

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – غابسة

Faculté : TECHNOLOGIE

Département : GENIE DES PROCEDES

Domaine : SCIENCE ET
TECHNOLOGIE

Filière : GENIE DES PROCEDES

Spécialité : GENIE DES PROCEDES
de l'ENVIRONNEMENT

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème:

**TRAITEMENT DES EAUX D'UNE CONSERVERIE DE
TOMATE : programmation de la vanne fleck NXT / NXT2
2910**

Présenté par : SENAGUIGUE FONOUNE ET MAKHDOUMI FAFA

Encadrant : KHERRAT ROCHDI PROFESSEUR Université Badji Mokhtar –
ANNABA

Jury de Soutenance :

| | | | |
|----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|
| DERRADJI AHMED | PROFESSEUR | Université Badji Mokhtar | Président |
| KHERRAT ROCHDI | PROFESSEUR | Université Badji Mokhtar | Encadrant |
| SAMAR MOHAMED ELHADI | PROFESSEUR | Université Badji Mokhtar | Examineur |

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de

Pr rochdi kharrat on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel , pour sa patience , sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire .

Nos remerciement s'adresse également a tout nos professeurs pour leurs générosités et la grand patience dont ils ont faire preuve malgré leurs charges académique et professionnelles

Dédicace

Tout D'abord, je tient a remercier ALLAH de m'avoir donné la force et le courage de mener

A ma Mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices

A Mon père, qui m'a toujours transmis l'amour du travail et le sens du perfectionnisme

Je ferais de mon mieux pour rester un sujet de fierté a vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir.

A Mon frère et Mes sœur : « Hayet, Kheira, Fatiha, Hadj «

QUE Dieu illumine pour eux la voie du succès et de réussite dans leur vie

A MA CH2RE AVANT D'être binôme : Senaguigue fonoune pour son soutient moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A TOUS Mes chère amis et a tous ceux qui m'aiment, merci pour leurs amours et leurs encouragements

A TOUTE La famille

MAKHDOUMI FAFA



Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier DIEU

De m'avoir donné la force et le courage de mener

A bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à :

***Ma mère** qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ;*

***Mon père** qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, que dieu le garde et le protège ;*

*Mes frères **skander** et **omrane**, symboles de tendresses et de fidélité.*

Mon binôme

Mes biens chers amis

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Senaguigue founoun

Sommaire

| | |
|---------------------------------------------------------|-----|
| <i>Introduction Générale</i> | (1) |
| <i>Chapitre I : généralité des eaux</i> | |
| I. Introduction | (2) |
| II. Composition chimique de l'eau | (2) |
| III. Propriété de l'eau | (2) |
| IV. Qualité de l'eau..... | (2) |
| Les eaux naturelles..... | (3) |
| Eaux souterraines | (3) |
| IV. 3 Les eaux de surface | (3) |
| V. Sel minéraux dissous dans l'eau..... | (3) |
| Les éléments nécessaires..... | (3) |
| Les éléments indésirables | (4) |
| V .3. Les éléments toxiques..... | (5) |
| VI Généralité sur la tomate | (5) |
| Le problème agronomique de la culture de la tomate..... | (5) |
| Les tomates de tables | (5) |
| Les tomates industrielles | (6) |
| Le problème technologique de la conservation | (6) |
| Les techniques de conservation | (6) |
| Le séchage | (6) |
| La conservation par le vinaigre..... | (7) |
| La fermentation | (7) |

Chapitre II : technique d'adoucisseur

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| I. Introduction..... | (8) |
| II. Les causes de l'entartrage..... | (8) |
| III. Les conséquences de l'entartrage..... | (8) |
| Conséquences hydrauliques..... | (8) |
| Conséquences technologiques..... | (8) |
| Conséquences thermiques et énergétiques..... | (9) |
| IV Technique de l'adoucisseur..... | (9) |
| IV .1 L'échange d'ion..... | (10) |
| Décarbonatation..... | (11) |
| L'osmose inverse..... | (12) |
| Caractéristiques générales d'un osmoseur..... | (13) |
| V. La dureté de l'eau..... | (14) |
| V .1 La dureté totale..... | (14) |
| V .2 La dureté temporaire..... | (15) |
| La dureté permanente..... | (15) |
| VI. Principe aux éléments responsables de la dureté..... | (16) |
| VII Conséquences de dureté..... | (6) |
| Conséquences pratiques et domestiques..... | (16) |
| Conséquences sanitaires..... | (17) |

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| I INTRODUCTION..... | (18) |
| II Station de Traitement des eaux pour conserverie El- Ryad..... | (18) |
| III Analyses d'eau de forage | (19) |
| analyses physico- chimiques | (19) |
| IV CRITÈRES DECONCEPTION..... | (20) |
| IV .1 VALEURS DE CAPACITÉ..... | (20) |
| IV .2 ANALYSES CHIMIQUES DE L'EAU BRUTE | (20) |
| IV .3 VALEURS CHIMIQUES DE L'EAU TRAITEE | (21) |
| V DESCRIPTION PROCESS..... | (21) |
| V .1 Unité de dosage de chlore..... | (21) |
| V .2 Filtre à sable | (21) |
| V .3 Filtre à charbon actif..... | (22) |
| V .4 Adoucisseur duplexe automatique..... | (22) |
| VI SPECIFICATION TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS | (23) |
| Unité de dosage de chlore | (23) |
| Filtre à sable | (24) |
| Filtre à charbon actif..... | (25) |
| Adoucisseur Duplexe | (26) |
| VII Caractéristiques techniques de la vanne fleck NXT/NXT2 2910 de l'adoucisseur..... | (28) |
| Programmation de vanne et calcul de la durée des cycles (5 cycles) | (28) |
| Détassage..... | (28) |
| saumurage | (30) |
| Rinçage rapide..... | (33) |

| | |
|--------------------------------|------|
| Remplissage | (35) |
| Cycle service-mode normal..... | (36) |
| Conclusion | (36) |

Listes des figures

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figure I.1: Présentation Lewis de la molécule d'eau | (2) |
| Figure II.1: exemple d'échange d'ions | (10) |
| Figure II.2: fonctionnement d'une résine WAC..... | (12) |
| Figure II.3 : élimination du gaz carbonique à l'aide d'un dégazeur | (12) |
| Figure II.4 : Schéma général d'une installation d'osmose inverse | (13) |
| Figure II.5 : schéma présente une dureté totale d'une eau..... | (15) |
| Figure II.6 : schéma présente la dureté permanent d'une eau | (16) |
| Figure III.1 : Station de Traitement des eaux pour conserverie El- Ryad..... | (18) |
| Figure III.2 : Chaine de traitement retenue | (23) |
| Figure III.3 : schéma de traitement des eaux a 2 lignes | (28) |
| Figure III.4 : schéma de cycle 1 détassage | (29) |
| Figure III.5 : schéma de cycle 2 saumurage | (33) |
| Figure III.6: débit de l'injecteur en fonction de la pression à l'entré..... | (35) |
| Figure III.7 : schéma de cycle 3 rinçage rapide | (36) |
| Figure III.8 : schéma de cycle 4 remplissage du bac a sel | (37) |

Liste des tableaux

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tableau II.1 : comparaisons aux conductivités thermiques de l'acier ou du cuivre | (9) |
| Tableau II.2 : Plage de valeurs du titre hydrotimétrique | (19) |
| Tableau III.1 : analyses physiques et chimique d'eau | (19) |
| Tableau III.2 : VALEURS DECAPACITÉ..... | (20) |
| Tableau III.3 : Valeur d'analyse chimique de l'eau brute forage N1 | (20) |
| Tableau III.4 : Valeur d'analyse chimique de l'eau brute forage N1 | (21) |
| Tableau III.5 : Valeurs d'analyse chimique de l'eau traitée..... | (21) |
| Tableau III.6 : Unité de dosage de chlore | (23) |
| Tableau III.7 : caractéristique d'adoucisseur duplex | (27) |
| Tableau III.8 : Caractéristiques de vanne 2910 | (29) |
| Tableau III.9 : valeurs typiques pour la capacité totale et opératoire des résines les Plus courantes..... | (30) |
| Tableau III.10 : Configuration recommandée de la vanne et de l'injecteur/DLFC/ BLFC System De saumurage Diamètre de bouteille..... | (32) |
| Tableau III.11 : Capacité d'échange de résine en fonction du taux de saumurage | (34) |

Liste des abréviations

TH : Titre hydrométrique

BV : Volume de lit

DLFC : Contrôleur du débit de la sortie à l'égout

BLFC : Contrôleur du débit de remplissage du bac à sel

Q_{DLFC} : taille de contrôleur du débit de la sortie à l'égout

Q_{BLFC} : Taille du BLFC

Q_{extr} : Débit d'injection de saumure

V_{Saumurage} : Volume de saumure à aspirer

V_{eausaum} : Volume d'eau de remplissage pour la préparation de la saumure

D_{SEL} : Taux de saumurage par litre de résine

S_{SOL} : Solubilité du sel par litre d'eau

°F : Degré français

gpm : gallons impériaux par minute

T_{Detassage} : Durée du détassage

T_{Saumurage} : Durée du saumurage

T_{Rincage Rapide} : Durée du rinçage rapide

T_{Remplissage} : Durée du remplissage

N_{vr.r} : Nombre de volumes de lit nécessaires pour un rinçage rapide.

N_{vlde} : Nombre de volumes de lit nécessaires pour le détassage

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est l'un des facteurs fondamentaux de la continuité et de la survie des organismes vivants sur cette terre, et c'est l'une des ressources les plus importantes et des grandes bénédictions que Dieu Tout-Puissant a créées pour l'homme, car grâce à lui, la vie est née sur cette terre, considérant que l'eau est l'un des solvants les plus importants de divers matériaux organiques, le plus utilisé et le moins cher parmi les solvants.

L'extraction des minéraux de l'eau saline est un sujet très important de nos jours, et il est essentiel de penser à la réalisation d'unités de dessalement jour après jour, car elle permet de répondre aux besoins des consommateurs d'eau potable de façon quantitative ou qualitative. (Bonne qualité, eau douce et agréable), où l'eau souterraine est la seule ressource dans notre région, mais elle est très saline parce que la composition de cette eau est liée à la nature chimique des couches géologiques qui se croisent.

Les méthodes de traitement des eaux sont nombreuses et variées, Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle – ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude de traitement des eaux de forage d'une exploitation agricole chebaita Mokhtar wiliya El taraf.

Notre travail est partagé en trois chapitres, qui sont les suivants:

Chapitre I : Généralité sur les eaux

Chapitre II : technique d'adoucisseur

Chapitre III : Station de Traitement des eaux pour la conserverie El-Ryad

Notre travail se termine par une conclusion générale qui résume Les points essentiels de cette étude.

Chapitre I : Généralité sur les eaux

I Introduction

L'eau C'est une Substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H₂O, l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel.

II Composition chimique de l'eau

La composition chimique de l'eau naturelle varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre (CaCO₃, CaSO₄, MgCO₃, Na Cl), ainsi la composition physique des roches.

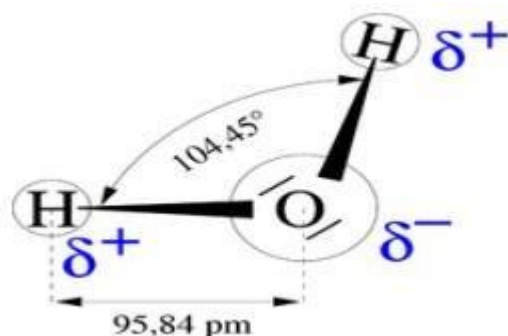


Figure I.1 : Présentation Lewis de la molécule d'eau

III Propriété de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression.

IV Qualité de l'eau

La qualité de eau fait référence aux caractéristiques chimique ; physique ; biologique et radiologique de l'eau, des eaux de surface, des eaux profondes et des eaux souterraines. C'est une mesure de l'état de l'eau par rapport aux besoins d'une ou plusieurs espèces biotiques ou a tout besoin ou but humain. Elle est utilisée plus fréquemment en référence à un ensemble de normes permettant d'évaluer la conformité. Les normes les plus couramment utilisées pour évaluer la qualité de l'eau sont liées à la santé des écosystèmes, à la sécurité des contacts humains et à l'eau potable.

Chapitre I : Généralité sur les eaux

Les eaux naturelles

Les ressources naturelles d'eau peuvent sembler banales au premier abord mais elles sont très importantes, voire indispensables non seulement pour le développement du biotope, mais aussi et surtout celui de l'industrie. On en retrouve plusieurs types, les eaux souterraines ; les eaux de surfaces et l'eau de mer. Pour satisfaire les besoins en eau potable, l'eau de mer n'est pas pratique, cela est dû à la technologie de dessalement très coûteuse et donc pas rentable.

Eaux souterraines

Les eaux s'infiltrent dans le sol et s'accumulent en formant des réserves appelées **nappes**. Il se forme deux types de nappes : **libre** et **captive**, dont les propriétés physico-chimiques sont influencées par le milieu géologique qu'elle rencontre mais elle reste stable, elle est généralement chargée en minéraux, faible en dioxygène et possède une grande pureté microbiologique. Certaines nappes à faible profondeur se voient polluer par les métaux lourds ou par certains dérivés provenant des engrais et pesticides.

IV. 3 Les eaux de surface

Aussi appelé eaux superficielles, elles sont constituées de toutes les masses d'eaux courantes stagnantes stockées naturellement dans lacs ou artificiellement avec des barrages. Elles ont pour avantages d'être facilement accessibles et par conséquent se voient polluées (pollution naturelle, humaine ou industrielle). Le climat et les saisons sont les facteurs premiers du changement de qualité de l'eau, température, turbidité, teinte, concentration colloïdale, sels dissous. Ces eaux peuvent avoir une activité organique (animale, végétale), elles sont chargées en bactéries, virus et protozoaires. Ce qui rend ces eaux rarement utilisées par l'industrie ou même pour la consommation de la population car elle nécessite un traitement supplémentaire.

V Sel minéraux dissous dans l'eau

V.1 Les éléments nécessaires

- Calcium

Considère comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2g/J. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à 300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la correction (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques qui les protègent contre la corrosion.

- Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes atteintes de insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

- **Sodium**

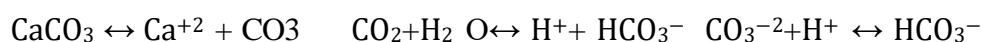
Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26 g/kg de la croûte terrestre.

- **Chlorures**

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (**NaCl**), de potassium (**KCl**), et de calcium (**CaCl₂**). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts.

- **bicarbonates HCO₃**

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de CO₂, comme le montre les équilibres chimiques suivants :



Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température de milieu aqueux.

- **Les Sulfates**

La teneur en sulfate (SO₄⁻²) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation, l'excès de sulfates dans l'eau est de 400 mg/l.

- **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui mettent en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés. Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation.

V.2 **Les éléments indésirables**

- **Le fer**

Le fer est un élément chimique de numéro atomique 26, de symbole Fe. Le corps simple est le métal et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, le plus souvent sous forme d'alliages divers.

- Les Nitrates

Le nitrates et un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50 mg/l de nitrates.

- Les nitrites

Les nitrites et un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons. Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1mg/l en azote nitreux.

- Les fluorures

Le fluorure est l'élément chimique de numéro atomique 9, de symbole F. C'est le premier élément du groupe des halogènes. []

V.3. Les éléments toxiques

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds : chrome, cadmium, nickel...) ainsi que de substances telles que les cyanures, ou des molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques.

VI Généralité sur la tomate

Le problème agronomique de la culture de la tomate

Il existe deux grandes variétés de tomates : les tomates des tables et les tomates industrielles :

Les tomates de tables

Elles sont grosses. Elles sont moins rouges que les tomates industrielles. Elles contiennent beaucoup de pépins et d'eau. Leur peau est peu résistante. Elles sont utilisées pour la salade ou transformées en purée pour sauce.

Leur rendement à hectare est faible comparé à la tomate industrielle. Elles ne peuvent donc pas faire l'objet d'une transformation industrielle. C'est cependant la quasi-totalité de la production togolaise de tomates.

Les tomates industrielles

De dimensions souvent plus petites et parfois allongées. Aspect très rouge désire pour les sauces. Elles ont un taux de matière sèche plus élevées. Elles ont une peau résistante. Ce sont ces tomates qui se prêtent à une transformation industrielle comme leur nom l'indique. Sa culture est inconnue des paysans mais pratique par quelque rares maraichers.

C'est dire donc que toute action tendant à résoudre le problème de la conservation doit tenir compte de la variété de tomates produites. Or les variétés produites (tomates de tables) ne répondent pas du tout aux techniques Actuelles de conservation ou de transformation. Il faut résoudre un premier problème qui est agronomique : changer de variétés de tomates.

Les avantages sont évidents :

- Meilleur rendement pour la culture
- Possibilité de transformer la production

Le problème technologique de la conservation

En générale les produits frais sont bien aimés par les populations. On peut penser à première vue qu'on pourrait conserver la tomate au frais. Mais cette technique qui couteuse en énergie ne peut garder la tomate au-delà de cinq semaines selon l'institut international du froid. A heure actuelle les travaux de recherche se font sur la conservation des fruits et légumes en atmosphère contrôlée riche en gaz carbonique. Les résultats montrent que l'on peut arriver a une durée maximum de conservation de 45 jours pour la tomate. Le problème en aval à cette technique est le délai de commercialisation après que les produits aient quitté les entrepôts de réfrigération. Les produits pourrissent très rapidement sur les étalages des vendeurs de détail. Notons de plus que la durée de conservation au frais dépend beaucoup de la maturité à la récolte et de sa variété.

Il faut opter pour d'autre technique de conservation (au sens large du terme). Il s'agit des techniques de transformation qui ne sont rentables que pour les variétés industrielles.

Les techniques de conservation

Le séchage

a) Description

Il consiste à éliminer l'eau contenue dans la tomate jusqu'à une teneur acceptable pour une conservation a long terme. La première partie de l'opération consiste à la préparation du produit (lavage-découpage-trempe dans un bain de conservation).

Puis viennent le triage et le broyage. Enfin la poudre de tomate est conditionnée.

b) Avantages et inconvénients

Le grand avantage de cette technique est qu'elle est très simple, adaptable pour une exploitation à petite ou grande échelle.

L'inconvénient est que le séchage peut entraîner des pertes nutritionnelles plus ou moins grandes selon la nature du séchoir et même une contamination (séchage à l'air libre). La tomate en poudre n'est pas un produit très connue des populations.

La conservation par le vinaigre

a) Principe

Elle consiste à augmenter l'acidité du milieu dans lequel sera plongé la tomate. Ceci entraîne une diminution du PH du milieu, inhibant ainsi la croissance du micro organisme qui provoque la détérioration de la tomate. C'est ainsi que après la préparation, la tomate est mise au vinaigre puis conditionnée et pasteurisée. []

b) Avantages et inconvénients

C'est aussi une technique simple. Cependant elle nécessite d'enlever le vinaigre lors de la consommation. Cette technique est inconnue au Togo.

La fermentation

a) Principe

Elle consiste à faire subir à la tomate des modifications chimiques sous l'effet de microorganismes vivants.

La tomate préparée est mise en fermentation (salage par saumure) puis pasteurisée. Après quoi elle est conditionnée.

b) Avantages et inconvénients

Pour réussir cette technique, il faut respecter des conditions précises et strictes. Elle consomme aussi beaucoup de saumure. Elle change le goût de la tomate et atténue la couleur rouge.

Chapitre II : technique d'adoucisseur

I Introduction

L'adoucissement est la technique utilisée pour supprimer le TH de l'eau (du à la présence des sels alcalino-terreux : carbonates, sulfates et chlorures de calcium et de magnésium).

L'adoucisseur est un appareil qui utilise une résine échangeuse d'ions et le principe consiste à permuter les ions calcium et magnésium qui constituent la dureté de l'eau par des ions sodium liés à la résine de l'adoucisseur. L'échange ionique d'adoucissement sera réalisé sur un support solide constitué d'une résine initialement chargée en sodium. Chaque ion Ca^{2+} et Mg^{2+} va chasser de la résine 2 ions Na^+ .

L'opération d'adoucissement va se poursuivre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'ions Na^+ sur la résine. Lorsque tous les ions sodium ont été échangés, on dit que la résine est saturée et elle doit être régénérée. Il faut donc la recharger en ions sodium pour lui redonner son pouvoir adoucissant. Pour cela on va effectuer une régénération de la résine avec une saumure (solution de NaCl saturée ou chlorure de sodium). Les ions Na^+ vont se fixer sur la résine, tandis que les ions Cl^- entraîneront vers l'égout les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} qui étaient fixés sur la résine. Ainsi, les ions sodium sont de nouveau remis en place sur les résines, alors que les ions calcium et magnésium sont évacués à l'égout sous forme de chlorures. Une succession de rinçage permet d'éliminer la saumure.

II Les causes de l'entartrage

L'entartrage est principalement cause par la présence d'ions Calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}) et Bicarbonate (HCO_3^-) dans l'eau. Le calcaire (carbonate de calcium : CaCO_3) est omniprésent dans la nature en tant que calcite, marne, craie et marbre. Il est très difficilement soluble. En revanche, il devient facilement soluble par réaction chimique avec de l'eau (H_2O) et du dioxyde de carbone (CO_2) et se transforme en di-hydrogénocarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ que l'on va retrouver notamment dans l'eau potable. Lorsque cette eau est chauffée, l'équilibre chimique s'inverse et conduit de nouveau à la précipitation et la cristallisation du calcaire (calcification) sous forme de CaCO_3 .

III Les conséquences de l'entartrage

Conséquences hydrauliques

L'accumulation d'une épaisseur de tartre dans équipements conduit à une diminution des sections de passage. Cela occasionnera une augmentation de la résistance hydraulique des réseaux ce qui conduira dans tous les cas à une augmentation de la dépense énergétique des pompes dans le cas de réseaux fermés ou sur pressés.

Conséquences technologiques

Les épaisseurs de tartre peuvent même amener à ne plus pouvoir sortir les épingles de réchauffage de ballons de production d'eau chaude sanitaire.

L'entartrage peut aussi avoir pour conséquences :

- le blocage des organes de manœuvre des robinetteries,
- l'impossibilité d'obtenir l'étanchéité siège - clapet des robinetteries,
- le blocage des soupapes de sécurité,
- la diminution du volume utile des réservoirs,
- des dégradations des états de surface des appareils sanitaires,

L'entraînement de particules en suspension qui peuvent être abrasives.

III.3 Conséquences thermiques et énergétiques

Les tartres ont des conductivités thermiques très faibles en regard des matériaux utilisés dans la construction des échangeurs : acier ou cuivre.

A comparer aux conductivités thermiques de l'acier ou du cuivre

| Matériau | Conductivité thermique en $W.K^{-1}.m^{-1}$ |
|----------|---------------------------------------------|
| Acier | 18 |
| Cuivre | 235 |

Tableau II.1 : comparaisons aux conductivités thermiques de l'acier ou du cuivre

IV Technique de l'adoucisseur

Plusieurs procédés (physiques et chimiques) sont actuellement disponibles pour résoudre le problème d'entartrage. Les techniques d'adoucissement font appel à trois procédés, à savoir la décarbonatation qui n'élimine que les ions calcium et magnésium liés aux bicarbonates.

Il s'agit alors d'un adoucissement partiel, et l'adoucissement total qui élimine l'ensemble des ions calcium et magnésium, mais sans modifier l'alcalinité de l'eau.

Le troisième procédé est représenté par la nano filtration qui élimine partiellement les ions calcium, magnésium et bicarbonates. Parmi les procédés de décarbonatation, on trouve:

La décarbonatation à la chaux; la décarbonatation à la soude; la décarbonatation sur résines échangeuses d'ions du type cationique carboxylique, régénérée par une solution de chlorure de sodium.

IV.1 L'échange d'ion

Les échanges d'ions sont faits pour fixer les ions et non pour filtrer des matières en suspension, des colloïdes ou des émulsions huileuses, la présence de ces dernières substances ne peut qu'abrégier leur durée de vie

La présence dans l'eau de gaz dissout peut amener d'importantes perturbations dans l'activité des échangeurs, les oxydants énergiques Cl_2 , O_3 affectent les résines.

- Réactions

Ici l'exemple du calcium :



R représente la résine, qui est initialement sous la forme sodium. La réaction avec le magnésium est identique.

La réaction ci-dessus est un équilibre, qui peut être inversé en augmentant la concentration du sodium dans le membre de droite. C'est ce qui se passe avec NaCl , et la réaction de régénération est alors

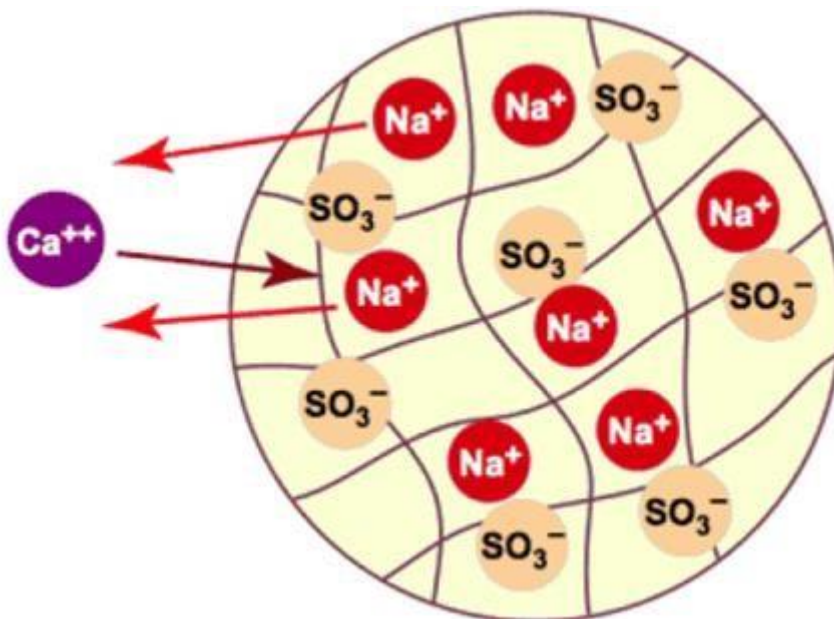


Figure II.1 : exemple d'échange d'ions

Décarbonatation

Ce procédé utilise une résine échangeuse de cations faiblement acide (WAC).

Ces résines sont capables d'éliminer la dureté de l'eau lorsque celle-ci contient aussi des bicarbonates, qui sont des anions alcalins.

Après le traitement, l'eau contient du dioxyde de carbone (gaz carbonique) qui peut être éliminé à l'aide d'un dégazeur. La résine WAC se régénère très facilement avec un acide, généralement l'acide chlorhydrique.

- **Réactions**

Un l'exemple du calcium :



Et les cations hydrogène (H+) se combinent avec les anions bicarbonate pour former du dioxyde de carbone et de l'eau :



Ce qui se passe dans l'eau

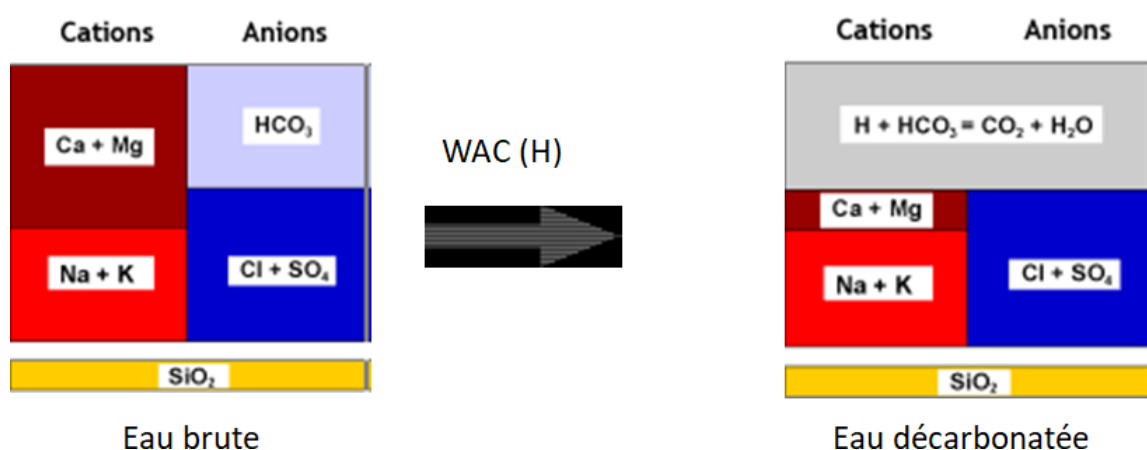


Figure II.2 : fonctionnement d'une résine WAC

Recombinaison de l'hydrogène et du bicarbonate et élimination du gaz carbonique à l'aide d'un dégazeur

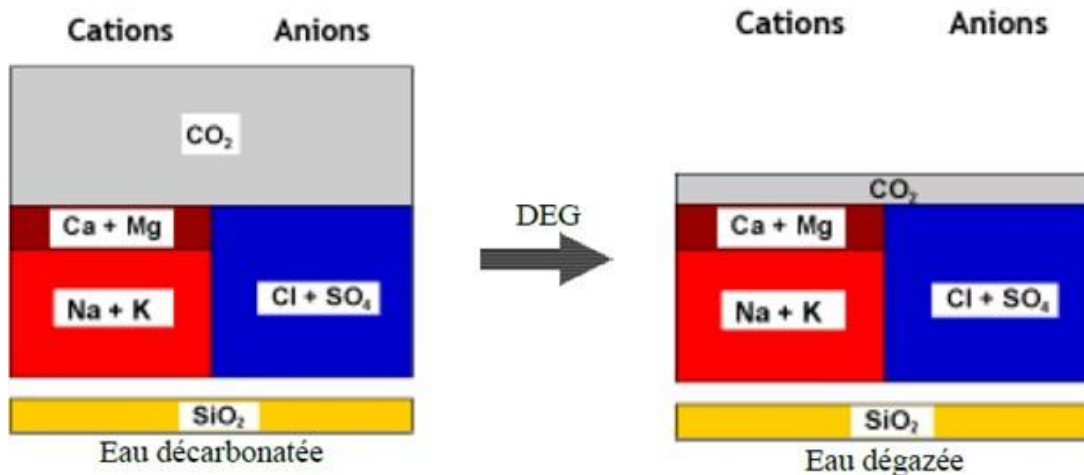


Figure II.3 : élimination du gaz carbonique à l'aide d'un dégazeur

L'osmose inverse

C'est un procédé de séparation par membrane semi-perméable. Ces membranes ne sont perméables qu'aux liquides et non aux corps dissous (sels minéraux, colloïdes) ou aux matières en suspension.

Pour réduire la concentration en sels dissous d'une eau il suffit de lui appliquer une pression supérieure à la pression osmotique afin de forcer les molécules d'eau à travers la membrane semi-perméable. Il s'agit alors d'osmose inverse.

Si l'on met en contact de l'eau douce avec l'eau de mer par l'intermédiaire d'une membrane qui laisse passer l'eau mais retient les éléments dissous, l'eau douce a tendance à traverser la membrane, il va s'établir une différence de niveau entre le compartiment qui contient l'eau de mer et celui qui contient l'eau douce, ce différentiel est appelé pression osmotique.

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est à dire de la solution concentrée vers la solution diluée, La pression appliquée doit donc être supérieure à la pression osmotique. Pour le dessalement d'eau de mer, la pression doit être d'environ de 50-70 bars.

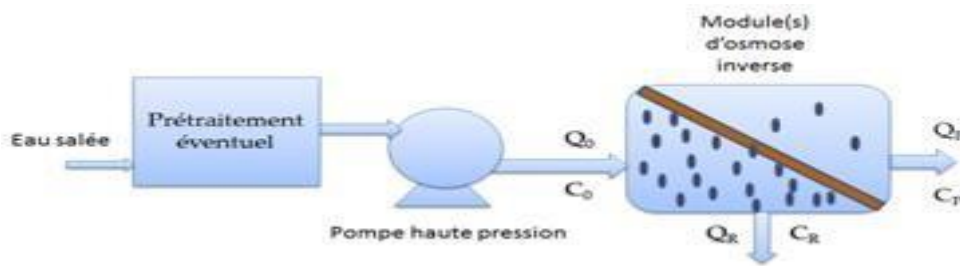


Figure II.4 : Schéma général d'une installation d'osmose inverse

C_0 : concentration initiale de l'eau d'alimentation, mg/L ou en ppm

C_R : concentration du concentrât, mg/L, ou en ppm

C_p : concentration du perméat, en mg/L, ou en ppm

Caractéristiques générales d'un osmoseur

Il y a 3 caractéristiques principales que l'on retrouve sur tous les osmoseurs :

- **Le taux de production (vision quantitative) :**

Le taux de production est la capacité d'un osmoseur (ou d'une membrane) à produire une quantité d'eau donnée en un temps donné.

En règle générale nous l'exprimons en litres par heure mais on rencontre aussi cette quantification sous d'autres forme :

- **Litre par heure** l/h
- **Mètre cube par heure** m³/h
- **Litre par jour** l/j
- **Mètre cube jour** m³/j
- **Le taux de conversion : (rendement)**

le taux de conversion d'une membrane adopté sur un système est généralement basé sur les valeurs « guide line » données par les fabricants de membranes en fonction de critères physico-chimique de l'eau d'appoint très précis.

- Dans les systèmes complexes à plusieurs membrane et/ou avec recirculation il y a deux taux de conversion : le taux de conversion réel et le taux de conversion apparent.

- Taux de conversion réel : nous considèrerons le taux de conversion membrane par membrane selon la formule :

$$Y = \frac{\text{Débit de perméat}}{\text{Débit d'alimentation}} * 100$$

D'une façon générale le taux de conversion apparent des système d'osmose inverse est compris entre des valeurs de 60% pour les eaux les plus difficiles à 80% pour les eaux les plus faciles.

- **Le taux de rejet : vision qualitative**
- Le taux de rejet est l'expression de la performance des membranes d'osmose inverse à rejeter la salinité c'est à dire à produire de l'eau pure.
- Les membranes les moins performantes ont des taux de rejet de 95 à 96%, les plus performante de 99 à 99,5%.
- Il va donc rester dans le perméat de 5 à 0,5 % de salinité dissoute qui va représenter la conductivité de l'eau produite.

V La dureté de l'eau

La dureté d'une eau traduit sa teneur globale en ions calcium (Ca++) et magnésium (Mg++). Elle est exprimée en degrés hydrotimétriques : un degré français correspond à 4 mg/l de calcium ou à 2,4 mg/l de magnésium.

La dureté totale

Est prise en considération chaque fois qu'il s'agit d'éviter des réactions nuisibles ou gênantes entre les ions Ca++ et Mg++ et les produits mis en contact avec l'eau (savons dans

l'usage domestique, nombreux produits dans les processus industriels).

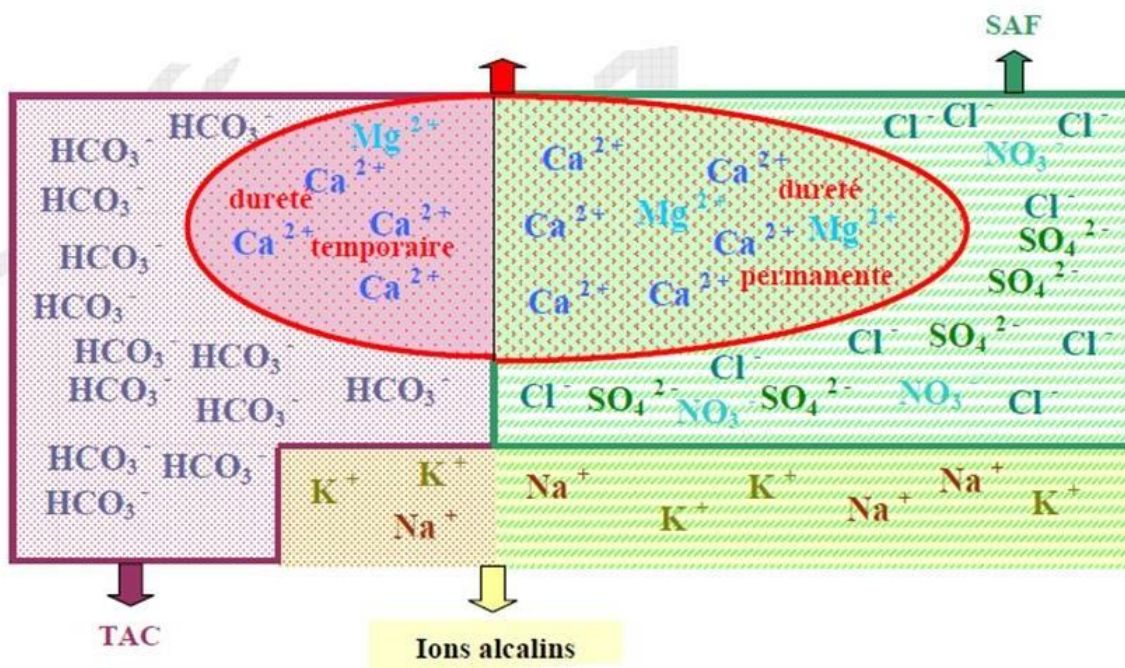


Figure II.5 : schéma présente une dureté totale d'une eau

Tableau II.2 : Plage de valeurs du titre hydrotimétrique

| TH (°F) | 0 à 7 | 7 à 15 | 15 à 25 | 25 à 42 | >42 |
|---------|------------|--------|-------------------|---------|-----------|
| Eau | Très douce | douce | Moyennement douce | Dure | Très dure |

V.2 La dureté temporaire

Est prise en considération quand il s'agit de protéger les parois ou les corps immergés contre des dépôts carbonatés qui se forment rapidement dès que la température dépasse 55 à 60 °C (chaudières basse pression, chauffage central, cuisson de légumes, etc.). Une protection par un adoucissement partiel visant à réduire le TAC est alors souvent suffisante.

V.3 La dureté permanente

Elle est due au résultat des sels de chlorures de sulfate ou d'silicate de calcium et de magnésium dissous dans l'eau, et elle est dite «permanente» car on ne peut pas s'en débarrasser en chauffant l'eau, mais que le chauffage augmente la solubilité de ces sels dans l'eau, et ce type peut être éliminé par traitement chimique en ajoutant un adoucissant tel que le carbonate de sodium (soude).

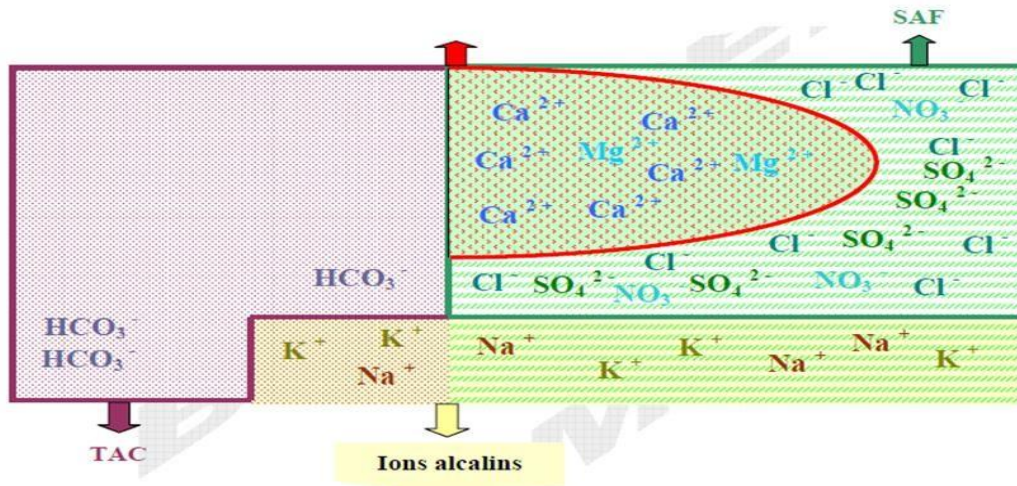


Figure II.6 : schéma présente la dureté permanent d'une eau

VI. Principe aux éléments responsables de la dureté

La dureté d'une eau est due à la présence des ions métalliques bivalents, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+} .

• Le calcium

Est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature. Les eaux potables de bonne qualité ayant des teneurs en calcium comprennent entre 100 et 140 mg/l. La directive de l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 200 mg/L.

• Le magnésium

Est un des éléments aussi très répandus dans la nature, il constitue environ 2,5 % dans l'écorce terrestre. La directive de la communauté européenne recommande un niveau guide de 30 mg/l et l'OMS recommande pour sa limite supérieure une teneur de 85 mg/l.

Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à 1,5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine la lixiviation des terrains traversés, ou les pollutions industrielles; dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'aménages. Le fer peut se rencontrer jusqu'à 10 mg/l dans les eaux de sondage [22]. En pratique on considère souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et la dureté magnésienne: $\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$.

VII Conséquences de dureté

Il existe plusieurs conséquences dont :

VII.1 Conséquences pratiques et domestiques

L'eau dure n'est pas mauvaise pour la santé. Au contraire, il semble que les populations alimentées en eau naturellement dure sont moins sujettes à l'infarctus du myocarde. En revanche, l'eau adoucie peut présenter certains inconvénients tels que pour des localités ayant des anciennes canalisations en plomb induit à la solubilité du plomb.

L'utilisation domestique des eaux dures pose les principaux problèmes suivants:

- L'eau dure mousse difficilement
- L'eau dure produit des dépôts calcaires qui rêche le linge, entartre la tuyauterie, les chaudières et les appareils électroménagers
- Elle durcit les légumes secs à la cuisson
- Goût désagréable au thé.

VII .2 Conséquences sanitaires

Le dépôt calcaire :

Favorise la multiplication bactérienne dans les installations

Augmente la fréquence des calculs urinaires

Effet laxatif en cas de fragilité intestinale

La mortalité par maladies cardiovasculaires est moindre.

***Chapitre III : Station de
Traitement des eaux de la
conserverie El-Ryad***

I INTRODUCTION

Le traitement doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers .

Une eau est dite "dure" lorsqu'elle est chargée en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) et, par opposition, "douce" lorsqu'elle contient peu de ces ions. La dureté d'une eau s'exprime en degrés français (°F). Un degré français correspond à une teneur en calcium et magnésium équivalente à 10 mg/L de CaCO_3 .

II Station de Traitement des eaux pour conserverie El- Ryad



Figure III.1 : Station de Traitement des eaux pour conserverie El- Ryad

Ce travail consiste en l'étude d'une Station de traitement de deux lignes en parallèle d'un débit de 40 m³/h chacune, pour assurer une autonomie des chaînes de production

Notre proposition a été préparée sur la base des analyses qui nous ont été transmises

III Analyses d'eau de forage

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement approprié. Ce contrôle exécuté, l'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau.

analyses physico- chimiques

Tableau III.1 : analyses physiques et chimique d'eau

| Détermination | Unité | Norme | Méthodes d'analyses | Résultats |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------|--------------------------------|
| Turbidité | NTU | < 5 | 2100Q, IS | 1.43 |
| pH | Unité PH | ≤ 6.5 et ≥ 9 | HQ40 | 7.73 |
| Conductivité | µS/cm | < 2800 | HQ40 | 1558 |
| Taux de saturation en Oxygène dissous | % | > 70 | HQ40 | 48.2 % soit en mg/l (4.22mg/l) |
| Dureté (TH) | Mg/l en CaCO ₃ | < 500 | DR3900 | 443 |
| Chlorure | Mg/l | < 500 | DR3900 | 56 |
| Sulfate | Mg/l | < 400 | DR3900 | 131.43 |
| Calcium | Mg/l | 75 à 200 | DR3900 | 175.6 |
| Magnésium | Mg/l | 150 | DR3900 | 103.4 |
| Potassium | Mg/l | 20 | DR3900 | 6.54 |
| Aluminium | Mg/l | 0.2 | DR3900 | 0.012 |
| Phosphore | Mg/l | < 5 | DR3900 | 0.046 |
| Les substances indésirables | | | | |
| Nitrate | Mg/l | < 50 | DR3900 | 2.84 |
| Nitrite | Mg/l | < 0.2 | DR3900 | 0.008 |
| Ammonium | Mg/l | < 0.5 | DR3900 | 0.02 |
| Fluorure | Mg/l | 0.2 à 3 | DR3900 | 0.19 |
| Hydrogène sulfuré | H ₂ S | Abs | Méthode interne | Abs |
| Fer | Mg/l | 0.3 | DR3900 | 0.06 |
| Manganèse | Mg/l | 0.5 | DR3900 | 0.16 |
| Cuivre | Mg/l | 1.5 | DR3900 | 0.041 |
| Zinc | Mg/l | 5 | DR3900 | 0.07 |
| Argent | Mg/l | 0.05 | DR3900 | Abs |
| Les substances toxiques | | | | |
| Arsenic | Mg/l | 0.05 | DR3900 | Abs |
| Cyanure | Mg/l | < 0.05 | DR3900 | Abs |
| Cadmium | Mg/l | < 0.01 | DR3900 | 0.001 |
| Chrome total | Mg/l | 0.05 | DR3900 | 0.001 |
| Mercure | Mg/l | 0.001 | DR3900 | Abs |
| Plomb | Mg/l | < 0.055 | DR3900 | 0.0011 |

- Discutions :

Les eaux souterraines constituent l'une des principales sources d'approvisionnement en eau potable pour la consommation humaine et pour les différentes productions industrielles y compris l'industrie de la tomate industrielle. Celle-ci est une grande consommatrice d'eau qui doit être obligatoirement de bonnes qualités physico-chimiques, puisque la tomate est fortement demandée et consommée quotidiennement par les ménages. A cet effet, l'unité « ERRIAD » a réalisé des analyses physico-chimiques de ses eaux de forages pour la

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

production du concentré de tomates. Les résultats des analyses présentés dans le tableau Montrent que résultat obtenue sont erronés, car l'eau présente une dureté élevée :

$$[\text{Ca}^{+2}] = 175.6 \text{ Mg/L} = 438.5 \text{ ppm de CaCO}_3 = 43.85^\circ\text{f.}$$

$$[\text{Mg}] = 103.4 \text{ Mg/L} = 415.7 \text{ ppm de CaCO}_3 = 42.57^\circ\text{f.}$$

$$TH_{\text{calculé}} = [\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] = 43.85 + 42.57 = 86.42^\circ\text{f.}$$

$$TH_{\text{donnée}} = 44.3^\circ\text{f}$$

Nécessitant ainsi un traitement afin d'obtenir une eau adoucie et éliminer la dureté. Par conséquent, l'eau doit être soumise aux étapes d'adoucissement suivantes

IV critères de conception :

Valeurs de capacité

Tableau III.2 : VALEURS DE CAPACITÉ

| | |
|----------------------------------------|----------------------|
| Flux du système de prétraitement : | 40 m ³ /h |
| Flux de produit de chaque unité : | 20 m ³ /h |
| Pression de conception du système : | 4 bars |
| Température de conception du système : | 25 °C |

Analyses chimiques de l'eau brute

Tableau III.3 : valeur d'analyse chimique de l'eau

brute forage N 01

| Paramètres | Unité | Valeurs |
|-------------|-------|---------|
| Temperature | °C | 21.5 |
| pH | - | 7,71 |
| Turbidité | NTU | <5 |
| TH | °F | 32 |
| TDS | ppm | 1 037 |

Tableau III.4 : Valeurs d'analyse chimique de l'eau

brute forage N°02

| Paramètres | Unité | Valeurs |
|-------------|-------|---------|
| Température | °C | 21.7 |
| pH | - | 7,0 |
| pH | - | 7,0 |
| TH | °F | 30 |
| TDS | ppm | 986 |

IV .3 Valeurs chimiques de l'eau traitée

Selon les caractéristiques de l'eau d'alimentation ci-dessus, l'eau traitée doit répondre aux caractéristiques ci-dessous.

Tableau III.5 : Valeurs d'analyse chimique de l'eau traitée.

| Paramètres | Unit | ValeursPerméat |
|------------|------|----------------|
| pH | - | 6,5 – 8,5 |
| TDS | ppm | < 400 |
| TH | °F | 5-10 |

V Description processus:

Les descriptions des unités du système de traitement de l'eau conçues pour fournir la qualité des effluents nécessaires aux fins d'utilisation en fonction des paramètres d'eau brute sont données ci-dessous.

V.1 Unité de dosage de chlore

Dosage automatique du chlore effectué au niveau du réservoir d'eau brute ; est utilisé notamment pour oxyder les matières organiques (ammoniac et nitrite), les ions comme le fer et le manganèse et pour la désinfection microbiologique de l'eau de puits.

V.2 Filtre à sable

Les filtres à sable sont utilisés pour la séparation des particules supérieures à 20 microns. Les filtres à sable protègent également les autres unités de traitement des particules. Le lavage à contre-courant du filtre est contrôlé par une minuterie et les particules retenues pendant la période de service sont éliminées par vidange.

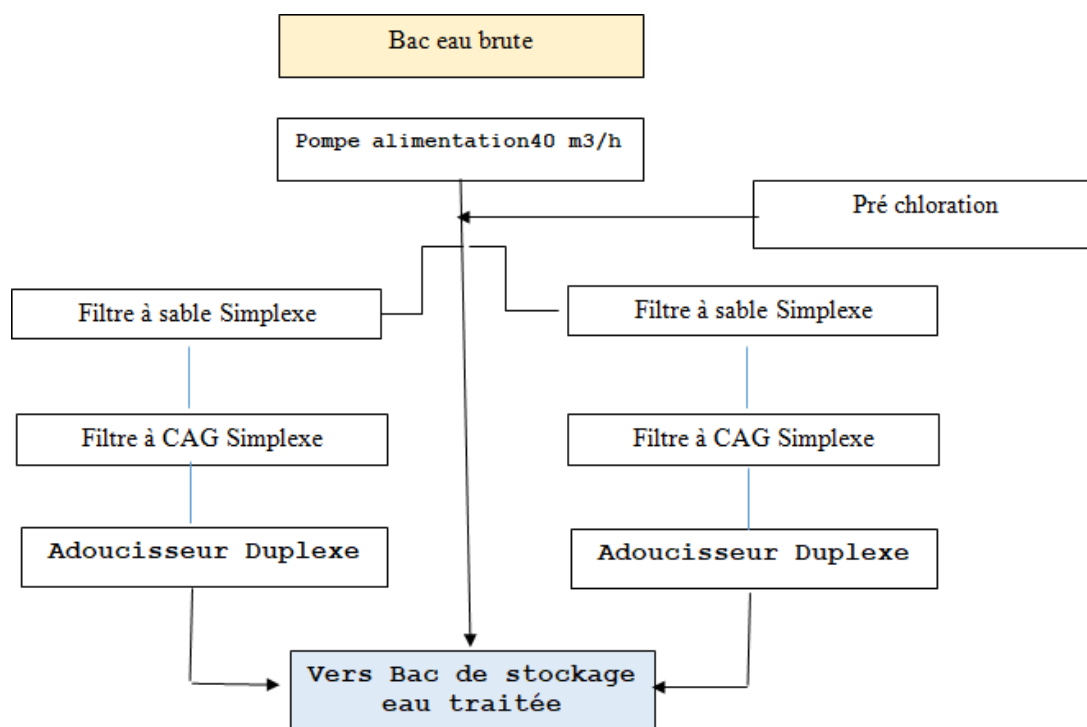
V.3 Filtre à charbon actif

Les filtres à charbon actif sont utilisés pour éliminer ceux qui sont présents ou éventuellement présents dans l'eau brute comme le goût, l'odeur, la couleur, le chlore et les composés chlorés et toutes les matières organiques. Le lavage à contre-courant du filtre est contrôlé par une minuterie et les particules retenues pendant la période de service sont éliminées par vidange.

V.4 Adoucisseur duplexe automatique

Les Adoucisseurs sont utilisés pour réduire la Dureté des eaux des deux forages


Figure III.2 : Chaine de traitement retenue



VI spécification techniques de traitement

Unité de dosage de chlore

Tableau III.6 : Unité de dosage de chlore

| | | |
|---------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| marque | DLX-MA 5/7 |  |
| Quantité | 1 | |
| Capacité | 5 lt/h – 7 bar | |
| Controler | On-off controlé | |
| Spécification | 120 L Bac | |

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

Filtre à sable

| | | |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type | Vertical |  |
| Quantité | 2 (Simplex) | |
| Capacité du Filtre | 20 m ³ /h/filtre | |
| Entrée / sortie | DN 50 | |
| Vitesse de Filtration | 17,09 m/h | |
| Sensibilité | 20 – 50 micron | |
| Dimensions du réservoir | 36 x 72 | |
| Matériau du Réservoir | FRP | |
| Matériau des tubes | PVC |  |
| Qtité Media Filtrant : | 700 litre /filtre – Matière AG | |
| Vanne Automatique: | Clack WS CK -2" |  |

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

Filtre à charbon actif

| | | |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type | Vertical |  |
| Quantité | 2 (Simplexe) | |
| Capacité du filter | 20 m ³ /h/filtre | |
| Entrée / sortie | DN 50 | |
| Vitesse de Filtration | 17,09 m/h | |
| Sensibilité | 20 – 50 micron | |
| Dimensions du réservoir | 36 x 72 | |
| Matériau du Réservoir | FRP | |
| Matériau des tubes | PVC | |
| Qtité Media Filtrant | 00 /filtre – Quartz sand |  |
| | 700 L/filtre – Activated carbon | |
| Vanne Automatique: | Clack WS CK -2" |  |

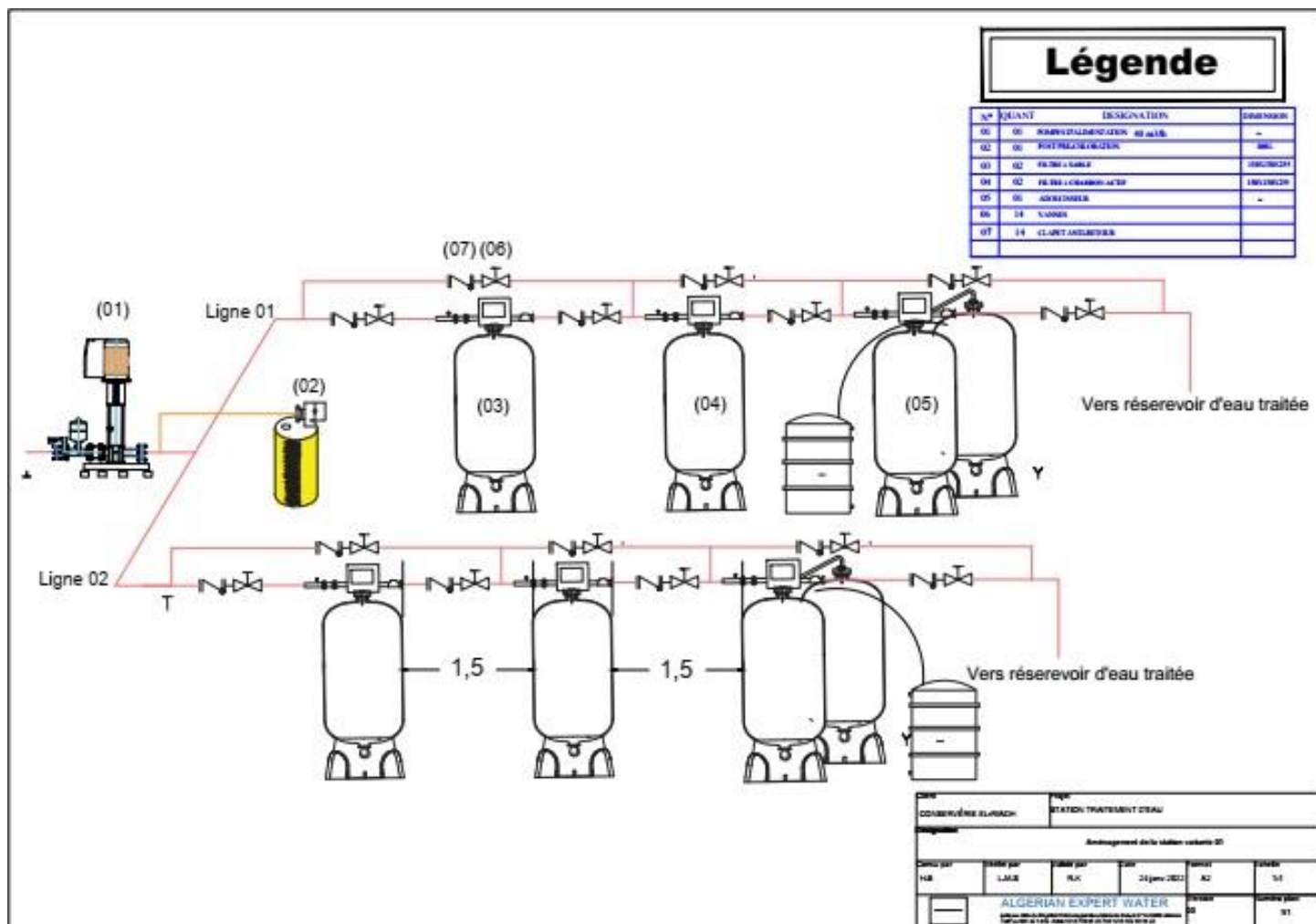
Adoucisseur Duplexe

Tableau III.7 : caractéristique d'adoucisseur duplex

| | | |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Type | Vertical |  |
| Quantité | 2 (Duplexs) | |
| Capacité du filter | 20 m ³ /h/filtre | |
| Entrée / sortie | DN 50 | |
| Vitesse de Filtration | 17,09 m/h | |
| Sensibilité | 20 – 50 micron | |
| Dimensions du réservoir | 36 x 72 | |
| Matériau du Réservoir | FRP | |
| Matériau des tubes | PVC | |
| QtitéRésine | 1 400 L– résine cationiqueDowex | |
| VanneAutomatique: | Fleck FleckDuplexe 2910/1710 NXT | |

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

Figure III.3 : schéma de traitement des eaux a 2 lignes



VII Caractéristiques techniques de la vanne fleck NXT/NXT2 2910 de l'adoucisseur

Tableau III.8: Caractéristiques de vanne 2910

| | |
|---------------------|---------------|
| Type de vanne | 2910/1700 |
| Régénération réglée | Déclenchement |
| Chronométrique | 7 – 12 jours |

Programmation de vanne et calcul de la durée des cycles (5 cycles)

Détassage

L'écoulement de l'eau est inversé par la vanne et est dirigé vers le bas du tuyau de colonne montante pour remonter ensuite à travers le lit de résine. Pendant le cycle de détassage, le lit est décompacté et les débris sont évacués vers l'égout, tandis que le lit de résine est rebassé.

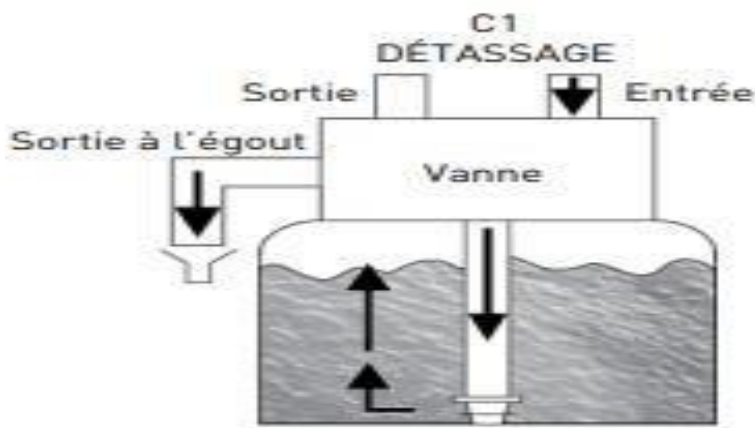


Figure III.4 : schéma de cycle 1 détassage

✓ Calcule la durée de détassage

$$T_{Detassage} = (N_{vlde} \times BV) / Q_{DLFC}$$

La durée de détassage est généralement entre 10 et 15 min

Où :

- $T_{Detassage}$: durée du détassage [min]

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

- N_{vlde} : nombre de volumes de lit nécessaires pour le détassage
- BV : volume de lit [l]
- Q_{DLFC} : taille de contrôleur du débit de la sortie à l'égout [l/min]

Calculer le BV :

- On à la dureté de l'eau est : $TH= 50^{\circ}f$ ou 10még/L
- Et comme la résine échangeuse de cations fortement acides (SAC) donc la capacité utile est entre **0.6 et 1,7** à partir le tableau suivant :

| Type de résine* | Capacité totale | Capacité utile |
|-------------------|-----------------|----------------|
| WAC (cat. faible) | 3,7 à 4,5 [4,2] | 1,0 à 3,5 |
| SAC (cat. forte) | 1,7 à 2,2 [2,0] | 0,6 à 1,7 |
| WBA (an. faible) | 1,1 à 1,7 [1,3] | 0,8 à 1,3 |
| SBA (an. forte) | 0,9 à 1,4 [1,2] | 0,4 à 0,9 |

Tableau III.9 : valeurs typiques pour la capacité totale et opératoire des résines les plus courantes

Donc : on trouve la capacité utile $1,2\text{ég/L} = 1200\text{még/L}$

Alors : $1200/10 = 120\text{L}$

$BV = 120\text{L}$

Information : La valeur normale du volume d'eau à utiliser pour le détassage se situe entre 1,5 et 4 fois le volume de lit, selon la qualité de l'eau à l'entrée. []

A partir cette information on trouve le Volume de détassage est :

$$2 * 120 = 240 \text{ L}$$

$$V_{\text{détassage}} = 240\text{L}$$

On calcule le nombre de volume de lit de résine:

$$N_{\text{VOLUME Résine}} = V_R / BV$$

On a $V_R = 700\text{L}$ et $BV = 120\text{L}$ donc : $N_{\text{VOLUME Résine}} = 700/120 = 6$

$$N_{\text{VOLUME Résine}} = 6$$

Donc on multiplie le volume de détassage fois 6 et en devise par le BV on trouve le nombre de volume de lit de détassage.

On applique: $(240 * 6) / 120 = 12$ c'est le nombre de volume de lit de détassage.

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

- $Q_{DLFC} = 30 \text{ gpm} = (30 \times 0,2727) \text{ m}^3/\text{h} = 1,9089 \text{ m}^3/\text{h} = 136,35 \text{ l/min}$
 On trouve cette valeur à partir le tableau suivant :

| Syst. de saum. | Diamètre de bouteille | Volume de résine L | Injecteur | | | | DLFC [gpm] | BLFC | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------|-------|---------|---------------|----------|----------|
| | [po] | | DF | Couleur | UF | Couleur | | DF [gpm] | UF [gpm] |
| 1600/ 1650 | 14 | 60 - 85 | 3 | Jaune | 2 | Bleu | 5,0 | 1,0 | 1,0 |
| | 16 | 85 - 115 | N/A | N/A | 3 | Jaune | 7,0 | N/A | |
| 1700/ 1710 | 16 | 85 - 115 | 3C | Jaune | N/A | N/A | | 1,2 | N/A |
| | 18 | 150 - 165 | | | 3C | Jaune | 10,0 | 2,0 | 2,0 |
| | 21 | 115 - 200 | 4C | Vert | Jaune | Vert | 12,0 | 15,0 | |
| | 22 | 115 - 200 | | | | | 4C | | |
| | 24 | 200 - 285 | 5C | Blanc | | | 15,0 | | |
| | 30 | 285 - 425 | 6C | Rouge | 5C | Blanc | 25,0 | 4,0 | 4,0 |
| | 36 | 425 - 525 | 7C | Noir | 6C | Rouge | 30,0 | 5,0 | 5,0 |
| 36 | 500 - 600 | 7,0 | | | | | | 7,0 | |

Tableau III.10 : Configuration recommandée de la vanne et de l'injecteur/DLFC/BLFC System De saumurage Diamètre de bouteille

Application numérique :

$$T_{\text{Detassage}} = (12 \times 120) / 136,35 = 10 \text{ min}$$

$T_{\text{Detassage}} = 10 \text{ min}$; le résultat est vérifié

- ✓ Si on trouve la valeur 4 : donc ; $4 \times 120 = 480 \text{ l}$ alors ; le nombre de volume de lit de détassage est 24 et : $T_{\text{Detassage}} = (24 \times 120) / 136,35 = 21 \text{ min}$

saumurage

La vanne dirige l'eau à travers l'injecteur de saumure et la saumure est extraite du bac à sel. La saumure est ensuite dirigée vers le bas à travers le tuyau de la colonne montante puis remonte via le lit de résine jusqu'à l'égout. Les ions de dureté sont remplacés par les ions sodium et sont envoyés à l'égout. La résine est régénérée pendant le cycle de saumurage. Ensuite, la phase de rinçage lent commence.

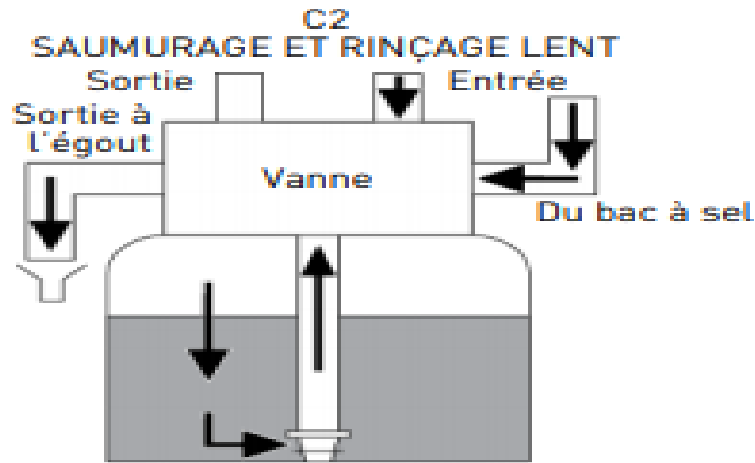


Figure III.5 : schéma de cycle 2 saumurage

✓ Calcule la durée de saumurage

$$T_{\text{Saumurage}} = V_{\text{Saumurage}} / Q_{\text{extr}}$$

Où :

- $T_{\text{saumurage}}$: durée du saumurage [min]
- $V_{\text{saumurage}}$: volume de saumure à aspirer [l]. (voir Calcul du remplissage)
- Q_{extr} : débit d'injection de saumure [l/min]

Calcule le volume de saumure à aspirer :

Astuce: Lors du calcul de la durée nécessaire au saumurage, prendre en compte le fait que le volume de saumure [V_{eausaum}] sera 1,125 fois supérieur au volume d'eau de remplissage .

$$V_{\text{Saumurage}} = 1.125 * V_{\text{EAUSAUM}}$$

Avec : $V_{\text{EAUSAUM}} = (D_{\text{SEL}} * \text{BV}) / S_{\text{SOL}}$

Où :

- V_{EAUSAUM} : volume d'eau de remplissage pour la préparation de la saumure [l]
- D_{SEL} : Taux de saumurage par litre de résine [gr/l]
- BV : Volume de lit [l]
- S_{SOL} : 360 g/l - Solubilité du sel par litre d'eau

- $S_{SOL} = 360\text{gr/l}$
- $BV = 120\text{ l}$
- $D_{SEL} = 200\text{ gr/l}$

Information : La capacité d'échange de résine dépendra de la quantité de sel à injecter dans le lit de résine durant la régénération.

On a la capacité d'échange = 6 °f.m^3 donc taux de saumuration = 200gr/l a travers le tableau suivant :

| Poids du sel [g/L _{résine}] | Capacité correspondante d'échange de résine [g/L _{résine}] équivalent CaCO ₃ | °f.m ³ [par L _{résine}] | °dH.m ³ [par L _{résine}] |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 140 | 53.8 | 5.38 | 3.01 |
| 150 | 55.5 | 5.55 | 3.1 |
| 170 | 58.5 | 5.85 | 3.27 |
| 200 | 62.7 | 6.27 | 3.5 |
| 230 | 66.9 | 6.69 | 3.74 |
| 260 | 71 | 7.1 | 3.97 |
| 290 | 75.3 | 7.53 | 4.21 |

Tableau III.11 : Capacité d'échange de résine en fonction du taux de saumuration

Donc on trouve :

$$V_{EAUSAUM} = 1.125 * [(200 \times 120) / 360]$$

$$V_{EAUSAUM} = 74.99\text{l}$$

Comme le type de vanne 2910 est 2910/1700 donc on trouve la valeur de débit d'injection de saumure à partir le graphe injecteurs 1700/1710 suivant :

$$Q_{extr} = 2\text{l/min}$$

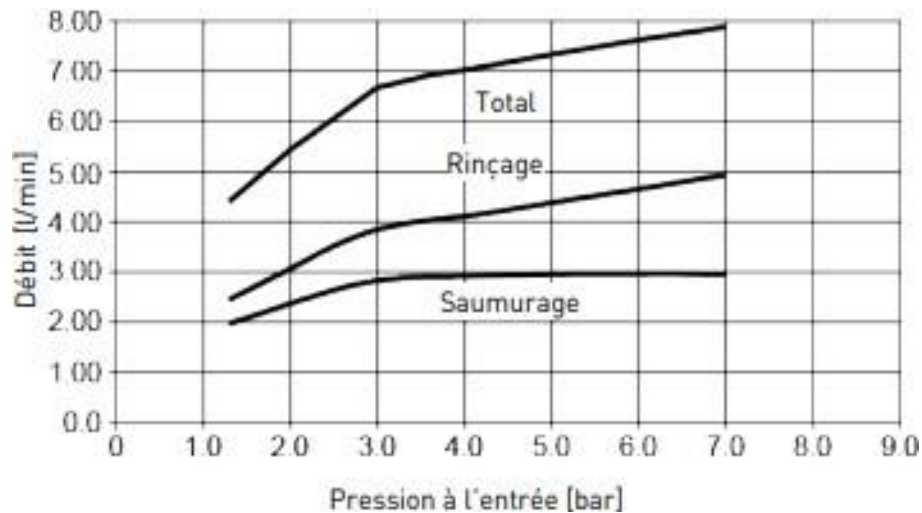


Figure III.6: débit de l'injecteur en fonction de la pression à l'entrée

Application numérique :

$$T_{\text{Saumurage}} = V_{\text{EAUSAUM}} / Q_{\text{extr}} = 74.99 / 2 = 37 \text{ min}$$

$T_{\text{Saumurage}} = 37 \text{ min}$; alors le résultat est vérifié

Rinçage rapide

La vanne dirige l'eau vers le bas à travers le lit de résine puis vers le haut via le tuyau de la colonne montante jusqu'à l'égout. Tout résidu de saumure est éliminé du lit de résine tandis que le lit est décompacté.

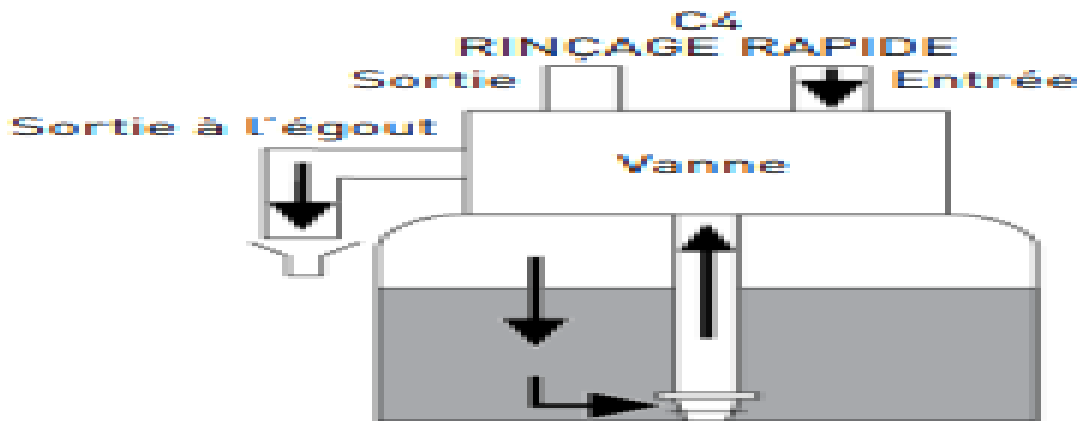


Figure III.7 : schéma de cycle 3 rinçage rapide

Calcule la durée de rinçage rapide :

$$T_{Rincage\ Rapide} = (N_{vr.r} * BV) / Q_{DLFC}$$

OU :

- $T_{Rincage\ Rapide}$: Durée du rinçage rapide [min].
- $N_{vr.r}$: Nombre de volumes de lit nécessaires pour un rinçage rapide.
- BV : volume de lit [l].
- Q_{DLFC} : Taille de contrôleur du débit de la sortie à l'égout [l/min].

On calcule le volume de rinçage rapide :

Information : Le volume d'eau à utiliser pour le rinçage rapide se situe généralement entre 1 et 10 BV.

Alors ; $V_{Rincage\ Rapide} = 5.5 * BV = 5.5 * 120 = 660l$

Calcule le nombre de volume de lit de rinçages rapide :

On multiplie le volume de rinçages rapide fois le nombre de volume de lit de résine et divisé par le volume de lit on trouve le nombre de volume de lit nécessaire pour le rinçage rapide

Application:

Chapitre III : Station de Traitement des eaux de la conserverie El-Ryad

- $N_{RR} = (6 \cdot 660) / 120 = 33$
- $BV = 120L$
- $Q_{DLFC} = 30\text{gpm}$ (à partir le tableau de configuration recommandée des vannes de l'injecteur 1700 DLFC)

$$30\text{gpm} = 1136.56 \text{ l/min} \quad (1\text{gpm} = 0.2727 \text{ m}^3/\text{min})$$

Application numérique:

$$T_{\text{Rincage Rapide}} = 33 \cdot 120 / 1136.56 = 34\text{min}$$

$T_{\text{Rincage Rapide}} = 34\text{min}$; alors le résultat est vérifié

Remplissage

L'eau est dirigée vers le bac à sel avec un débit régulé par le contrôleur du débit de remplissage, afin de préparer de la saumure pour la prochaine régénération. Pendant le remplissage du bac à sel, de l'eau traitée est déjà disponible en sortie de vanne.

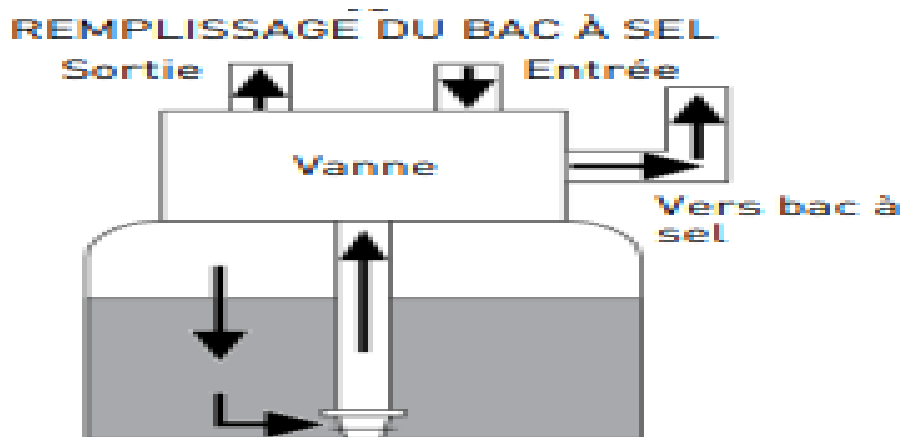


Figure III.8 : schéma de cycle 4 remplissage du bac a sel

Calcule la durée de remplissage :

$$T_{\text{Remplissage}} = V_{\text{eausaum}} / Q_{BLFC}$$

OU :

- $T_{\text{Remplissage}}$: Durée du remplissage [min].
- V_{eausaum} : Volume d'eau de remplissage pour la préparation de la saumure [l].

- Q_{BLFC} : Taille du BLFC [L/min].

Alors ;

Calcule le Volume d'eau de remplissage pour la préparation de la saumure :

$$\text{Volume d'eau de remplissage} = V_{\text{eausaum}} / 1.125$$

Donc : Volume d'eau de remplissage est $(74.99/1.125) = 66.66l$

$Q_{BLFC} = 7\text{gpm}$; (a partir le tableau de configuration recommande de la vanne de l'injecteur 1600 BLFC).

$$Q_{BLFC} = 7\text{gpm} = 4.545 \text{ l/min}; \quad (1\text{gpm} = 0.2727 \text{ m}^3/\text{min}).$$

Application numérique :

$$T_{\text{Remplissage}} = 66.66 / 4.545 = 14\text{min}$$

$T_{\text{Remplissage}} = 14\text{min}$; le résultat est vérifié

Cycle service-mode normal

L'eau non traitée percole vers le bas à travers le lit de résine, puis vers le haut à travers le tuyau de la colonne montante. Les ions de dureté se fixent sur la résine et sont éliminés de l'eau brute par un échange avec les ions de sodium présents sur les perles de résine. L'eau est ainsi adoucie en traversant le lit de résine.

Conclusion

Dans cette perspective, nous avons opté à faire un traitement d'eau par un adoucisseur équipé par une vanne « FLECK 2910 NXT » pour une eau de forage qui présente une dureté de $50^\circ F$. Cet adoucisseur fonctionne sur le principe de la captation des ions calcium (Ca^{2+}) et des ions magnésium (Mg^{2+}), qui déterminent la dureté d'une eau.

En suivant les différentes étapes d'adoucissement qui commence par le détassage suivit par le saumurage, rinçage rapide et termine par un remplissage et en faisant les calculs relatif. Notre étude a donnée des résultats vérifiés et satisfaisants.

Conclusion générale

Conclusion générale

Selon les recommandations de l'organisation mondiale de la santé, elles directives européennes et américaines sur les normes des paramètres physico-chimiques d'eau de consommation, l'eau dure n'était pas considérée comme un problème de santé publique mais elle a toujours pouvait entraîner des inconvénients comme les dépôts de calcaire dans les réseaux de distribution, les chaudières et les machines à laver, dépenses supplémentaires en énergie, risque de développement bactérien, risque de dissolution du plomb des canalisations...etc. Où la nécessité d'adoucir l'eau.

Dans cette perspective, nous avons opté à faire un traitement d'eau par un adoucisseur équipé par une vanne « FLECK 2910 NXT » pour une eau de forage qui présente une dureté de **50 °f** Cet adoucisseur fonctionne sur le principe de la captation des ions calcium (Ca^{2+}) et des ions magnésium (Mg^{2+}), qui déterminent la dureté d'une eau.

En suivant les différentes étapes d'adoucissement qui commence par le détassage suivit par le saumurage, rinçage rapide et termine par un remplissage et en faisant les calculs relatif. Nous avons trouvée :

$$T_{\text{Detassage}} = 10\text{min}$$

$$T_{\text{Saumurage}} = 37\text{min}$$

$$T_{\text{Rincage Rapide}} = 34\text{min}$$

$$T_{\text{Remplissage}} = 14\text{min}$$

Ces résultats sont comparables aux valeurs habituellement pré-programmé sur les vannes livrées par les fournisseurs de ce type d'appareils.

Références bibliographie

1. Boeiglin, Jean-Claude. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Techniques de l'ingénieur, Dossier P4210. 10 09 2010.
2. Carte de France du taux de dureté de l'eau suivant les régions, sur CFacilo.com, 22 janvier 2018.
3. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Eau>.
4. Khouadja brahim & Ataouat brahim, contribution à l'étude d'adoucissement des eaux Souterraines (cas de la région d'ouargla), université kasdi merbah –Ouargla, P 4.
5. A. Kettab (docteur d'état en hydraulique, maître de conférence à l'E.N.P), «Traitement des eaux», (1992).
6. Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
7. A. Dupont, hydrologie-captage et traitement des eaux, hydraulique, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).
8. Harez Amira, Djelailia Hanane, étude d'une station de traitement et de production d'eau potable à partir d'un forage « hôpital el-hadjar », mémoire de master, u.b.m. annaba, P 7-18.
9. FLECK NXT/NXT2 2910