

CHAPITRE XXX

L'ÉPURATION DE L'EAU DURE (*Suite et fin.*)

LES APPAREILS D'ÉPURATION CHIMIQUE.

ÉPURATION PAR LES ZÉOLITHES.

Les appareils d'épuration chimique. — Les appareils ou installations d'épuration chimique peuvent se diviser en deux catégories :

- 1° Les appareils à *fonctionnement intermittent* ;
- 2° Les appareils à *fonctionnement continu*.

Dans leur ensemble ces appareils comportent des dispositifs permettant de réaliser :

La préparation des réactifs, ordinairement la solution de chaux (eau de chaux) et celle de carbonate de soude (eau de soude) ;

Le mélange des réactifs avec l'eau à épurer ;

La séparation des précipités (décantation, filtration, purge).

Il convient de remarquer (on a pu s'en rendre compte en faisant les expériences signalées aux chapitres précédents) que l'action des réactifs sur l'eau dure donne lieu à la formation de *précipités extrêmement divisés et très lents à se déposer*. De là, s'ensuivra la nécessité de donner aux appareils des dimensions quelquefois énormes afin que l'eau y séjourne pendant un temps suffisamment long (5 à 12 heures) et de les munir de dispositifs propres à favoriser le dépôt des précipités.

Appareils à fonctionnement intermittent. — Pour une *installation de faible importance* on peut utiliser une série de trois bassins identiques A, B, C (fig. 51), contenant chacun une provision d'eau suffisante pour une journée de marche et dans lesquels se fera le

mélange de l'eau et des réactifs. On laissera la décantation s'effectuer spontanément : chaque bassin n'étant mis en vidange qu'un jour sur trois cette décantation sera parfaite puisqu'elle aura 48 heures pour s'effectuer. Il conviendra de ne pas donner aux bassins une trop grande profondeur, celle-ci ne devra pas dépasser un mètre.

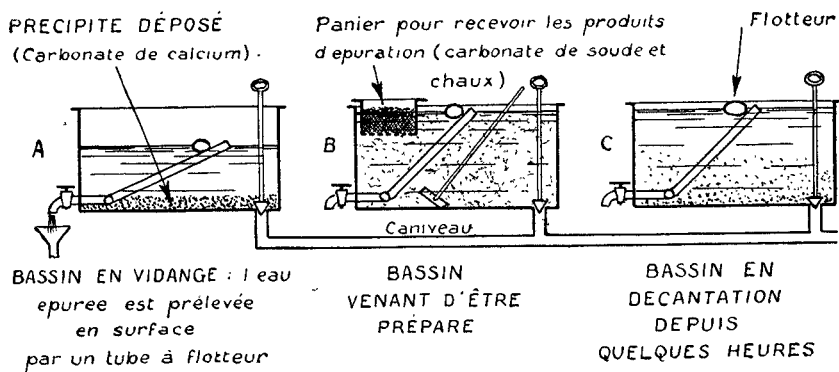


Fig. 51. — ÉPURATION DE L'EAU DURE. — Installation d'épuration à 3 bassins.

Épuration de l'eau par la chaux et le carbonate de soude. Bassins à faible profondeur. Au bout de quelques heures on a de l'eau épurée et claire.

Une telle installation a un inconvénient : *l'encombrement*. Mais on peut éviter celui-ci en disposant les bassins au-dessus d'un atelier pour lequel ils font alors office de toiture.

La *préparation des réactifs* est ordinairement fort simplifiée ; le carbonate de soude se met dans un panier en tôle perforée que l'on immerge dans l'eau du bassin ; on fait de même pour la chaux que l'on éteint au préalable. Lorsque les réactifs se sont dissous — ce qui demande quelques heures — on mélange avec un râble, puis on laisse reposer.

L'eau épurée, décantée est prélevée en surface par un flotteur. Lorsque le bassin est vide on évacue une partie des boues (purge). Il faut en laisser une certaine quantité car on a reconnu que la présence de boues antérieures accélère la décantation.

La figure 52 indique un dispositif permettant de préparer de l'eau de chaux pour l'épuration dans un bac spécial distinct du bassin de réaction. Sur le bac à eau de chaux un flotteur, combiné avec

une échelle graduée, permet de connaître la quantité de réactif écoulee dans le bassin de réaction.

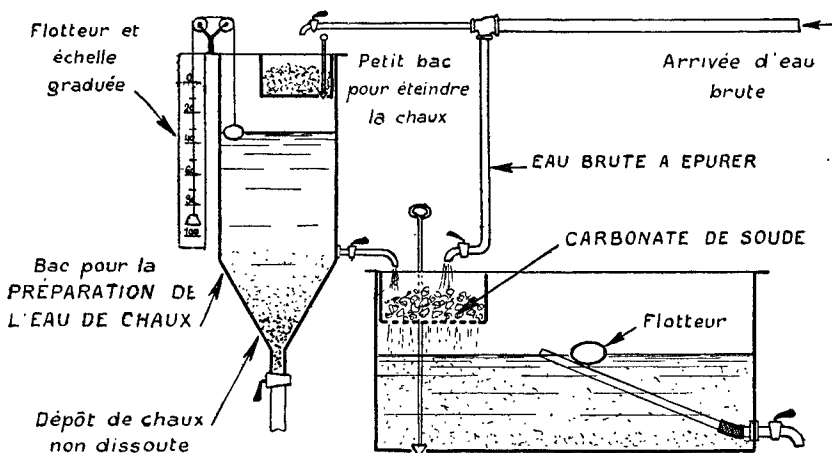


Fig. 52 — ÉPURATION DE L'EAU DURE.

Installation à un bassin avec bac spécial pour la préparation de l'eau de chaux.

Épuration par le procédé chaux et carbonate de soude, la préparation de l'eau de chaux saturée nécessaire se faisant à part, dans le bac saturateur figuré à gauche sur le dessin.

Appareils à fonctionnement continu. — Ainsi que nous l'avons vu, le principal inconvénient des installations à fonctionnement intermittent est d'exiger des emplacements considérables sitôt que la quantité d'eau à épurer est importante.

La figure 53 représente un épurateur continu automatique fonctionnant avec, comme réactifs, l'eau de chaux et une solution de carbonate de soude.

On remarque le *saturateur* formé d'un réservoir cylindro-conique avec, dans son axe, un agitateur à palettes mis en mouvement par l'eau brute à son arrivée ; le *décanteur* de grande dimension, avec, dans son axe, la colonne de réaction où l'eau brute à épurer entre en contact avec les réactifs et le filtre à fibre de bois qui achève la clarification de l'eau épurée.

L'épuration de l'eau, par les procédés que nous venons de passer en revue, donne, dans des conditions normales, de l'eau adoucie titrant de 4 à 8° hydrotimétriques ; il n'est pas possible de tomber au-dessous de cette dureté à cause de la notable solubilité propre des

carbonates de chaux et de magnésie ; généralement, l'eau obtenue est alcaline (elle colore en rouge la phtaléine du phénol), elle contient alors une très petite quantité de carbonate de soude ou de

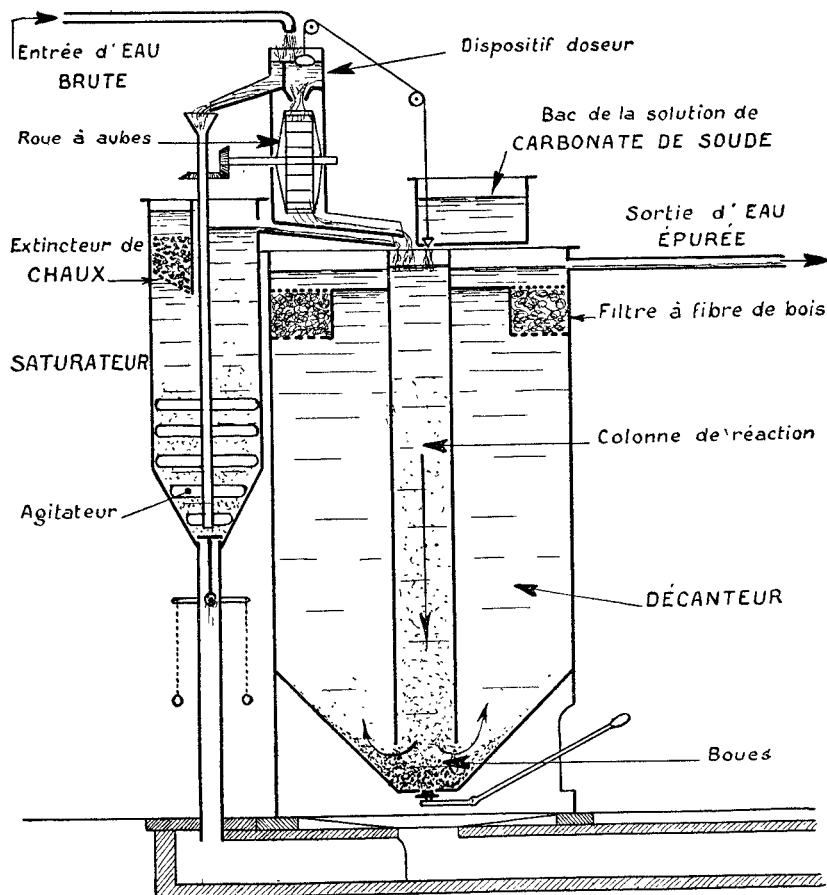


Fig. 53. — ÉPURATION DE L'EAU DURE.

Épurateur automatique chaux et carbonate de soude.

A gauche, le saturateur pour la préparation de l'eau de chaux saturée ; à droite le décanteur ; au-dessus le bac de la solution de carbonate de soude avec dispositif doseur schématisé.

soude caustique en excès. Malgré cela, elle constitue une eau excellente pour le lavage, le foulage, le carbonisage et, d'une façon générale, pour tous les traitements humides de la fabrication du drap.

Épuration de l'eau par les zéolithes. — Les procédés d'épuration que nous avons décrits consistent à faire agir sur l'eau à corriger divers agents chimiques lesquels produisent avec les constituants de l'eau dure des *corps nouveaux dont la majeure partie se présentent à l'état de précipités qu'il convient de séparer avant d'utiliser l'eau épurée.*

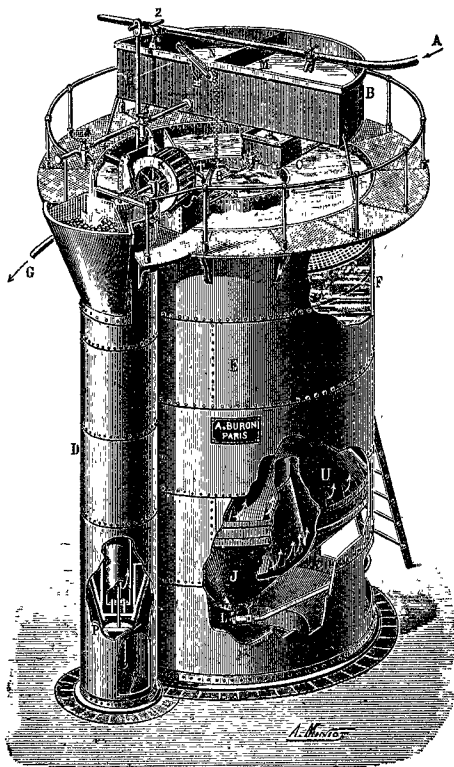


Fig. 54. — *Épurateur automatique. Chaux et soude*
(R. Buron, constructeur.)

Par ces procédés la dureté de l'eau est considérablement diminuée mais jamais ramenée au-dessous de 3° hydrotimétriques.

Le procédé récent dit aux zéolithes consiste dans l'emploi de certains produits aptes à adoucir l'eau par simple contact, sans formation de précipités : le traitement consistant en un *simple passage de l'eau dans l'appareil contenant le produit épurant.*

On trouve des zéolithes naturelles en Auvergne, mais on sait les obtenir artificiellement par exemple, en fondant ensemble du quartz (silice), du kaolin (silicate d'aluminium) et du carbonate de sodium.

Les produits commerciaux se présentent en petits grains blancs ou jaunâtres rappelant quelquefois du sable grossier.

Au point de vue chimique ce sont des *silicates d'aluminium et de sodium possédant la propriété intéressante de pouvoir fixer du calcium et du magnésium en cédant, en échange, leur sodium.*

Le tableau ci-dessous (fig. 55 a) montre ce qui se produit quand on fait passer de l'eau sur une zéolithe et les propriétés de l'eau adoucie.

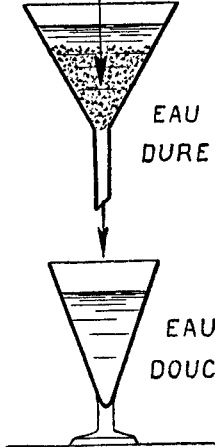


ZEOLITHE	Dureté en degrés	Substances que décèle l'analyse	Quantité minimum de savon pour faire mousser 1 m ³
	30°	Bicarbonate de CALCIUM Sulfate de CALCIUM Sulfate de MAGNESIUM	 31 pains de 100 gr 3.100 g
	0°	Bicarbonate de SODIUM Sulfate de SODIUM	 1 pain de 100 g

Fig. 55 a. — ADOUCISSEMENT DE L'EAU PAR LES ZÉOLITHES.

Passage d'eau dure sur une zéolithe active.

La dureté de l'eau tombe de 30° par ex. à 0°. L'analyse chimique montre que les sels de calcium ou de magnésium de l'eau sont devenus sels de sodium.

On peut s'expliquer de façon simple l'action d'une zéolithe en admettant que chaque grain de cette substance contient à l'état actif un peu de sodium; après passage d'une certaine quantité d'eau dure le sodium a diminué; à la place du sodium disparu le grain de

zéolithe montre alors du calcium et du magnésium cédés par l'eau dure qui, EN ÉCHANGE, a reçu du sodium (fig. 55 b).

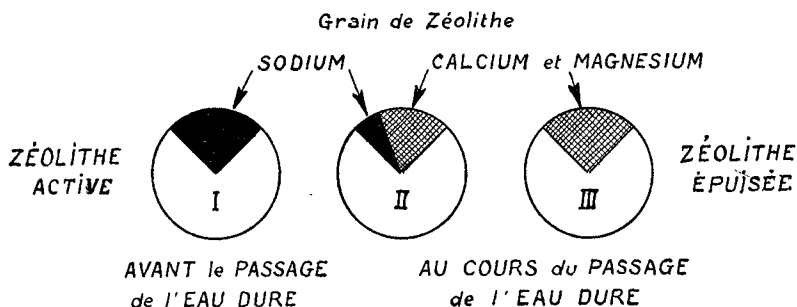


Fig. 55 b. — ADOUCISSEMENT DE L'EAU PAR LES ZÉOLITHES.

Modification chimique que subit le grain de zéolithe au cours du passage de l'eau dure.

L'eau dure cède à la zéolithe le calcium et le magnésium de ses sels et, en échange, reçoit du sodium.

Le bicarbonate de calcium de l'eau dure est devenu du bicarbonate de *sodium*; le sulfate de calcium, du sulfate de *sodium*; le sulfate de magnésium, du sulfate de *sodium*.

Comme ces nouveaux corps ne décomposent pas le savon, l'eau obtenue est parfaitement douce : c'est de l'eau à zéro degré de dureté.

Après filtration d'une certaine quantité d'eau dure le grain de zéolithe a perdu tout son sodium, son pouvoir d'échange est devenu nul : c'est une ZÉOLITHE ÉPUISSÉE (fig. 55 b).

La zéolithe épuisée n'est plus apte à adoucir l'eau dure : si l'on continue à faire passer de l'eau dure on a le résultat ci-dessous (fig. 55 c).

La propriété intéressante des zéolithes, c'est qu'une fois épuisées, on peut leur restituer l'intégralité de leur pouvoir d'échange initial par la RÉGÉNÉRATION qui consiste à les mettre en contact pendant quelques minutes avec de l'EAU SALÉE, comme le montre le schéma ci-dessous (fig. 55 d).

L'analyse montre que l'eau qui filtre contient :

Du *chlorure de* CALCIUM;

Du *chlorure de* MAGNÉSIUM;

tandis que dans le grain de zéolithe régénérée le calcium et le magnésium ont disparu remplacés par du sodium.

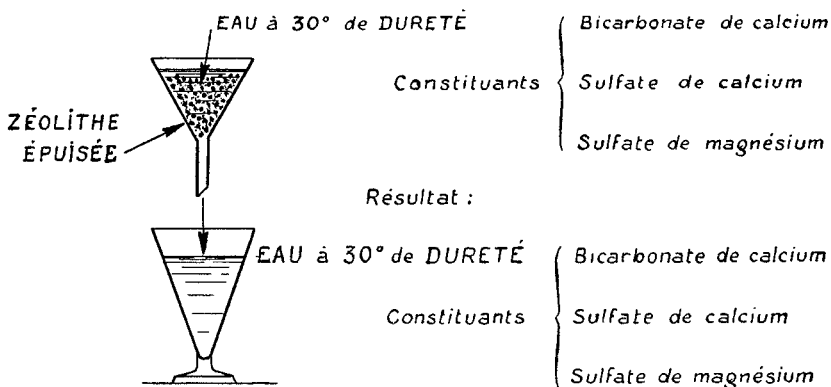


Fig. 55 c. — ADOUCISSEMENT DE L'EAU PAR LES ZÉOLITHES.

Passage d'eau dure sur une zéolithe épuisée.

Aucun résultat : le produit épuisé a perdu tout son pouvoir d'échange car il ne lui reste plus de sodium.

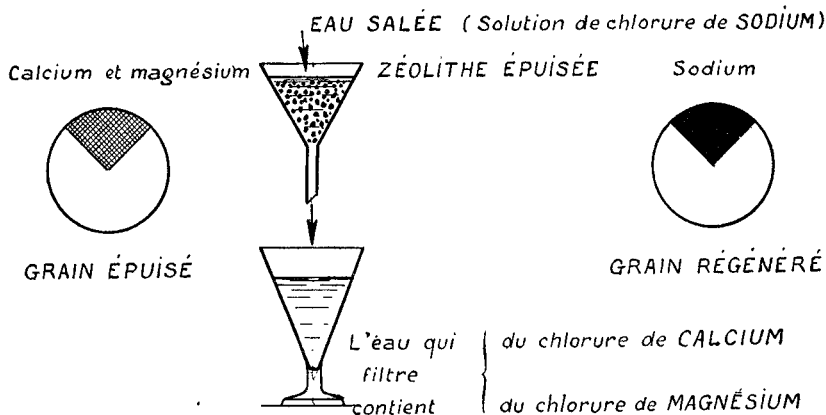


Fig. 55 d. — ADOUCISSEMENT DE L'EAU PAR LES ZÉOLITHES.

Mécanisme de la régénération de la zéolithe épuisée au moyen du chlorure de sodium.

C'est au sel ordinaire dénaturé (chlorure de sodium) que l'on demande le sodium nécessaire à la régénération de la zéolithe. Celle-ci cède en échange le calcium et le magnésium qu'elle avait reçus de l'eau dure.

Le grain de zéolithe régénérée contient autant de sodium que le grain primitif; il a acquis ce sodium du chlorure de sodium de

l'eau salée à laquelle il a cédé, par un échange inverse de celui du début, son calcium et son magnésium. *De sorte que c'est en définitive dans l'eau salée qu'ont passé le calcium et le magnésium de l'eau dure, le grain de zéolithe régénérée étant redevenu apte à adoucir une nouvelle quantité d'eau.*

Adoucisseurs industriels. — Un adoucisseur à zéolithe (fig. 53) se compose essentiellement d'un réservoir cylindrique vertical généralement en tôle d'acier ; il est garni d'un lit de gravier qui supporte lui-même la couche de zéolithe. Comme accessoires, des tuyauteries, vannes, robinets et un réservoir à solution de sel.

L'eau brute venant d'un réservoir en charge ou d'une pompe pénètre dans l'appareil par la partie supérieure, le traverse de haut en bas en passant dans le lit de zéolithe ; elle sort, titrant 0° hydrotimétrique, par le tuyau de fond et gagne le réservoir d'eau épurée.

Après passage de la quantité d'eau pour laquelle l'appareil a été prévu, on régénère en faisant traverser la matière épurante par la solution salée, celle-ci étant évacuée à sa sortie de l'appareil ; cette opération qui demande quelques minutes est suivie d'un rinçage, après quoi, l'appareil peut reprendre son service.

Ce procédé d'adoucissement est remarquable par l'absence absolue de tous précipités ou dépôts ; dans les épurateurs ordinaires on a chaque jour une quantité considérable de précipités à évacuer et si l'eau épurée sort de l'appareil imparfaitement claire elle dépose dans les canalisations qui, à la longue finissent par s'obstruer.

Un épurateur à zéolithe ne consomme qu'un seul réactif, du sel dénaturé ; il faut compter 35 grammes de sel par degré de dureté et mètre cube d'eau épurée. Quant à la matière épurante elle-même son usure est de l'ordre de 3 à 5 pour 100 par an, pour un service quotidien de l'appareil.

L'eau adoucie aux zéolithes est toujours claire et exempte de toute alcalinité à la phtaléine du phénol ; mélangée à de l'eau calcaire elle ne donne aucune précipitation ; l'eau des épurateurs chaux et soude entre en réaction — à cause de l'excès de soude — avec l'eau calcaire et produit un précipité parfois ennuyeux en fabrication.

Si l'eau adoucie aux zéolithes a suscité chez les fabricants de tissus de laine un très vif intérêt, il est juste de reconnaître que les premières applications ont causé quelques déceptions : on s'est aperçu

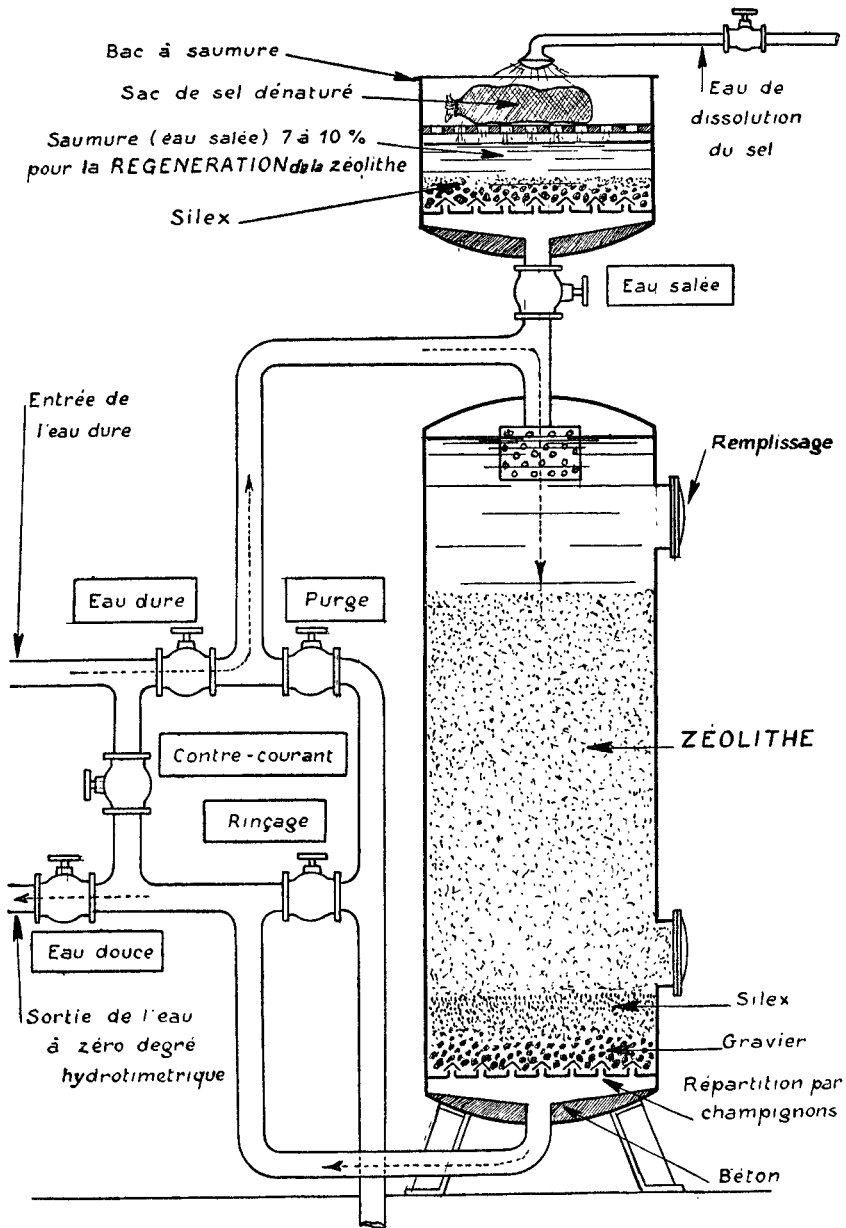


Fig. 56. — ADOUCISSEMENT DE L'EAU PAR LES ZÉOLITHES. — Adoucisseur industriel.

On remarque, au-dessus de l'adoucisseur, le bac à saumure contenant l'eau salée qui servira à la régénération de la zéolithe. Les flèches en pointillé indiquent la marche suivie par l'eau qui sort à 0° hydrotimétrique.

très vite que les tissus traités avec cette eau paraissent plus creux que ceux traités à l'eau calcaire ou à l'eau adoucie par les procédés ordinaires, que leurs qualités de main, de tombant étaient sensiblement inférieures. On s'est ainsi rendu compte que si, en fabrication drapière, les savons calcaires ont de nombreux inconvénients, ils ont tout de même une propriété intéressante, celle de jouer vis-à-vis du tissu sur lequel ils sont fixés le rôle d'un apprêt remplissant les vides d'une armure trop creuse et améliorant la main ou le tombant.

Dans les lavages de laine on a reconnu à l'eau adoucie à zéro

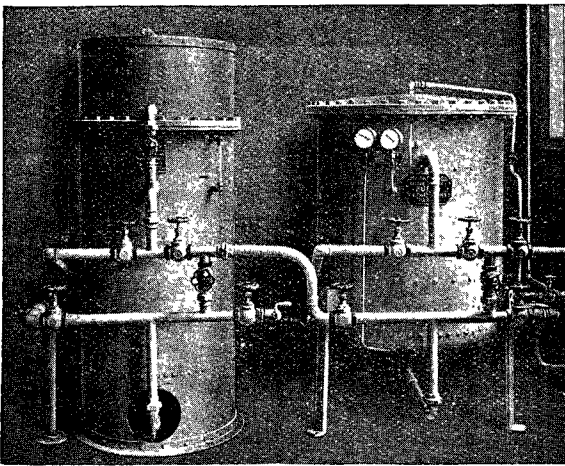


Fig. 37. — Filtration sur silex et adoucissement sur zéolithe, accouplés.

Débit 100 m³-jour (R. Buron, constructeur).

L'eau brute est d'abord filtrée sur silex (à droite) pour la clarifier puis, envoyée dans l'adoucisseur (à gauche). De ce dernier elle sort claire et titre zéro degré hydrotimétrique.

degré hydrotimétrique l'avantage de donner une matière plus douce, plus ouverte, séchant plus vite et se cardant plus facilement.

Dans les lavages et foulages de tissus on préfère généralement mélanger à l'eau telle qu'elle sort de l'adoucisseur une certaine quantité d'eau calcaire de manière à faire remonter le titre hydrotimétrique vers 5 à 6 degrés.

Analyse courante d'une eau. — Pour rester dans le cadre élémentaire de cet ouvrage nous n'entreprendrons pas de décrire ici

les méthodes rigoureuses qui permettraient de déterminer la teneur d'une eau donnée en sels de chaux, de magnésie, en carbonates, sulfates, etc.

L'examen courant d'une eau pour usages industriel consiste habituellement à en déterminer la *dureté* et cette détermination est extrêmement simple.

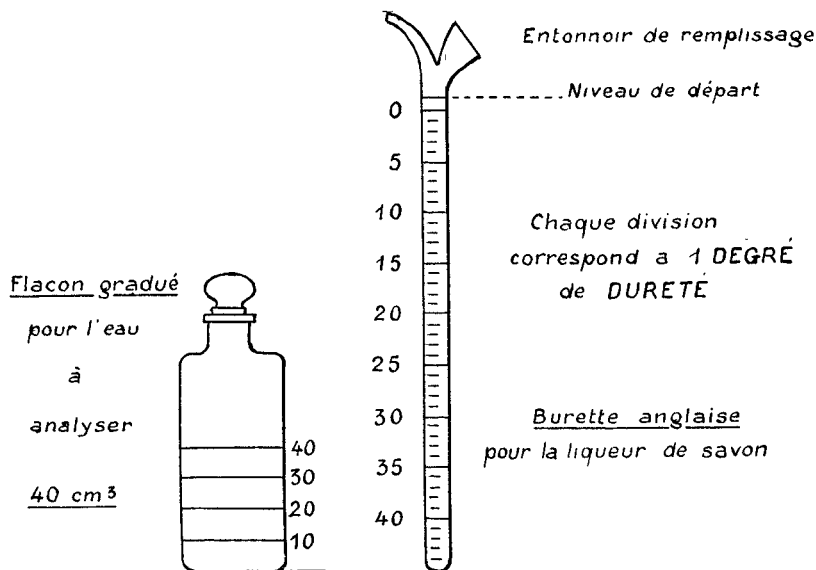


Fig. 58. — ANALYSE COURANTE D'UNE EAU.

Nécessaire pour la détermination du titre hydrotimétrique ou dureté de cette eau.

Les divisions 10, 20, 30, du flacon gradué ne servent que dans le cas où l'eau à analyser est très dure (plus de 30°). Dans ce cas, on prend, par exemple, 20 centimètres cubes d'eau, on y ajoute 20 centimètres cubes d'eau distillée ; on procède ensuite comme d'habitude et l'on multiplie par 2 le résultat obtenu.

On trouve dans le commerce de petits nécessaires hydrotimétriques qui comprennent (fig. 58) :

Une *burette graduée* (dite burette anglaise) ;

Un *flacon bouché émeri* avec 4 traits de graduation correspondant à 10, 20, 30, 40 centimètres cubes ;

Un *flacon de liqueur hydrotimétrique*, solution titrée de savon dans l'alcool.

Dans le flacon gradué on prend 40 centimètres cubes d'eau à

analyser ; on emplit la burette jusqu'à la graduation de départ (celle qui précède le zéro) avec de la liqueur hydrotimétrique et enfin, on fait tomber petit à petit de cette liqueur dans l'eau à analyser, en agitant énergiquement le flacon après chaque addition. On s'arrête sitôt qu'avec une dernière goutte de liqueur de savon on a obtenu, par agitation, une mousse de 10 millimètres de hauteur persistant cinq minutes.

On lit alors la division à laquelle on est arrivé dans la burette, 30 par exemple et l'on conclut que le titre hydrotimétrique ou dureté de l'eau à analyser est de 30°.

Une eau à 30° de dureté décompose théoriquement 3 kilogrammes de savon par mètre cube.

Les épurateurs chaux et soude bien conduits donnent de l'eau à 6°-8° hydrotimétriques.

Dans beaucoup de cas la connaissance de la dureté de l'eau est largement suffisante.
