois, pour plus de sécurité,

la filtration doit être complétée par la désinfection de l'eau filtrée.

La maison Seitz produit des filtres portatifs qui peuvent filtrer une plus grande quantité d'eau et dont le poids varie de 58 à 72 kg. Le défaut — qui peut-être est aussi un avantage — des filtres Seitz d'amiante et de cellulose consiste en ce que les disques filtrants ne peuvent pas être nettoyés et lorsqu'ils sont encrassés, ils doivent être changés, ce qui augmente les frais de filtration, mais, par contre, permet d'éviter le nettoyage des filtres, procédé compliqué et toujours dangereux en campagne.

Désinfection de l'eau.

En campagne, chaque eau, qu'elle soit filtrée ou non, doit être considérée en principe comme suspecte et doit être désinfectée. L'eau peut être désinfectée par les méthodes physiques ou chimiques.

Méthodes physiques de la désinfection de l'eau.

L'ébullition. — Le moyen le plus ancien et le plus sûr de désinfecter l'eau consiste à la faire bouillir ou à la chauffer. Déjà Aristote recommandait à son royal disciple, Alexandre le Grand, de faire bouillir l'eau en campagne. Hérodote, en parlant de Cyrus, roi des Perses, raconte que « lorsque le grand roi allait à la guerre, il faisait emporter une provision d'eau de la rivière Choaspas... le roi ne buvait jamais une autre eau. De cette façon, il pouvait se déplacer partout, suivi par des chars sur lesquels on transportait dans des récipients d'argent ou de cuivre l'eau bouillie ».

Cet ancien moyen n'a rien perdu de sa valeur, et si on ne peut pas le recommander pour les troupes en campagne, c'est tout bonnement parce qu'il est assez compliqué, coûteux et peu approprié pour la désinfection de grandes quantités d'eau.

L'ébullition ne corrige ni l'apparence, ni le goût, ni l'odeur de l'eau. Elle rend parfois le goût de l'eau moins agréable, grâce à l'élimination des gaz.

Si l'on ne dispose pas d'autres installations, et surtout en cas d'épidémie, ce moyen ne doit jamais être méconnu, car il offre, s'il est bien appliqué et surveillé, une sécurité absolue au point de vue hygiénique.

Les armées modernes emploient différents modèles d'appareils mobiles destinés au chauffage de l'eau en campagne, en commençant par les bouilloires ordinaires (qui ont rendu d'immenses services à l'armée russe pendant la guerre russo-japonaise, 1904-1905, en la préservant de la dysenterie et de la fièvre typhoïde) et en terminant par les stérilisateurs les plus compliqués qui chauffent l'eau précédemment filtrée, à une température de 110° ou même 120° C. et la font refroidir en conservant les gaz qu'elle contient.

Il serait trop long d'énumérer les excellents appareils français, anglais, américains, allemands, italiens et autres et les grandes maisons industrielles qui les produisent ; nous nous contenterons de citer :

1. Appareils français : stérilisateur Vaillard & Desmaroux et son modèle modifié Salvator ; stérilisateur-pasteurisateur Houdard, Egrot & Grange, chauffant l'eau jusqu'à 95° C. ; appareils de Géneste & Herscher, stérilisant l'eau sous pression à 110° C. ; appareil Maiche, Lépage et autres.

2. Appareils allemands : Werner, Siemens, Strebel, Kurtz-Rietschel & Henneberg ou Hartmann, donnant 500 litres d'eau stérilisée ou plus par heure.

3. Appareils anglais : Griffith, David Grove, de Bota, etc.

4. Appareils américains : Forbes.

5. Appareils italiens, employés avec grand succès pendant la guerre italo-éthiopienne (l'armée italienne

était munie de 600 ou 700 pièces de *potabilizzatori*, type R.E.25) et beaucoup d'autres.

Tous ces appareils peuvent être divisés en deux types : les stérilisateurs qui chauffent l'eau au-dessus de 100° C. et les bouilloires qui chauffent l'eau jusqu'à la température qui fait périr les germes pathogènes, ce qui exige une température de 82° C., maintenue pendant quelques instants seulement.

Désinfection de l'eau au moyen des lampes de quartz.

On sait bien que les rayons ultra-violets sont un excellent moyen pour désinfecter instantanément l'eau dont ils ne modifient pas les propriétés physiques et chimiques. On les a employés à maintes reprises avec d'excellents résultats. Les rayons ultra-violets n'agissent que dans une eau absolument limpide et incolore ; il faut donc la soumettre auparavant au filtrage.

On a employé ou essayé d'appliquer les rayons ultra-violets dans l'armée française en temps de campagne au Maroc et ailleurs (appareils Vaillard & Desmaroux, donnant 250 à 1.000 litres d'eau à l'heure).

On a aussi appliqué au début de la grande guerre, dans l'armée austro-hongroise, un certain nombre d'appareils mobiles de ce genre. Ces appareils sont trop lourds ; ils supportent mal le transport ; les lampes s'usent rapidement grâce à la métallisation, qui entrave leur action. On ne saurait donc les recommander au point de vue pratique pour les troupes en campagne.

Electrolyse.

On a essayé de désinfecter l'eau au moyen d'un courant électrique (procédé de Travis). On obtenait la stérilisation grâce à la décomposition dans l'eau des

chlorures en sodium au pôle négatif et en chlore au pôle positif. Ce moyen constitue donc, en réalité, une désinfection chimique de l'eau, mais il est plus dispendieux que la désinfection simple de l'eau par le chlore.

Différentes manières de procéder à la désinfection chimique de l'eau.

Les moyens chimiques sont, de nos jours, les moyens les plus usités pour la désinfection de l'eau à l'usage de la population en temps de paix, ainsi que pour la désinfection de l'eau destinée aux troupes en campagne.

On a recommandé et essayé dans ce but beaucoup de composés chimiques de désinfection. La plupart de ces moyens n'ont aujourd'hui qu'une valeur historique.

A la fin du siècle dernier, pendant une épidémie de choléra en Pologne, on recommandait d'ajouter de l'acide citrique à l'eau destinée à la boisson. Pendant la guerre du Transvaal, on désinfectait l'eau au moyen du permanganate de potasse ou du bisulfate de sodium. Pendant la guerre russo-japonaise (1904-1905), l'armée japonaise faisait aussi usage du permanganate de potasse.

Avant la guerre mondiale et à ses débuts, on essayait ou on employait, sans grand succès, pour la désinfection de l'eau, le brome, le fluor, l'eau oxygénée, le chlorure de cuivre, le perchlorure de fer, le perhydrol (superoxyde de sodium ou de magnésium), le lait de chaux et beaucoup d'autres substances. On recommandait aussi l'oxygénation (aération) de l'eau en l'« atomisant » dans l'air sous forme d'un brouillard très fin. Ce moyen, si l'on n'ajoute pas de produits chimiques, n'est pas suffisant pour tuer les microbes qui se trouvent dans l'eau, mais il réduit sensiblement leur nombre.

La désinfection de l'eau par de l'ozone présente des avantages pratiques et est encore appliquée dans cer-

taines villes. C'est un moyen efficace qui n'altère pas les particularités physiques et chimiques de l'eau et qui a été aussi essayé dans plusieurs armées. Il exige un filtrage soigné de l'eau avant l'introduction de l'ozone, du courant électrique et de l'appareillage difficilement réalisable en campagne.

On a largement employé, au cours de la guerre mondiale et plus tard, surtout dans les colonies, le permanganate de potasse ou de chaux, le bisulfate de sodium et l'iode. Etant donné qu'ils donnent, en général, d'assez bons résultats et qu'on prévoit, même actuellement, leur emploi dans quelques armées dans des conditions spéciales, il y a lieu de nous en occuper plus longuement.

Le permanganate de potasse ($KMnO_4$), ajouté à l'eau en quantité de 1 gramme pour 1.000 litres, suffit pour désinfecter une eau modérément polluée en quelques heures. Son action consiste en oxydation des substances organiques.

Girard et Bordes conseillent d'appliquer au lieu de permanganate de potasse ($KMnO_4$), le permanganate de chaux ($CaMnO_4$), dont les composés avec les substances organiques sont insolubles et faciles à séparer.

Le procédé Lambert se qualifie pour désinfecter l'eau tout aussi bien en grandes qu'en petites quantités, et son emploi était assez répandu en campagne. Lambert ajoute, à 1 litre d'eau peu polluée, 0,03 gr. ou à 1 litre d'eau fortement polluée et suspecte 0,06 gr. de permanganate de potasse en poudre et, après dix minutes, il précipite l'excès du permanganate par le sulfate manganeux ($MnSO_4$) sous la forme de bioxyde de manganèse (MnO_2) qu'on filtre sur une couche de coton.

Pour désinfecter de petites quantités d'eau, il est plus commode de se servir des comprimés Lambert. Ils sont roses et blancs. Pour désinfecter deux litres d'eau, on emploie un comprimé rose et un comprimé blanc.

Le comprimé rose a la composition suivante :

Permanganate de potasse	— 0,12 gr.
Bioxyde de manganèse	— 0,10 gr.
Talc en poudre	— 0,74 gr.
Carbonate de calcium	— 0,04 gr.

Le comprimé blanc se compose de :

Hyposulfite de soude	— 0,12 gr.
Talc en poudre	— 0,88 gr.

On met d'abord dans l'eau qu'on cherche à désinfecter un comprimé rose et, dix minutes après, un comprimé blanc qui neutralisera l'excédent du permanganate de potasse et décolorera l'eau. Le résidu brun doit être retenu sur le filtre de coton. Le filtre spécial, construit à cet effet, se compose d'un récipient en fer blanc terminé en bas par un entonnoir. Au fond du filtre, entre deux disques en métal perforé, on place des rondelles de coton dans un bonnet de molleton. Les rondelles de coton doivent être changées chaque fois qu'on recommence la filtration.

Le grand filtre Garret de ce genre peut filtrer 500 litres d'eau en une heure.

La désinfection avec le permanganate de potasse a trouvé une assez grande application dans l'armée française — en campagne et dans les colonies — ainsi qu'aux Indes, pendant les épidémies de choléra.

Les avantages de cette méthode sont : bon aspect de l'eau (limpidité) et un goût non altéré.

D'après Clark et Gage, la désinfection à l'aide du permanganate de potasse n'est pas toujours assurée, même si les doses du désinfectant étaient très considérables et si on prolongeait beaucoup le temps de son action. L'application de cette méthode en campagne exige beaucoup de temps et de soins et elle est assez coûteuse. Si l'on se rapporte à l'enquête, elle n'est plus prévue régulièrement dans l'armée française.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Dans l'armée allemande, on a employé le permanganate de chaux pour la désinfection de l'eau faite par chaque soldat dans son bidon. Dans ce but, il ajoutait d'abord un comprimé de permanganate de chaux ($CaMnO_4$) et, dix minutes après, un autre de sulfate de manganèse. La réaction chimique est présentée par la formule :

$$Ca(MnO_4)_2 + MnSO_4 = CaSO_4 + 3MnO_2 + O_2$$

Mais pour qu'on puisse boire l'eau ainsi traitée, il fallait la faire filtrer sur le papier-filtre qui retenait le bioxyde de manganèse insoluble. Chaque soldat possédait, pour cela, un petit appareil à filtre et une provision de papiers-filtres dans une petite boîte en fer-blanc. Ce procédé est trop compliqué pour les conditions de campagne, même entre les mains d'un soldat intelligent, et ne peut pas être recommandé pour l'usage général.

L'iode. — L'iode métallique introduit dans l'eau en proportion de $^1/_{100.000}$ a une très forte action bactéricide. De 15 à 20 gouttes de teinture d'iode dans 1 litre d'eau l'auraient désinfectée en 15 minutes. D'après Vaillard, Simonin et Georges, 0,06 gr. d'iode dans 1 litre d'eau tue, en 15 minutes, tous les microbes ne formant pas de spores.

Etant donné la couleur brune de l'eau iodée et son goût métallique désagréable, on est obligé de neutraliser l'iode dans l'eau désinfectée avant de s'en servir. Cela se fait facilement par hyposulfite de soude.

Les auteurs cités plus haut ont introduit dans l'armée française et anglaise, au début de la grande guerre, une méthode de désinfection individuelle de l'eau par chaque soldat dans son bidon au moyen d'iode. On se servit de trois sortes de comprimés : bleus, roses et blancs. Ces comprimés, destinés à désinfecter 1 litre d'eau en 10 minutes, se composaient :

1. Un comprimé bleu :
   d'iodure de potassium — 0,1 gr.
   iodure de sodium — 0,0106 gr.
   bleu de méthyle — quantité suffisante
2. Un comprimé rose :
   de l'acide tartrique — 0,1 gr.
   sulphofuchsine — quantité suffisante
3. Un comprimé blanc :
   d'hyposulfite de sodium — 0,06 gr.

Pour obtenir la désinfection, on mettait d'abord un comprimé bleu et rose à la fois (pour libérer l'iode) et 15 minutes après, quand la désinfection était terminée, l'iode libre était neutralisé par le comprimé blanc d'hyposulfite de soude.

D'après Obermeyer, cette méthode ne donne pas de garanties suffisantes. L'expérience pratique a démontré, en temps de guerre, que cette méthode est trop compliquée pour le soldat. Lelean raconte que le soldat anglais oubliait la successivité de l'emploi des comprimés et les mettait tous les trois à la fois. Il est évident qu'il n'y avait aucune action bactéricide dans ce cas.

Le sulfate acide de sodium employé déjà au temps de la guerre du Transvaal, sur les conseils de Parker et de Rideal, est régulièrement recommandé encore actuellement, dans l'armée britannique, pour la cavalerie, quand elle ne peut amener avec elle des voitures d'eau. Cette méthode consiste à introduire dans l'eau (individuellement par chaque soldat) un ou deux comprimés de bisulfate de sodium, dont chacun contient 1 gramme de cette substance, un peu de saccharine et d'essence de citron servant à améliorer le goût acide de l'eau. Le facteur de désinfection est ici l'acide sulfurique, conformément à la formule : $2NaHSO_4 = Na_2SO_4 + H_2SO_4$. Deux grammes de bisulfate de soude donnent dans l'eau 0,07 gr. d'acide sulfurique.

Cette méthode est indiscutablement très efficace. J'ai fait, moi-même, toute une série d'essais et j'ai constaté que dans les eaux moyennement polluées, tous les germes ne formant pas des spores sont tués en 5 minutes dans 1 litre d'eau traitée avec 1 gramme de bisulfate de soude. Exceptionnellement, pour les eaux fortement polluées et troubles, auxquelles j'ai ajouté 10.000 colibacilles pour 1 cc., il fallait introduire 2 grammes de bisulfate et prolonger le temps de désinfection jusqu'à 10 minutes.

Le côté défavorable de cette méthode est qu'on ne peut pas l'appliquer dans les bidons en fer-blanc ou en zinc, car l'acide sulfurique libre agit sur le zinc et le fer et confère à l'eau un goût désagréable et même des propriétés toxiques. En outre, après un emploi prolongé (pendant quelques jours), il peut causer la diarrhée. On ne peut pas le considérer comme tout à fait inoffensif à la santé. Il demande l'emploi des bidons en aluminium. Comme ce moyen de désinfection est aussi coûteux, il ne peut pas être recommandé pour la désinfection de grandes quantités d'eau.

Dernièrement, la méthode de désinfection de l'eau par l'argent métallique a éveillé un intérêt considérable. Il est curieux que dans les œuvres sanscrites [1] on recommandait de garder l'eau dans des ustensiles en argent ou en cuivre qui auraient la propriété de ne pas altérer l'eau.

En 1867, Raubin a attiré l'attention sur le fait que les cultures de l'*Aspergillus Niger* ne se développaient pas dans des vases en argent. En 1895, Vincent a prouvé qu'une quantité considérable de microbes (entre autres B typhi et B coli) périssent après un certain temps, en

[1] Dans l'œuvre portant le titre « Ousruta Sanghita » écrite, paraît-il, il y a 4.000 ans, on recommande « de garder l'eau dans des récipients en argent ou en cuivre, l'exposer au soleil et la faire filtrer par du charbon ».

contact avec les pièces d'argent. En 1929, Krauze et Lakhowski ont démontré que les microbes périssent au contact d'une substance poreuse recouverte d'argent, appelée katadyn. Le même phénomène a lieu lorsqu'on introduit dans l'eau une quantité considérable de fil argenté et qu'on l'y garde de deux à six heures. Kling et Berchtold affirment que le facteur bactéricide est ici l'argent métallique dissout. L'eau distillée, mise en contact avec l'argent, en dissout 0,00005 gr. par litre d'eau pendant plusieurs jours. Une eau semblable, même délayée plusieurs fois, a des propriétés bactéricides très marquées. D'après Krauze, la quantité d'argent nécessaire pour désinfecter l'eau pour la boisson est de 25 à 100 $\gamma/1 = 0{,}001$ mgr. ou 0,000001 gr. et, dans les piscines, de 150 à 200 γ par litre d'eau. Szniolis et Just désinfectaient avec succès des eaux polluées même troubles, ainsi que les eaux contaminées artificiellement avec les colibacilles avec des quantités pareilles.

L'argent agit différemment sur les larves des moustiques, qu'il ne détruit pas. Les larves de *Culex pipiens* se développaient normalement dans de l'eau contenant 400 γ d'argent pendant 7 jours. D'autre part, les poissons mis dans de l'eau contenant des quantités négligeables d'argent (250 γ par litre d'eau) périssent au bout d'une heure. L'abreuvage de rats avec de l'eau contenant de 400 à 1.000 γ d'argent, même pendant un long espace de temps, n'exerce aucune influence visible sur leur aspect et leur contenance. Toutefois, après les avoir tués, Just et Szniolis ont trouvé des modifications dans le tissu hépatique de ces animaux. Il faudrait donc, avant de se prononcer sur l'innocuité de cette méthode, continuer les études, quoique l'on considère généralement l'argent comme métal très peu toxique et tout à fait inoffensif en quantités employées pour la désinfection de l'eau, même si on n'employait que de l'eau argentée pendant toute la vie.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

La maison « Elektrokatadyn Gesellschaft », à Berlin, a adopté une méthode pratique de la désinfection de l'eau à l'aide de l'argent dissous. Elle produit des appareils permettant de désinfecter différentes quantités d'eau au bout d'une ou de plusieurs heures. Un appareil intéressant pour la désinfection individuelle de petites quantités d'eau est l'appareil de poche « Taschen Katadyn » qui permet de désinfecter un litre d'eau en une heure. Il se compose d'une petite batterie électrique et de deux électrodes en argent.

Kriff filtre l'eau sur des filtres de charbon actif et de poudre d'argent.

D'après Krämer (1906), le cuivre possède, tout comme l'argent, des propriétés bactéricides et tue les vibrions du choléra et les colibacilles quand la surface du contact de ce métal, pour 1 litre d'eau, est de 19 cm^2, en moins de quatre heures.

Nægeli appelle l'action des métaux Ag, Cu, Zn, Ni, As oligodynamique, capable de détruire les algues et les microbes, de diminuer l'action de la tripsyne et des diastèzes. Cette action augmente en présence de O^2 et de CO^2 et diminue en présence de NaCl.

Kruze et Fischer constatent que l'argent obtenu par voie électrolytique possède des propriétés bactéricides 20 fois plus grandes que le chlore. Une très petite quantité d'argent comportant des fractions de milligramme d'argent par litre d'eau ne change pas du tout les propriétés physiques de l'eau et ne doit pas être nuisible.

Il est trop tôt pour se prononcer sur l'utilité de l'électrokatadynisation de l'eau pour les troupes en campagne. Il faut en tout cas remarquer qu'elle ne peut être appliquée qu'aux eaux limpides ou filtrées, qu'elle exige au moins une heure et en pratique de trois à quatre heures pour que la désinfection soit assurée.

Médecin-colonel Dr W. J. Babecki.

Chloration de l'eau.

Une grande somme d'expérience acquise au cours des dernières dizaines d'années avec la désinfection de l'eau par le chlore dans les installations des villes du monde entier, ainsi que les excellents résultats de l'emploi commun du chlore pendant la guerre mondiale et dans les années qui la suivirent, ont contribué à faire reconnaître le chlore comme le meilleur des moyens existants pour la désinfection de l'eau, du moins à l'état actuel des choses et jusqu'au moment où l'on aura découvert un autre moyen qui lui soit supérieur ou plus pratique pour l'usage en campagne. C'est une certitude qui, pour le moment, ne saurait être contestée.

Mais au point de vue pratique l'aspect de ce problème est tout autre. L'enquête faite à ce sujet a permis de constater que peut-être dans aucune armée les résultats ne sont tout à fait satisfaisants en ce qui concerne la pratique de la chloration de l'eau en campagne. Ce problème n'est pas encore définitivement résolu et il fait l'objet d'études approfondies dans tous les pays.

Des dizaines de volumes ont été publiés sur la chloration de l'eau — et on ne cesse d'écrire sur ce sujet. Les résultats pratiques des études poursuivies sur la chloration de l'eau pour les troupes en campagne sont pourtant de plus en plus satisfaisants et permettent de choisir, dès à présent, une méthode, sinon parfaite, du moins relativement sûre, commode et pratique.

C'est, paraît-il, en Angleterre que Houston, en 1905, a fait pour la première fois usage du chlore pour la désinfection de l'eau (sous forme d'hypochlorite de soude).

Application du chlore liquide ou gazeux.

Le chlore liquide ou gazeux a été employé pour la première fois en 1912, pour la désinfection de l'eau dans l'aqueduc de ville à Niagara Falls, aux Etats-Unis.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Actuellement, un très grand nombre de villes aux Etats-Unis, en Europe et ailleurs désinfectent toute eau servant à l'approvisionnement de la population, soit directement, soit après un filtrage préalable.

Pendant la grande guerre toutes les armées ont fait abondamment usage du chlore. Dans les bases de ravitaillement où parviennent les appareils motorisés, l'emploi du chlore liquide (gazeux) est le plus indiqué, car on peut le doser avec précision et c'est un moyen peu dispendieux et facile à servir.

Il existe dans certains pays d'Europe et aux Etats-Unis des appareils automatiques de tout premier ordre pour la chloration de l'eau, montés sur des camions automobiles (par exemple Wallace-Thiernan, Water Field Chlorination donnant 5.000 litres d'eau chlorée par heure). Le chlore désinfecte l'eau de plusieurs manières. Il est lui-même bactéricide. Il agit par l'oxygène libérée dans l'eau en présence des carbonates d'après la formule chimique théorique probable :

$$CaCO_3 + H_2O + 2Cl_2 = CaCl_2 + CO_2 + 2HClO.$$

L'acide hypochloreux a une action bactéricide seule et il se décompose en acide chlorhydrique et en oxygène libre $2HClO = 2HCl + Cl_2$ qui est le facteur bactéricide propre dans le procès de chloration.

Le chlore combiné dans l'eau aux substances organiques produit les corps appelés chloramines douées elles aussi de fortes propriétés bactéricides.

On a essayé d'employer les appareils à chlore gazeux pour la chloration de l'eau dans les voitures d'eau des détachements en campagne. En U.R.S.S. on a construit à cet effet un appareil à chlore gazeux, que le soldat peut porter sur le dos et qui sert à désinfecter des quantités considérables d'eau. Cet appareil ne paraît pas encore tout à fait satisfaisant au point de vue pratique.

On peut aussi se servir, au lieu du chlore gazeux, de ses solutions concentrées dans l'eau. Toutefois ces solutions se détériorent rapidement sous l'influence de la lumière, des secousses, et des changements de température et n'ont pas trouvé, en conséquence, d'application pratique en campagne. Une expérience de longues années a prouvé qu'il faut ajouter à l'eau, précédemment filtrée, même si cette eau contient beaucoup de germes, une quantité de chlore qui après une action de 5 minutes laisse encore 0,2 mgr. de chlore libre pour 1 litre d'eau (méthode américaine), ou qui après une demi-heure d'action laisse encore constater des traces de chlore libre (méthode anglaise).

La quantité de chlore indispensable pour la désinfection de l'eau est sujette à de grandes variations et dépend avant tout de la composition de l'eau, et ensuite de la réaction et de la température. Il suffira de 0,5 ou 1 mgr. par litre pour les eaux peu polluées. Les eaux impures et troubles exigeront 2, 3 ou 4 milligrammes et plus de chlore pour 1 litre d'eau. Le temps nécessaire pour la désinfection est le plus souvent fixé à 30 minutes.

D'après certains auteurs français, il est quelquefois nécessaire d'employer 5, 8 et même 12 mgr. de chlore par litre d'eau. Harold et Ward citent des cas analogues. Des cas pareils sont plutôt exceptionnels, mais possibles dans les conditions des troupes en campagne.

La plus grande dose prévue dans l'armée américaine comporte 4 mgr. de chlore par litre d'eau. La quantité de chlore nécessaire pour la désinfection est influencée par la réaction de l'eau, mais cette influence dépend avant tout de la quantité des substances qu'elle contient en solution ou suspension. L'ammoniaque libre et salin existant en petites quantités dans l'eau n'a pas une grande influence. Les corps minéraux suspendus et les sels minéraux contenus dans l'eau diminuent le pouvoir désinfectant du chlore dans des proportions modérées.

Par contre les substances organiques, surtout les substances colloïdales, l'ammoniaque albuminoïde, les nitrites ainsi que les sels ferreux et les sulfides diminuent très sensiblement ce pouvoir et les eaux qui contiennent une quantité considérable de ces matières exigent pour leur désinfection une dose de chlore beaucoup plus grande. Aussi l'analyse de l'eau est-elle très nécessaire lorsqu'on procède à la chloration. Il faut donc déterminer la dose de chlore nécessaire pour chaque eau à traiter ou appliquer une dose beaucoup plus grande et neutraliser l'excès de chlore.

Verdunisation de l'eau.

Une méthode spéciale de la chloration de l'eau par le chlore liquide ou gazeux a été appliquée en 1915, à Verdun, par l'ingénieur militaire colonel Bunau-Varilla. Elle consiste à faire usage de doses de chlore 5 à 10 fois moindres de celles qui seraient nécessaires ordinairement, à condition de brasser vigoureusement l'eau au moyen d'une pompe centrifuge pendant qu'on la traite par le chlore. L'auteur explique que l'action du chlore est plus efficace dans ces conditions, vu les phénomènes physiques qui apparaissent dans l'eau et qui, indépendamment de l'action du chlore, ont une action bactéricide pareille à celle des rayons ultra-violets.

D'autres auteurs n'ont pas confirmé l'existence d'une radiation spéciale dans l'eau brassée et chlorée. Just et Szniolis, ainsi que plusieurs autres expérimentateurs ont prouvé que la méthode Bunau-Varilla donne d'excellents résultats avec les eaux pures ou peu polluées et contaminées artificiellement avec les colibacilles. Si l'eau contient des substances organiques — ammoniaque, albuminoïde ou nitrites — l'efficacité de cette méthode diminue sensiblement.

Néanmoins, la méthode Bunau-Varilla consistant à mélanger rapidement et parfaitement l'eau avec le chlore permet de diminuer la dose de chlore et constitue un progrès si on la compare à la chloration simple.

Désinfection de l'eau par les composés du chlore actif.

On a souvent remplacé, pendant la grande guerre, le chlore liquide ou gazeux par des composés chlorés libérant facilement le chlore actif au contact de l'eau. Cette méthode est actuellement prévue dans la plupart des armées en campagne. Ces substances sont les hypochlorites (de sodium, de potassium et de chaux) et les chloramines.

Il est à noter que le chlore gazeux a, dans l'eau, une action bactéricide plus forte que les hypochlorites de sodium ou de potassium et ces derniers, plus forte que les hypochlorites de chaux. Ce phénomène est probablement dû à l'inhibition partielle de l'action bactéricide du chlore par les éléments neutres contenus dans l'eau, tels que le chlorure de chaux neutre, les carbonates et autres, qui sont toujours mélangés à l'hypochlorite de chaux. Toutefois, la différence de l'action bactéricide du chlore gazeux et des hypochlorites n'est pas très grande.

Désinfection de l'eau par l'hypochlorite de soude (Javellisation).

La désinfection de l'eau par l'hypochlorite de soude ou plutôt par ses solutions connues sous le nom de l'eau de Javel s'est répandue, surtout en France.

Les solutions de l'eau de Javel contenant de 2 à 10% de chlore actif peuvent se conserver assez longtemps, à condition de les garder à l'abri de la lumière et des changements de température. L'action de ces solutions

en même quantité du chlore actif est pareille à l'action du chlore gazeux. Il suffira d'employer pour la désinfection des eaux de sources et de puits peu polluées, la quantité d'eau de Javel comportant 1 mgr. de chlore actif par litre d'eau. Pour plus de sécurité, on emploiera 2 mgr. par litre d'eau pour les eaux des puits peu profonds et 2,5 ou 3 mgr. pour les eaux de surface d'apparence suspecte ou troubles.

Mon expérience personnelle m'a démontré qu'en javellisant des eaux naturelles, même très considérablement polluées et enrichies de colibacilles jusqu'à 10.000 par cc., il fallait appliquer tout au plus la quantité d'eau de Javel qui correspond à 2,5 ou 3 mgr. de chlore actif par litre d'eau, pour obtenir l'épuration de l'eau en 15 à 20 minutes.

Pour déterminer exactement la dose indispensable de chlore, il faut procéder de la même manière qu'en déterminant la dose du chlore gazeux ou de la chaux chlorée. L'eau peut être javellisée dans des voitures à eau, dans des tonneaux de bois et dans des sacs de toile imperméable.

L'armée française javellise l'eau dans les appareils de campagne adaptés à la préfiltration mécanique de l'eau. Ces appareils sont munis de mélangeurs dont le fonctionnement assure un bon mélange de l'eau avec la solution désinfectante (condition très importante). Les appareils à javellisation, automatiques ou autres, fournissent une quantité d'eau de Javel proportionnée à l'écoulement de l'eau. Il en existe un nombre considérable de modèles : Bunau-Varilla, Villa Vienne et autres. Si on ne dispose pas des appareils à javellisation spéciaux, on ajoute la quantité nécessaire d'eau de Javel directement dans les récipients avec le même résultat, à condition de bien brasser toute la quantité de l'eau désinfectée. Toutefois, il faut reconnaître que là où on emploie les appareils mobiles de campagne spécialement destinés à la désinfection de l'eau, le chlore gazeux est plus avantageux

que l'eau de Javel, car il est plus facile à manier et peut être moins cher.

Comparée à l'hypochlorite de chaux ordinaire, l'eau de Javel est supérieure comme plus facile à doser et mélanger et ne donnant pas de dépôt insoluble. Elle a, en outre, une action bactéricide un peu plus grande que l'hypochlorite de chaux à la même quantité de chlore actif, parce que dans le dernier cas, il peut y avoir une certaine inhibition de l'action bactéricide par la présence de corps neutres insolubles. Par contre, l'eau de Javel est plus difficile à transporter et manier en campagne. Son action chimique est pareille à celle du chlore gazeux ; la désinfection s'effectue principalement grâce à l'oxydation par l'oxygène libéré dans l'eau.

Désinfection de l'eau par l'hypochlorite de chaux.

Le moyen le plus employé pendant la grande guerre pour la désinfection de l'eau destinée aux troupes en campagne était la chloration de l'eau par l'hypochlorite de chaux ou la chaux chlorée. L'hypochlorite de chaux est un corps dont la composition chimique n'est pas exactement établie et qui contient en théorie 34 ou 35% de chlore actif. Son élément actif est probablement l'hypochlorite de chaux CaClOCl. Il contient, en outre, des quantités différentes de substances neutres et insolubles de CaO, de $CaCl_2$ et $CaCO_3$.

C'est une poudre blanche à odeur caractéristique et pénétrante. Exposée à l'air et à la lumière ou à l'humidité et à une température plus élevée, l'hypochlorite de chaux perd plus ou moins vite son chlore actif. Cette particularité constitue son plus grand défaut. L'hypochlorite de chaux qu'on trouve dans le commerce, même s'il est soigneusement conservé, contient une quantité de chlore variable, le plus souvent 27 à 24% ; si on le tient dans des récipients ouverts, il peut arriver à n'avoir

que 10% de chlore et même à le perdre complètement. Si on le conserve dans des vases bien fermés, il se décompose lentement et il peut facilement faire éclater le récipient. Il faut donc, vu l'instabilité de sa composition, déterminer toujours la quantité de chlore actif lorsqu'on en fait usage par la méthode de Penot ou bien à l'aide du thiosulfate de soude, ou bien on peut vérifier son pouvoir bactéricide par une des méthodes exposées plus loin.

L'action chimique de l'hypochlorite de chaux est pareille à l'action exercée par le chlore gazeux ou par l'hypochlorite de soude et consiste surtout en oxydation. La réaction s'accomplit probablement d'après la formule suivante :

$$2CaClOCl \text{ dans l'eau} = Ca(OCl)_2 + CaCl_2$$
$$Ca(OCl)_2 + H_2CO_3 = CaCO_3 + 2HOCl$$
$$2HOCl = 2HCl + O_2$$

L'hypochlorite de chaux en ampoules de verre soudées.

Pour préserver l'hypochlorite de chaux de la décomposition rapide, l'armée américaine se servit pendant la grande guerre et se sert jusqu'à présent de petites ampoules de verre bruni, soudées. Ces ampoules contiennent 1 gr. d'hypochlorite de chaux. Cette quantité doit correspondre à 340 mgr. de chlore actif. Les ampoules sont marquées à la lime, ce qui permet de les briser facilement au moment voulu et d'en verser le contenu dans la quantité d'eau qu'on veut désinfecter.

Cette méthode qui a indubitablement une grande valeur pratique n'a pourtant pas répondu à toutes les exigences.

C. B. Wood a trouvé, en examinant 12.000 ampoules, qu'après 2 ans, 14% des ampoules contenant l'hypo-

chlorite de soude avaient éclaté par suite de la décomposition et de la libération du chlore et que la déperdition du chlore dans les ampoules demeurées intactes comportait environ 0,5% par mois. Certaines ampoules ne contenaient que 10 ou même 5% de chlore actif. La décomposition facile de l'hypochlorite est cause qu'en campagne un grand pourcent d'ampoules éclatent et que leur pouvoir bactéricide varie beaucoup.

L'hypochlorite de chaux stabilisé.

L'addition de 20 parties de chaux vive (CaO) pour 80 parties d'hypochlorite de chaux le stabilise (Rattie, Smith, Ritchie) à tel point qu'on peut le conserver sans modifications sensibles pendant plusieurs semaines dans des boîtes en fer blanc, même dans le climat chaud et humide des pays tropicaux (Aumonier et Elliott). L'hypochlorite stabilisé, même quand il est conservé dans des boîtes ouvertes, ne perd le chlore que lentement.

L'hypochlorite employé actuellement dans l'armée britannique est stabilisé.

Les hypochlorites de chaux à grande teneur de chlore actif.

L'armée allemande était en possession, déjà en 1917, d'un produit pareil à l'hypochlorite de chaux dénommé Caporit, qui contenait 75% de chlore actif (fabrication de Bayer Meister Lucius, Leverkusen).

Un produit pareil appelé H.T.H. (*High Test Hypochlorite*) est fourni en boîtes de fer blanc hermétiquement soudées par la maison Mathieson Alcali Works, aux Etats-Unis, et par une autre maison américaine. Le produit H.T.H. est une poudre sèche, très fine, qui au moment où elle m'a été délivrée, contenait 73,9% de chlore actif. Ce n'est pas évidemment l'hypochlorite

de chaux simple, car théoriquement parlant, si l'on considère sa composition chimique, il devrait contenir tout au plus 56% de chlore actif. Une partie du chlore est donc probablement mécaniquement absorbée par l'hypochlorite de chaux.

Cette poudre se dissout en petite quantité dans l'eau sans laisser de précipité. Transvasée dans des pots de verre et bien bouchée et gardée dans un laboratoire à température variable, elle n'a perdu au bout d'un an qu'une assez petite quantité de chlore.

Elle contenait le 7. X. 1936 — 73,9% de Cl actif,
le 14. X. 1936 — 73,67% de Cl actif,
le 16. VIII. 1937 — 69,4% de Cl actif.

Ce produit, vu son grand contenu de chlore, sa stabilité considérable et sa solubilité est de beaucoup supérieur à l'hypochlorite de chaux ordinaire.

La désinfection de l'eau par les chloramines.

Rideal a remarqué en 1910 que l'action désinfectante de l'eau à laquelle on avait ajouté du chlore continuait encore après qu'il n'y avait plus de chlore libre, grâce à la monochloramine formée par l'action du chlore sur l'ammoniaque contenu dans l'eau.

Dakin et Dunham recommandaient (1917) d'employer pour la désinfection de l'eau destinée aux troupes en campagne, au lieu de l'hypochlorite de soude ou de chaux instable, les chloramines composées stables dont l'action bactéricide est, d'après ces auteurs, tout aussi ou même plus puissante que celle des hypochlorites et du chlore gazeux.

Les chloramines sont des composés d'ammoniaque dans lequel un ou plusieurs atomes d'hydrogène ont été remplacés par le chlore.

Médecin-colonel Dr W. J. Babecki.

On rencontre dans le commerce un grand nombre de produits identiques ou rapprochés des chloramines connus sous les noms divers :

Chloramine T (natrium paratoluensulfochloramine),
Chlorosan,
Perchloron,
Chloractine,
Hydrochloractine (chloramine avec bicarbonate de soude),
Dichloramine (toluene parasulfodichloramine),
Halazone (acide parasulfodichloraminobenzoïque),
Sterydrol (produit italien employé pendant la guerre (italo-éthiopienne),
Annogen (produit polonais ayant la formule $C_6H_5S_2ONNaCl$ et contenant 28% de chlore actif) et un grand nombre d'autres.

Les chloramines sont bactéricides de par leur propre vertu et ensuite par le chlore actif qu'elles libèrent partiellement au contact de l'eau. Leur action dépend de la composition de l'eau, de sa réaction et de la température. Il n'y a pas de preuves suffisantes que l'action des chloramines soit jamais plus bactéricide que celle du chlore gazeux ou celui des hypochlorites, tout au contraire, la plupart des auteurs constatent que leur action est très souvent beaucoup plus faible. La diversité des opinions provient probablement du fait que différents auteurs ont examiné des eaux de composition différente ou dans des conditions différentes.

J'ai procédé, pour ma part, avec le commandant Cybulski, à de nombreuses études comparées dans le laboratoire d'hygiène militaire à Varsovie, sur l'action des chloramines et des hypochlorites, en employant, dans ce but, des eaux naturelles fortement polluées, contaminées par addition de 10.000 colibacilles environ par cc.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Lorsque nous avons traité l'eau non filtrée et trouble de petits étangs fort pollués ou de la Vistule, à laquelle nous avons ajouté 25.000 colibacilles par cc., par l'hydrochloractine polonaise ou la chloramine T en proportion de 2 à 3 mgr. de chlore actif par litre d'eau, le nombre de bacilles, après 10 minutes d'action de la chloramine dans 1 cc., était de 24.000, après 20 minutes de 18.000, après 30 minutes de 15.000, après une heure de 9.000, après deux heures de 1.900. Après 24 heures, la désinfection était complète.

Lorsque nous ajoutions à la même eau jusqu'à 100 mgr. d'annogen (contenant 28% de chlore actif), nous n'obtenions pas de désinfection, même au bout de 30 minutes.

L'ammoniaque, ajouté à la chloramine T ou à l'annogen, n'a pas exercé une influence visible sur leur pouvoir bactéricide. Mais si on ajoutait simultanément avec la chloramine ou avec l'annogen 0,4 gr. ou 0,5 gr. d'acide citrique ou tartrique par litre d'eau, on obtenait toujours une désinfection complète après 5 à 15 minutes. Etant donné que l'acide citrique ou tartrique ne suffit pas, dans cette concentration, à désinfecter l'eau, même après deux heures, il s'ensuit que l'augmentation du pouvoir bactéricide de la chloramine T ou de l'annogen, par l'addition d'un de ces acides, était bien le résultat de l'action du chlore mis en liberté dans le milieu acide. Les chloramines ont une supériorité indiscutable sur le chlore libre et les hypochlorites quand il s'agit de l'odeur et du goût de l'eau.

Le chlore libre et les hypochlorites, ajoutés à l'eau en proportion de 1 mgr. par litre, ont une odeur et un goût distincts et désagréables, alors que la chloramine, en quantité correspondant à 2 ou 3 mgr. de chlore par litre d'eau, ne se fait sentir ni par l'odeur ni par le goût et on la sent à peine à partir de 4 mgr de chlore actif, soit 20 mgr. de chloramine par litre d'eau.

En cette quantité, les chloramines ne sont pas nuisibles à la santé. Les animaux des laboratoires, abreuvés, au cours de plusieurs mois, par une eau contenant 20 mgr. de chloramine ou d'annogen, n'ont témoigné aucun signe de maladie.

J'ai bu moi-même, pendant un mois et tous les jours, un litre d'eau contenant 10 mgr. de chloramine, sans aucun symptôme défavorable.

Le grand avantage des chloramines, dans les conditions de campagne, est la stabilité de leur composition, non seulement à l'état sec, mais aussi dans les solutions ; même quand elles sont exposées à la lumière diffuse, elles ne se décomposent que lentement.

Lorsqu'on a ajouté à l'eau de la Tamise 2,4 mgr. de chlore par litre d'eau, sous la forme de chloramine, on a encore constaté, après sept jours, la présence de 2,3 mgr. de chlore.

Une solution de chloramine, comportant 1,5 mgr. de chlore par litre d'eau, exposée au soleil, après 75 minutes contenait encore 1,3 mgr. de chlore, alors que, dans les mêmes conditions, l'eau à laquelle on avait ajouté 1,7 mgr. de chlore gazeux ne le contenait plus.

D'où il résulte que l'action des chloramines dans l'eau est plus prolongée que celle du chlore libre. Lorsque l'expérience peut être prolongée jusqu'à deux heures (Baars), le chlore gazeux et la chloramine, à la même teneur que le chlore, peuvent exercer la même influence.

Chloration de l'eau après l'ammonisation préalable.

Ridéal, s'appuyant sur ses expériences faites au bord de la Somme, est arrivé à la conclusion que l'ammoniaque albuminoïde (surtout de provenance végétale) atténue l'action du chlore, alors que l'ammoniaque libre ou salin semble l'augmenter.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Les études faites par différents auteurs en Angleterre et puis en Amérique semblaient démontrer que, si l'on ajoute à l'eau, avant de l'avoir chlorée, de l'ammoniaque libre dans la proportion de 1 sur 2, 3 ou 4 parties de chlore utilisé, on augmente le pouvoir bactéricide. La plus avantageuse est la relation de 1 à 4 ou 1 à 3 de l'ammoniaque au chlore. Lorsque l'ammoniaque est ajouté en quantité égale ou même supérieure au chlore, le pouvoir bactéricide n'est pas augmenté et même il peut être diminué.

Harold et Ward expliquent ce phénomène de cette façon, que lorsqu'on a ajouté à l'eau de l'ammoniaque et du chlore, il peut s'y produire des monochloramines et des dichloramines qui ont un grand pouvoir bactéricide. Si l'on augmente la proportion d'ammoniaque, il y a aussi la production de chlorure d'ammonium, qui n'a pas de propriétés bactéricides :

$$2NH_3 + NH_2Cl = N_2 + 3NH_4Cl$$

ammoniaque + chloramine
ayant un grand pouvoir bactéricide.

On a tenu largement compte, en Amérique, pour la désinfection de l'eau des grandes villes, du fait que si l'on ajoute de l'ammoniaque avant le chlore, immédiatement ou plusieurs minutes avant, on prolonge les qualités bactéricides du chlore, grâce à la formation de la monochloramine. Ce procédé prévient le mauvais goût et l'odeur désagréables, même si on emploie de plus grandes quantités de chlore. La même méthode a été adaptée par l'armée britannique en campagne, où pour désinfecter l'eau des puits, on ajoute d'abord de l'ammoniaque et puis du chlore gazeux ou de l'hypochlorite de chaux en proportion d'une partie d'ammoniaque sur quatre parties de chlore.

Dans les conditions de campagne, cette méthode complique considérablement le procès de la désinfec-

tion. Elle n'augmente pas le pouvoir bactéricide du chlore et même, d'après certains auteurs, elle l'affaiblit de 20% et le ralentit. Elle peut être appliquée, si l'on peut prolonger jusqu'à une demi-heure la durée de la désinfection. Toutefois, au cas où on voudrait obtenir la désinfection déjà au bout de 10 à 15 minutes, cette méthode ne serait pas indiquée.

Dosage du chlore actif.

Etant donné que la teneur en chlore des hypochlorites subit des modifications très considérables, il est absolument nécessaire de les déterminer par le dosage.

Cela peut être fait par la méthode de Penot (au moyen d'une solution alcaline titrée d'anhydride arsénieux en présence d'une solution d'amidon ioduré ou par le thiosulfate de soude). Ces deux méthodes peuvent être facilement adaptées dans des laboratoires motorisés. Pour les détachements en campagne elles sont un peu compliquées.

Pour déterminer les petites quantités du chlore dans l'eau, on se sert surtout de la méthode à ortotolidine de Hale et Muer.

Il existe plusieurs types de petits appareils simples et commodes en campagne qui facilitent cette analyse. Le chloroscope de la maison Paterson, à Londres, peut servir comme type modèle d'un tel appareil.

Ce petit appareil élégant se compose de trois éprouvettes prismatiques, d'une petite bouteille à réactif contenant la solution à 0,1% d'ortotolidine dissoute dans l'acide chlorhydrique à 10%, d'une pipette pour mesurer toujours la même quantité du réactif et de quelques petites fiches en verre jaune, d'intensité différente, correspondant aux colorations que l'on obtient avec de l'eau, contenant différentes quantités de chlore et la même quantité

d'ortotolidine. Ces fiches correspondent à des solutions 0,1,-0,2-0,3 et jusqu'à 2,0 mgr. du chlore par 1 litre d'eau.

On procède de la manière suivante : on verse l'eau à examiner, chlorée, dans les trois éprouvettes et on ajoute à une d'elles une petite quantité de réactif avec la pipette graduée. On attend 2 ou 3 minutes et quand la coloration apparaît, on la compare avec la série des fiches en verre, interposées contre les deux autres éprouvettes contenant de l'eau non colorée.

Détermination de la dose de chlore nécessaire pour la désinfection de l'eau.

Etant donné que différentes eaux exigent différentes quantités de chlore pour obtenir une désinfection suffisante et que différents produits chimiques, dont nous serons obligés de nous servir en campagne, contiennent différentes quantités de chlore actif et que leur teneur en chlore ne nous sera pas toujours connue, il fallait trouver une méthode facile de déterminer la quantité nécessaire du produit dont on dispose pour chaque eau qu'il faudra désinfecter.

En se basant sur de nombreuses observations, on a d'abord établi aux Etats-Unis et puis on a reconnu un peu partout que l'eau peut être considérée comme désinfectée et libérée des germes pathogènes vivants quand elle est traitée pendant 30 minutes par une telle quantité de chlore actif, telles que cinq minutes après le début de chloration, elle contiendra encore 0,2 mgr. de chlore par litre d'eau.

Ceci n'est vrai que pour les eaux qui sont peu ou modérément polluées et lorsqu'on emploie du chlore gazeux ou des hypochlorites de soude ou de chaux. Toutefois, cela ne peut servir de règle pour l'emploi des chloramines, dont l'action est lente et dont les solutions

sont très stables et peuvent déceler facilement 0,5 mgr. de chlore actif, plusieurs heures après leur addition à l'eau sans qu'elle soit désinfectée, surtout quand on a affaire à des eaux considérablement polluées ou troubles.

Ridéal, puis Malmann, ont démontré que la présence du chlore actif plusieurs minutes après son application dans l'eau, n'est pas un signe suffisant de l'efficacité de la désinfection.

Le colonel Fox a exprimé la même opinion.

Personnellement, j'ai procédé à de nombreuses études à ce sujet, en collaboration avec le commandant Cybulski, et je peux confirmer que la présence du chlore actif, après une demi-heure ou même deux heures après la chloration (surtout quand on se sert de chloramines), ne peut être considérée comme la preuve de la désinfection de l'eau que dans le cas où nous aurions affaire à de l'eau relativement pure. En ce qui concerne l'eau fortement polluée, la désinfection peut ne pas être efficace et de nombreux germes peuvent rester vivants, bien que l'analyse aurait démontré la présence de 1 mgr. et plus de chlore actif par litre d'eau. La seule preuve absolument sûre de l'efficacité de la désinfection ne peut être obtenue que par un examen bactériologique.

De même, lorsqu'on soupçonne la présence dans l'eau de cercaires, d'œufs de parasites intestinaux et de cystes d'amœbes *(amœba hystolitica)*, on ne peut pas considérer la chloration de l'eau sans filtration préalable comme suffisante.

Etant donné que les études de ce genre sont bien difficiles dans les conditions de campagne, il suffit, en pratique, d'appliquer le principe américain exigeant la présence de 0,2 mgr. de chlore actif dans l'eau, cinq minutes après l'addition de la dose supposée nécessaire, ou des traces de chlore 30 minutes après le début de la chloration et sous la condition que l'eau dont il est

question ne soit pas fortement souillée ou qu'elle soit préalablement filtrée.

Le colonel Horrock[1], de l'armée britannique, élabora, au cours de la guerre, une méthode pratique de déterminer les doses indispensables d'hypochlorites, indépendamment du contenu du chlore et pour chaque eau, indépendamment de sa composition, ce qui convient surtout aux conditions de campagne. Cette méthode, un peu perfectionnée, est appliquée actuellement dans l'armée britannique et dans plusieurs autres. Elle consiste

---

[1] *Description de l'essai de Horrock tirée de l'instruction officielle.* Buts de l'essai : Définir quelle est la quantité d'hypochlorite de chaux nécessaire pour désinfecter 500 litres d'eau qu'on veut rendre potable.

La boîte à essai comporte :

1. 6 gobelets émaillés blancs d'une capacité de 200 cc. chacun ;
2. 1 gobelet émaillé noir de 150 cc. ;
3. 2 cuillères en métal qui, quand elles sont remplies au niveau, contiennent 2 grammes d'hypochlorite de chaux chacune ;
4. 1 flacon de solution d'amidon et d'iodure de cadmium ;
5. 6 pipettes en verre dont 1 goutte de la solution mère d'hypochlorite ajoutée à 200 cc. d'eau dans un gobelet blanc doit donner 1 mgr. de chlore par 1 litre d'eau ;
6. baguettes en verre ;
7. 25 comprimés à 1 gr. 5 de thiosulfate de soude ;
8. 50 comprimés à 15 gr. de sulfate acide de soude ;
9. 12 petites brosses pour nettoyer les pièces en verre ;
10. 2 copies de l'instruction.

Mode d'exécution :

On prépare, dans le gobelet noir, la solution modèle en malaxant soigneusement 1 cuillerée remplie jusqu'aux bords (2 gr.) d'hypochlorite de chaux et on ajoute à l'aide d'une pipette, dans les 6 gobelets blancs remplis d'eau, successivement 1, 2, 3, 4, 5 et 6 gouttes de la solution modèle ; on mélange avec une baguette et on laisse agir pendant 30 minutes.

Après ce temps, on ajoute dans chaque gobelet blanc 3 gouttes de solution d'amidon et d'iodure de cadmium.

Le premier gobelet dans lequel paraîtra une coloration bleue intense contient encore les traces du chlore et cette eau peut être considérée pratiquement désinfectée.

On introduira alors, pour la voiture contenant 500 litres d'eau, autant de cuillerées (à 2 gr.) d'hypochlorite de chaux (bien délayée dans une petite quantité d'eau) qu'on a mis de gouttes de la solution modèle dans le gobelet propre dans lequel la désinfection était accomplie.

à ajouter dans 6 gobelets contenant la même quantité d'eau successivement 1, 2, 3, 4, 5 et 6 gouttes d'une solution-mère d'hypochlorite préparée dans un gobelet spécial et de noter le premier dans lequel on trouve encore traces de chlore libre, une demi-heure après l'addition de la solution-mère. On le saura en ajoutant plusieurs gouttes de solution d'amidon et d'iodure de cadmium, qui se colore en bleu foncé sous l'action du chlore.

La méthode de Horrock peut être appliquée par chaque soldat intelligent sous la direction d'un médecin. Elle donne autant de garanties que le procédé américain, mais demande plus de temps. Cet essai permet d'utiliser tout de suite la quantité nécessaire d'hypochlorites pour la quantité totale (500 litres) d'eau que contient la voiture à eau réglementaire. On emploie pour 500 litres d'eau autant de cuillers d'hypochlorite de chaux sec que l'on a ajouté de gouttes de la solution-mère au premier gobelet qui décelait des traces de chlore libre. L'eau est considérée désinfectée 30 minutes après l'addition de la drogue. Donc, le temps nécessaire pour toute l'opération de l'essai et de la désinfection définitive est d'une heure.

Le chloroscope Patterson, décrit plus haut avec le réactif d'ortotolidine, s'adapte parfaitement aux conditions de campagne.

Dans les armées des Etats-Unis, on a prévu une épreuve pratique avec la solution d'ortotolidine (à 0,1%) dans de petites fioles en verre. On ajoute une fiole de ce réactif dans un gobelet d'eau supposée désinfectée et en vérifiant, après trois minutes, si elle se colore en jaune-orange, ce qui aurait prouvé que l'eau contient un excédent (0,2 mgr. ou plus) de chlore actif. Une couleur jaune-citron aurait démontré, le cas échéant, que la quantité de chlore actif était inférieure à 0,2 mgr., donc insuffisante.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Défaut de la chloration de l'eau.

L'eau désinfectée par le chlore présente souvent une odeur et un goût désagréables dont se plaignent les soldats en refusant de la boire. L'odeur dépend, en grande partie, de la composition et du degré de souillure de l'eau.

Dans une eau très pure, 1 mgr. de chlore dans un litre d'eau se fait assez peu ressentir. Dans de l'eau polluée, le goût et l'odeur désagréables se font déjà ressentir après l'addition de 0,5 et même 0,2 mgr. ou moins de chlore par litre d'eau. Car le goût et l'odeur désagréables ne proviennent pas tant du chlore lui-même que de ses composés avec les corps se trouvant dans l'eau polluée, tels que les phénols. En ajoutant de l'ammoniaque avant la chloration, on est parvenu, dans l'armée britannique, à diminuer l'inconvénient de l'odeur, de sorte qu'on a même pu ajouter 3 mgr. de chlore sans provoquer de plaintes particulières sur le goût et l'odeur de pharmacie.

La désinfection de l'eau avec des doses élevées de chlore et la neutralisation ultérieure de son excès.

Etant donné que de petites doses de chlore seront dans bien des cas, insuffisantes pour la désinfection, on a conseillé l'emploi des doses élevées, 4 ou 5 mgr. et même plus de chlore actif par litre d'eau et de neutraliser l'excès après 30 minutes, lorsque l'eau sera suffisamment désinfectée.

L'abondante aération de l'eau chlorée corrige son goût et neutralise son odeur. Toutefois, dans les conditions de campagne, l'aération est difficile à appliquer.

On peut obtenir la neutralisation du chlore par le bisulfite de soude ou par le thiosulfate. Pour obtenir la neutralisation de 1 mgr. de chlore, il y a lieu d'employer 1,46 mgr. de bisulfite de soude ($NaHSO_3 + H_2O + Cl = NaHSO_4 + 2HCL$). La déchloration avec le thiosulfate

de soude demande en pratique 4 mgr. environ de cette substance pour 1 mgr. de chlore en excès.

La réaction se fait théoriquement :

$$Na2S_3O_3 + Cl_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HCl + S_3$$

Il est à remarquer que certains éléments de l'eau, les œufs, les cercaires, les cystes d'amoebes *(Entamacha hystolica)* causant la dysenterie tropicale, ne sont pas tués par le chlore. C'est pour cette raison que les armées italiennes, pendant la guerre éthiopienne, ont préféré l'ébullition à la chloration de l'eau.

La neutralisation de l'excédent du chlore par le charbon de bois ordinaire ou activé donne, non seulement de très bons résulats, en ce qui concerne le goût et l'odeur, mais même elle décolore l'eau.

La propriété du charbon d'arrêter le chlore dépend de la grosseur des grains de charbon, de la superficie du filtre et de l'épaisseur de la couche filtrante ainsi que de la vitesse de la filtration. On peut, au moyen d'une expérience pratique, établir les dimensions nécessaires du filtre à charbon qui permettra d'arrêter complètement ou presque complètement, le chlore libre et les produits chloro-phénolés causant le goût et l'odeur de pharmacie.

Les filtres à charbon s'usent lentement et doivent être remplacés ou du moins dégénérés de temps en temps, ce qui rend un peu plus difficile leur emploi en campagne.

Moyens pratiques de désinfecter de l'eau pour les troupes en campagne.

Les méthodes pratiques de désinfection de l'eau en campagne, employées dans différentes armées, ont fait l'objet des réponses des directions du Service de santé de 23 pays à l'enquête faite à ce sujet. A celles-là on

peut ajouter une méthode très intéressante et pratiquement efficace, prévue par les règlements de l'armée des Etats-Unis. A part des installations motorisées permettant aussi bien l'examen que le filtrage et la désinfection de grandes quantités d'eau, chaque détachement est préparé à la chloration de l'eau même dans les conditions les plus difficiles. A cet effet, chaque détachement est porteur d'un sac de Lyster pour la chloration de l'eau. C'est un sac fait en excellente toile imperméable, contenant 36 gallons (160 litres environ) d'eau. Le bord supérieur du sac est muni d'un fer articulé. Le sac peut être suspendu à l'aide de cordes sur un croc, une branche ou un poteau, éventuellement sur un trépied, composé de trois perches en bois. Dans la partie supérieure du sac il y a cinq robinets de puisement à fermeture automatique économique.

Le complet du sac de Lyster comporte en outre deux seaux en toile pliables, deux morceaux de toile à filtrer (pour arrêter les plus grosses souillures mécaniques), une pelle en bois pour mélanger l'eau et une boîte de réactifs. Cette boîte contient 50 fioles (à 1 gr.) d'hypochlorite de chaux, 20 fioles de thiosulfate de soude pour neutraliser l'excès de chlore et 30 fioles contenant chacune de la solution d'ortotolidine à 0,1% servant à déterminer la présence du chlore actif, un gobelet et deux cuillères.

Tout ce matériel, y compris les produits chimiques et la housse en toile imperméable, destinée à préserver le sac contre la contamination et les avaries — pèse 17 livres anglaises (7 kg. 650 gr.).

Les instructions relatives à son mode d'emploi sont imprimées à l'intérieur de la housse.

En voici un résumé :

1. On fixe la toile filtrante au-dessus du sac et on suspend le sac à une certaine hauteur du sol.

2. On verse dans le sac 160 litres d'eau (jusqu'au trait marqué à la partie interne du sac).

3. On place dans le sac la petite pelle à mélanger l'eau en ayant garde de ne pas la retirer pendant tout le temps de la chloration afin de ne pas la salir.

4. On met le contenu d'une fiole d'hypochlorite de chaux dans le gobelet rempli d'eau — on mélange le tout soigneusement avec une cuillère, on verse dans le sac et on mélange avec toute la quantité d'eau.

5. Au bout de 5 minutes on prend au robinet du sac dans un gobelet de l'eau chlorée et on y ajoute 1 fiole de solution d'ortotolidine. Si en l'espace de 2 ou 3 minutes la teinte de l'eau devient orangée, la quantité de chlore a été suffisante. Si l'eau n'est pas colorée, ou prend la coloration citron, il faut ajouter à l'eau contenue dans le sac une seconde fiole (1 gr.) d'hypochlorite de chaux.

6. Trente minutes après avoir ajouté l'hypochlorite, lorsque l'eau est suffisamment désinfectée, on dilue une fiole de thiosulfate de soude cristallisé et on verse la solution dans le sac pour neutraliser l'excès de chlore.

Le major Fox, de l'armée américaine, a démontré récemment qu'il n'y a aucune raison spéciale d'attendre 30 minutes pour que la désinfection soit assurée. Au point de vue pratique, si en temps de campagne la désinfection ne s'effectue pas en l'espace de cinq minutes, les résultats obtenus au bout de 30 minutes ne seront pas bien meilleurs, car la majeure partie du chlore est usée précisément pendant les premières cinq minutes.

Cet officier a démontré également qu'il y a avantage à employer les hypochlorites de chaux de haut titre du chlore, par exemple le produit H.T.H., car il est soluble et plus stable. Il conseille d'abréger jusqu'à 15 ou 20 minutes le temps d'attente après qu'on ait procédé à la désinfection de l'eau.

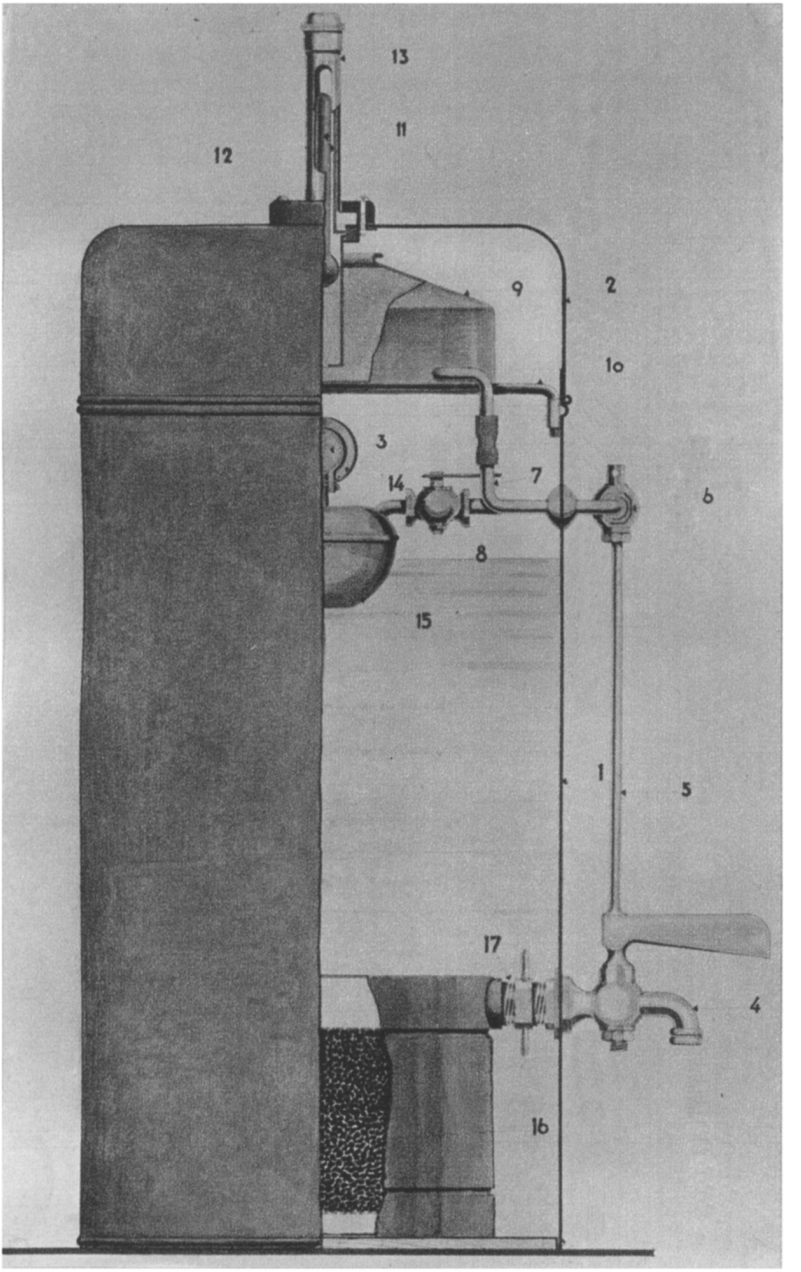

Fig. 1. — Appareil Just et Szniolis.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

Just et Szniolis ont construit un petit appareil pesant 7 kg. 700 gr. pour usage domestique, donnant 120 litres d'eau chlorée et neutralisée par le charbon et qui, si l'on y introduisait certaines modifications, s'adapterait peut-être pour les conditions de campagne *(fig. 1)*.

On emploie dans cet appareil désinfectant l'hypochlorite de soude (l'eau de Javel), l'hypochlorite de chaux ou les chloramines. On recommande des doses de chlore de 2 à 5 mgr., suffisantes pour désinfecter en une demi-heure l'eau supposée la plus polluée. L'appareil fonctionne automatiquement. Lorsqu'on ouvre le robinet d'écoulement, l'eau chlorée passe à travers un filtre à charbon activé qui retient presque toute la quantité de chlore, si bien que l'eau épurée n'en garde que 0,06 mgr. par litre d'eau et n'a pas d'odeur ou de goût désagréables.

Chloration de l'eau dans les bidons.

S'il y a nécessité pour le soldat de procéder à une chloration individuelle de l'eau, ce qui, en campagne, peut arriver fréquemment, beaucoup d'armées préconisent l'usage de comprimés d'hypochlorite ou de chloramine. Dans l'armée des Etats-Unis, on recommande de diluer le contenu d'une fiole (de 1 gr.) d'hypochlorite de chaux pour le bidon plein d'eau, soit pour un litre, et on prend 6 cc. de cette solution pour chaque bidon individuel du soldat.

On trouve dans le commerce des comprimés de chloramine contenant d'ordinaire de 10 à 20 mgr. de chloramine T ou autre (soit 2,5 à 5 mgr. de chlore actif), suffisant pour désinfecter un litre d'eau. Des comprimés de ce genre sont fabriqués en Pologne par la maison Nasierowski ; elles contiennent environ 20 mgr. d'hydrochloractine (chloramine T avec bicarbonate de soude).

Les petites boîtes contenant 100 comprimés suffisent pour la désinfection de 100 bidons d'eau.

J'ai essayé ces comprimés avec différentes eaux et j'ai trouvé qu'ils donnent des résultats satisfaisants lorsque l'eau n'est que très légèrement polluée ou pure, mais leur action n'est pas suffisante quand l'eau est fortement polluée ou trouble. Dans les cas favorables, il faut compter une demi-heure, et de préférence de une à deux heures, pour que la désinfection par la chloractine soit efficace.

J'ai expérimenté aussi sur l'hypochlorite de chaux H.T.H. avec de meilleurs résultats. Il est toutefois difficile d'appliquer de petites doses de ce produit. On peut l'ajouter directement à l'eau dans le bidon plein d'eau à l'aide d'une spatule minuscule, placée dans le petit flacon (en verre foncé, bien bouché et protégé de la lumière et des changements rapides de la température), contenant de l'hypochlorite de chaux. On devrait prélever avec la spatule environ 5 mgr. d'hypochlorite, mais, en pratique, les différences sont assez grandes, dépassant 50 % et davantage.

L'ingénieur Szniolis propose de chlorer l'eau dans les bidons avec excès d'hypochlorite qu'on neutralisera au bout d'une demi-heure à l'aide d'un petit filtre à charbon tenant lieu de bouchon, placé à demeure dans le bidon de telle façon que le soldat boive l'eau en l'aspirant par le filtre.

Ce petit filtre placé dans le bidon et fonctionnant continuellement, à raison de 600 cm^3 d'eau (contenant 1,8 mgr. de chlore en excès par litre) par minute, arrête le chlore, si bien que l'eau filtrée n'en contenait que 0,08 mgr. par litre *(fig. 2)*.

Pour ma part, je propose la chloration de l'eau du soldat avec les chloramines assez stables de concours avec une quantité considérable d'acide citrique ou tartrique. J'ai

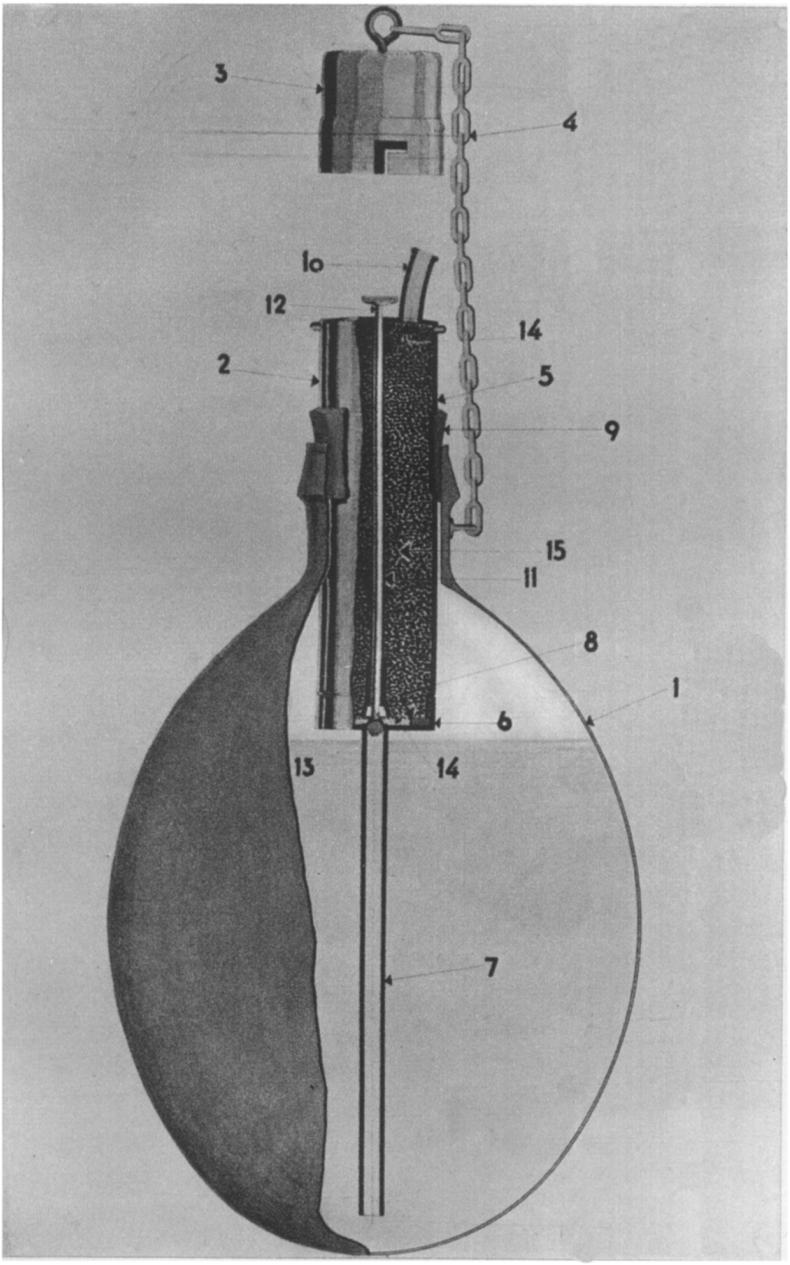

Fig. 2. — Petit filtre placé dans le bidon.

fait un grand nombre d'expériences avec ce procédé. J'ai habituellement fait usage de l'annogen (chloramine contenant 28% de chlore actif) ou de la chloramine T et de l'acide citrique ou tartrique.

En employant pour ces expériences les eaux naturelles les plus contaminées, eau de la Vistule et eaux troubles puisées aux alentours de la ville, dans les anciens fossés. A ces eaux fortement polluées, j'ajoutais de 10.000 à 25.000 colibacilles. J'obtenais toujours la désinfection si j'employais 10 mgr. d'annogen (2,8 mgr. de chlore actif) et 0,5 gr. d'acide citrique ou tartrique par litre d'eau en 5 à 20 minutes, exceptionnellement en une demi-heure.

Le tableau annexé démontre plusieurs séries de ces examens faits récemment sur ma demande par l'ingénieur Szniolis à l'Institut d'Hygiène de l'Etat, à Varsovie.

Les résultats des recherches faites au Département d'analyses des eaux à l'Institut d'Hygiène d'Etat à Varsovie.

La chloration et la déchloration de l'eau.

A. *Chloration de l'eau de ville additionnée de colibacilles. Chloramine T et acide tartrique.*

Séries d'analyses :

I. Eau examinée naturelle.

II. Eau examinée+0,5 gr. d'acide tartrique par litre.

III. Eau examinée+0,46 mgr. de Cl par litre d'eau (sous forme de chloramine).

IV. Eau+0,46 mgr. de chlore (chloramine T)+0,5 gr. d'acide tartrique par litre.

Nombre de bactéries sur l'agar (à 37° C. après 24 h.).

	Série	avant l'addition	immédiatement après l'addition	après 15 m.	après 30 m.	après 1 heure
1re expérience	I	657	938(?)	653	673	652
	II	964	709	530	545	477
	III	611	8(?)	853	615	709
	IV	632	641	2	0	0
2e expérience	I	705	705	704	599	657
	II	487	592	535	509	366
	III	592	625	508	530	592
	IV	515	0	1	0	0
3e expérience	I	684	530	689	641	753
	II	774	493	540	530	540
	III	647	503	493	503	514
	IV	711	180	0	0	0
4e expérience	I	604	692	509	679	472
	II	580	652	689	493	545
	III	509	546	567	487	403
	IV	642	127	0	0	0

Quantité de chlore libre (actif) en mgr. par litre d'eau.

	Série	immédiatement après l'addition	après 15 m.	après 30 m.	après 60 m.
1re expérience	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,15	0,15	0,15	0,15
	IV	0,15	0,08	0,02	0,02
2e expérience	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,06	0,06	0,04	0,04
	IV	0,03	0,02	0,02	0,01
3e expérience	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,08	0,06	0,06	0,05
	IV	0,03	0,02	0,02	0,02
4e expérience	I	0,00	0,00	0,00	0,00
	II	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	0,04	0,04	0,03	0,03
	IV	0,015	0,015	0,01	0,01

B. *Chloration de l'eau de ville contaminée avec les colibacilles, traitée par chloramine T seule et avec 0,05 gr. de l'acide tartrique.*

Nombre des bactéries sur l'agar (à 37° C. après 24 heures) (nombre initial des bactéries — 900 dans 1 cc.).

Dose du chlore actif	Chloramine T			Chloramine T et 0 gr. 5 par 1/1 d'acide tartrique		
	après 5 m.	après 15 m.	Quantité du chlore actif par 1/1 après 10 m.	après 5 m.	après 15 m.	Quantité du chlore actif par 1/1, après 10 m.
0,2 mgr.	641	678	0,013	71	33	0,01
0,3 mgr.	567	620	0,015	8	1	0,01
0,4 mgr.	477	408	0,03	3	1	0,011
0,5 mgr.	657	636	0,037	2	0	0,025
0,6 mgr.	594	493	0,055	2	0	0,037
0,7 mgr.	715	472	0,06	0	0	0,042

C. *Chloration avec chloramine « T »+acide tartrique.*

Eau analysée : eau de ville à laquelle on a ajouté 10 cc. des eaux d'égout par litre plus une certaine quantité de la culture des colibacilles.

Séries d'analyses :

I. Eau examinée.

II. Eau examinée+2,0 mgr. du chlore actif (soit 8 mgr. de chloramine T) par litre.

III. Eau examinée+2,0 mgr. du chlore actif (soit 8 mgr. de chloramine T) par litre.

IV. Eau+0,5 gr. de l'acide tartrique+2,0 mgr. du chlore actif en chloramine T.

Nombre des bactéries sur agar à 37° C après 24 heures.

Série	avant l'addition	immédiatement après l'addition	après 15 m.	après 30 m.	après 1 heure
I	1325	1431	1156	1547	1600
II	1166	1187	1442	1611	1086
III	1431	1463	1535	1266	1304
IV	1638	3	0	0	0

Détermination du chlore libre en mgr. par 1 litre.

Série	immédiatement après l'addition	après 15 m.	après 30 m.	après 60 m.
III	0,20	0,20	0,19	0,17
IV	0,18	0,17	0,17	0,16

Dans les cas précités l'acide libère le chlore libre de la chloramine. L'acide, qui ajouté séparément à l'eau à proportion de 0,5 gr. par litre d'eau, ne la désinfecte pas même au bout de 24 heures, concourt très efficacement avec la chloramine. L'eau épurée par ce procédé ne donne pas de sédiment et ne se fait pas sentir par son goût ou par l'odeur.

Ce moyen me paraît facile à appliquer pour la désinfection de l'eau dans les voitures à eau et pour la désinfection individuelle de l'eau dans les bidons par le soldat lui-même.

On pourrait employer dans ce but les petits paquets vendus en Pologne sous le nom « Akwaster », contenant de petits comprimés de 10 mgr. de chloramine ou d'annogen et d'autres, plus grands d'acide citrique. (En tout cas les comprimés de chloramine ne doivent pas être conservés plus d'une année, s'ils ne sont pas protégés par un enveloppement spécial). On peut aussi préparer

des petites boîtes en bois qui contiendront deux petits flacons, le plus grand pour l'acide citrique, le plus petit pour la chloramine. Chaque flacon serait muni d'une spatule, plus grande pour l'acide citrique, la minuscule pour la chloramine.

Pour désinfecter un bidon d'eau, il suffira d'une plus grande spatule d'acide citrique et d'une toute petite de chloramine.

L'action bactéricide de ce moyen n'a pas encore été mise à l'épreuve par rapport aux œufs des parasites, aux cercaires et les cystes d'amœbes.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

1. L'examen de l'eau pour les troupes en campagne facilite le choix de l'eau ainsi que le choix de la méthode d'épuration et la quantité du désinfectant nécessaire. Il doit être fait avec les moyens les plus simples.

2. Cet examen doit permettre d'établir les caractères hygiéniques et toxicologiques de l'eau.

3. L'examen hygiénique le plus sommaire de l'eau doit comporter :

a) une enquête épidémiologique,

b) l'inspection de la source de l'eau, du moyen de sa captation et de son entourage,

c) l'examen physique de la limpidité, du goût et de l'odeur,

d) l'analyse chimique portant sur les substances organiques (oxygène nécessaire), les sels ammoniacaux et l'ammoniaque albuminoïde, les nitrites, les nitrates, les chlorures et l'état hydrotimétrique.

4. L'examen toxicologique doit permettre de déceler les sels des métaux toxiques, les produits arsénicaux toxiques, les cyanures, les alcaloïdes et les gaz de guerre.

5. Tous les examens de l'eau en campagne doivent être faciles à faire et ne doivent pas prendre plus d'une demi-heure de temps. Les boîtes des réactifs et les appareils nécessaires doivent être portatifs, légers et résistants.

6. Dans les conditions des troupes en campagne, il sera souvent nécessaire d'employer les eaux qui seraient rejetées en temps ordinaire.

Il n'existe pas un seul moyen de désinfection qui corrigerait en même temps l'apparence, le goût et l'odeur de l'eau d'une façon satisfaisante.

Les méthodes de désinfection chimique de l'eau actuellement en usage ne sont pas assez efficaces pour tuer les œufs des vers intestinaux, des cystes d'amœbes, des cercaires et d'autres parasites de ce genre.

La désinfection de l'eau fortement souillée exigerait des quantités de désinfectants qui ne seraient pas indifférents à la potabilité de l'eau. Et c'est pour cela qu'indépendamment de la désinfection de l'eau il est à recommander de pourvoir les troupes en campagne d'appareils qui pourraient non seulement désinfecter l'eau, mais aussi la filtrer préalablement sur des filtres mécaniques.

7. La stérilisation de l'eau par l'ébullition reste toujours le moyen le plus sûr mais il ne peut pas être employé souvent. Parmi un grand nombre de moyens de désinfection chimiques dans les conditions des troupes en campagne, on doit considérer actuellement comme les meilleurs :

1) le chlore gazeux ou liquide,
2) les hypochlorités de soude ou de potasse et de chaux,
3) les mono et dichloramines.

8. Dans les mêmes conditions, quand on use la même quantité de chlore libre ou actif — le chlore gazeux ou liquide à l'action bactéricide la plus forte et la plus rapide ; ensuite vient l'hypochlorite de soude ou de potasse,

puis l'hypochlorite de chaux à grand rendement du chlore (Caporit ou H.T.H.) et soluble et enfin la chaux chlorée ordinaire stabilisée ou non.

9. L'ammonianisation de l'eau avant la chloration a une action préventive très considérable à l'égard du goût et de l'odeur désagréable du chlore mais diminue légèrement et retarde l'action bactéricide du chlore.

10. L'addition du chlore confère à l'eau un goût et une odeur désagréables « de pharmacie » qui dépend de la quantité et de la forme du chlore employé ainsi que de la composition de l'eau traitée. Le goût et l'odeur de pharmacie dépendent non pas autant du chlore seul mais des produits chlorophénolés. Dans certaines eaux souillées par les substances organiques déjà les très petites quantités soit 0,2 mgr de chlore par litre d'eau sont mal acceptées par le soldat.

11. Les chloramines, même en quantités relativement grandes, allant jusqu'à 3 mgr de chlore actif par litre d'eau ne lui confèrent pas le goût et l'odeur de pharmacie, mais elles ont une action bactéricide beaucoup plus faible et plus lente que le chlore gazeux et les hypochlorites.

12. Les quantités de chlore nécessaires pour la désinfection dépendent surtout de la composition de l'eau, elles doivent être déterminées dans chaque cas particulier.

13. Aucune réaction chimique témoignant de la présence du chlore libre dans l'eau quelque temps après la chloration à l'iodure d'amidon ou à l'orthotolidine ne peut être considérée comme un signe absolument certain de la désinfection efficace, surtout si on s'est servi des chloramines pour la chloration. Mais quand on emploie le chlore gazeux ou les hypochlorites pour les eaux peu ou modérément polluées et limpides, la présence de 0,2 mgr. de chlore libre par litre d'eau

cinq minutes après le début de la chloration ou des traces de chlore actif 30 minutes après ce début sont un signe suffisant de l'efficacité de la désinfection pour la pratique courante.

14. Dans les cas douteux, quand on a affaire à des eaux fortement polluées et suspectes, troubles, contenant des substances colloïdales, il est recommandé de les traiter par le chlore en excès jusqu'à 5 mgr. et même plus par litre d'eau et de neutraliser l'excès du chlore et des produits chlorophénolés formés en la faisant passer par les filtres de charbon actif ou par l'addition de thiosulfate de soude.

15. Les résultats les plus sûrs et les plus rapides ne peuvent être obtenus en campagne qu'en :

1) filtrant l'eau sur des filtres mécaniques et
2) en la désinfectant après par le chlore gazeux, l'hypochlorite de soude ou par l'hypochlorite de chaux soluble (caporite, H.T.H.) ;
3) quand on emploie les chloramines, il est recommandé de les activer par l'addition de l'acide en quantité de 0,5 ou 0,4 gr. par litre d'eau.

Il est aussi très recommandé de neutraliser l'excès du chlore sur les filtres au charbon actif ou par l'addition du thiosulfate de soude.

CONCLUSIONS SPÉCIALES.

(Plan d'action pour l'établissement du rapport final).

1. Vu l'importance du problème de l'examen de l'eau en campagne, il est recommandé de rassembler au bureau d'études internationales du matériel sanitaire les modèles de petits laboratoires portatifs employés par les différentes armées pour l'étude comparée de leur efficacité, simplicité et utilité pour les troupes en campagne.

Désinfection de l'eau pour les troupes en campagne.

2. Comme la désinfection chimique de l'eau par le chlore sans filtration n'est pas toujours suffisante et ne tue pas les cercaires, les cystes d'amoebes pathogènes ainsi que les œufs des parasites intestinaux dangereux ; comme la quantité de chlore nécessaire pour la désinfection confère souvent à l'eau un goût et une odeur désagréables ; comme il n'existe pas, à ce qu'il paraît, un appareil assez léger et pratique pour accompagner les troupes en campagne qui garantirait l'efficacité de la désinfection et la potabilité de l'eau, il est à recommander d'attirer là-dessus l'attention des directions du Service de santé des armées et de l'industrie intéressée.

Les filtres en mélange d'amiante et de cellulose du type Seitz et les hypochlorites de chaux solubles à de haut titre comme H.T.H. et caporite, ainsi que la chaux chlorée stabilisée paraissent particulièrement adaptables pour les conditions de campagne.

3. Vu que chaque soldat ou bien les petits groupes de soldats seront bien souvent séparés de leurs unités de ravitaillement en eau, il est désirable que chaque soldat ait la possibilité de désinfecter son eau de boisson dans le bidon individuel [1].

---

[1] Vingt-trois pays ont fourni une documentation officielle en vue du rapport qu'on vient de lire. Etant donné la valeur de ces informations, le rapporteur a communiqué intégralement cette documentation à ses collègues, et le *Compte rendu* de la 12e session la publiera comme annexe du rapport. *(N. de la R.)*