



وزارة البحث العلمي و التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des sciences et de la technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



N° d'ordre : M2 .../GP/2020

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Option : GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT

Présenté Par

M^{lle} Yasmina BENDACHA

M^r Abdelkader ARADJ

Thème

**Modification du procédé de traitement des eaux saumâtres par
insertion des résines échangeuses d'anions dans l'industrie
laitière de Sidi Saada**

Soutenu le 31/08/2020 devant le jury composé de :

Président : M. R. GHEZZAR Pr Université de Mostaganem

Examinatrice : S. ABDELLI MCB Université de Mostaganem

Rapporteur : H. BOUZID MCA Université de Mostaganem

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la patience et le courage de réaliser ce travail,

*Nous tenons à remercier vivement notre enseignant et promoteur **Mr Habib BOUZID** pour sa gentillesse, son aide et ses conseils précieux,*

Nous voudrions ensuite remercier tous les membres du jury qui vont juger ce travail et nous faire profiter de leurs connaissances et remarques constructives :

***Mr M. R. GHEZZAR** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de ce modeste travail.*

***Mme S. ABDELLI** qui a spontanément eu la volonté et l'honneur d'examiner ce travail, pour l'intérêt qu'elle a porté pour notre travail.*

Leurs critiques et commentaires seront bénéfique pour enrichir nos connaissances dans ce domaine.

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciements à Monsieur **Mokhtar Djawed**, chef de service du laboratoire pour nous avoir accueillis dans son équipe au sein du laboratoire de l'unité laitière de Sidi Saada.

Que Monsieur **Maamar Boualem**, directeur de maintenance de l'unité laitière de Sidi Saada, accepte en ces lignes nos sincères remerciements pour nous avoir guidés et encouragés tout au long du stage.

Nous remercions également **Mme Noura Benouis**, chef de service de laboratoire physico-chimique de l'Algérienne Des Eaux pour le complément des analyses physico-chimiques.

En fin, à toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :
A mes très chers **parents** qui ont sacrifié leur
vie pour ma réussite et qui
Ont éclairé mon chemin par leurs conseils
judicieux,
Que Dieu leur prête bonheur et bonne santé,
A mon très cher frère **Ahmed**, et ma chère
sœur **Marwa**,
Je vous souhaite une vie pleine de joie, de
bonheur et de réussite,
A toute ma famille,
A tous mes amis, et voisins,
A tous ceux qui m'ont encouragé dans ma vie.

Yasmina

Dédicaces

Que ce travail témoigne mes respects
A mes parents : Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fières de moi.

A mes très chères sœurs Nesrine et Meriem, qui m'ont encouragé je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité.

Je dédie ce travail à la mémoire de ma grand-mère, que Dieu lui fasse miséricorde

A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Abdelkader

Liste des figures

Figure N°1: le principe d'osmose inverse

Figure N°2 : principe de l'osmose l'osmose inverse

Figure N°3 : principe de l'électrodialyse

Figure N°4 :Organigramme de l'institution

Figure N°5: diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert (Unité fromagerie de Sidi SAADA)

Figure N°6 : Diagramme de fabrication du lait reconstitué

Figure N°7 : Processus de prétraitement des eaux saumâtres.

Figure N°8 : Description d'un module spiralé d'osmose inverse

Figure N°9 : Colonne à résines échangeuses d'ions

Figure 10 : CO₂ libre avant dégazeur

Figure 11 : CO₂ libre après filtre à charbon actif

Figure 12 : CO₂ après dégazeur

Liste des tableaux

Tableau (1): Substances présentes dans l'eau.

Tableau (2) : propriétés des échangeurs d'ions cationiques.

Tableau (3) : propriétés des échangeurs d'ions anioniques.

Tableau (4) : Les normes Algériennes de potabilité (Algérienne des eaux).

Tableau (5) : les principales dates de création et de mise en service du complexe laitier de SIDI SAADA.

Tableau (6) : fabrication et commercialisation des produits laitiers.

Tableau (7) : Analyses de l'eau de forage.

Tableau 8 : Analyses de l'eau après filtre à sable.

Tableau 9 : Analyses de l'eau après filtre à charbon actif.

Tableau 10 : Analyses de l'eau d'alimentation d'osmose inverse (après microfiltration).

Tableau 11 : Analyses de l'eau de perméat d'osmose inverse.

Tableau 12 : Analyses de l'eau de rejet d'osmose inverse.

Tableau 13 : Analyses de l'eau adoucie avant chaudière avant dégazeur.

Tableau 14 : Analyses de l'eau d'alimentation chaudière après dégazeur.

Tableau 15 : Analyses de l'eau de rejet de la chaudière.

Tableau 16: Les résultats d'analyses de Conductivité, SO₄²⁻, NO₃⁻ et SiO₂ dans les eaux après charbon actif, avant dégazeur et après dégazeur.

Liste des abréviations

EDTA : Acide Ethylène Disodique Tétra acétique.

°C : degré Celsius.

°F : degré français.

MES : matières en suspension.

NET : Noir d'ériochrome T.

TA : titre alcalimétrique.

TAC : titre alcalimétrique complet.

TH : titre hydrométrique.

Cl : Chlore

pH : potentiel d'hydrogène.

T : température

UV : ultraviolet.

OI : Osmose Inverse

µs: micro-siemens

MF : microfiltration

Va : volume anion

SAF : sels d'acides forts

Tables des matières

Introduction générale.....	1
I.1 Traitement des eaux brutes.....	4
I.2 Introduction.....	4
I.3 L'eau brute.....	4
I.4 Les principales ressources hydriques naturelles.....	4
I.4.1 Eaux de pluie.....	4
I.4.2 Eaux souterraines.....	4
I.4.3 Eaux de surfaces.....	5
I.4.4 Les eaux de mer.....	5
I.5 Composition des eaux brute [12].....	5
I.6 L'objectif du traitement des eaux.....	7
I.7 Les étapes de traitement des eaux.....	7
I.7.1 Le prétraitement.....	8
I.7.1.1 Le dégrillage [13].....	8
I.7.1.2 Le dessablage.....	8
I.7.1.3 Le débouage.....	9
I.7.1.4 Le tamisage.....	9
I.7.2 Le traitement primaire.....	9
I.7.3 Le traitement secondaire (traitement physico-chimique).....	10
I.7.3.1 La coagulation-floculation.....	10
I.7.3.2 La décantation.....	10
I.7.4 Le traitement tertiaire.....	11
I.7.4.1 La filtration.....	11
I.7.4.2 L'adsorption.....	12
I.7.4.3 La désinfection.....	12
I.7.4.4 La déminéralisation.....	13
II. Présentation du complexe laitier Sidi Saada.....	23
II.1 Historique.....	23
II.2 Identification.....	23
II.3 Situation géographique.....	23

II.4	Infrastructures	24
II.5	Organisation	24
II.6	Produits fabriqués.....	25
II.7	Fromage à pate molle type « camembert ».....	27
II.7.1	Description de la technologie de fabrication du camembert à l'unité de Sidi Saada 27	
II.7.2	Réception du lait	28
II.7.3	Standardisation.....	28
II.7.4	Pasteurisation.....	28
II.7.5	Maturation.....	28
II.7.6	Coagulation	29
II.7.7	Tranchage	29
II.7.8	moulage-égouttage	29
II.7.9	Salage	29
II.7.10	Ressuyage	29
II.7.11	Affinage	30
II.7.12	Séchage et Conditionnement	30
II.7.13	Stockage.....	30
II.8	Procédé de fabrication du lait reconstitué et du lait de vache au niveau de laiterie sidi Saada :32	
II.8.1	La Réception du lait cru.....	32
II.8.2	La filtration :	32
II.8.3	refroidissement et stockage :.....	32
II.8.4	L'eau de reconstitution:.....	32
II.8.5	La Reconstitution du lait	32
II.8.6	Mélange.....	32
II.8.7	Filtration du mélange	33
II.8.8	Homogénéisation.....	33
II.8.9	Le dégazage.....	33
II.8.10	La pasteurisation	33
II.8.11	Le refroidissement.....	33
II.8.12	Stockage tampon.....	33
II.8.13	Conditionnement	33
II.9	Traitement des eaux saumâtres	35
II.9.1	Définition des eaux saumâtres :	35
II.9.2	Origine de l'eau de procès	35

II.9.3	Les Procédés de prétraitement des eaux saumâtres avant l'osmose inverse	36
II.9.3.1	Désinfection.....	36
II.9.3.2	Filtration.....	36
II.9.3.3	Microfiltration	36
II.9.4	Traitement final par osmose inverse.....	38
II.9.4.1	Qu'est-ce que l'osmose inverse ?	38
II.9.4.2	Type de module utilisé par l'unité laitière de sidi Saada	38
III.	Modification du procédé de prétraitement d'eau saumâtre dans le complexe laitier Sidi Saada	41
III.1	Introduction.....	41
III.2	Les analyses physico-chimiques des eaux dans chaque étape du prétraitement:	42
III.3	Interprétation des résultats d'analyses.....	46
III.3.1	Chlorures (Cl ⁻)	46
III.3.2	Dureté totale (TH).....	47
III.4	Principe de calcul d'une colonne à résine échangeuses d'anions.....	47
III.4.1	Pour le volume d'eau à fournir V :.....	52
III.4.2	Application numérique :.....	52
III.4.3	Interprétation du résultat	52
	Conclusion générale	54
	Recommandations.....	56
Références bibliographiques		
Annexes		
RESUME		

Introduction générale

L'eau, molécule simple et indispensable pour la continuité de toute sorte de vie ainsi qu'au développement des populations. Elle est un enjeu vital, économique et culturel. L'eau est si familière qu'on oublie souvent son rôle, son importance et sa nécessité absolue. Sans l'eau, la terre ne serait qu'un astre mort, et aucune vie humaine, biologique ou animale, n'existerait [1].

La qualité de l'eau destinée à la consommation humaine est une priorité pour toute population, qu'elle soit urbaine ou rurale. Elle constitue l'élément majeur du monde minéral et biologique, c'est également le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine [2].

Le secteur agroalimentaire représente, dans les pays de l'arc méditerranéen, entre 10 et 20 % approximativement de la totalité du secteur industriel. L'Algérie est le seul pays à se situer au-dessous de ce rang avec seulement 2 %. C'est un pays nettement importateur ; il ne produit en effet que 40 % des produits laitiers dont il a besoin. Une des causes principales de la faiblesse du secteur laitier est le développement limité du réseau d'approvisionnement en lait frais issu des fermes. Le lait de consommation en Algérie est du lait reconstitué obtenu principalement du lait écrémé en poudre importée. Le lait frais est rarement disponible sur le marché et les consommateurs achètent normalement du lait reconstitué ou du lait entier en poudre prêt à consommer (26 % de teneur de matière grasse) [3].

Une eau dure peut occasionner des problèmes graves qui s'avéreront coûteux à long terme. Une eau dont la teneur en calcium ou en sels minéraux est élevée réduit l'efficacité des agents de nettoyage. Le tartre peut également s'accumuler dans les lactoducs et favoriser le dépôt des pierres de lait le long des conduites, ce qui risque à favoriser la formation de biofilm. Si votre eau est trop dure (plus de 30 grains par gallon), vous devriez envisager l'installation d'un adoucisseur d'eau. Une eau plus douce rendra le nettoyage de vos lactoducs plus efficace en réduisant la quantité de détergent nécessaire, ce qui vous permettra d'économiser tout en améliorant la qualité de votre lait. La dureté de l'eau peut également réduire la durée de vie utile de votre chauffe-eau. Lorsque le tartre s'accumule sur les éléments d'un chauffe-eau, l'eau ne chauffe plus aussi rapidement ou n'atteint plus la température adéquate (au moins 76 degrés Celsius), ce qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer et risque de compromettre la qualité de votre lait. Une première étape importante préalable à l'installation d'un système de nettoyage de l'équipement de traite consiste à analyser les propriétés se rapportant à la dureté de l'eau [4].

Dans l'industrie laitière, l'eau est la matière première la plus importante, raison pour laquelle son traitement est d'une importance cruciale, car une simple négligence ou mauvais fonctionnement du matériel peut affecter la qualité du produit fini. Pour cela, l'industrie laitière de Sidi Saada effectue une chaîne de traitement d'eau saumâtre, à savoir une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension (MES), une désinfection par le chlore pour détruire les microorganismes vivants, une filtration par charbon actif pour éliminer le chlore résiduel qui peut endommager les membranes d'osmose inverse, une microfiltration (MF) pour éliminer les MES fines, les colloïdes et les oxydes ferriques, et un traitement final par osmose inverse (RO) pour éliminer le maximum de la salinité de l'eau (97% de rétention des sels par les membranes). Le procédé RO présente l'intérêt de pouvoir fonctionner à température ambiante et de produire une eau de bonne et constante qualité, avec un débit important d'eau traitée (perméat), quelque soit les variations de la quantité de l'eau brute. Cependant, la teneur assez élevée en chlorures reste le problème majeur qui nuit aux canalisations au sein de l'usine, en termes de corrosion, et à la qualité du lait reconstitué dont l'eau ne doit pas excéder 40 mg.L-1.

L'objectif de ce travail est d'éliminer les chlorures présents dans l'eau saumâtre utilisée dans cette industrie laitière en modifiant son procédé de traitement des eaux par l'insertion d'une colonne à résines échangeuses d'anions juste avant l'entrée d'eau dans les modules RO, afin d'améliorer la qualité des produits fabriqués et protéger les équipements utilisés contre la corrosion.

Ce mémoire se compose de 3 chapitres :

Le premier chapitre sera consacré au traitement des eaux brutes.

Le deuxième chapitre abordera la présentation du complexe laitier de Sidi Saada Yellel-Relizane.

Enfin, le dernier chapitre sera basé sur la modification du procédé de prétraitement des eaux par l'insertion d'une colonne de résines échangeuses d'anions dans l'industrie laitière.

C'était prévu que nous assistions, jusqu'à la fin, la réalisation concrète de ce projet sur le site industriel du complexe laitier de Sidi Saada, mais malheureusement suite au problème sanitaire relatif à la pandémie COVID-19 nous avons raté cet avantage où nous étions obligés de quitter le lieu industriel. Cependant, nous avons pu au début d'effectuer plusieurs analyses physico-chimiques au niveau de chaque étape de traitement d'eau brute où un calcul du volume de résines échangeuses d'anions avec sa durée de régénération correspondante a été effectué.

CHAPITRE I

Traitement des eaux brutes

I.1 TRAITEMENT DES EAUX BRUTES**I.2 INTRODUCTION**

L'eau est une des ressources les plus importantes de la planète. Par contre, l'alimentation en eau peut être limitée en quantité et/ou en qualité [5]. Selon qu'elles soient utilisées en tant que source de purification rituelle ou destinées pour une utilisation ordinaire quotidienne [6].

Les eaux brutes ont besoin d'un traitement avant d'être consommées, afin de répondre aux normes en vigueur définissant une eau bonne pour la consommation humaine. Elles sont alors acheminées jusque dans une usine de production d'eau potable. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, liée à son origine, l'eau principale traitée étant les eaux de surface et les eaux souterraines [7].

I.3 L'EAU BRUTE

L'eau brute désigne celle qui n'a pas été traitée, c'est-à-dire, l'eau dans l'état où elle est prélevée dans le milieu naturel, et qui n'a pas été introduite dans le réseau de distribution [8].

I.4 LES PRINCIPALES RESSOURCES HYDRIQUES NATURELLES

On retrouve quatre sources principales d'eau brutes : les eaux de pluies, les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux de mers. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant [9].

I.4.1 EAUX DE PLUIE

Les eaux de pluies sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène (9,15mg/l) et d'azote (16,3mg/l) et ne contient aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces [9].

I.4.2 EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle

importante. Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée [10].

I.4.3 EAUX DE SURFACES

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone [10].

I.4.4 LES EAUX DE MER

Les eaux de mer sont considérées comme une source d'eau brute en cas d'absence des eaux conventionnelles. Elles sont caractérisées par leur concentration en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité [11].

I.5 COMPOSITION DES EAUX BRUTE [12]

- **Solides en suspension**

Leur nature peut être :

- minérale : C'est le cas des sables, limons et argiles.
- biologiques : C'est le cas des bactéries et des produits organiques.

Une classification très succincte des éléments dans l'eau permet d'établir le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1: Substances présentes dans l'eau

Etat des éléments	Nature des éléments
Matière en suspension	sable, argile boues diverse, roches en débris, matière organique, minérale et végétale.
Matière en émulsion	matières organique colloïdales, huile minérale, argile colloïdales.
Matières organiques solubilisées	déchet végétaux, matière azotées, produits de synthèse, organique soluble, etc
Sels minéraux	carbonates bicarbonates, sulfates, calcium, magnésium, sodium, etc...
Microorganisme vivants	champignons, vers, bactérie, virus, etc.
Gaz	oxygène, azote, gaz carbonique, ammoniac

- **Solides dissous (sels)**

Les solides dissous les plus couramment rencontrés sont des :

Bicarbonates,

Chlorures,

Sulfates,

Silicates,

On trouve également des :

Fluorures (F),

Nitrates (NO_3^-),

Nitrites (NO_2^-),

Les gaz dissous,

Le gaz sulfurique H_2S ou hydrogène sulfuré.

I.6 L'OBJECTIF DU TRAITEMENT DES EAUX

- ✓ La santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques ;

- ✓ L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire toute en étant dangereuse (source polluée...) il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir la couleur, l'odeur et le goût ;

- ✓ La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usages (robinetterie, chauffe-eau ...) contre l'entartrage et/ ou la corrosion [13]

I.7 LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX

Un traitement d'une eau brute destinée à la consommation suit généralement les étapes suivantes :

1. Le prétraitement ;

2. Le traitement primaire ;

3. Le traitement secondaire (physico-chimique);

4. Le traitement tertiaire [13].

I.7.1 LE PRETRAITEMENT

Les eaux subissent une étape de prétraitement sur le site de captage avant d'être conduites vers l'unité de traitement [14]. Le prétraitement consiste à une série d'opération uniquement physique ou mécanique [15].

I.7.1.1 Le dégrillage [13]

Le dégrillage, premier post de traitement indispensable sur les eaux. Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage. Le plus souvent il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux. Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval, ...).

On distingue :

- Un pré dégrillage pour un écartement de 30 à 100 mm
- Dégrillage moyen pour un écartement de 10 à mm
- Dégrillage fin pour un écartement de 3 à 10 m

I.7.1.2 Le dessablage

Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2 mm et de masse spécifique de l'ordre de $2,65\text{g/cm}^3$ [16].

L'élimination des sables est une opération indispensable pour :

- ✓ Eviter les dépôts dans les canalisations conduisant à leur bouchage ;
- ✓ Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- ✓ Eviter de perturber les autres stades du traitement (surtout au niveau du réacteur biologique) ;

- ✓ Réduire la production des boues [17].

La technique consiste à faire circuler l'eau brute à traiter dans des bassins dans lesquelles la vitesse de circulation est environ de 0,3 m/s pour éliminer les sables et les graviers.

I.7.1.3 Le débouage

C'est une opération effectuée généralement sur des eaux particulièrement chargées (dépassant une teneur de 10 g/L en matières en suspension). C'est une prédécantation ayant pour but d'éliminer les sables fins et les limons. On trouve des déboueurs de forme rectangulaires ou circulaires, raclés ou non [18].

I.7.1.4 Le tamisage

Le tamisage est une filtration sur toile utilisable dans de nombreux domaines du traitement de l'eau [18].

Cette opération constitue un dégrillage fin ; elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de matières en suspension de petites tailles [4].

I.7.2 LE TRAITEMENT PRIMAIRE

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension [19].

Le processus principal du traitement primaire est la décantation qui est considérée comme un procédé physique qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux [12]. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules [7].

I.7.3 LE TRAITEMENT SECONDAIRE (TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE)

L'objectif principal du traitement physico-chimique est l'élimination des matières non décantables qui se trouvent dans l'eau sous forme colloïdales et qui ont besoin au procédé de coagulation -floculation et décantation [11].

I.7.3.1 La coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux.

Il réside dans la formation, par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées "Flocs".

Coagulation

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables [20].

Floculation

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant. Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du Flocc et une meilleure vitesse de sédimentation [21].

I.7.3.2 La décantation

Après avoir rassemblé les différentes petites particules en beaucoup plus grosses, il va maintenant falloir faire décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile, les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leur poids apparent [22].

I.7.4 LE TRAITEMENT TERTIAIRE

Les traitements tertiaires regroupent toutes les opérations physiques, chimiques ou biologiques qui complètent les traitements primaires et secondaires. Les traitements tertiaires sont nombreux et peuvent constituer une chaîne complexe; les opérations qui les composent dépendent de l'usage que l'on fera de l'eau traitée [16].

I.7.4.1 La filtration

La filtration est un procédé physique qui permet de retenir les matières en suspension à l'aide d'un filtre à sable (filtration sur sable) et microorganismes à l'aide d'un filtre polymérique ou en céramique (filtration sur membrane). Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension [23].

L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [24].

Les filtres à eau sont des dispositifs qui peuvent éliminer le chlore résiduel, les mauvais goûts, les mauvaises odeurs et retenir certaines substances chimiques. Ils retiennent également les sédiments et contribuent donc à protéger l'ensemble des appareils d'électroménagers contre une usure prématurée.

On trouve trois grands types de filtres à eau :

- Les filtres à particules ;
- Les filtres à charbon actifs ;
- Les filtres de résine [25].

Filtres à particules :

Ces filtres retiennent les particules en suspension (impuretés) fines en les empêchant de traverser une membrane. Ils sont inefficaces sur les contaminants dissous. Ces filtres sont caractérisés par leur seuil de coupure c'est-à-dire le diamètre de leur pore [25].

Filtres à charbon actif

Le charbon actif réduit le chlore résiduel et retient par adsorption des particules solides et des molécules organiques de faible masse moléculaire (pesticides notamment) qui donnent à l'eau des odeurs et des saveurs désagréables [25].

Filtres à résine échangeuse d'ions [26]

Ces filtres sont essentiellement destinés à retenir les ions nitrate et les ions métalliques. Le procédé de traitement utilisé est l'échange d'ions. Dans le cas de la dénitrification, les ions qui se substituent au nitrate (NO_3^-) dans l'eau traitée sont les ions chlorures (Cl^-). Il n'y a pas de cycle de régénération prévu pour ce type de dispositif. La cartouche doit simplement être remplacée quand la résine arrive à la saturation.

I.7.4.2 L'adsorption

L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Le solide acquiert alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophilie) susceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu (dispersion, floculation) [27].

L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif, d'origine végétale ou minérale, que nous retrouverons lors de l'étude de traitement des eaux destinées à la consommation humaine [28].

I.7.4.3 La désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas

nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les micro-organismes vivants dans un milieu donné [12].

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique, dotée de propriétés germicides. Les agents chimiques les plus utilisés sont : le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium (KMnO_4) [12].

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, rayons ultraviolets (UV) ou rayons gamma [12].

Les rayons UV sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important [29].

I.7.4.4 La déminéralisation

Les eaux très chargées en sels minéraux dissous peuvent présenter des inconvénients dans certains usages. Ainsi, souvent on est appelé à éliminer totalement ou partiellement certains ions gênants tel que : Ca^{2+} et Mg^{2+} est donc la dureté, CO_3^{-2} et HCO_3^- et donc l'alcalinité ou SO_4^{-2} est donc l'agressivité [13].

Pour l'élimination de ces sels minéraux, on procède la déminéralisation qui est l'une des techniques très largement utilisé pour l'obtention de l'eau pure à partir d'une eau caractérisée par leurs concentrations en sels dissous (eau brute). Donc, c'est un procédé d'épuration de l'eau destiné à éliminer partiellement ou totalement les sels qui y sont dissous. Elle s'effectue en particulier par échange d'ions. L'épuration par échange d'ions consiste à fixer les ions en liberté sur des corps doués de propriétés particulières que l'on appelle « échangeurs d'ions » d'où le nom permutation donné à ce procédé. Ce dernier permet d'obtenir des eaux de très haute pureté chimique caractérisées par leur très faible conductivité [30].

Plusieurs procédés sont utilisées dans cette technique :

1. Les procédés d'échange ionique,
2. Les procédés de distillation,
3. Les procédés membranaires [13].

1. Les procédés d'échange ionique

Les échangeurs d'ions sont des substances granulaires insolubles, comportant dans leur structure moléculaire des radicaux acides ou basiques susceptibles de permuter, sans modification dans leur aspect physique et sans altération ou solubilisation, les ions positifs ou négatifs fixés sur les radicaux contre des ions de même signe se trouvant en solution dans le liquide à leurs contact [31].

Il existe deux grands groupes d'échangeurs ioniques [11] :

- Les échangeurs des cations : qui sont caractérisés par la présence dans leurs molécules des radicaux à fonction acide, type sulfonique (HSO_3^-) pour les fortement acides ou carboxyliques (COOH) pour les faiblement acides qui sont susceptibles de fixer des cations minéraux ou organiques et de les échanger soit entre eux, soit avec l'ion hydrogène (H^+) ;

Tableau 2 : Propriétés des échangeurs d'ions cationiques [32].

Résines cationiques	groupes actifs	Réactifs de régénération	Domaine de PH	Capacité d'échange (éq.g/L de résine) Gel macroporeux	
Fortement Acides	-SO ₃ -H (groupes sulfoniques)	HCl ou H ₂ SO ₄	1-13	1,4-2,2	1,7-1,9
Faiblement Acides	-COO-H	HCl ou H ₂ SO ₄ pas d'excès	4-13	3,5-4,2	2,7-4,8

- Les échangeurs d'anions ; renferment des radicaux à fonction basique du type ammonium quaternaire comme le NH₃OH, qui sont susceptibles de fixer des anions minéraux ou organiques et de les échanger soit entre eux, soit avec l'ion hydroxyde (OH).

Tableau 3 : Propriétés des échangeurs d'ions anioniques [32].

Résines anioniques	groupes actifs	Réactifs de régénération	Domaine de PH	Capacité d'échange (ég.g/1 de résine)	
				Gel	Macroporeux
Fortement basiques	- N(CH ₃) ₃ + (groupes Ammonium quaternaire)	Lessive de soude	1-12	1,2-1,4	1-1,1
Faiblement basiques	N (amines tertiaires)	Lessive de soude	1-4	1,4-2	1,2-1,5

2. Les procédés de distillation

Il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de la condenser pour obtenir de l'eau douce liquide, ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'Antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux [33].

3. Les procédés membranaires

Les procédés à membrane sont utilisés pour séparer et surtout concentrer des molécules ou des espèces ioniques en solution et/ou pour séparer des particules ou des

micro-organismes en suspension dans un liquide; ces procédés sont basés sur la mise en œuvre des membranes perméables [34].

Les séparations par membranes sont fondées sur le concept de déplacement sélectif de certains composants à travers une membrane, composant sur lequel, il faut appliquer une force [35].

La majorité des opérations de séparation et/ou de concentration met en œuvre la filtration Tangentielle; ou le fluide traité circule tangentiellement à la membrane (filtre) pour limiter l'accumulation de la matière occasionnée par le flux transversal généré par le gradient de pression [36].

Les composants de flux d'alimentation qui passent à travers la membrane sont connus sous le nom de "perméat"; le fluide retenu, appelé "retentât", constitue le flux contenant les composants qui ne peuvent pas traverser la membrane [37].

3.1. L'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation par membrane semi-perméable, dont la structure particulière ne laisse passer ni les microorganismes, ni les molécules organiques, ni les sels minéraux. La charge minérale peut ainsi être réduite de 90 à 99% [38].

Lorsque deux solutions de concentration différentes sont séparées par une membrane semi perméable, l'eau passe de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée. Il en découle une augmentation de la pression exercée sur la membrane par la solution la plus concentrée. Ce phénomène appelé Osmose se poursuit jusqu'à ce que l'augmentation de pression soit suffisante pour empêcher le passage de l'eau. Cette valeur de pression est appelée : pression osmotique [39].

Si par contre, on applique à la solution la plus concentrée une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau passera alors de la solution la plus concentrée vers la solution la moins concentrée. C'est le phénomène d'osmose inverse [38].

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement l'énergie électrique consommée principalement par les pompes haute pression [40].

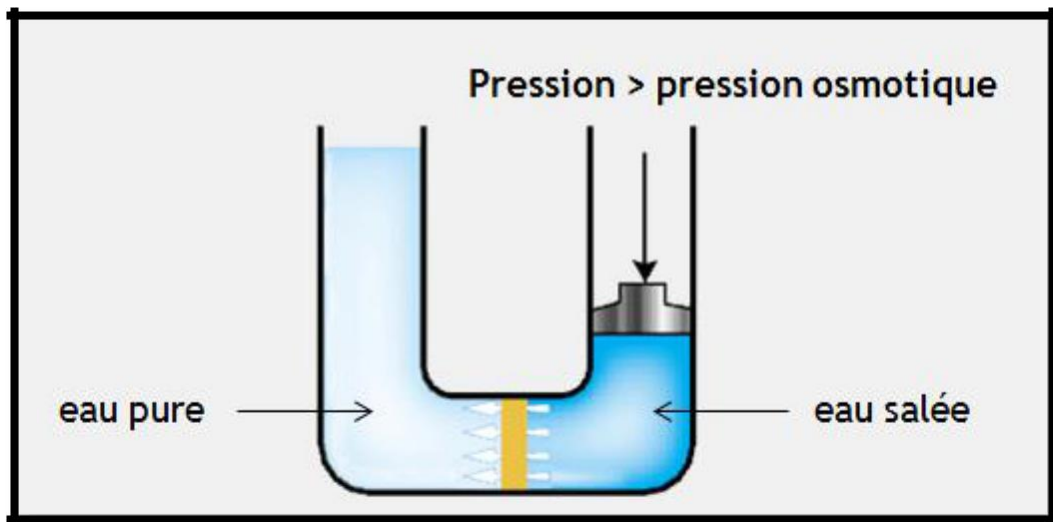


Figure N°1: le principe d'osmose inverse [42]

Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer ;
- Le dessalement des eaux saumâtres ;
- La production d'eau ultra pure ...etc. [41].

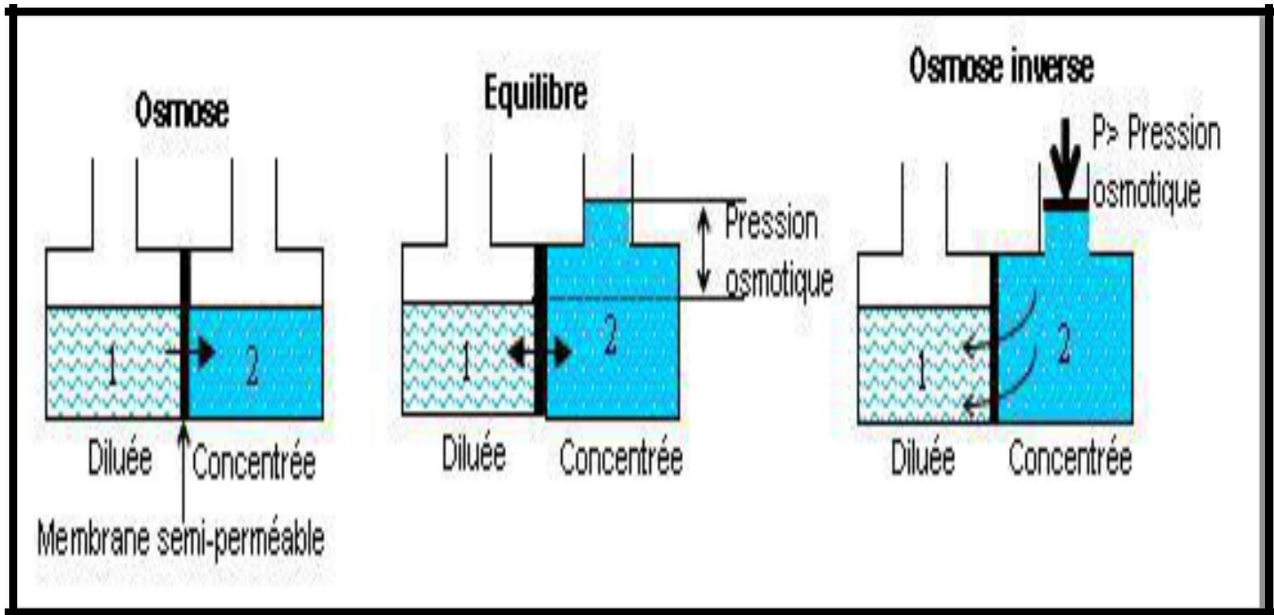


Figure N°2 : principe de l'osmose inverse [43].

3.2. Electrodialyse (ED) :

L'électrodialyse est un procédé à membranes très ancien puisque la première installation date des années 1960. Ce procédé consiste à éliminer les sels dissous dans l'eau saumâtre par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électronique [44].

Le principe de l'électrolyse est bien connu. Les ions d'un sel dissous dans l'eau (NaCl par exemple), se déplacent sous l'action d'un champ électrique créé par deux électrodes trempant dans le liquide. Les ions positifs ou cations (par Na^+) sont attirés par l'électrode négative (ou cathode) tandis que les ions négatifs (Cl^-) sont attirés par l'électrode positive. Des membranes filtrantes imperméables soit aux anions ou aux

cations, sont alternativement intercalées. On obtient ainsi une série de compartiments à forte concentration de sels et d'autres à faible concentration [45].

L'électrodialyse est bien adaptée aux eaux saumâtres dont la salinité est assez faible, inférieure à celle de l'eau de mer.

Les membranes utilisées en électrodialyse laissent passer les ions mais sont imperméables à l'eau. C'est exactement l'inverse pour les membranes utilisées en osmose inverse [46].

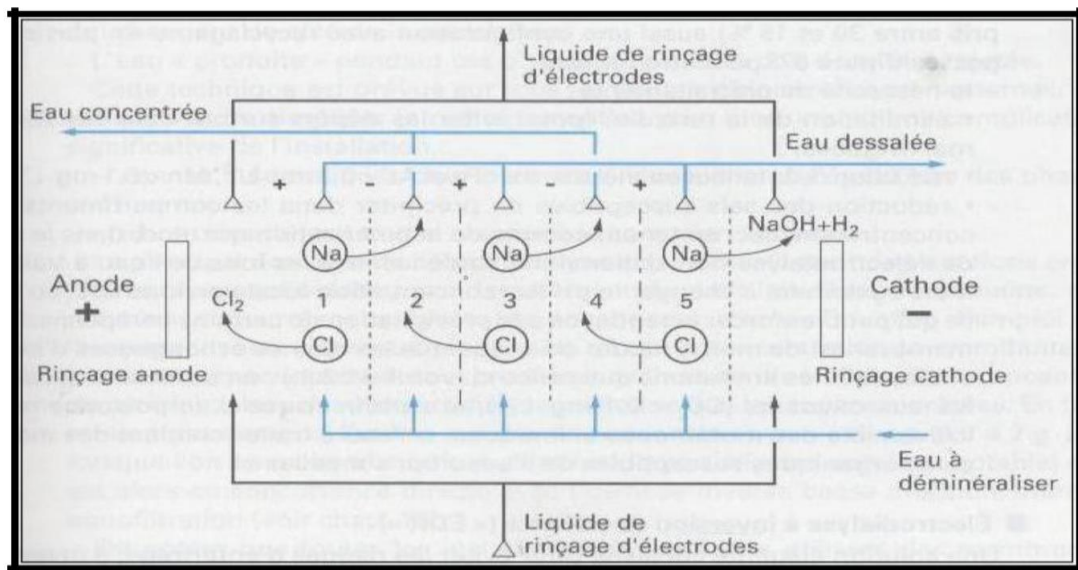


Figure N°3 : principe de l'électrodialyse [47].

Tableau 4: Les normes Algériennes de potabilité (Algérienne des eaux)

Paramètres	Unités	Normes Algériennes (NA)	Minéralisation Globale	Unités	Normes Algérienne (NA)
Organoleptiques					
Couleur	Unité p/c	15	Calcium	mg/L	200
Odeur	S/p à 25°C	04	Magnésium	mg/L	/
Goût	S/p à 25°C	04	Sodium	mg/L	200
Paramètres physico-chimiques	Unités	Normes NA	Potassium	mg/L	12
pH	/	6.5-9.0	Chlorures	mg/L	500
P-rédox	Mv	/	Sulfate	mg/L	400
Conductivité	µs/cm	2800	Bicarbonates	mg/L	/
Température	°C	/	Carbonate	mg/L	/
Turbidité	NTU	0.5	Dureté totale	mg/L CaCO ₃	500
Oxygène dissous	mg/L	/	Dureté permanente	mg/L CaCO ₃	/
Salinité	‰	/	Titre alcalin	mg/L CaCO ₃	500
CO ₂ libre	mg/L	/	Titre alcalin complet	mg/L CaCO ₃	/
Résidu sec à 105°C	mg/L	1500	Eléments Indésirables	Unités	Normes NA
MES à 105°C	mg/L	00	Fer total	mg/L	/
TDS	mg/L	/	Fer Fe ²⁺	mg/L	0.3

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une description générale sur les eaux brutes et leur traitements , et la constitution de ces eaux.

Dans le chapitre suivant, on va s'intéresser sur la présentation de l'unité laitière Sidi Saada.

CHAPITRE II
Présentation du complexe
laitier Sidi Saada

PRESENTATION DU COMPLEXE LAITIER SIDI SAADA

La laiterie « SIDI SAADA » est une entreprise qui a été conçue pour la fabrication de produits upérises de longue conservation (lait, yaourt, fromage fondu, fromage frais et L'BEN thermisé) et des fromages à pâtes molles type a camembert or, après le départ du constructeur français, certains ateliers n'ont pu être mis en service.

C'est pour cela que le nouveau propriétaire s'est attelle à la mise à niveau et à la rénovation des équipements pour la mise en exploitation de la totalité des capacités existantes .les travaux ont touché les utilités (traitement de l'ambiance , station de production froid et traitement de l'eau) , l'introduction de nouveaux produits (fromage frais type LAIBNI)par l'installation d'un nouvel atelier [48].

I.8 HISTORIQUE

Le Tableau N°5 ci-dessous résume les principales dates de création et de mise en service du complexe laitier de SIDI SAADA

Tableau 5 : les principales dates de création et de mise en service du complexe laitier de SIDI SAADA

1987	Lancement du projet Maitre de l'ouvrage : l'office régional du lait (Orolait) Constructeur [49]
1993	Mise en exploitation de l'usine
1997	Passage sous la tutelle du GIPLAT après dissolution des offices régionaux (octobre)
2001	Changement de statuts en filiale de groupe Giplait (avril)
2007	Cession de la totalité des actions de l'EPE laiterie fromagerie SIDI SAADA a la SARL PRODUITS LAITIERS TREFLE

I.9 IDENTIFICATION

Forme juridique : La laiterie de SIDI SAADA est une société par action au capital social (SPA) de 1 114 800 000 DA doté d'un directeur général Abed Ben Aoumer et un président du conseil d'administration Mr. Tlemsani Mahmoud.

I.10 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le siège social et l'usine de production sont situés dans la commune de SIDI SAADA, Daira de YELLEL (Wilaya de Relizane).

I.11 INFRASTRUCTURES

Le complexe laitier de Sidi Saada s'étale sur une surface totale de 98000 m² dont 23000 m² en bâtis composés de :

- Un atelier abritant les ateliers de process et de réception de lait de ferme
- Un atelier de fabrication des pâtes molles
- Deux bâtiments abritant les magasins de matières premières et matières consommables
- Des locaux techniques abritant les équipements d'énergie et des utilités, transformateurs, groupes électrogènes de secours, onduleurs, chaudières, compresseur et équipements de froid
- Un bloc administratif
- Un laboratoire d'autocontrôle
- Une station d'épuration des eaux du rejet industriel
- Une cité de trente logements
- Un parc d'équipements de production comprenant notamment :
 - Les différents équipements de fabrication et du procès de pasteurisation, homogénéisateurs, stérilisateurs, séparateurs, hydrolock, réchauffeurs, refroidisseurs
 - Les équipements des utilités pour la production des énergies.
 - Les équipements de conditionnement en pots pour les yaourts, les pâtes fraîches et bouteilles pour les laits de longue conservation
 - Les équipements de stockage (les différents tanks)
 - Les équipements de transport et manutention.

I.12 ORGANISATION

La laiterie est gérée par un PDG qui dirige les différents services incluant l'administration générale, service technique et commercial.

L'unité fonctionne avec un effectif total de plus de 237 personnes entre cadres, agents de maîtrise et ouvriers de production, avec une seule équipe dans chaque structure de 8h jusqu'à 16h sauf le gardiennage avec 4 équipes.

I.13 PRODUITS FABRIQUES

La laiterie est conçue pour la fabrication et la commercialisation des laits de consommation et des produits laitiers.

Tableau 6 : fabrication et commercialisation des produits laitiers.

Désignation	Production / jour
Camembert (pâte molle)	50000 L
Lait en sachet	21989 L
lait pasteurisé	21300L
Beurre	32kg
Laibni	9882plaques

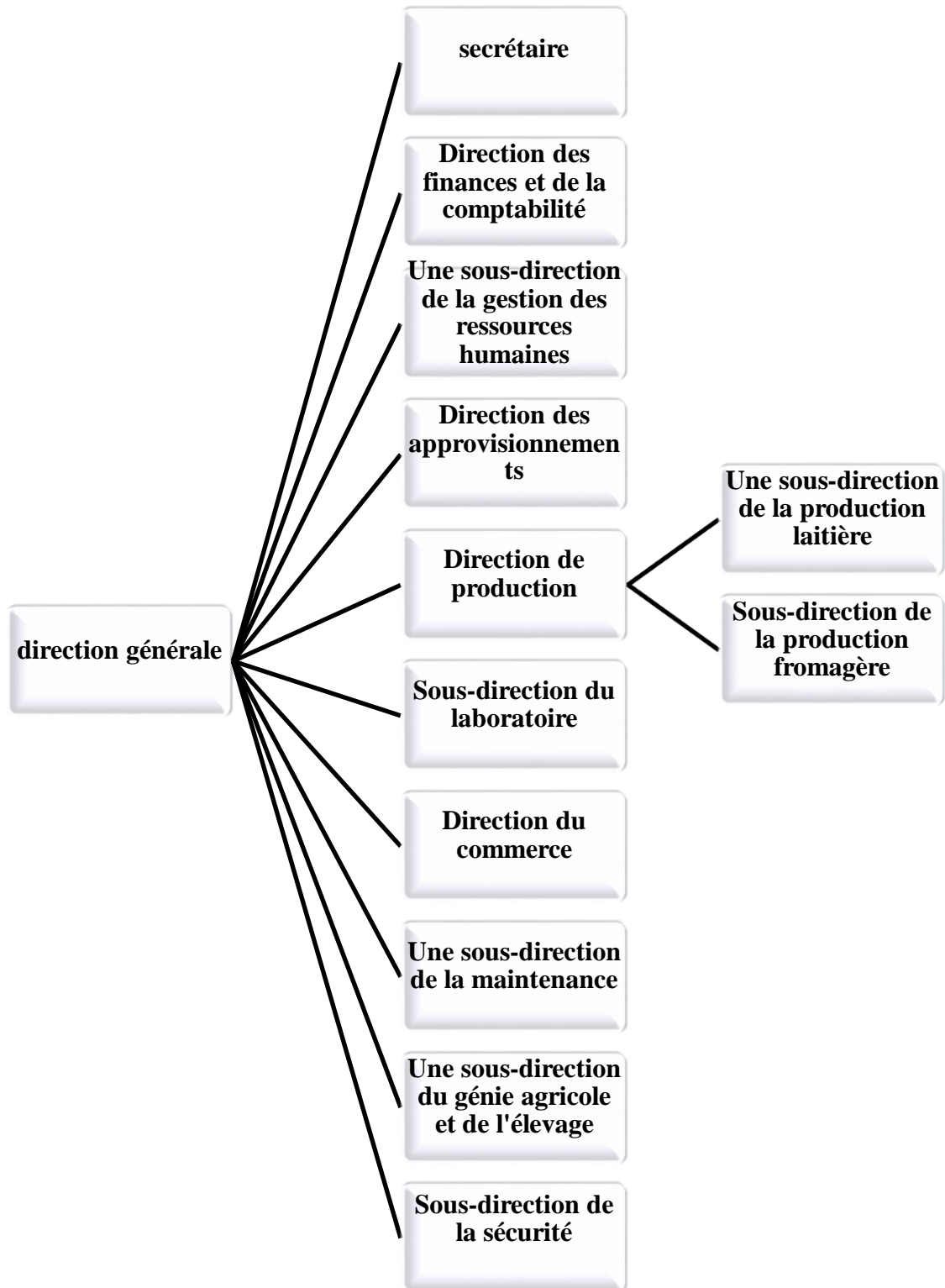


Figure N°4 : Organigramme de l'institution

I.14 FROMAGE A PATE MOLLE TYPE « CAMEMBERT »

Le Camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface par une microflore fongique formant une croûte fleurie [50]. Il peut être fabriqué à partir de lait cru ou pasteurisé, et contient généralement entre 50 et 56 % d'humidité, entre 18 et 30 % de matières grasses et entre 17 et 21 % de protéines.

Le pH en fin d'affinage du Camembert atteint environ 7,4 en surface et 6,9 au centre. Il se caractérise par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur qui se développe pendant l'affinage ce qui leur donne le nom «croûte fleurie». Ces aspect duveteux de la croûte est dû à la présence du champignon *penicillium candidum* qui peut être pulvérisé à la surface des fromages en début d'affinage [51].

La texture coulante et crémeuse des fromages de pâte molle à croûte fleurie est due à sa méthode de fabrication et à l'égouttage du caillé qui est déposé (à la louche), sans être brisé ou rompu, dans des moules: il s'égoutte naturellement sans pression; on parle d'égouttage spontané. Après quelques heures, la masse est salée à l'aide de sel, ou encore plongé dans une saumure, la croûte blanche et fleurie est formée par un champignon, le *penicillium candidum*, que l'on pulvérise sur la surface avant l'affinage qui dure environ un mois [52]. Le camembert serait né au VIII siècle en Normandie (France), dans le village de Camembert petite commune du pays d'auge.

Ce produit reste rattacher le nom de marie Harel qui semble être la créatrice de ce type de fromage [53]. En 1791, sous la révolution, un prêtre réfractaire d'origine briarde qui se cache dans le village, conseille à son hottaise, la fermière Marie Harel, de fabriquer du brie dans ces moules à livarot avec du lait de vache au lieu de lait de brebis : le camembert était inventé. L'histoire raconte qu'en 1863, un descendant de Marie Harel Victor Paynel aurait fait déguster un camembert de sa fabrication à Napoléon III. L'empereur le trouvant délicieux aurait demandé son nom à Victor Paynel, il aurait alors répondu « Camembert » [54].

I.14.1 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE DE FABRICATION DU CAMEMBERT

A L'UNITE DE SIDI SAADA

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions fromagères tel que la France, ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire (cas de l'Algérie où cet apport ne couvre que 40% des besoins), il est fait appel au lait reconstitué, constitué de produits d'importation (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre : MGLA) auxquels sont additionnés des volumes appropriés d'eau de reconstitution. [55], indiquent d'autre part que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont : Sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ; Sa charge microbienne et la nature de sa

microflore ; Son aptitude au développement des bactéries lactiques ; Enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure

I.14.2 RECEPTION DU LAIT

Le lait destiné à la fabrication du camembert est un lait cru, frais, récolté dans les localités de la wilaya de Relizane.

Traitements préliminaires du lait

Aussitôt leur réception à l'usine, les laits sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (dont notamment l'homogénéisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication [56]. Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles préjudiciables [57].

I.14.3 STANDARDISATION

Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse (qui doit se situer autour de 28 g/l de lait) et parfois du taux de protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) [58].

I.14.4 PASTEURISATION

Elle est réalisée dans le but d'améliorer la qualité microbiologique du lait tout en détruisant les germes pathogènes et en réduisant la charge en germes banaux. Le barème du traitement thermique utilisé est de 78°C pendant 20 secondes.

I.14.5 MATURATION

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée, habituellement un mélange de souches de Lactococcus et/ou Lactobacillus et/ou Leuconostoc et/ou Streptococcus [59] qui va participer d'une part, à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification), et d'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique).

Le lait est stocké dans des tanks un niveau du service atelier fromagerie, puis il subit un réchauffage à 37-38°C avec addition d'ingrédients suivants :

- Levains mésophiles 40%
- Levains thermophiles 60%
- Chlorure de calcium 0.08 g/l
- Penicillium super actif.

I.14.6 COAGULATION

La présure utilisée est d'origine animale et se présente sous forme d'une poudre jaunâtre (2.5%). La coagulation a lieu dans des bassines où le lait arrive à une température de 35 à 36°C avec une acidité de 21 à 22°D. Une fois l'emprésurage effectué il faut attendre que la floculation se produise pour déterminer le temps de coagulation.

- **Temps de prise** Le temps de prise marque le début de la coagulation détecté par le fromage grâce à une méthode empirique qui consiste à introduire le doigt dans le lait emprésuré et le soulever doucement, s'il y a apparition de petits grumeaux sur le doigt, donc le lait a pris (8 à 10 min).
- **Temps de coagulation** Il est déterminé en multipliant le temps de prise du lait par trois.

I.14.7 TRANCHAGE

Le coagulum ainsi formé est alors découpé cubes de 2-2.5 cm à l'aide d'une tranche caillé, le caillé est laissé se reposer dans le sérum pendant 22 minutes pour permettre la remontée du sérum en effectuant de temps à autre un brassage des grains visant à accélérer l'exsudation du sérum tout en empêchant les grains d'adhérer entre eux et de former ainsi des amas emprisonnant le liquide.

I.14.8 MOULAGE-EGOUTTAGE

Après avoir évacué le lactosérum par soutirage, le caillé subit un moulage qui s'effectue dans des moules de format < petit modèle >. Pour améliorer l'égouttage du caillé, deux retournements sont faits.

- Premier retournement : 1 h 30, l'acidité 40°D.
- Deuxième retournement : 3 h, l'acidité 60°D.

L'égouttage est activé durant une nuit dans une salle dont le gradient de température diminue de 18 à 16°C.

I.14.9 SALAGE

Le lendemain, les fromages sont démoulés et placés dans des claies de salage et plongés dans un bain de saumures durant 30 à 40 min. Caractéristique de la saumure :

- PH : 4.8
- Concentration en sel : 1.8% de NaCl/ 100g de fromage
- Température : 11-12°C

I.14.10 RESSUYAGE

Cette phase constitue un complément d'égouttage, les fromages une fois salés passent au compartiment de ressuyage pendant environ 6 heures dans les conditions ambiantes suivantes :

- Température : 14 à 15 °C
- Humidité relative : 85 à 87 %

I.14.11 AFFINAGE

Les fromages sont placés dans un hâloir durant neuf jours dont les conditions ambiantes réglées à température variable de 11 à 13 °C et d'hygrométrie de 95% et sont ensuite pulvérisés par une suspension de *penicillium candidum*.

Les fromages sont retournés une fois tous les trois jours en vue de permettre une bonne poussée des pénicilliums, c'est à partir du 5ème jour d'affinage que le *penicillium* commence à envahir la surface de fromages.

I.14.12 SECHAGE ET CONDITIONNEMENT

Le fromage affiné passe au compartiment de séchage régler à une température de 10°C et une humidité de 85%, après le fromage est prêt pour le conditionnement dans des papiers cellulosiques et des boites en carton.

I.14.13 STOCKAGE

A la fin, le produit passe à la salle de stockage à une température de 8 °C et une humidité relative de 85% puis le produit est commercialisé.

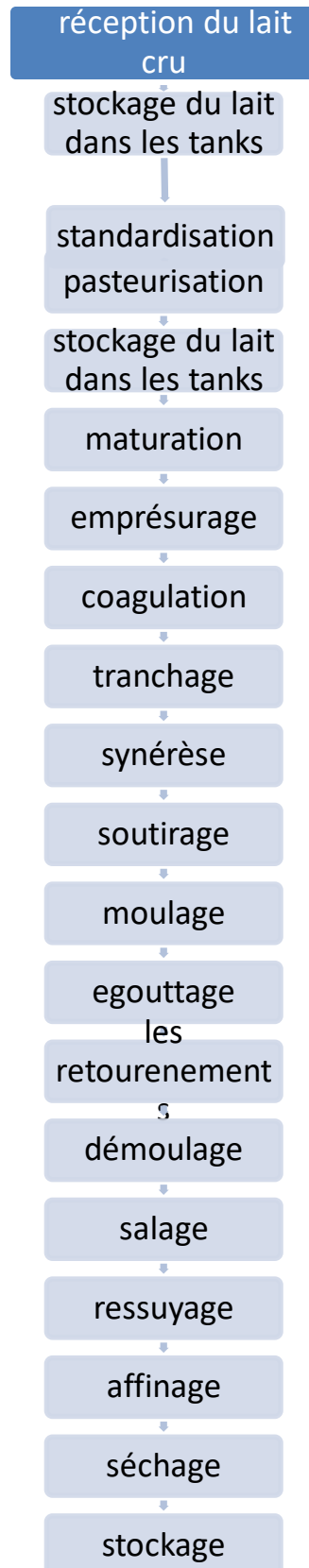


Figure N°5 : Diagramme de fabrication du fromage à pâte molle type camembert (Unité fromagerie de Sidi SAADA)

**I.15 PROCÉDE DE FABRICATION DU LAIT RECONSTITUE ET DU LAIT DE VACHE
AU NIVEAU DE LAITERIE SIDI SAADA :****I.15.1 LA RECEPTION DU LAIT CRU**

La réception de la matière première est la première étape de la chaîne de fabrication des produits laitiers. À cette étape l'unité industrielle reçoit du lait cru de ses fournisseurs dans des citernes isotherme parfois dans des bidons en inox.

La citerne est connectée par un tuyau alimentaire à une pompe volumétrique doté d'un compteur. Ensuite les techniciens de laboratoire procède à des contrôles de qualité, à savoir la mesure de pH, la densité, la température, la matière grasse, le point de congélation, la quantité des protéines et de lactose. Le lait est accepté sauf s'il était sous les normes suivantes:

- Ne soit pas acide (pH : 6.6-6.8)
- Ne soit pas écrémé (MG>32g)
- Ne soit pas mouillé (la densité est supérieure à 1,028)

I.15.2 LA FILTRATION :

Le lait passe par des filtres en tissu (cellulose. Toiles métalliques) où il subit une opération physique destinée à éliminer les impuretés qui se trouve accidentellement dans le lait (paille, poils, particules solides).

I.15.3 REFROIDISSEMENT ET STOCKAGE :

La réfrigération intervienne pour abaisser la température à 4 et 6°C. Le lait refroidi dans la même température est stocké dans un tank isotherme en vue d'une utilisation ultérieure (la fabrication du camembert).

I.15.4 L'EAU DE RECONSTITUTION:

L'eau de reconstitution doit être potable et répondre aux standards fixés par l'organisation mondiale de la santé (OMS).

I.15.5 LA RECONSTITUTION DU LAIT

Elle a lieu dans un triblender où seront mélangées les poudres de lait (6 sachets qui contiennent 25 kg du lait écrémé à 0% de matière grasse avec 10 sachets de poudre du lait entier à 26% de matière grasse) avec de l'eau traitée de 4200L ayant une température de 45 °C pour conférer de meilleures mouillabilité et dissolubilité aux poudres de lait.

I.15.6 MELANGE

Cette étape consiste à mélanger le lait de vache et le lait reconstitué de manière à obtenir un produit avec un taux de matière grasse à 15 g/L.

Le lait obtenu subit une agitation couplé à un recyclage dans le tank de reconstitution afin d'augmenter la dispersion et la dissolution des poudre de lait dans l'eau, assurer une bonne solvatation (hydratation des composants colloïdaux) et éviter la formation d'agglomérats.

I.15.7 FILTRATION DU MELANGE

Au cours de cette étape, le lait reconstitué subit une filtration afin d'éliminer toute impureté physique telle que les insectes et la poudre insolvable.

I.15.8 HOMOGENEISATION

C'est une opération mécanique, qui est réalisée à une température de 60 à 70°C sous une pression élevée (155bar), elle a pour but d'une bonne dispersion des globules gras dans le lait, on réduisant leur diamètre et la destruction partielle des micelles de caséines.

I.15.9 LE DEGAZAGE

Cette opération c'effectue à l'aide d'un dégazeur. Elle permet l'élimination des substances volatiles telles que les composés cétoniques dans le lait reconstitué qui peuvent lui donner une odeur et un gout désagréable, et se débarrasser de l'oxygène susceptible d'oxyder la matière grasse.

I.15.10 LA PASTEURISATION

Est un processus de traitement thermique qui vise à détruire certain microorganisme présent dans un produit, elle est employée pour les aliments qui nécessitent uniquement la destruction des germes pathogènes. Cette opération consiste à faire passer le lait dans un échangeur à plaque à une température de 85°C pendant 20 secondes puis il se refroidit à 7° C.

I.15.11 LE REFROIDISSEMENT

Après pasteurisation le lait recombinaé est refroidi à une température comprise entre 6 et 8 °C, puis il est stocké dans des tanks isothermes pour éviter l'évolution de l'acidité.

I.15.12 STOCKAGE TAMPON

Après pasteurisation et refroidissement le lait reconstitué est stocké dans deux tanks de 10.000L.

I.15.13 CONDITIONNEMENT

Le lait est conditionné dans des sachets en poly éthylène qui sont stérilisés par l'eau chaude.

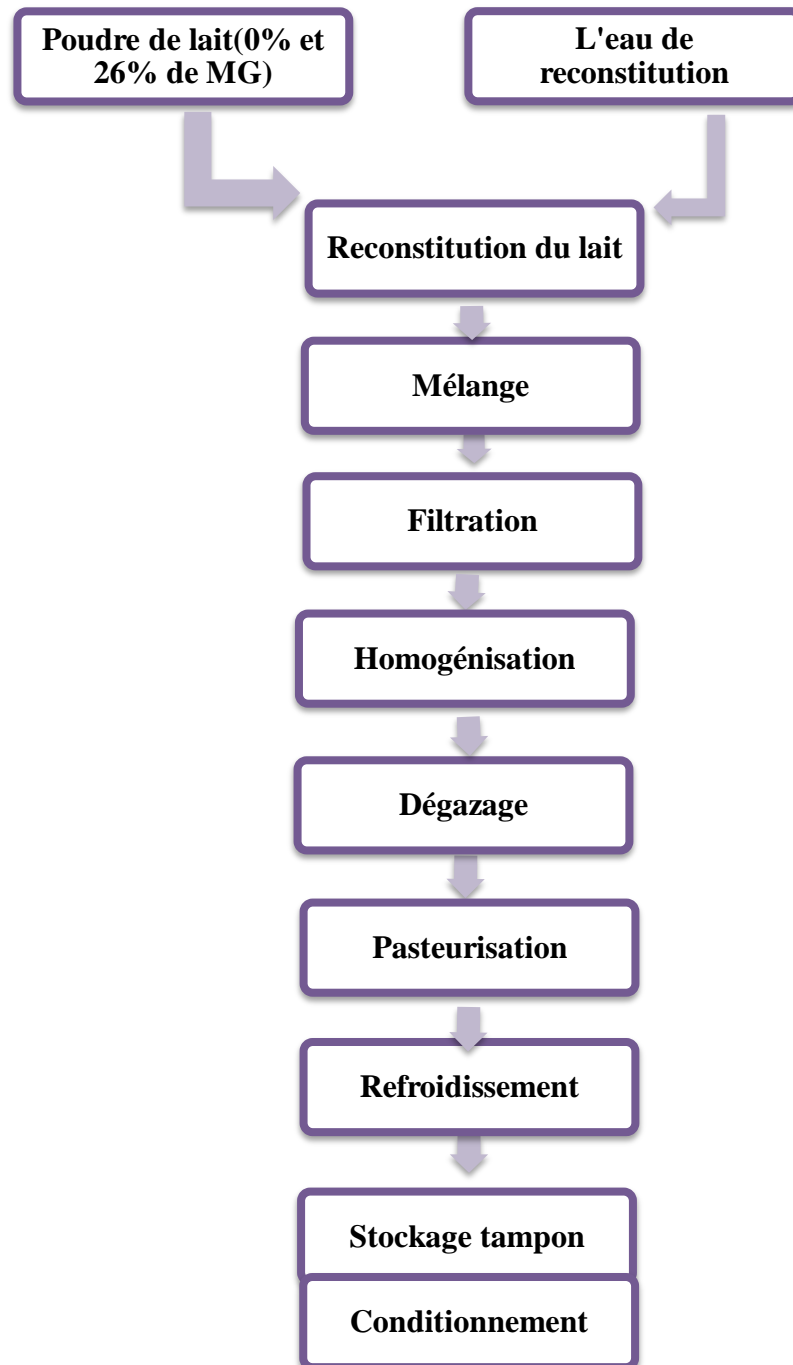


Figure N°6 : Diagramme de fabrication du lait reconstitué

I.16 TRAITEMENT DES EAUX SAUMATRES

I.16.1 DEFINITION DES EAUX SAUMATRES :

L'eau saumâtre peut résulter du mélange d'eau douce et de mer, comme dans les estuaires, ou elle peut être produite par l'ingénierie des digues. On trouve de l'eau saumâtre dans les rivières, les lacs, les estuaires et le sous-sol; Cependant, les emplacements spécifiques qui contiennent de l'eau saumâtre ne sont pas facilement identifiables [60].

La composition des eaux saumâtres (c'est-à-dire l'eau des puits, l'eau des lacs, les eaux de surface et les effluents secondaires provenant du traitement des eaux usées) est extrêmement variable et une analyse de l'eau est indispensable pour une bonne conception du procédé [60].

On appelle eau saumâtre, une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissouts sont; CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 et NaCl [61].

I.16.2 ORIGINE DE L'EAU DE PROCESS

L'eau utilisée au niveau de l'unité de Sidi Saada provient d'un forage de yellel d'un débit de $32 \text{ m}^3/\text{h}$ et une salinité moyenne de 1900 mg/L , avec une dureté totale de 108°F . Et comme l'eau est un élément nécessaire dans l'industrie laitière, elle doit être compatible avec les normes de qualité de l'eau potable Cependant, elle doit être traitée par plusieurs étapes successives.

I.16.3 LES PROCÉDES DE PRETRAITEMENT DES EAUX SAUMATRES AVANT L'OSMOSE INVERSE

Le prétraitement de l'eau avant l'osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de l'osmose inverse sur le long terme.

Le prétraitement a pour objectif :

- la réduction du colmatage ;
- l'augmentation de la durée de vie des membranes ;
- l'amélioration de la qualité de l'eau produite ;
- la maintenance des performances de l'osmose inverse.

I.16.3.1 Désinfection

Afin d'éviter la croissance biologique qui cause le biocolmatage de la membrane l'eau est désinfectée par le chlore au moyen d'une pompe doseuse, ce qui va permettre d'assurer une bonne qualité d'eau qui servira à la fabrication du lait et ses dérivés.

I.16.3.2 Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer travers un milieu poreux [62].

Tout d'abord, on reçoit l'eau de forage de Yellel avec une grande capacité dans des baches des eaux brutes. Cette eau passe dans un circuit à l'aide des pompes et subit un prétraitement par une filtration sur sables en passant par 5 lits de sable (backs à sable) de différents diamètres de porosité dans le but d'éliminer toutes les impuretés notamment les matières en suspension (MES).

I.16.3.3 Microfiltration

La microfiltration est définie comme un procédé de séparation solide liquide qui met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 μm . Ce procédé permet donc la rétention des particules en suspension fines, des bactéries, des colloïdes et des oxydes métalliques notamment les oxydes ferriques [63].

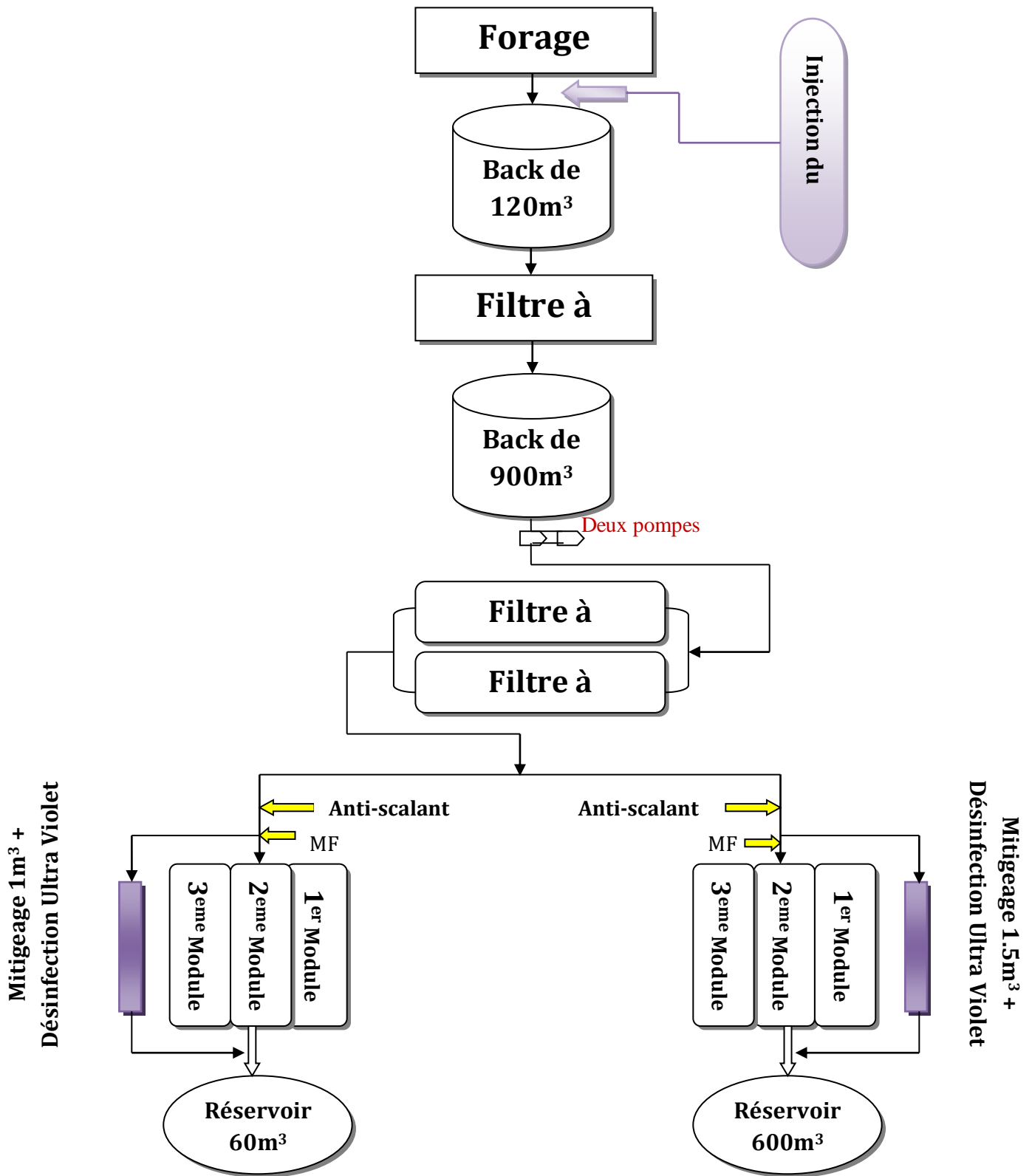


Figure N°7 : Processus de prétraitement des eaux saumâtres.

I.16.4 TRAITEMENT FINAL PAR OSMOSE INVERSE

I.16.4.1 Qu'est-ce que l'osmose inverse ?

L'osmose inverse consiste à faire passer l'eau au travers des membranes semi-perméables, sous l'effet de la pression différentielle de la solution concentrée vers la solution diluée. Le taux d'élimination est exprimé en pourcentage de la salinité totale, la réduction de salinité de l'eau saumâtre est supérieure à 92% contre plus de 98,5% pour l'eau de mer [64].

Les membranes d'osmose inverse ont la propriété d'effectuer une séparation en fonction des dimensions des molécules ou de leur poids moléculaire [65].

I.16.4.2 Type de module utilisé par l'unité laitière de sidi Saada

L'industrie laitière de Sidi Saada utilise 3 modules disposés en parallèle caractériser par :

- Une durée de vie de 3 à 4 ans.
- Type **OSMOPAC HH20000** Filmtec (USA).
- Le débit d'alimentation des modules est de 20 m³/h.
- Leur débit de perméat est de 17 m³/h à 20°C (Figure II.2).

Ces 3 modules utilisent 15 membranes (chaque module contient 5 membranes) composites spirales en polyamides aromatiques modèle Filmtec (USA) (Polyamide thin-film composite) type 8" BWLE-440 (High Surface Area (11,21m²) Low-Energy Brackish Water RO Element) en mode filtration tangentielle.

Le module spiral utilisé est un cylindre ayant un poids de 2000 kg et une longueur de 5m.

Ces 3 modules fonctionnent sous une pression de 13 bars à 20°C, avec un taux de conversion de 70 % et un taux de rétention minimum des sels de 97 % à partir d'une eau saumâtre brute de salinité (initialement 1600 mg/L mais actuellement environ 5000 mg/L à 20°C) et un indice de colmatage maximum des micro-filtres de 3 [49].

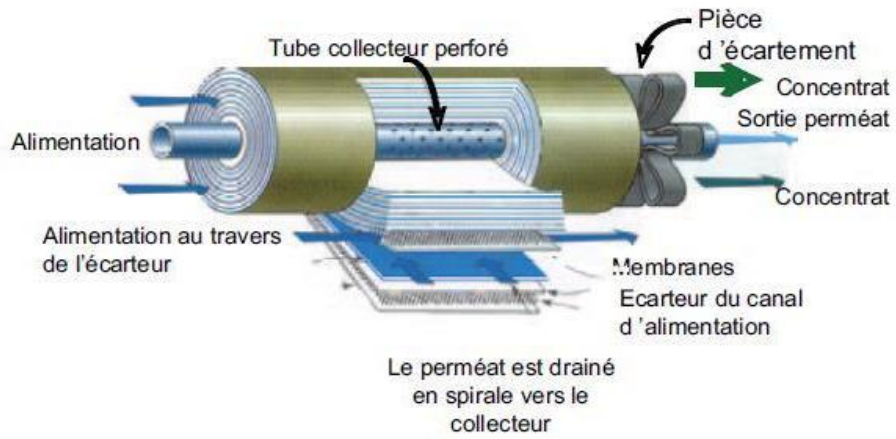


Figure N°8 : Description d'un module spiralé d'osmose inverse [66].

CHAPITRE III

**Modification du procédé de prétraitement d'eau
saumâtre dans le complexe laitier Sidi Saada**

**MODIFICATION DU PROCÉDE DE PRETRAITEMENT D'EAU SAUMATRE
DANS LE COMPLEXE LAITIER SIDI SAADA****I.17 INTRODUCTION**

La forte concentration de chlorures présente dans l'eau utilisée dans la laiterie Sidi Saada réduit la qualité des produits fabriqués, elle est aussi responsable de l'existence de potentiels électrochimiques critiques de corrosion cavernueuse et de corrosion par piqûres sur les canalisations en aciers inoxydables.

La corrosion est un des problèmes majeurs de l'industrie laitière tant sur le plan économique, que sur le plan technologique du maintien de la qualité des produits fabriqués [67]. Estime que négliger ce problème revient à réduire la durée d'utilisation du matériel de la moitié ou du quart du temps d'utilisation normale, elle détériore aussi les surfaces et les rend difficiles à nettoyer.

Ce travail a pour objectif de diminuer la concentration de chlorures dans l'eau brute en modifiant le processus de prétraitement utilisé dans la laiterie par l'insertion d'une colonne de résine échangeuse d'ions (**Figure N°9**), afin d'éviter la corrosion et l'obtention d'une bonne qualité des produits manufacturés.

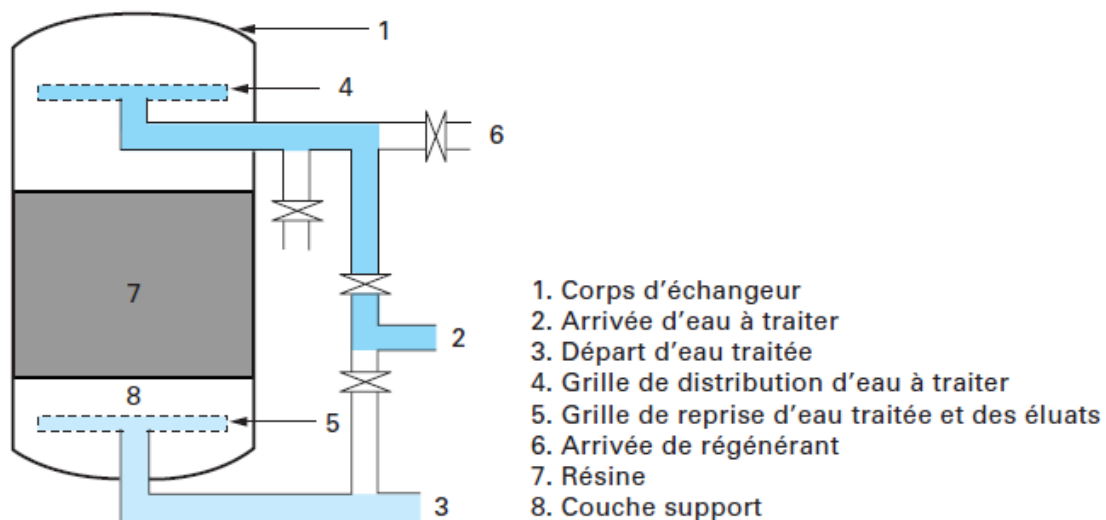


Figure N°9 : Colonne à résines échangeuses d'ions

I.18 LES ANALYSES PHYSICO-CIMIQUES DES EAUX DANS CHAQUE ETAPE DU PRETRAITEMENT:

Pour remédier à ce problème, des analyses physico-chimiques sur les échantillons d'eaux ont été effectuées au niveau de chaque étape de prétraitement en suivant en particulier l'évolution de la teneur en chlorures.

Eau de forage :

Tableau 7: Analyses de l'eau de forage

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,33	19	6930	965,6	98,4	0	25
2	/	/	6890	1022,4	102	0	25,5
3	/	/	6870	1050,8	100,8	0	24,5
Moy	7,33	19	6896,66	1012,93	100,4	0	25
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9.5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau après filtre à sable :

Tableau 8 : Analyses de l'eau après filtre à sable

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,33	19,5	6960	1036,6	115,6	0	27
2	/	/	7020	1065	115,6	0	26
3	/	/	6980	1065	118	0	26,5
Moy	7,33	19,5	6986,66	1055,53	116,4	0	26,5
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau après filtre à charbon actif:**Tableau 9 : Analyses de l'eau après filtre à charbon actif**

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (Mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,41	19	6960	1093,4	100	0	27
2	/	/	7000	1107,6	113,6	0	24
3	/	/	6980	1093,4	110	0	25,5
Moy	7,41	19	6980	1098,13	107,86	0	25,5
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau après microfiltration et avant osmose inverse :**Tableau 10 : Analyses de l'eau d'alimentation d'osmose inverse (après microfiltration)**

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,62	20	6790	1065	114	0	25
2	/	/	6990	1079,2	114,8	0	25
3	/	/	7010	1065	105,8	0	26,5
Moy	7,62	20	6930	1069,73	111,53	0	25,5
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau de perméat d'osmose inverse :**Tableau 11 : Analyses de l'eau de perméat d'osmose inverse**

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	5,67	17	175	56,8	0	0	1,5
2	/	/	178	71	0	0	1
3	/	/	179	85,2	0	0	1
Moy	5,67	17	177,33	71	0	0	1,16
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau de rejet d'osmose inverse :**Tableau 12 : Analyses de l'eau de rejet d'osmose inverse**

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,61	17,5	10000	3393,8	336,8	0	85,5
2	/	/	10000	3379,2	344	0	84,5
3	/	/	10000	3386,7	342	0	83
Moy	7,61	17,5	10000	3386,56	340,93	0	84,33
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau adoucie avant chaudière avant dégazeur:**Tableau 13 :** Analyses de l'eau adoucie avant chaudière avant dégazeur

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	6,57	17,5	759	198,8	0	0	3,5
2	/	/	701	127,8	0	0	3
3	/	/	673	127,8	0	0	3,2
Moy	6,57	17,5	711	151,46	0	0	3,23
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau d'alimentation chaudière après dégazeur :**Tableau 14 :** Analyses de l'eau d'alimentation chaudière après dégazeur

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	7,44	17,5	534	113,6	0	0	2,5
2	/	/	547	113,6	0	0	2
3	/	/	546	110,05	0	0	2,1
Moy	7,44	17,5	542,33	112,41	0	0	2,2
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

Eau de rejet chaudière :**Tableau 15 :** Analyses de l'eau de rejet de la chaudière

N° d'échantillon	pH	T (°C)	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/L)	TH (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
1	11,55	17	5290	639	0	15,5	1,5
2	/	/	5330	653,2	0	15,5	1
3	/	/	5330	639	0	15,5	1
Moy	11,55	17	5316,66	643,73	0	15,5	1,16
Normes Algériennes (NA)	6,5-9	/	<2800	<500	10-50	50	/
Normes OMS	6,5-9,5	<25	<2100	<250	10-50		

I.19 INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES**I.19.1 CHLORURES (Cl⁻)**

Les teneurs en chlorures dans les tableaux 7, 8, 9 et 10, qui varient entre 1012 et 1098 mg/L, sont nettement supérieures aux normes algériennes et aux normes édictées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) [68] pour l'eau potable destinée à la consommation humaine.

Après le traitement par l'osmose inverse la teneur des chlorures a été réduite jusqu'au 71 mg/L (Tableau 11), cette concentration est conforme aux normes de l'OMS et l'ADE mais elle n'est pas conforme à la norme de fabrication des produits laitiers exigée par le constructeur de l'industrie laitière de Sidi Saada qu'il devrait être inférieur à 40 mg/L [49]. A cet effet, un traitement d'eau juste avant l'entrée dans les modules d'osmose inverse par résines échangeuses d'anions s'avère indispensable afin d'éliminer totalement les ions chlorures. Donc, le perméat d'osmose inverse sera exempt de toute trace d'ions chlorures, mais le mitigeage (mélange d'eau) de 17m³ d'eau de perméat obtenu avec environ 1m³ d'eau brute prétraitée et désinfectée augmentera la teneur des chlorures mais à un niveau accepté (≤ 40 mg/L) par le constructeur Alfa Laval.

I.19.2 DURETE TOTALE (TH)

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, la réglementation algérienne préconise une valeur comprise entre 100 et 500 mg/L en CaCO_3 (10 et 50°F) par contre des valeurs assez élevées comprises entre 100 et 120°F ont été enregistrées pour l'eau brute jusqu'à l'étape de traitement par osmose inverse qui a pu éliminer totalement cette dureté.

Alors, l'insertion d'une colonne à résines échangeuses d'anions est le seul moyen pour éliminer totalement les ions chlorures dans l'eau alimentant les modules d'osmose inverse.

I.20 PRINCIPE DE CALCULE D'UNE COLONNE A RESINE ECHANGEUSES D'ANIONS

Les éléments suivants sont nécessaires au calcul :

- Titre **SAF** de l'eau brute en °F ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{NO}_3^-$) ;
- Teneur en silice TSiO_2 ($1^\circ\text{F} = 12 \text{ mg L}^{-1} \text{ SiO}_2$) ;
- Teneur en acide carbonique de l'eau et éventuellement après élimination d'acide carbonique, TCO_2 ;
- Volume V d'eau à fournir entre régénérations, en m^3 , y compris éventuellement les eaux de service ;
- Pouvoir d'échange C des résines exprimé en degrés-litres par litre de résine tassée (les degrés peuvent être remplacés par les milliéquivalents, sachant qu'un milliéquivalent = 5 °F)

On calcule pour l'échangeur d'anions faiblement basique le volume de résine à utiliser V_a par la formule suivante (**Eq. 1**) [69] :

$$V_a = \frac{V \times (\text{SAF} + \text{TCO}_2 + \text{TSiO}_2)}{C} \quad (\text{Eq. 1})$$

Pour un calcul approximatif, le pouvoir d'échange est obtenu pour chaque résine à partir de documents fournis par le fabricant, pour notre travail on va prendre une résine Anionique Faiblement Basique (Aldex WB-1) ayant une capacité de 1400 meq/L équivalent à 7000 °F.

Selon l'équation 1 (Eq. 1) la quantification des éléments indiqués dans la formule à savoir SO_4^{-2} , Cl^- , NO_3^- , SiO_2 et TCO_2 est nécessaire afin de déterminer le volume de résine à utiliser V_a . Alors, des analyses des éléments indiqués doivent être effectuées sur l'eau entrante les modules d'osmose inverse autrement dit l'eau sortante de la colonne de charbon actif. On outre, ces analyses peuvent être aussi effectuées sur l'eau avant dégazeur, entrante la colonne de résines échangeuses de cations pour adoucir l'eau, et après dégazeur c'est-à-dire l'eau sortante de cette colonne de résines cationiques, et ce, pour avoir une idée sur les teneurs de ces éléments en comparaison avec ceux existant en amont et en aval de la colonne de résines cationiques déjà disponible sur le site industriel. De plus, il est constaté que les teneurs en sulfates et nitrates sont conformes aux normes algériennes et aux normes de l'OMS.

Tableau 16: Les résultats d'analyses de Conductivité, SO_4^{-2} , NO_3^- et SiO_2 dans les eaux après charbon actif, avant dégazeur et après dégazeur.

Echantillons	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	SO_4^{-2} (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	SiO_2 (mg/L)
Après charbon actif	3770	201	74,8	0,3
Avant dégazeur	413	13,1	17,9	0,005
Après dégazeur	355	41,6	7,25	0

Quant au CO_2 libre peut être déduit graphiquement comme l'indique les Figures 10, 11 et 12. Ces graphiques permettent de déterminer le CO_2 libre d'une eau connaissant son alcalinité totale et son pH.

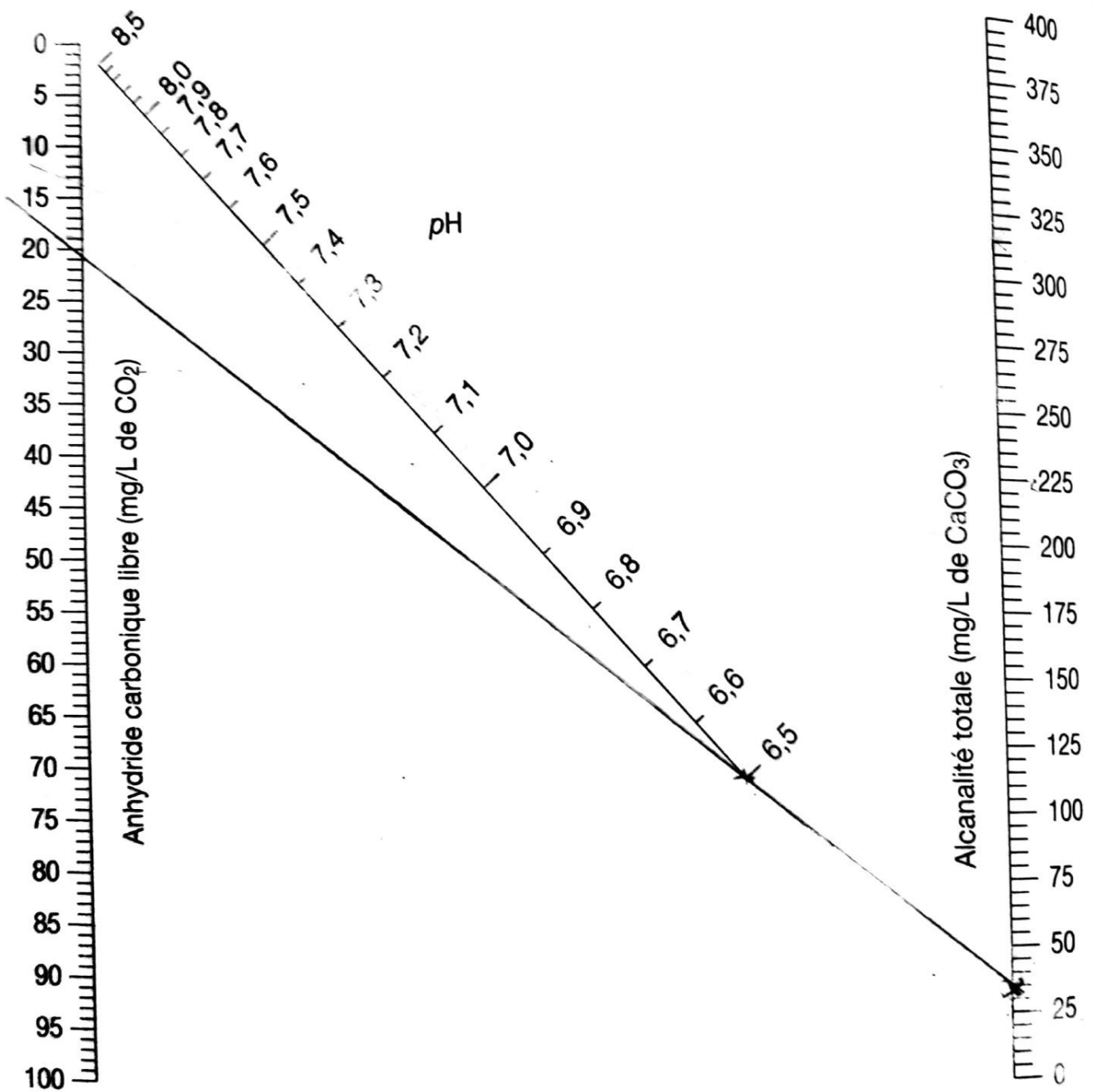


Figure 10 : CO₂ libre avant dégazeur

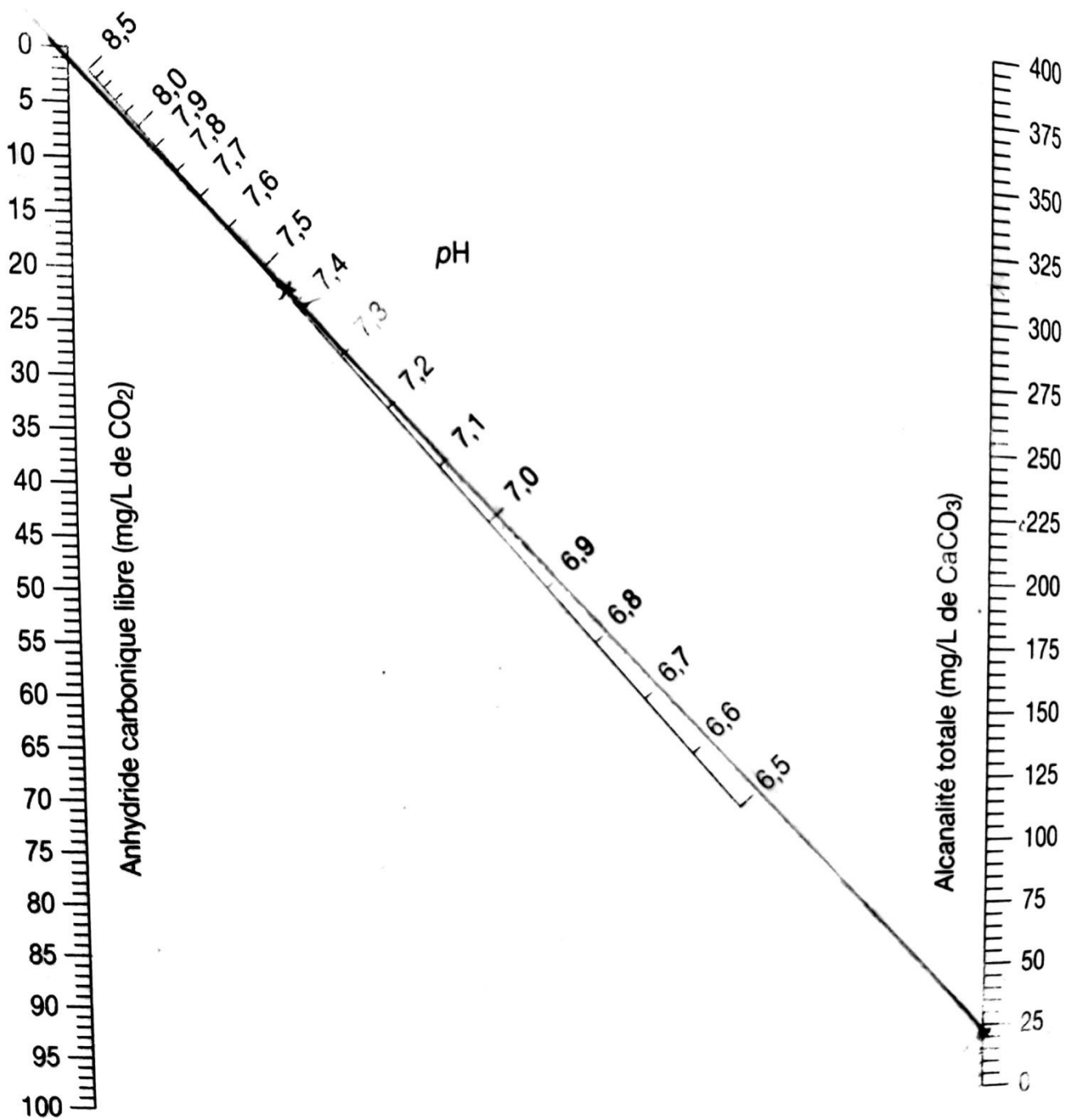


Figure 11 : CO₂ libre après filtre à charbon actif

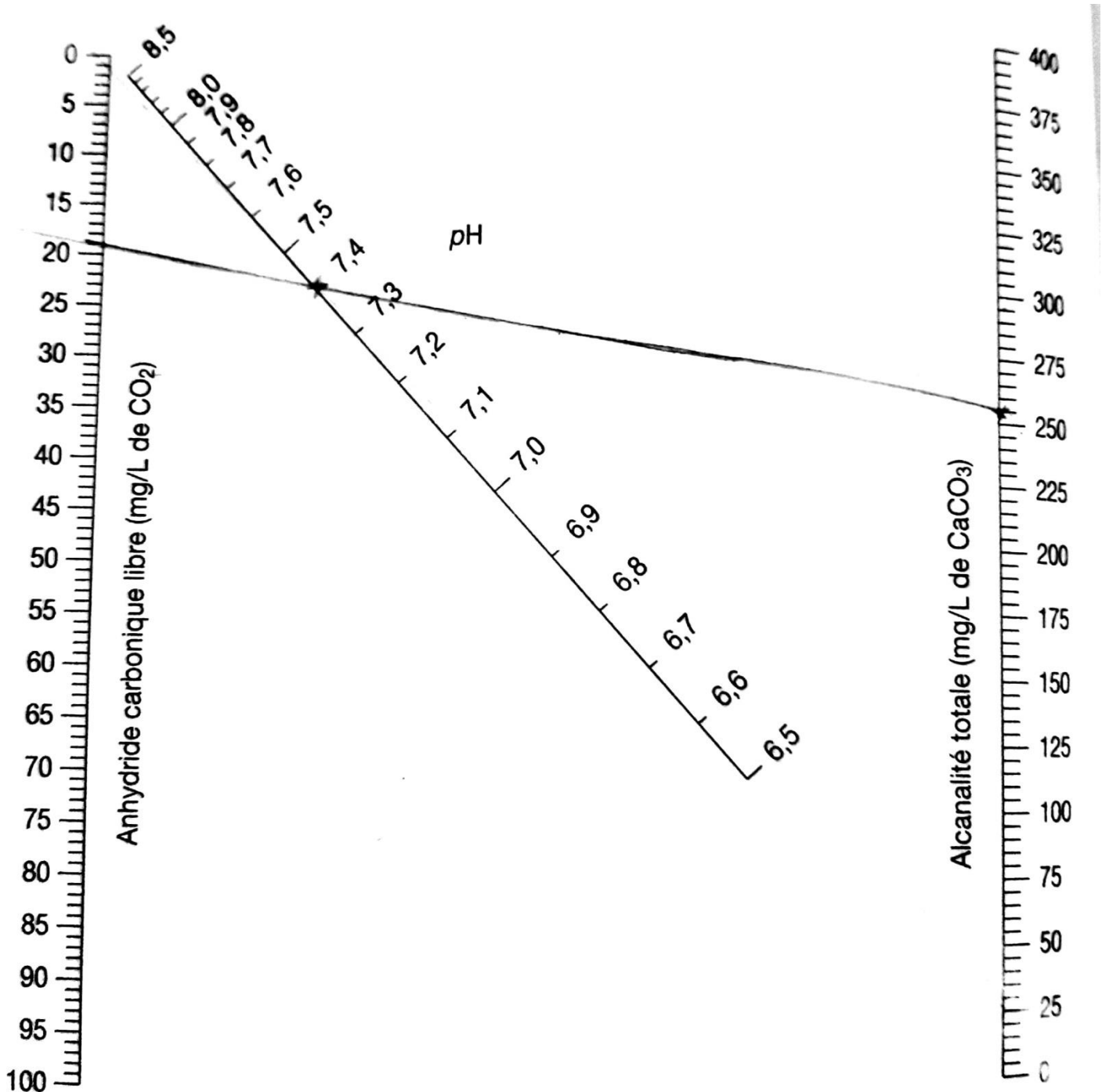


Figure 12 : CO₂ après dégazeur

À l'aide d'une règle joindre les points correspondants à l'alcalinité totale et au pH. En prolongeant la ligne jusqu'à sa rencontre avec la troisième échelle, le point d'intersection des deux droites donne la valeur du CO₂ libre en milligrammes de CO₂ par litre d'eau [70].

I.20.1 POUR LE VOLUME D'EAU A FOURNIR V :

Du dimanche au jeudi, il y a **1670m³** d'eau brute à traiter.

Pour vendredi et samedi il y a 340 m³, on enlève 32m³ de mitigeage pour obtenir **308m³** d'eau à traiter.

Donc, il y aura 1978m³ d'eau à traiter pendant 7 jours.

APPLICATION NUMERIQUE :

$$Va = \frac{1978 \times (41,7 + 1,9 + 0,025)}{7000}$$

On trouve :

$$Va = 12,32 \text{ m}^3 \text{ de résines échangeuses d'anions}$$

I.20.2 INTERPRETATION DU RESULTAT

Pour éliminer tous les chlorures dans l'eau brute il faut insérer une colonne de 12,32 m³ de résines échangeuses d'anions pour une régénération dans un intervalle de temps de 7 jours.

Conclusion générale

L'eau, élément indispensable à la vie, doit être protégée et sa qualité doit être régulièrement contrôlée.

La présente étude a porté sur la modification du procédé de traitement des eaux saumâtres dans l'industrie laitière de Sidi Saada pour remédier au problème de la hausse de la teneur en chlorures en évaluant la qualité physico-chimique de l'eau utilisée au niveau de chaque étape de prétraitement.

La qualité des eaux est souvent estimée par la mesure des paramètres physico-chimiques qui doivent se plier aux normes préconisées par l'OMS ou normes algériennes.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute jusqu'avant osmose inverse montrent que cette dernière est caractérisée par un pH aux alentours de 7, une moyenne de $6980 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ pour la conductivité ionique, une forte teneur en chlorures d'une valeur moyenne de $1098 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, un TH moyen de $107,86 \text{ }^\circ\text{F}$ et un TAC moyen de $25,5 \text{ }^\circ\text{F}$. Ces valeurs sont réduites par l'industrie laitière de Sidi Saada en suivant des normes internes exigées par le constructeur Alfa Laval afin de préserver leurs équipements et aussi d'avoir une bonne qualité des produits finis.

Les résultats des analyses de la silice, juste après la sortie d'eau du filtre à charbon actif, ont révélé que ces eaux présentent une quantité négligeable de ce composé. Tandis que les teneurs en sulfates et nitrates à la même étape de traitement, ont enregistré des valeurs non négligeables; cependant, elles sont conformes aux normes algériennes et aux normes de l'OMS.

Les analyses effectuées sur l'eau traitée permet de constater que la teneur en chlorures reste toujours élevée après osmose inverse en la comparant aux normes internes de l'industrie qui doit être aux environs de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, d'où un traitement spécifique aux chlorures est obligatoire.

Dans ce travail, l'insertion d'une colonne de résines échangeuses d'ions (résine anionique faiblement basique) a été proposée juste après traitement d'eau par charbon actif.

Le calcul effectué selon les analyses obtenues a enregistré un volume nécessaire de résine de $12,32 \text{ m}^3$ régénérable dans une durée de 7 jours.

C'était prévu que nous assistions la réalisation concrète de ce projet sur le site industriel du complexe laitier de Sidi Saada, mais malheureusement suite au problème sanitaire relatif à la pandémie COVID-19 nous avons raté cet avantage où nous étions obligés de quitter le lieu industriel.

Recommandations

Il est jugé nécessaire de prendre les dispositions suivantes :

- Insertion d'une colonne à résines échangeuses d'anions juste après l'étape de traitement d'eau saumâtre par filtre à charbon actif et avant l'étape de traitement d'eau par osmose inverse.

- Le volume nécessaire de résines mis dans la colonne doit être de 12,32 m³.

La durée de régénération des résines ne doit pas excéder 7 jours

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] J. P. MERICQ, Approche intégrée du dessalement de l'eau de mer : distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilité de couplage avec l'énergie solaire, Thèse de doctorat, l'INSA Toulouse, France, 2009.
- [2] N. BENFERHAT, M. BENFERHAT, L'enjeu de l'eau, Revue mensuelle n°05, Ed. Marinoor, 1997.
- [3] Prévention de la pollution dans l'industrie laitière, Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP), Espagne, 2-19 Mai 2002.
- [4] V. Taylor – chef du programme d'assurance de la qualité du lait/MAAARO, 01 décembre 2003.
- [5] F. de Dardel, Ancien Directeur technique chez Rohm and Haas à Paris, France, 2012
- [6] : A. P. Tamas, Étude comparée du colmatage en nanofiltration et en ultrafiltration d'eau de surface, Mémoire de fin d'étude en génie civil Université Laval, France, 2004.
- [7] G. Martin, Le point sur l'épuration et le traitement des eaux, air, Ed. Tec.et Doc, Paris, France, 1982.
- [8] La Commission Locale de l'Eau, Rendement des réseaux d'eau potable-définition des termes utilisés, Version juin 2004.
- [9] R. Dejardins, Ed. Presses internationales Polytechnique, 1997, p. 304.
- [10] DEGREMONT, Mémento technique de l'eau, 2^{ème} Ed., Tom1, 2005, pp. 39-50.
- [11] M. Bachi et R. Abdelli, L'influence des paramètres physiques et chimiques sur la coagulation- floculation et décantation, Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en Hydraulique, Département d'Hydraulique, Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, juillet 2005.
- [12] : R. Desjardins, Traitement des eaux, 2^{ème} éd., Edition de l'école polytechnique de Montréal, Canada, 1990.
- [13] A. Kettab, Traitement des eaux (les eaux potables), Ed. Office des publications universitaires (OPU), Alger, 1992 .
- [14] R. DAJOZ, Précis d'Ecologie: Cours et Exercices Résolus, 7^{ème} Ed. Dunod, Paris, 2000, p. 613.

Références bibliographiques

- [15] A. Azzaoui et M. Melis, Etude d'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la station de traitement de barrage BAKHADDA « TIARRET, Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en Hydraulique, Département d'Hydraulique, Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, 2008.
- [16] M. S. Ouali, Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux, Ed. Office des publications universitaires, Alger, 2001.
- [17] M. Deshayes, Guide pour l'établissement des plans d'Assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés, Mémoire en Génie civil, Strasbourg, France, 2008.
- [18] DEGUMENT, Mémento technique de l'eau, Ed. Lavoisier, Paris, France, 1972.
- [19] Z. Hadj Sadok, Modélisation et estimation des biréacteurs, prise en compte des incertitudes application au traitement de l'eau, Thèse de doctorat, Université de Nice Sophia Antipolis, France, 1999.
- [20] J. C. BOEGLIN, Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, Traité environnement, J 1110.
- [21] T. BENSACI, Détermination de la Qualité Physico-chimique et Bactériologiques des Eaux de Surface: Cas du Barrage Timgad (W. d'Oum El Bouaghi), Mémoire de Magister, Centre Universitaire Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi, 2006, p. 98.
- [22] Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, Consumer's Guide to Drinking Water, December 2006.
- [23] CSHPF, Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines-Section des eaux, 1995, p. 22.
- [24] J. A. FABY et F. BRISSAUD, L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Office International de l'Eau, 1997, p. 76.
- [25] UAE, Les principaux procédés de traitement de l'eau au point d'utilisation, Aqualogie le magazine des affineurs de l'eau, n°21, Septembre 1997, pp. 48-51.
- [26] A. MALVOISIN, Contrôle de l'efficacité et de l'innocuité des appareils de traitement d'eau domestiques, Thèse d'ingénieur de génie sanitaire, Ecole nationale de la santé public, Rennes, France, 2004.
- [27] R. Desjardins, Le traitement des eaux 2^{ème} Ed. de l'école polytechnique de Montréal, 1990.

Références bibliographiques

- [28] V. Roland, Eau, environnement et santé publique, Introduction à l'hydrologie, 3^{ème} Ed. Lavoisier, Paris, France, 2010.
- [29] Degremont, Mémento technique de l'eau, 2^{ème} Ed. Lavoisier, Paris, France.
- [30] Notice technique sur les centrales thermiques, Le traitement des eaux, Fascicule N°10, 2^{ème} Ed., Avril 1970.
- [31] Degremont, Mémento technique de l'eau, 3^{ème} Ed., Paris, 2013.
- [32] A. DITS, Les déchets des industries du traitement de surface, Agence nationale pour la récupération et élimination des déchets, 1988.
- [33] F. TATA-DUCRU, Dessalement de l'eau de mer bilan des dernières avancées technologiques - bilan économique, analyse critique en fonction des contextes, Agence Française de Développement, Janvier 2009.
- [34] A. Phillippe, P. Moulin, Microfiltration et Ultrafiltration - conduite des essais pilotes, Ed. Club français des membranes, 2002.
- [35] J. Bimbenet, D. Albert, T. Gilles, Génie des procédés alimentaires - des bases aux applications, Ed. Dunod, Paris, 2002, p. 547.
- [36] P. Marty, Traitement des effluents par filtrations membranaires & Agricoles, Octobre 1999.
- [37] R. D. Noble, A. Sterns, Membrane separations technology - principales and applications, Elsevier science Publisher B.V., 1995.
- [38] A. HODIAUMOONT, J. MEHEUUS, P. PEETERS, Le traitement de l'eau domestique, Belguaqua, Février 2004.
- [39] UAE, L'eau adoucie - Principes de base, Aqualogie le magazine des affineurs de l'eau, n°17, Septembre 1996, pp. 21-23.
- [40] H. Adjim, Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna, Mémoire de Magister en Hydraulique, Département d'Hydraulique, Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université Abou Bekr Belkaïd, Tlemcen, juillet 2004.
- [41] J. M. Berlan et J. Catherine, Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau, Office international de l'eau SNIDE, disponible : www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae14.pdf, Décembre 2002.
- [42] P. Danis, Dessalement de l'eau de mer, Techniques de l'Ingénieur, J 2700, 2003.

Références bibliographiques

- [43] T. Chatkaew, Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse, Thèse de Doctorat en Génie des Procédés et de l'Environnement, Université de Toulouse, France, 2009.
- [44] M. Alain, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtre et autre procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, 2^{ème} Ed. Lavoisier, Paris, France, 2006.
- [45] Direction de la recherche et de la planification de l'eau, Eaux souterraines saumâtres au Maroc - potentialités en tant que ressources alternatives, Marrakech, Maroc, Avril 2008.
- [46] Dossier thématique - la cité de la Mer - Technopole Cherbourg-Normandie, France, Mars 2005.
- [47] DEGEMENT, Mémento technique de l'eau, Tome I, Ed. Lavoisier, Paris, France, 2005.
- [48] Groupe industriel des productions laitières (GIPLAIT / SPA), Laiterie de SIDI SAADA-Yellel RELIZANE, 2011.
- [49] Alfa Laval, Technical manual for physicochemical and microbiological quality standards, of treated water to manufacture dairy products, required by the manufacturer of the Sidi Saada dairy industry (Algeria), France.
- [50] P. L. H. McSweeney, Biochemistry of cheese ripening: Introduction and overview. In: P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Coagan, T. Guinee (Eds): Cheese: chemistry, physics and microbiology, Vol. 1, General Aspects, Oxford, Elsevier, 2004, pp. 347-361.
- [51] Pradal, Ingénieur de l'ENITA de Bordeaux, Docteur en Biochimie et Biologie appliquées de la Faculté de Chambéry, France.
- [52] A. Eck et J. C. Gillis, Vol. 1998 (177), April 1998, pp. 16-19.
- [53] R. Veisseyre, Traitement et transformation du lait, 3^{ème} Ed. La Maison rustique, Paris, France, 1975.
- [54] J. Platt, MSR-TR-98-14, April 1998.
- [55] F. Remeuf, V. Cossin, C. Dervin, J. Lenoir, R. Tomassone, Relations entre les caractères physicochimiques des laits et leur aptitude fromagère, Le Lait, Ed. INRA, 71 (4), 1991, pp. 397-421.
- [56] G. MIRANDA et J. C. GRIPON, Origin, nature and technological significance of proteolysis in milk, International dairy journal, n°66, 1986, pp. 1-18.

Références bibliographiques

- [57] L. LEMIEUX et R. D. SIMARD, Contribution à l'étude de la protéolyse des laits réfrigérés et incidence sur le rendement de fabrication de fromages à pâte molle, *Lait*, 55, 1994, pp. 521-536.
- [58] F. BERTRAND, Le fromage grand œuvre des microbes, *Revue générale de froid*, 78, 1988, pp. 519-527.
- [59] H. E. Spinnler, *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Vol. 2, 2004, pp. 157-174.
- [60] A. Corbitt, *Standard handbook of environmental engineering*, 2nd Ed. McGraw-hill, 1999.
- [61] F. Tata-Ducru, Agence Française de Développement ; ENGREF Centre de Montpellier, Dessalement de l'eau de mer: bilan des dernières avancées technologiques - bilan économique, analyse critique en fonction des contextes, Janvier 2009.
- [62] E. P. DINNAT, La détermination de la salinité de surface des océanes à partir de référence mesures radiométrique hyperfréquences en bande L, 2003.
- [63] S. DESCLAUX, Techniques séparatives à membranes, *Techniques de l'ingénieur*, Vol. J3, n° j2791, 2003, p. 8.
- [64] A. MAUREL, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 1^{ère} Ed. Lavoisier, Paris, France, 2001.
- [65] A. MAUREL, Osmose inverse et ultrafiltration - Technologie et applications, Ed. *Techniques de l'Ingénieur*, J 2792, 1974, pp. 1-3.
- [66] A. MAUREL, Techniques séparatives à membranes - Considérations théoriques, Ed. *Techniques de l'Ingénieur*, J 2790, 1974, pp. 17.
- [67] J. G. Davis, *A dictionary of Dairying*, 2nd Ed. Leonard Hill Ltd, London, 1956.
- [68] World Health Organization (OMS), Drinking water standards, WHO's guidelines for drinking water quality, set up in Geneva, 1993. Available: <http://www.lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.htm>, accessed on August 2020.
- [69] L'édition digitale du Memento Technique de l'eau pour les professionnels du traitement de l'eau, Degremont, 2016, Disponible : <https://www.suezwaterhandbook.fr>
- [70] J. Rodier, *Analyse des eaux*, 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, France, 2006.

Annexes

Prélèvement des échantillons

Les prélèvements doivent être réalisés avec le plus grand soin et les échantillons prélevés pour les différentes analyses doivent être conservés dans des flacons en verre lavés et rincés sur place au moment de la prise de l'échantillon. Les flacons sont remplis jusqu'au bord et bouchés de telle façon qu'il n'y ait aucun contact avec l'air et tout en inscrivant les mentions relatives à la date de la prise et l'origine du prélèvement. Aussitôt les échantillons sont acheminés vers le laboratoire via une glacière à une température ne dépassant pas 6°C et l'idéal est de procéder à l'analyse dans les deux heures qui suivent.

Les analyses physico-chimiques des eaux utilisées dans l'industrie laitière de Sidi Saada

• Les analyses de l'eau : Les analyses physico-chimiques sont effectuées sur les types d'eau suivants :

- L'eau brute (Alimentation)
- Eau après filtre à sable
- Eau après filtre à charbon :
- Après Microfiltration :
- Perméat osmose inverse :
- Rejet osmose inverse :
- L'eau adoucie avant chaudière :
- Alimentation chaudière après dégazeur :
- Rejet chaudière :

• **Les paramètres à rechercher**

- Température
- pH

- TH (Titre Hydrométrique)
- TA (Titre Alcalimétrique)
- TAC (Titre Alcalimétrique Complet)
- Chlorures
- Conductivité
- Nitrates
- Sulfates
- Silice

Mesure de la température

La mesure de la température s'effectue à l'aide d'un simple thermomètre gradué de 0 à 25°C.

Mesure du pH

La mesure du pH se fait avec un appareil appelé pH mètre.

On plonge l'électrode dans l'échantillon et on laisse la valeur se stabiliser pendant quelques secondes puis on note la valeur du pH.

Titre hydrotimétrique (TH)

Cette méthode d'essai a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'une eau.

Principe

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel de sodium d'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) « $C_{10}H_{12}N_2O_8Mg$ » à un pH de 10 l'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Mode opératoire

25 ml de l'eau à analyser + 1 ml solution Tampon + NET.

Couleur

Rose → titré avec solution EDTA → 0,02N bleu

Dosage de TA et TAC

TA : A 100 ml d'échantillon on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine : si la coloration est rose ($TA \neq 0$), on dose alors à l'aide du HCL jusqu'à décoloration. Si on n'a pas de coloration rose ($TA = 0$) on passe directement à TAC.

TAC : A 100 ml de l'échantillon on ajoute trois gouttes de méthyle-orange, il se développe une coloration jaune qui sera dosé par HCL jusqu'au virage jaune orange.

Détermination des Chlorures :

L'eau contient toujours de chlorures, mais en proportion très variable. Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage. D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente avec le degré de minéralisation de l'eau.

En général, les chlorures sont présents dans l'eau à l'état brut et transformés à des concentrations allant de petites traces jusqu'à plusieurs centaines de mg/L. Ils sont présents sous la forme de chlorures de sodium, de calcium et de magnésium. L'eau de mer a une forte concentration de chlorures qui est d'environ de 26.000 mg/L. De fortes concentrations de chlorures peuvent restreindre l'utilisation de l'eau en raison de la saveur qu'ils donnent et l'effet épuration qu'ils peuvent causer.

Le décret n° 2.914/2011 du Ministère de la Santé brésilien établit le niveau de 250 mg/L comme maximum autorisé pour l'eau potable. Les méthodes conventionnelles de traitement des eaux n'éliminent pas les chlorures. Leur élimination peut se faire par désalinisation (osmose inverse ou électrodialyse) ou par échange d'ions (résines synthétiques).

Méthode de détermination

Titration avec du Nitrate d'argent.

Technique

- a) Placer 100 ml d'échantillon dans le flacon Erlenmeyer.
- b) Ajuster le pH entre 7 et 10, en cas de besoin avec NaOH ou H₂SO₄.

- c) Ajouter 1 ml de la solution indicatrice de K_2CrO_4 .
- d) Titrer la solution avec du nitrate d'argent 0,0141N jusqu'à ce que le mélange vire au jaune rougeâtre qui correspond au point d'équivalent de titrage.
- e) Effectuer un essai en blanc de la même façon que pour l'échantillon.

Mode opératoire

Dans un Erlenmeyer on introduit 100 ml d'eau à analyser plus 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis on ajoute quelques gouttes de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 10%, on titre avec la solution de nitrate d'argent $AgNO_3$ à 0,1 N jusqu'au virage du jaune au rouge brique.

Pour une prise d'essai de 100 ml :

$$Cl^- = V_4 \times 35,5$$

Avec V_4 le volume nécessaire au titrage.

Les chlorures sont exprimés en mg de Cl^- par litre d'eau (mg/L).

La conductivité

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre. L'unité de conductivité est ($\mu s/cm$).

Dosage de nitrate

Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paraite salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie.

Préparation des Réactifs

Réactif (I)

Hydroxyde de sodium 30%

Réactif (II)

Salicylate de sodium ... 0,5%

Eau distillée ... qsp 100 ml.

NB : à préparer chaque 24 h.

Réactif (III)

Acide sulfurique 2 ml

Réactif (IV)

Hydroxyde de sodium NaOH ... 400 g.

Tartrate double de sodium et de potassium ... 60 g.

Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Mode opératoire

10 ml Eau à analyser+ 3 gouttes RI+ 1ml RII

10 ml Eau distillée + 3 gouttes RI + 1ml RII (témoin).

Après le séchage dans l'étuve, on laisse refroidir On ajoute 2 ml de RIII laissé reposer 10 minutes ajoutées 15ml d'eau distillé 15 ml RIV

Faire la lecture au spectromètre à longueur d'onde 451 nm

Les résultats son affiché directement dans le spectromètre en mg /litre de nitrate.

Dosage des sulfates

Principe

Les ions SO_4^{2-} Sant précipités à l'tat de sulfate de baryum et évalués gravi métriquement.

Préparation des Réactifs

Réactif I (solution stabilisante)

Acide chlorhydrique (c) ... 60 ml.

Ethanol ... 200 ml.

Chlorure de sodium ... 150 g.

Glycérol ... 100 ml.

Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Réactif II (Solution de chlorure de baryum)

Chlorure de baryum ... 150 g.

Acide chlorhydrique ... 5ml.

Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml E.D.

Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.

Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.

Agité énergiquement pendant 1 min

Faire la lecture au spectrophotomètre $\lambda = 420$ nm.

NB : $\text{mg /L SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{la dilution.}$

Faire la lecture au spectromètre à longueur d'onde 451 nm

Les résultats sont affichés directement dans le spectromètre en mg /litre de sulfate

Détermination de la silice :

Réactifs et étalons

Lorsque l'utilisation de réactifs commerciaux de qualité particulière est nécessaire, une mention à cet effet est ajoutée après le nom du produit. L'eau utilisée pour la préparation des solutions étalons est de l'eau déminéralisée ultrapure filtrée sur un filtre 0,2 micromètres.

1- Acide chlorhydrique, HCL concentré (CAS n° 7647-01-0)

2- Molybdate d'ammonium, $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}$ (CAS n° 12054-85-2).

3- Acide oxalique, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (CAS n° 6153-56-6).

4- métasilicate de sodium nanohydraté, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (6834-92-0).

5- solution d'acide chlorhydrique 50 %.

Dans une fiole jaugée en plastique de 100 millilitres contenant environ 25 millilitres d'eau ultrapure, Versez délicatement 50 millilitres d'acide chlorhydrique concentré (attention à la réaction exothermique) (cf.6.1). Laisser refroidir et compléter au trait de jauge.

6- solution de molybdate d'ammonium.

Dans une fiole jaugée en plastique de 100 millilitres contenant environ 50 millilitres d'eau ultrapure. dissoudre 10 g de molybdate d'ammonium (cf.6.2). compléter au trait de jauge.

7- solution d'acide oxalique.

Dans une fiole jaugée en plastique de 100 millilitres contenant environ 50 millilitres d'eau ultrapure. Dissoudre 7,5 g d'acide oxalique (cf.6.3). compléter au trait de jauge.

8- solution étalon mère de silicate à 1000 mg/L

Dans une fiole jaugée de 1 L en plastique contenant environ 500 millilitres d'eau ultrapure, dissoudre 4,73 g de métasilicate de sodium nanohydraté (cf.6.4) et compléter au trait de jauge. Cette solution peut-être conservée dans une bouteille de plastique.

9- solution étalon de travail de silicate de 1,0 ; 2,0 ; 5,0 ; 10 ; 15 et 20 mg/L.

Dans une série de fioles jaugées en plastique de 100 ml contenant environ 50 millilitres d'eau. Introduire à l'aide de pipettes 0,1 0,2 0,5 1,0 1,5 2,0 ml de la solution étalon mère de silicate de 1000 mg/L (cf.6.8) et compléter au trait de jauge avec de l'eau ultrapure.

Protocole d'analyse

Pour toute série d'échantillons, les recommandations des lignes directrice concernant les travaux analytiques en chimie, DR-12-SCA-01. sont suivies pour s'assurer d'une fréquence d'insertion adéquate en ce qui concerne les éléments de contrôle et d'assurance de la qualité (blanc, matériaux de référence , duplicata, etc). tous ces éléments d'assurance et de contrôle de la qualité suivent les mêmes étapes du protocole analytique que les échantillons.

Préparation du matériel

Aucune préparation spéciale n'est requise pour cette analyse.

Préparation des échantillons

Aucune préparation n'est nécessaire.

Dosage

- mettre le spectrophotomètre sous tension et laisser stabiliser pendant un minimum de 10 minutes;
- _ établir le dosage en mode absorbance avec la fonction «changer mode»;
- fixer la longueur d'onde à 410 nm avec la fonction «fixer nm»;
- courbe d'étalonnage;
 - Établir le zéro absorbance avec un aliquote d'eau ultrapure en utilisant la fonction «mesurer blanc» Verser 50 millilitres d'étalon dans un contenant de plastique et ajouter 1,0 ml d'acide chlorhydrique 50 % (cf.6.5) et 2,0 ml de la solution de molybdate d'ammonium (cf.6.6). agiter pour bien mélanger.
 - laissez reposer de 5 à 10 minutes;
 - ajouter 2 millilitres de la solution d'acide oxalique (cf.6.7) et agiter.
 - mesurer l'absorbance entre 2 et 15 minutes après l'addition de l'acide oxalique car le complexe molybdo- silicate n'est pas stable dans le temps;
 - mesurer l'absorbance de chacun des étalons de la courbe d'étalonnage. Noter l'absorbance sur la feuille de travail Excel;

Échantillons

- verser 50 millilitres d'échantillon dans un contenant de plastique 1,0 ml d'acide chlorhydrique 50 % (cf.6.5) et 2,0 ml de la solution de molybdate d'ammonium (cf.6.6). Agiter pour bien mélanger;
- laissez reposer de 5 à 10 minutes;
- ajouter 2,0 ml de la solution d'acide oxalique (cf.6.7) et agiter;
- mesurer l'absorbance entre 2 et 15 minutes après l'addition de l'acide oxalique, car le complexe molybdo-silicate n'est pas stable dans le temps. Noter l'absorbance sur la feuille de travail Excel.

RESUME

L'objectif de ce travail est d'éliminer les chlorures présents dans l'eau saumâtre utilisée dans l'industrie laitière de Sidi Saada en utilisant le principe d'échange ionique, afin d'améliorer la qualité des produits fabriqués et protéger les équipements utilisés contre la corrosion.

Plusieurs paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, chlorures, dureté, Titre alcalimétrique (TA), Titre alcalimétrique complet (TAC), nitrates, sulfates, silice) ont été analysés afin de modifier le procédé de prétraitement d'eau saumâtre recommandé par le constructeur.

Ce procédé modifié est réalisé par l'installation d'une colonne à résine anionique faiblement basique juste après l'étape de traitement d'eau par charbon actif et avant l'étape de traitement d'eau par osmose inverse. Le volume de résines échangeuses d'anions mis dans cette colonne doit être de 12,32 m³ pour éliminer totalement les ions chlorures dans l'eau traitée avant mitigeage. Cette quantité de résines doit être régénérée dans une durée n'excédant pas 7 jours.

Mots clés : modification du procédé, résines échangeuse d'anions, chlorures, eau saumâtre, industrie laitière

ABSTRACT

The aim of this work is to eliminate the chlorides present in the brackish water used in the dairy industry of Sidi Saada by using the principle of ion exchange, in order to improve the quality of the manufactured products and protect the equipment used against corrosion. .

Several physicochemical parameters (temperature, pH, conductivity, chlorides, hardness, Alkalinity, Total alkalinity, nitrates, sulphates, silica) were analyzed to modify the manufacturer's recommended brackish water pretreatment process.

This modified process is achieved by the installation of a low-base anionic resin column just after the activated carbon water treatment stage and before the reverse osmosis water treatment stage. The volume of anion exchange resins placed in this column must be 12.32 m³ to completely remove chloride ions in the treated water before mixing. This quantity of resins must be regenerated in a period not exceeding 7 days.

Keywords: process modification, anion exchange resins, chlorides, brackish water, dairy industry