



L'EAU

TRAITEMENT :

ADOUCCISSEMENT PAR

PERMUTATION SODIQUE

ADOUCCISSEMENT PAR PERMUTATION SODIQUE

A – PRINCIPE

Essentiellement utilisé pour éliminer des eaux naturelles les ions calcium et magnésium (Ca^{++} et Mg^{++}), dont la concentration en détermine la dureté TH.

Utilisé dans l'épuration des eaux domestiques et industrielles (eaux d'alimentation de chaudières, de circuits de refroidissement, de fabrication).

La permutaion sodique utilise des échangeurs de cations régénérés au chlorure de sodium.

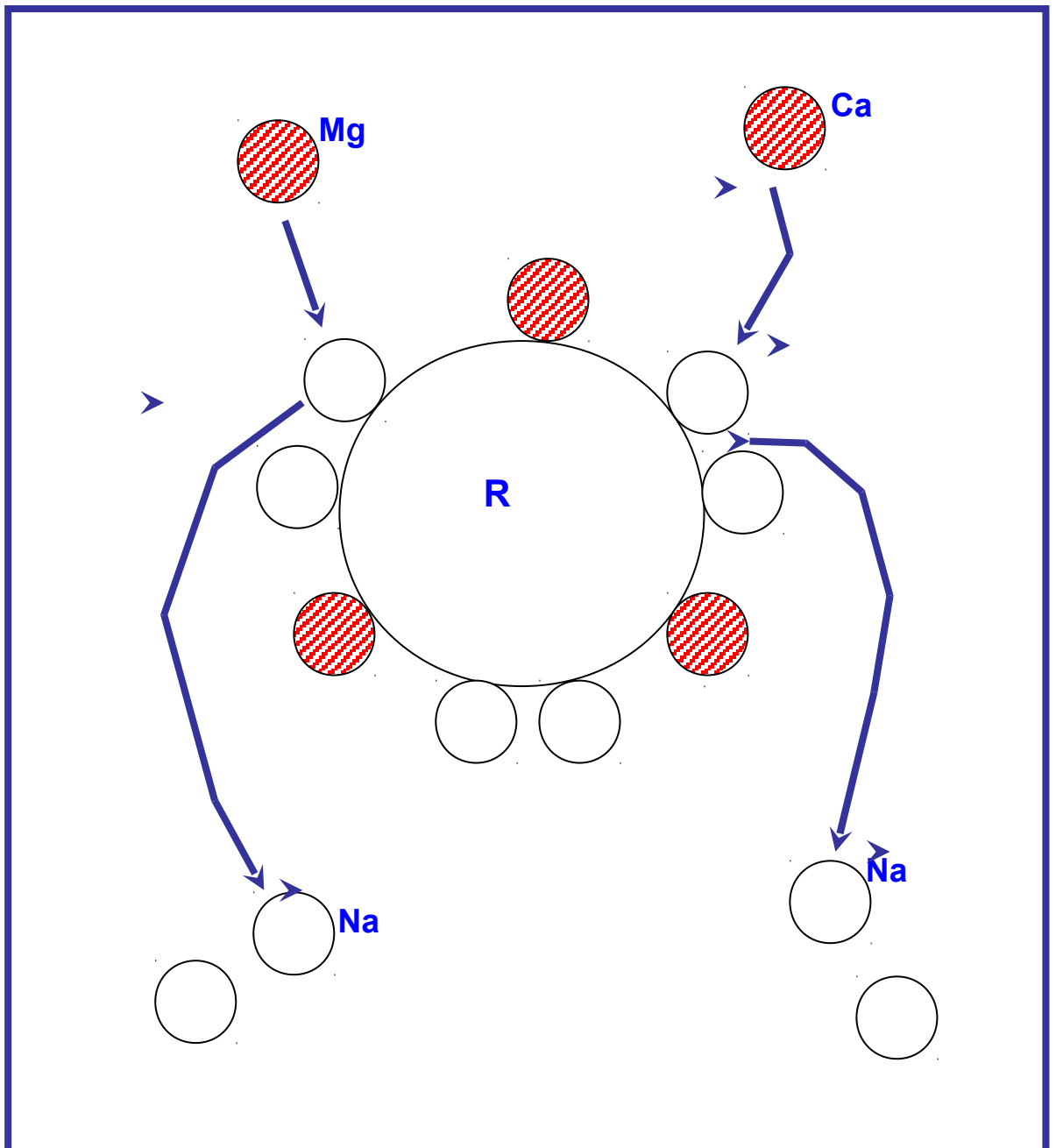
Le pH et l'alcalinité de l'eau restent inchangés.

B – CRITERES du CHOIX d'UN POSTE d'ADOUCCISSEMENT

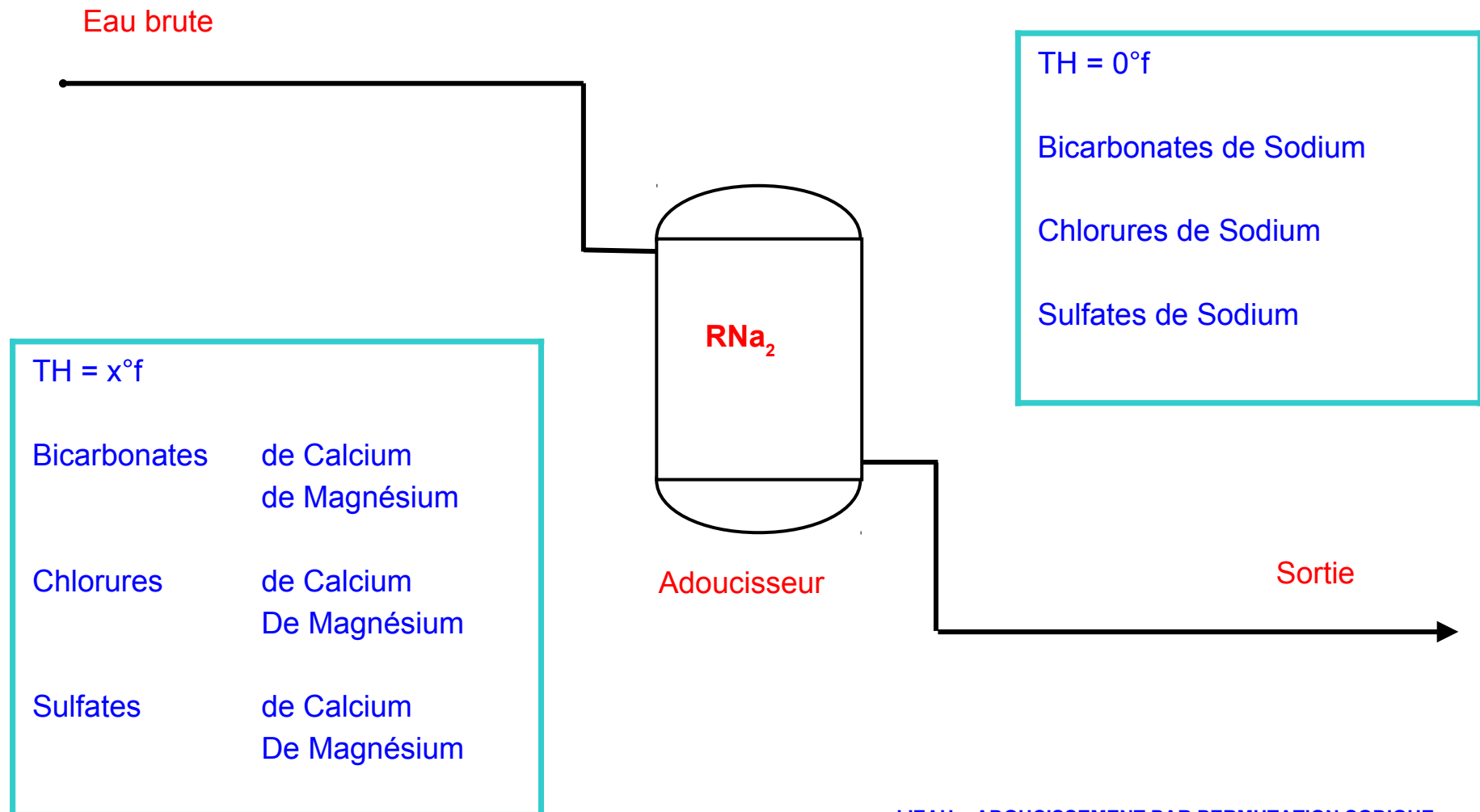
Un poste d'adoucissement est déterminé :

- par la dureté (TH) de l'eau à traiter
- par les débits d'eau à traiter
(débit maxi instantané, débit mini, débit moyen)
- par le volume d'eau à traiter entre deux régénérations
(pouvoir d'échange)
- par la quantité de sel utilisé pour chaque régénération
- par le poids de sel contenu dans le bac de préparation de saumure (bac à sel)

RESINES ECHANGEUSES D'IONS



ADOUCISSEMENT PAR RESINES ECHANGEUSES D'IONS



C – CYCLE DE FONCTIONNEMENT

1 – TAUX DE REGENERATION

Il fixe la quantité de régénérant à utiliser par litre de résine (soit en masse, soit en °f, par litre de résine).

2 – POUVOIR D'ECHANGE

Il représente la quantité de cations ou d'anions que peut fixer 1 litre de résine.

Il s'exprime en degrés français et m³ d'eau par litre de résine (°f.m³/l).

3 – RENDEMENT DE REGENERATION

C'est le rapport :

$$\frac{\text{pouvoir d'échange}}{\text{taux de régénération}}$$

4 – LE CYCLE

Il fixe la quantité d'eau traitée entre deux régénérations (en m³)

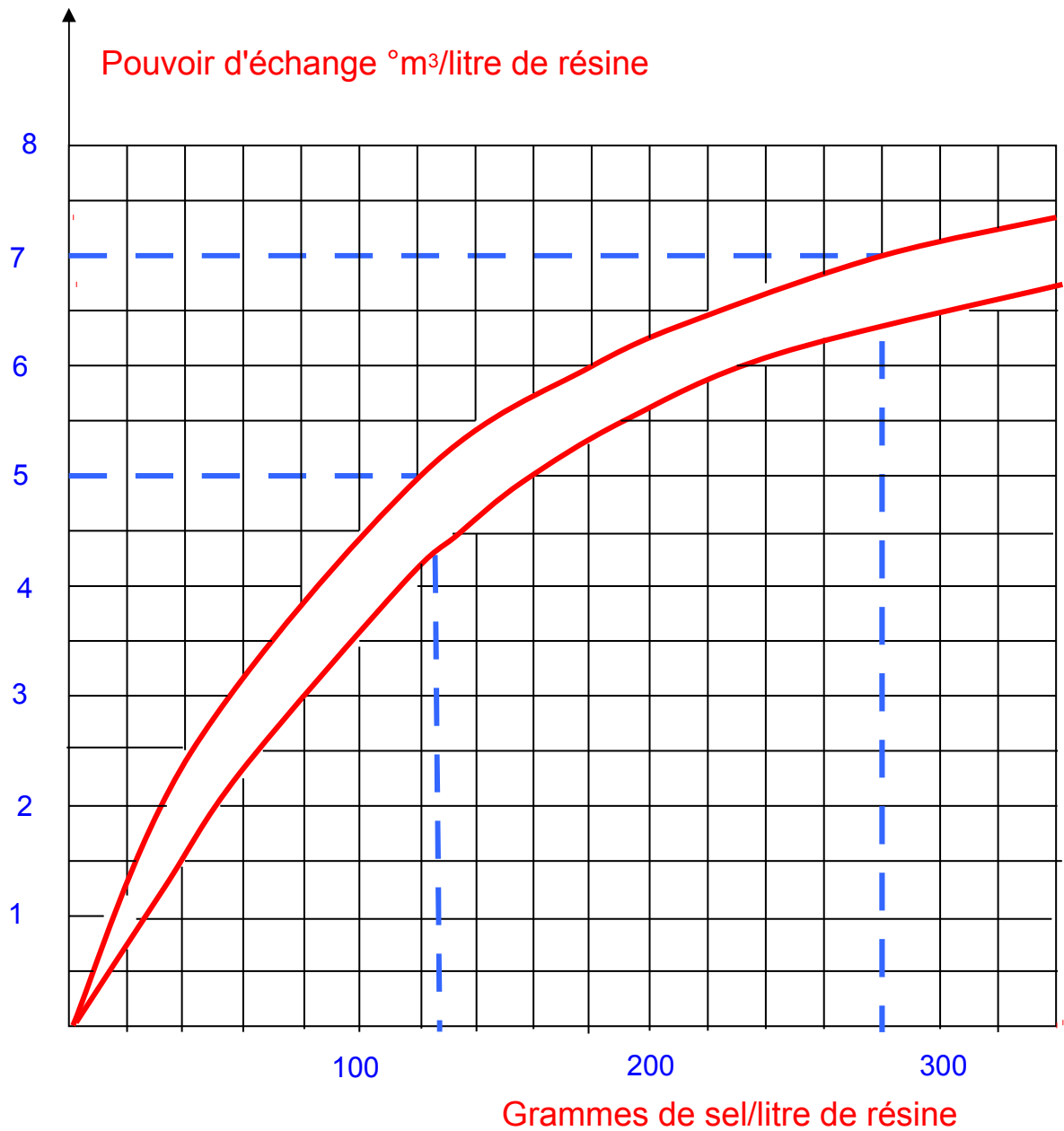
$$\text{Cycle} = \frac{\text{volume de résine litre} \times \text{P.E. (}^{\circ}\text{f} \times \text{m}^3/\text{litre de résine)}}{\text{TH}}$$

Le pouvoir d'échange de la résine est de 4 à 6°f.m³/litre de résine.

Un adoucisseur ayant un volume de résine de 1 000 litres et traitant une eau de TH = 45°f , aura un cycle de : $\frac{1\,000 \times 6}{45} = 133 \text{ m}^3$

Le taux de régénération est de 100 à 210 g/litre de résine.

- Taux de 100 g/l : pouvoir d'échange = 4°f.m³/l
- Taux de 210 g/l : pouvoir d'échange = 6°f.m³/l



Pouvoir d'échange d'un échangeur de cations sous forme Na (régénération par NaCl)

D - REGENERATION

1 – DIFFERENTES PHASES DE REGENERATION

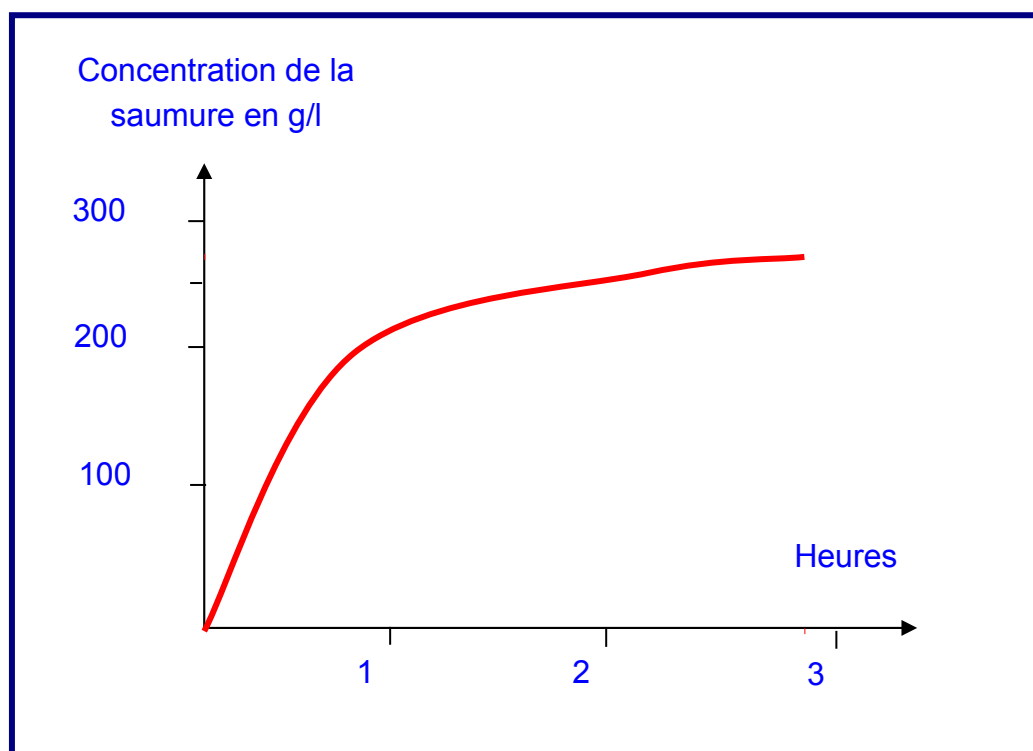
Le tableau ci-dessous donne les valeurs habituelles des débits et des durées des différentes phases de régénération.

PHASE	DUREE (en minutes)	DEBITS (l/h/l de résine)	VOLUMES (l/l de résine)
Détassage	2 à 10	10 à 20	0.4 à 5
Saumurage	5 à 40	2 à 10	0.3 à 1
Rinçage lent	10 à 50	2 à 10	1.5 à 2.5
Rinçage rapide	2 à 15	10 à 20	0.4 à 5

Après régénération et rinçage, on vérifiera le bon fonctionnement de l'adoucisseur par une mesure du TH = 0.

2 – PREPARATION DE LA SAUMURE

La saumure saturée est préparée à partir de sel raffiné par dissolution dans un volume déterminé d'eau, en présence d'un excès de sel.



Evolution dans le temps de la concentration de la saumure dans un bac à sel à plancher

3 – INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN SEL DE LA SAUMURE

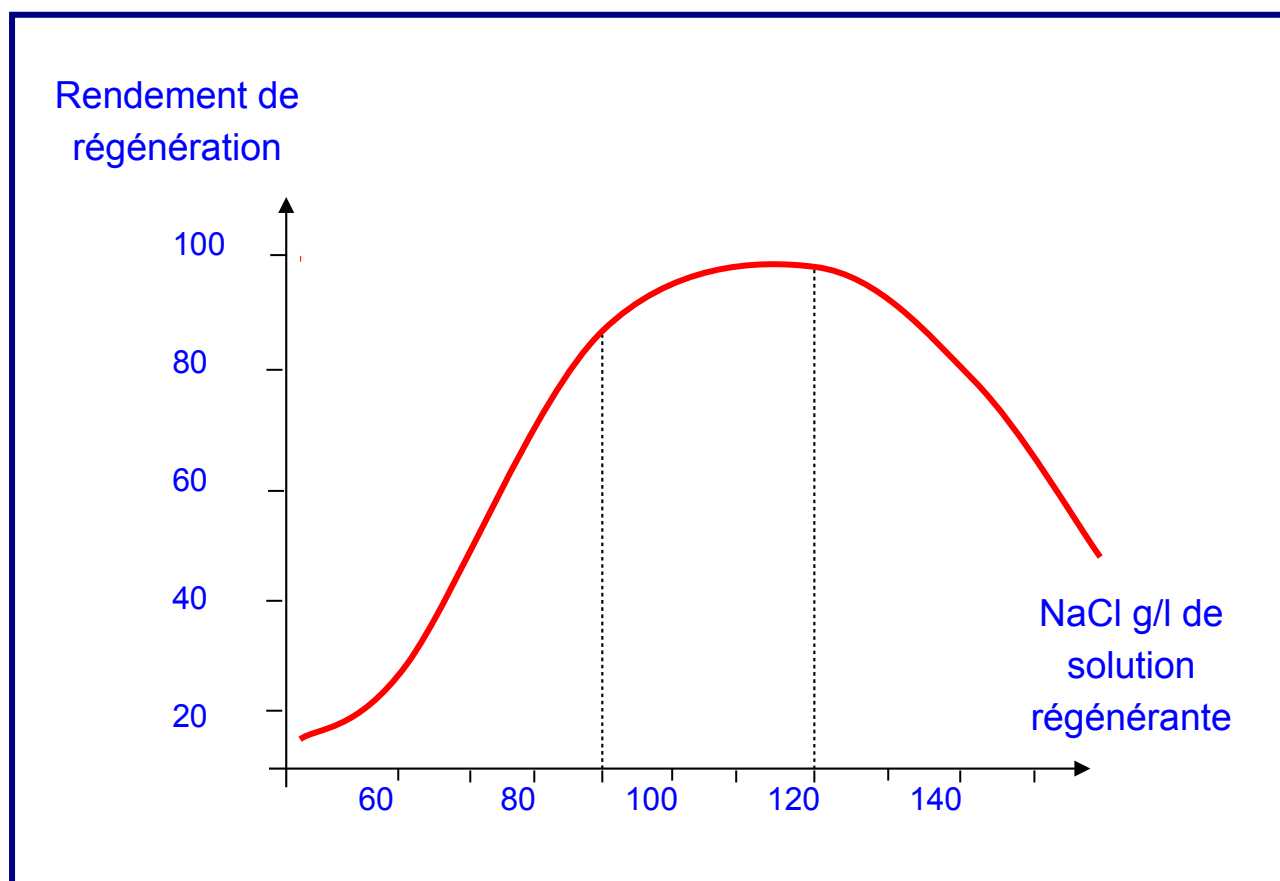
Le rendement de régénération est optimal lorsque la concentration en sel de la saumure est comprise entre 90 et 120 g/l ; il décroît lorsque cette concentration varie de part et d'autre de ces valeurs.

La saumure ayant, à sa concentration maximum, une densité de 1.20, le mélange idéal pour un rendement optimum de régénération sera :

2/3 eau brute

1/3 saumure

soit une densité de l'ordre de 1.07.



Influence de la concentration de la saumure sur le rendement de régénération

4 – MODE DE DECLENCHEMENT DES REGENERATIONS

Les régénérations peuvent être déclenchées, soit :

- **manuellement**, par l'opérateur,
 - sur indication d'un compteur totalisateur,
 - ou bien, au vu des résultats d'une analyse de la dureté de l'eau en sortie de l'adoucisseur, exécutée par l'opérateur,
 - ou bien encore, en réponse à une alarme fournie par un analyseur automatique.

- **automatiquement**.

Les modes de déclenchement automatique sont les suivants :

Base temps

Une horloge déclenche à périodicité et à heure choisies les régénérations.

➔ faible coût

➔ conduit à des surrégénérations ou des régénérations trop tardives

Base volume

Un compteur déclenche la régénération

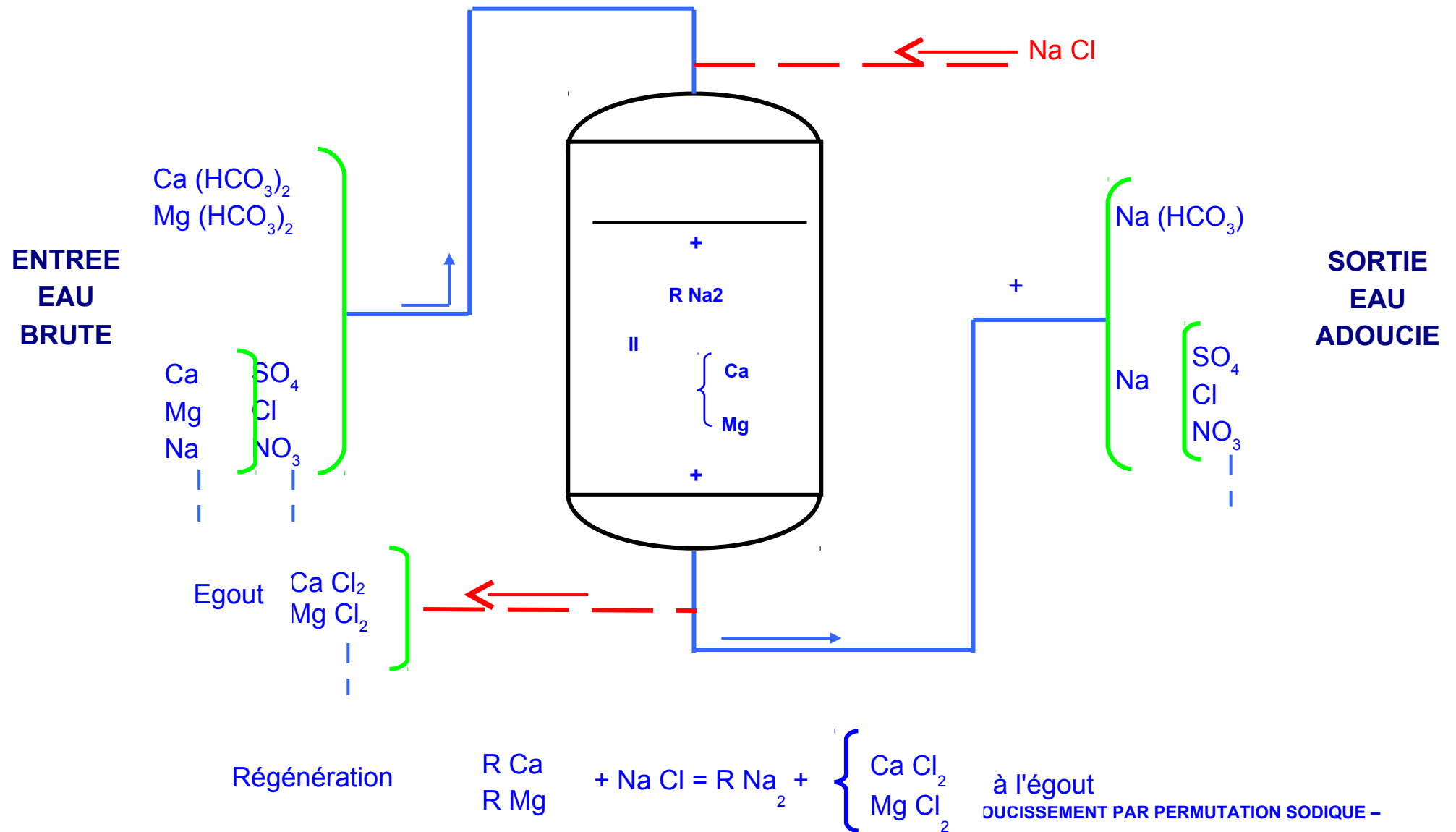
- ➔ nécessite une réserve ou une installation duplex
- ➔ ne met pas à l'abri d'un "accident"

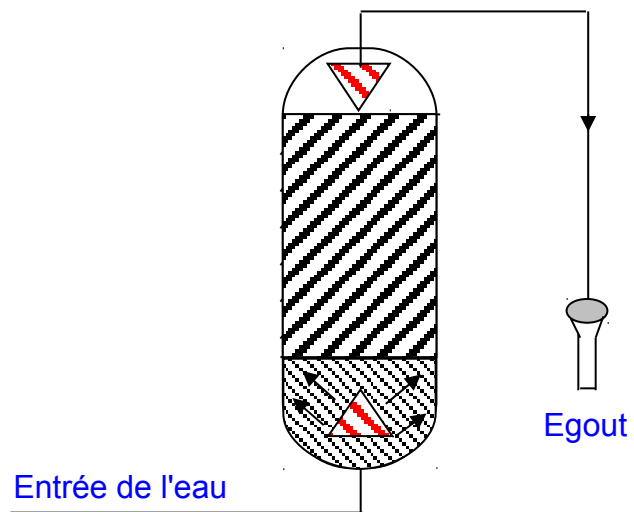
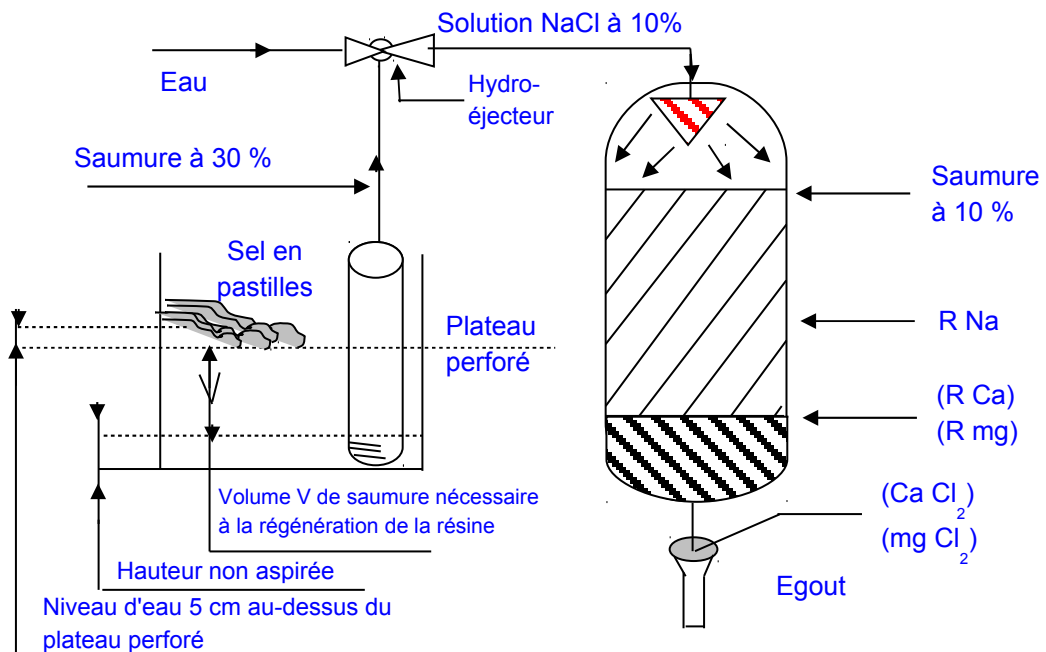
Base qualité

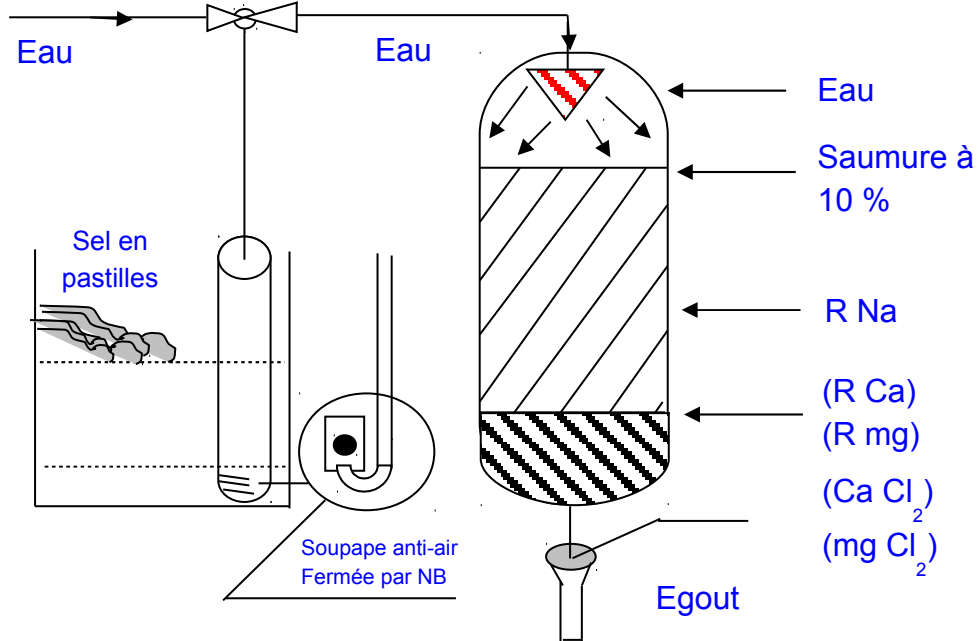
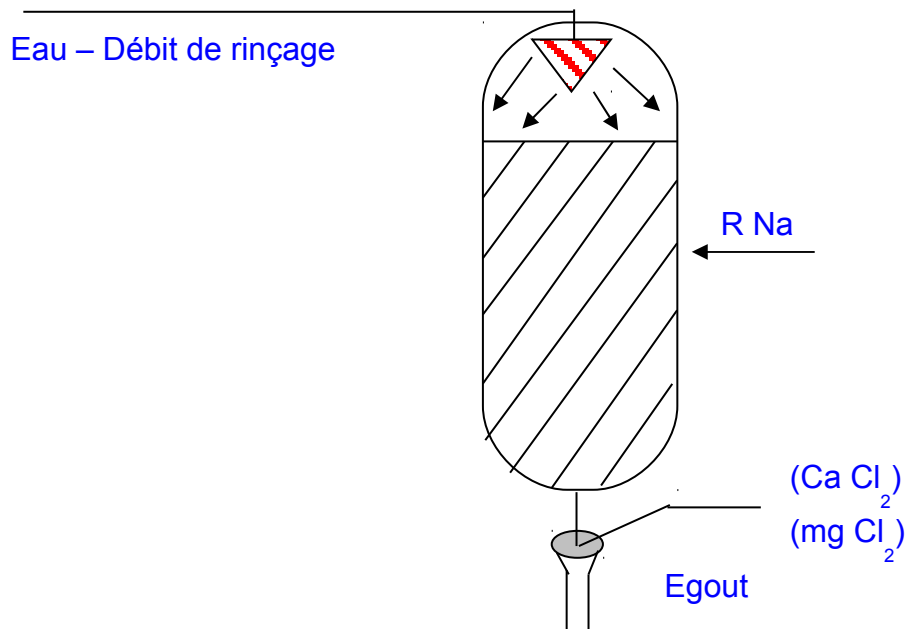
Un analyseur automatique mesure en continu la dureté et déclenche une régénération dès atteinte du seuil fixé.

- ➔ Coût élevé
- ➔ Garantie en qualité d'eau.

FONCTION CHIMIQUE D'UN ADOUCISSEUR

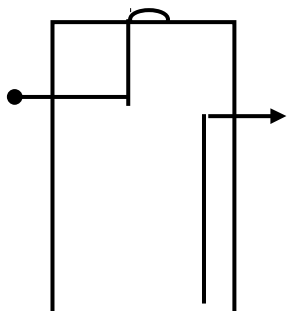


1- DETASSAGE ou SOULEVEMENT**2- PASSAGE SAUMURE**

3- RINCAGE LENT ou POUSSAGE**4- RINCAGE RAPIDE**

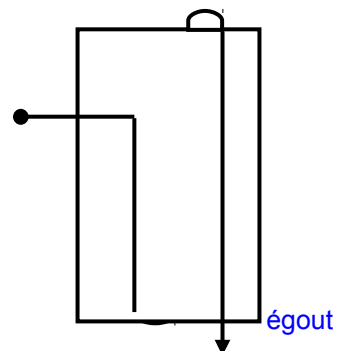
MARCHE NORMALE ET REGENERATION

MARCHE NORMALE



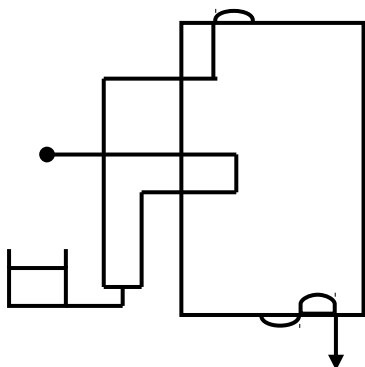
Vannes A B ouvertes

DETASSAGE



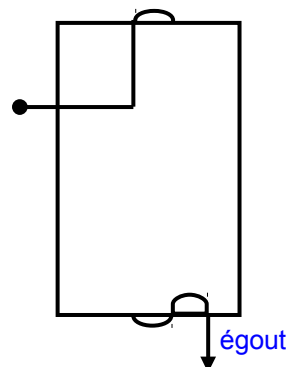
Vannes C.D. ouvertes

PASSAGE DE SAUMURE



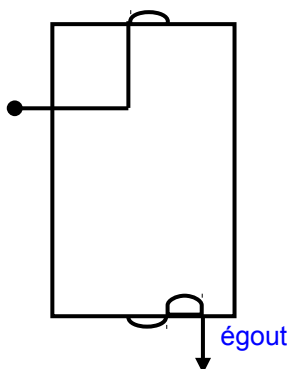
Vannes F E ouvertes

RINCAGE LENT



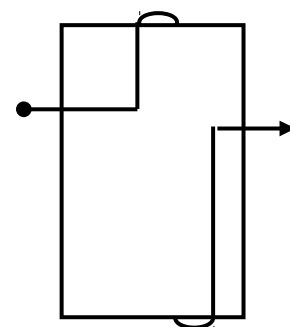
Vannes A E ouvertes

RINCAGE RAPIDE

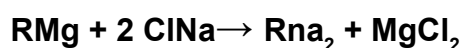
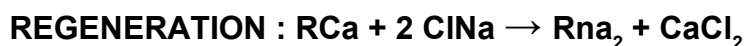


Vannes A E ouvertes

MARCHE NORMALE



Vanne B ouverte



E – FUITE IONIQUE

L'échange d'ions s'effectue par compétition entre, d'une part, les ions calcium et magnésium de l'eau à traiter et, d'autre part, les ions sodium de la résine.

Plus les couches basses de la résine sont pauvres en calcium et en magnésium (et donc riches en sodium), plus faible est la fuite ionique et inversement.

Cette compétition s'exerce également entre les ions sodium qui sont dans l'eau, soit à l'origine, soit après fixation du calcium et du magnésium.

La fuite ionique dépend donc de :

- l'état de régénération des couches basses du lit de résine,
- la teneur en ions alcalins (sodium et potassium) de l'eau à traiter
→ la fuite ionique augmente quand le rapport $(\text{Na} + \text{K}) / \text{TH}$ augmente,
- la hauteur du lit de résine
→ la fuite ionique est d'autant plus faible que le lit de résine a une hauteur importante,

- la charge volumique
→ la fuite ionique augmente au fur et à mesure que la charge volumique s'élève,

- la salinité totale cationique de l'eau à traiter
→ la fuite ionique évolue dans le même sens que la salinité totale cationique.

Les fuites ioniques sont cependant :

- pratiquement nulles dans les cas les plus courants (eaux de dureté totale inférieure à 50°f), c'est-à-dire :
→ moins de 0.05°f pour des charges volumiques inférieures à 50 l/h par litre de résine, et moins de 0.1°f pour une charge volumique de 150 l/h par litre de résine
- très faibles pour des eaux de dureté supérieure à 50°f avec les valeurs moyennes suivantes obtenues après régénération co-courante.

Salinité totale Cationique (STC) (°f)	Rapport (Na + K) / STC %	Fuite ionique (°f) après régénération avec 125 g de sel par litre de résine	Fuite ionique (°f) après régénération avec 240 g de sel par litre de résine
50	< 10	0.2	0.1
	50	0.5	0.2
100	< 10	0.7	0.4
	50	1.5	0.8

F – FONCTIONNEMENT EN REGIME ECONOMIQUE

Suivant le pouvoir d'échange "utilisé" des résines, il faudra plus ou moins de sel pour les régénérer.

En régime économique, la consommation de sel sera réduite.

Régime économique

Avantages : coût à l'entretien moins élevé
 consommation de sel : 17 à 20 g°m³
Inconvénient : fuite de dureté

Régime maximum

Avantage : TH correct
Inconvénients : coût élevé
 consommation de sel : 33 g°m³

Il est possible de bénéficier de l'avantage du régime économique tout en supprimant ses inconvénients.

Solutions à apporter

- soit 2 appareils en série

- soit recyclage adoucisseur

G – CAPACITE D'UN ADOUCISSEUR REGIME "NORMAL"

HYPOTHESES

- | | |
|--|--------------|
| • eau brute | TH = 26°f |
| • volume de résines | 2 500 litres |
| • pouvoir d'échange °m ₃ /l. de résine | 6 |
| • quantité de sel nécessaire/ litre de résine
pour la régénération (soit 33 g/m ₃ d'échange) | 200 g |

CYCLE DE PRODUCTION

- 1 litre de résine ayant une capacité d'échange de 6°m³, l'adoucisseur a une capacité totale d'échange de :

$$2\,500 \times 6 = 15\,000^{\circ} \text{ m}^3$$

- l'eau ayant un TH de 26°f, nous avons une capacité en traitement de :

$$\frac{15\,000}{26} = 577 \text{ m}^3$$

QUANTITE DE SEL NECESSAIRE POUR REGENERER LES RESINES

- Par litre de résine, il faut 200 g de sel,
donc pour 2 500 litres de résine, il faudra :

$$2\,500 \times 200 = 500\,000\text{g soit } 500\text{ kg}$$

H – CAPACITE D'UN ADOUCISSEUR REGIME "ECONOMIQUE"

HYPOTHESES

- eau brute TH = 26°f
- volume de résines 2 500 litres
- pouvoir d'échange °m₃/l. de résine 4,5
- quantité de sel nécessaire/ litre de résine
pour la régénération (soit 20 g/m₃ d'échange) 100 g

CYCLE DE PRODUCTION

- 1 litre de résine ayant une capacité d'échange de 4,5°m³, l'adoucisseur a une capacité totale d'échange de :

$$2\,500 \times 4,5 = 11\,250^{\circ} \text{ m}^3$$

- l'eau ayant un TH de 26°f, nous avons une capacité en traitement de :

$$\frac{11\,250}{26} = 432 \text{ m}^3$$

QUANTITE DE SEL NECESSAIRE POUR REGENERER LES RESINES

- Par litre de résine, il faut 100 g de sel,
donc pour 2 500 litres de résine, il faudra :

$$2\,500 \times 100 = 250\,000\text{g soit } 250\text{ kg}$$

Si on veut ramener à la capacité de traitement en régime "normal", soit 577 m^3 , la quantité de sel pour régénérer sera de :

$$\frac{250 \times 577}{432} = 334\text{ kg}$$

au lieu de 500 kg dans le premier cas.

I – INFECTION ET DESINFECTION DES RESINES

Comme dans toute capacité (réservoir, tuyauterie) dans laquelle l'eau stagne, le lit de résine (milieu microporeux dans lequel règne un pH proche de la neutralité) constitue un milieu favorable au développement de micro-organismes.

Une infection du lit de résine peut intervenir :

- lors de la mise en place de l'appareil,
- lors du traitement d'une eau non stérile,

en développant, à l'occasion de période de stagnation, des micro-organismes (bactéries, banales le plus souvent, moisissures ou algues parfois).

Pour limiter de tels risques, il convient :

- d'effectuer les travaux de mise en place et de raccordement dans les meilleures conditions d'hygiène possible,
- de procéder à la désinfection de l'adoucisseur lors de sa mise en œuvre, en ajoutant à la saumure de première régénération une dose suffisante d'eau de Javel ou d'eau oxygénée, par exemple.
- de procéder régulièrement à une désinfection préventive des résines.

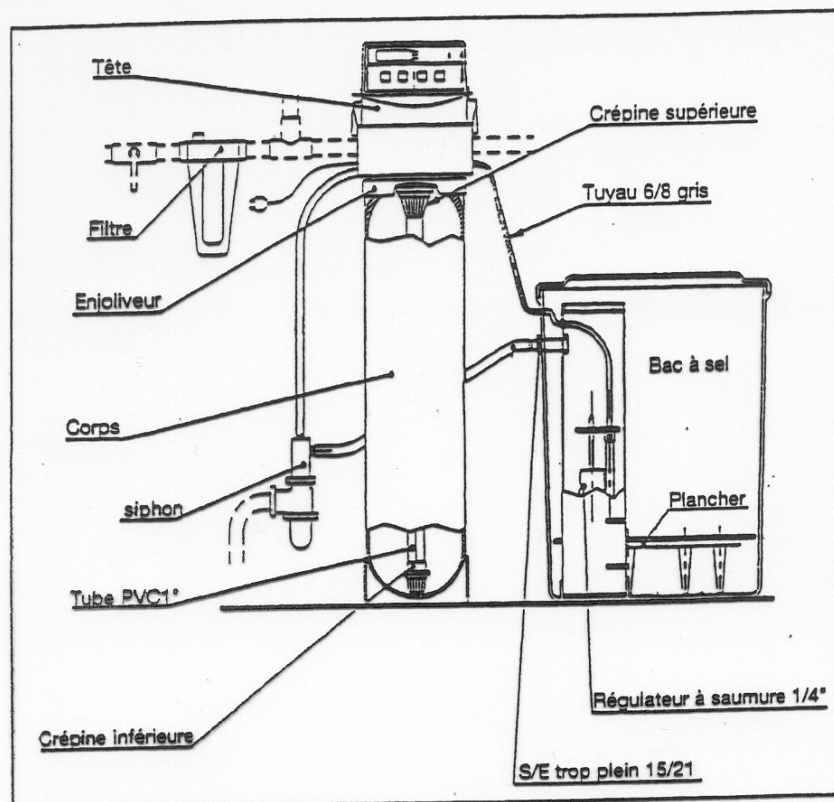
J- CONTROLE A EFFECTUER UNE FOIS PAR AN

- Vérification du niveau de résines (ajout si nécessaire)
- Vérification de la présence de fer
- Contrôle du cycle d'une régénération (un hydroéjecteur s'use)
- Nettoyage des bacs à sel, surtout s'il s'agit de sel industriel
- Vérification de l'état du permuteur (les appareils > à 1500 litres de résines peuvent être plastifiés "in situ")
- Vérification de l'état du collecteur de saumure
- Remplacement des résines dont la durée de vie est de 15 ans environ.

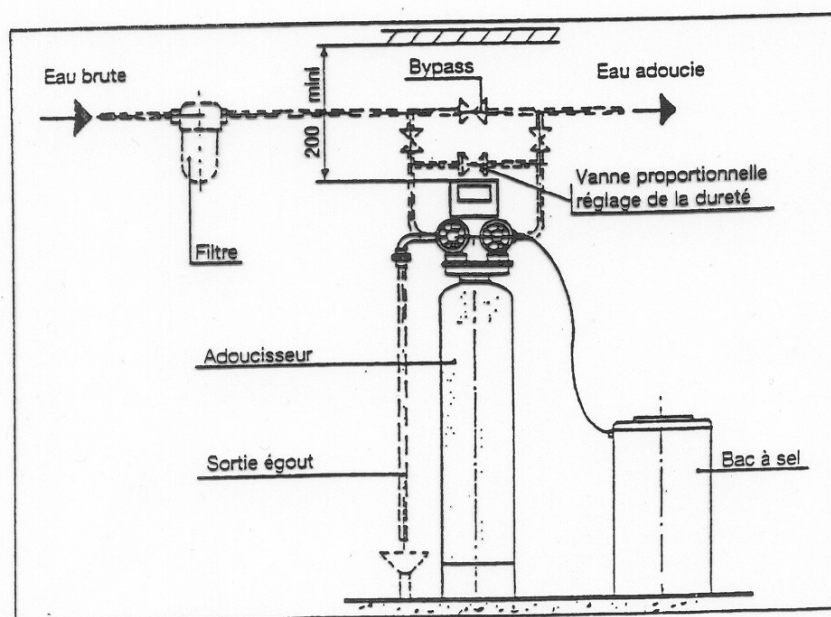
CAUSE DE PERTE DE RESINES

- Disfonctionnement des vannes
- Excès de pression, de vitesse lors du soulèvement.

CARACTERISTIQUES D'UN ADOUCISSEUR



Coupe d'un adoucisseur



Position de la vanne de réglage proportionnel