

ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇA MARCHE ?

L'ADOUCCISSEMENT PAR ÉCHANGE D'IONS

GÉNÉRALITÉS

Les minéraux que l'eau a dissout lors de son passage dans le sol sont sous forme d'**ions**.

Les ions sont des particules électriquement chargées.

Les uns sont négatifs, issus des acides, ce sont les **ANIONS** (ex : chlorures Cl^- , bicarbonates HCO_3^- , sulfates SO_4^{2-}).
Les autres, issus des métaux, sont positifs, ce sont les **CATIONS** (ex : calcium Ca^{2+} , magnésium Mg^{2+} , sodium Na^+).

Les échangeurs d'ions sont des composés capables de fixer certains ions et d'en céder d'autres dont ils sont chargés.

Dans les adoucisseurs d'eau, on utilise une **résine de synthèse** porteuse d'ions sodium.

Cette résine se présente sous forme de billes poreuses de 0,2 à 3 mm de diamètre, de densité réelle légèrement supérieure à celle de l'eau.

Cette résine a beaucoup plus d'affinité pour les ions calcium et magnésium que pour les ions sodium dont elle est chargée à l'origine.

Lorsque cette résine est mise en contact avec de l'eau dure contenant des ions calcium et magnésium, ces derniers sont attirés par la résine. Ils se fixent sur la résine en prenant la place des ions sodium qui y étaient à l'origine.

Ces ions sodium sont libérés dans l'eau en lieu et place des ions calcium et magnésium.

L'eau qui a ainsi percolé de haut en bas sur un lit de résine va céder tous les ions calcium et magnésium qu'elle contenait. Sa dureté tend donc vers zéro.

Lorsque la résine a cédé tous les ions sodium dont elle était chargée, l'échange d'ions ne peut plus se faire.

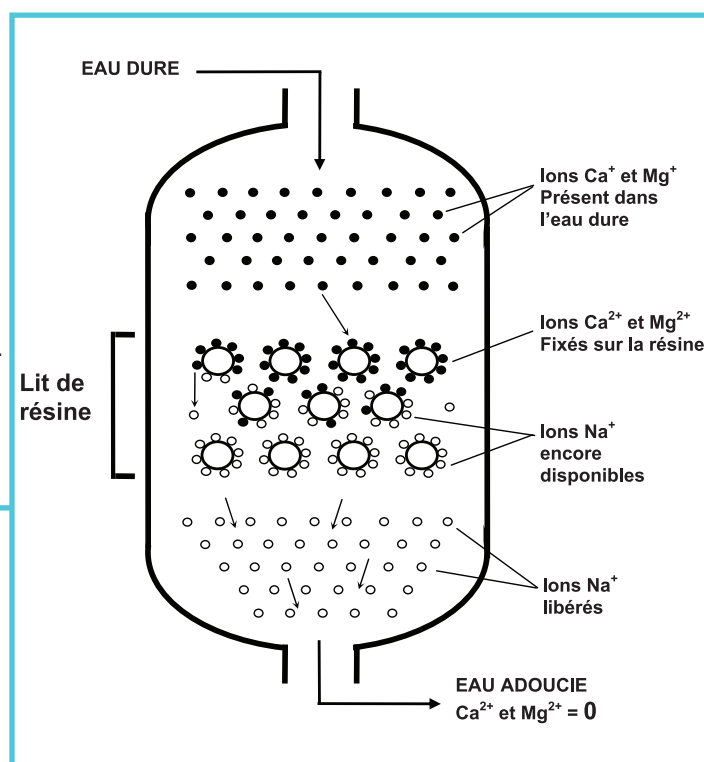
La résine est dite « saturée », les ions calcium et magnésium ne sont plus fixés, et l'eau qui sort du lit de résine est aussi dure que celle qui y rentre.

Il est possible de chasser les ions calcium de la résine et de les remplacer par des ions sodiques, c'est à dire de redonner à la résine sa forme d'origine. Cette opération est appelée « **régénération** ».

Pour « régénérer » une résine saturée, il suffit de la mettre en contact avec une solution très riche en ions sodium.

Dans la pratique, on utilise une solution concentrée de chlorure de sodium, appelée « **saumure** », obtenue par dissolution dans de l'eau de sel raffiné commercialisée sous forme de pastilles ou de granules. Comme la résine a plus d'affinité pour le calcium et le magnésium que pour le sodium, on est obligé, pour régénérer la résine, d'utiliser un excès de sodium.

PRINCIPE DE L'ÉCHANGE D'IONS



ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇA MARCHE ?

NOTION DE POUVOIR D'ÉCHANGE

La quantité d'ions calcium et magnésium qu'une résine peut fixer s'appelle le « **pouvoir d'échange** ».

Ce pouvoir d'échange s'exprime en degrés-mètres cubes par litre de résine (c'est-à-dire par quantité de résine contenue dans un récipient de 1 litre de capacité), ou bien en degrés-litres par litre de résine ou bien encore en équivalents par litres de résine.

$$1^\circ \text{ m}^3/\text{l} = 1.000^\circ \text{l/l} = 0,2 \text{ éq/l}$$

$$1 \text{ éq/l} = 5^\circ \text{ m}^3/\text{l} = 5.000^\circ \text{l/l}$$

Toutes les résines agréées par le Ministère de la santé pour l'adoucissement des eaux destinées à la consommation humaine ont pratiquement le même pouvoir d'échange.

Ce pouvoir d'échange est fonction de la quantité de sodium fixée sur la résine lors de sa régénération. Or, cette quantité de sodium fixée sur la résine après régénération dépend de la quantité d'ions sodium utilisée pour régénérer la résine, et dans la pratique, du poids de sel.

Le pouvoir d'échange maximum d'une résine est de l'ordre de $12^\circ/\text{m}^3$ par litre de résine.

Pour obtenir un tel pouvoir d'échange il faut utiliser près de 2.000 grammes de sel par litre de résine.

Dans la pratique, et pour des raisons économiques, on ne cherche pas à utiliser la totalité de ce pouvoir d'échange théorique.

C'est ainsi que les résines sont exploitées à des pouvoirs d'échange qui vont de 4 à $6 \text{ m}^3/\text{litre}$ de résine.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs usuelles moyennes en traitement d'eau domestique :

Poids de sel en grammes par litre de résine	Pouvoir d'échange en $^\circ/\text{m}^3$ par litre de résine	Poids de sel en grammes par $^\circ/\text{m}^3$
80	4	20
125	5	25
180	6	30

Ce tableau montre que pour multiplier le pouvoir d'échange par 1,5 (pour passer par exemple de 4 à $6^\circ/\text{m}^3$), il faut multiplier le poids de sel utilisé par 2,25.

Le rendement de régénération est donc d'autant meilleur que la résine est utilisée à un pouvoir d'échange plus faible.

Le pouvoir d'échange d'un adoucisseur est égal au pouvoir d'échange d'un litre de résine multiplié par le volume de résine qui équipe l'adoucisseur.

En faisant varier le poids de sel utilisé à chaque régénération, il est possible de faire varier le pouvoir d'échange de l'appareil.

ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇA MARCHE ?

CYCLE D'UN ADOUCISSEUR

Le « cycle » d'un adoucisseur est le volume d'eau adoucie qu'il est possible d'obtenir entre deux régénérations.

Ce cycle se calcule par la formule simple suivante :
$$\text{Cycle} = \frac{\text{Pouvoir d'échange de l'appareil}}{\text{Dureté de l'eau}}$$

Si la dureté de l'eau est exprimée en °f
et le pouvoir d'échange en °/m³ :
$$\text{Cycle} = \frac{\text{Pouvoir d'échange de l'appareil en } ^\circ/\text{m}^3}{\text{Dureté de l'eau en } ^\circ\text{f}}$$

Si le pouvoir d'échange de l'appareil est exprimé en °/l :
$$\text{Cycle} = \frac{\text{Pouvoir d'échange de l'appareil en } ^\circ/\text{l}}{\text{Dureté de l'eau en } ^\circ\text{f}}$$

PRINCIPE D'UNE RÉGÉNÉRATION

Pour les adoucisseurs traditionnels une régénération comporte les phases suivantes :

- **1^{ère} phase : détassage :** Cette opération a pour but premier de détasser la résine et éviter un accroissement régulier de la perte de charge.
Elle aura comme effet secondaire de débarrasser les couches supérieures du lit de résine des impuretés solides qui, apportées par l'eau dure, auraient été retenues par la résine.
- **2^{ème} phase : saumurage :** C'est la phase de régénération proprement dite, puisque c'est au cours de celle-ci que l'on fait percoler la saumure sur la résine (de bas en haut ou de haut en bas suivant le type de matériel). La saumure, préparée à l'avance dans le « bac à sel », est transférée de celui-ci vers le lit de résine par un hydro-éjecteur.
La phase de saumurage est aussi appelée « aspiration de saumure ».
Pour obtenir une bonne régénération, le saumurage doit se faire à faible débit (de 8 à 12 l/h par litre de résine en général).
- **3^{ème} phase : rinçage lent :** Opérée également à faible débit, cette phase a pour but de déplacer la saumure sur la totalité du lit de résine et d'éliminer la quasi totalité de l'excès de sel.
- **4^{ème} phase : rinçage rapide :** Certains appareils commercialisés ne comportent pas cette phase qui s'effectue à fort débit, et qui a pour but de chasser les dernières traces de saumure qui persistent dans l'appareil en fin de rinçage lent.
- **5^{ème} phase : renvoi d'eau :** C'est le plus souvent avant le début de la phase de service qu'un retour d'eau est effectué vers le bac à sel, afin de préparer la saumure nécessaire à la régénération suivante.

Le passage d'une phase à l'autre s'effectue automatiquement par action d'un programmeur.
Pendant toutes les phases de régénération l'appareil ne peut pas délivrer d'eau douce. De façon à ne pas priver l'utilisateur d'eau pendant les régénérations, les appareils sont équipés d'un by-pass automatique.



ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇÀ MARCHE ?

MODES DE RÉGÉNÉRATION

Trois modes de déclenchement automatique sont généralement proposés sur le marché :

- **Chronométrique**
- **Volumétrique**
- **Volumétrique et chronométrique combinés**

• MODE CHRONOMÉTRIQUE :

Dans ce mode, c'est une pendule, électromécanique ou électronique, qui déclenche (à une heure fixe ou réglable) les régénérations, avec choix soit des jours de la semaine, soit du nombre de jours entre deux régénérations. Ce mode simple, économique, ne peut pas s'adapter à des consommations très variables, mais permet de programmer les régénérations à une heure de soutirage faible ou nulle.

• MODE VOLUMÉTRIQUE :

Dans ce mode, un compteur d'eau enregistre les consommations et déclenche une régénération lorsque le cycle est épuisé.

S'il a l'avantage de bien s'adapter à des consommations très variables, ce mode a le gros inconvénient de toujours déclencher une régénération lors d'un soutirage.

• MODE COMBINÉ :

Ce mode associe une pendule qui fixe une heure possible pour une régénération et un compteur qui active la fonction de la pendule lorsque le cycle a été réellement utilisé.

Ce mode permet de faire des régénérations retardées (systèmes électromécaniques) ou mieux anticipées (systèmes électroniques).

La micro-électronique permet aujourd'hui de déclencher des régénérations anticipées après comparaison entre le volume d'eau restant disponible et la consommation moyenne statistique du jour qui va suivre.

ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇA MARCHE ?

INSTALLATION

MISE EN PLACE D'UN ADOUCISSEUR D'EAU :

Un adoucisseur d'eau est alimenté par un réseau de distribution d'eau.

Une fraction de l'eau adoucie peut être consommée par l'utilisateur, soit directement (eau de boisson), soit indirectement (préparation des aliments, café, thé, tisanes, etc...).

Le poste d'adoucissement ne doit pas être à l'origine de pollutions du réseau qui l'alimente.

L'eau traitée ne doit pas risquer de porter atteinte à la santé du consommateur.

Des précautions élémentaires, dont certaines d'ordre réglementaire, doivent être prises pour éliminer ces risques de pollution.

IMPLANTATION :

Comme tout poste de traitement d'eau, un adoucisseur doit être implanté dans un local propre, sec, ventilé, à l'abri du gel.

ALIMENTATION EN EAU :

Un clapet anti-retour doit être placé en amont de l'adoucisseur (circulaire ministérielle n° 593 du 10.04.87).

La pose d'un régulateur de pression est toujours recommandée.

De même, la pose d'un filtre permet de protéger les organes de l'adoucisseur et la résine contre les pollutions accidentelles de l'eau de ville par des impuretés solides (suite à travaux par exemple).

Une prise d'échantillons d'eau dure permettra enfin les réglages initiaux et l'ajustement de ces réglages par la suite, en cas de modification de la qualité de l'eau à traiter.

BY-PASS :

La pose d'un by-pass permet d'isoler l'appareil sans interrompre la distribution d'eau en cas d'incident, ou plus simplement lors des opérations d'entretien normal.

RACCORDEMENT À L'ÉGOÛT :

Une rupture de charge doit obligatoirement exister entre l'appareil et la canalisation d'égoût (circulaire ministérielle 593 pré-citée).

DÉPART D'EAU TRAITÉE :

La pose d'un clapet anti-retour sur le départ d'eau traitée permet d'éviter les éventuels retours d'eau chaude.

Une prise d'échantillon d'eau traitée permet le contrôle exhaustif de la dureté de l'eau distribuée.

NORMALISATION :

Les adoucisseurs d'eau à usage familial (volume de résine inférieur ou égal à 50 litres) font l'objet d'une norme expérimentale NF T 90-611 (mars 1990).

Le sel utilisé pour la régénération des résines échangeuses d'ions fait l'objet d'une norme expérimentale NF T 90-612 (mars 1990).

INFLUENCE DE LA DURETÉ RÉSIDUELLE SUR L'ENTARTRAGE :

Une dureté résiduelle peut être maintenue dans l'eau distribuée par mélange d'eau adoucie de TH voisin de 0 avec de l'eau dure.

Cette dureté résiduelle devra être ajustée de façon à ne pas conférer à l'eau un pouvoir entartrant trop élevé dans le producteur d'eau chaude.



ADOUCCISSEMENT : COMMENT ÇÀ MARCHE ?

Une dureté résiduelle de l'ordre de 12° f pour des températures d'eau chaude de 60 à 65° C à la production, et de 8° f pour des températures plus élevées, conduit à un entartrage quasi nul des équipements de production d'eau chaude.

De telles valeurs ne permettent par contre pas d'obtenir une verrerie impeccable en lave-vaisselle.

INFLUENCE DE LA DURETÉ RÉSIDUELLE SUR LA CORROSION :

Pour le plomb : il faut maintenir une dureté résiduelle d'au moins 12° f dans les circuits d'eau froide et d'au moins 8° f dans les circuits d'eau chaude.

Pour l'acier galvanisé : le maintien d'une dureté résiduelle n'est pas nécessaire à froid si l'eau dure d'origine n'est pas agressive (de nombreux corps d'adoucisseurs industriels sont réalisés en acier galvanisé).

PERFORMANCES ET CHOIX D'UN ADOUCISSEUR :

Caractéristiques et performances

Un adoucisseur se caractérise par :

- Son volume de résine
- Le poids de sel utilisé par régénération et le pouvoir d'échange correspondant
- Son rendement de régénération
- Son débit nominal (débit avec perte de charge de 0,1 Mpa soit 1 bar)
- Son débit maximal admissible
- Sa courbe débit-perte de charge
- L'autonomie de son bac à sel (en nombre de régénérations entre deux rechargements)
- Son mode de déclenchement des régénérations
- Les équipements annexes inclus (by-pass général, clapets anti-retour, dispositif de désinfection, siphon d'égoût avec rupture de charge, filtre, etc...)

Choix d'un adoucisseur

Les critères de choix d'un adoucisseur sont les suivants :

- Dureté de l'eau à traiter
- Dureté résiduelle souhaitée
- La consommation journalière
- Le débit instantané à satisfaire
- La pression d'eau disponible et la perte de charge admissible

La consommation journalière dépend du nombre de personnes et du nombre d'appareils à alimenter.

Le débit instantané est fonction du type et du nombre d'appareils à alimenter.

