

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnalisant en :

Génie de l'Eau

Thème :

**Etude de procédé de déminéralisation des eaux saumâtre – station
de déminéralisation de DJAMAA wilaya d'Oued Souf**

Réalisé par :

ZAIDI Youguarta

Encadré par :

AIT ABBACE Hamou

Tuteur de l'entreprise :

BACHI Adnane

AMENHYD SPA

Année Universitaire :2018/2019

DEDICACES

A tous ceux qui me sont chers :

A mes chers, père et mère, qui sans eux rien n'aurait pu être fait,

A mes chères grand-mères

A mon cher frère et ma chère sœur

A toute ma famille

A tous mes amis.

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu, le tout puissant pour la volonté et le courage qu'il m'a donné pour mener à terme ce travail.

Je remercie aussi mes tuteurs de l'entreprise Mr Adnane BACHI et Mr Zakaria DERDER qui m'ont proposé ce thème et ils m'ont aidé de réaliser ce travail au niveau de l'entreprise « AMENHYD SPA».

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à mon directeur de mémoire Dr.AIT ABBACE Hamou enseignant à l'institut des sciences et de technologie au pôle universitaire de Bouira, pour m'avoir conseillé tout au long de la préparation de ce mémoire.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes professeurs et les enseignants du l'institut de technologie (ISTA)- Bouira.

. Résumer :

L'objectif de ce mémoire est l'étude du procédées de déminéralisation des eaux saumâtres, les différentes étapes de déminéralisation sont les suivantes :

Prétraitement : objectif pour protéger les conduites et surtout les membranes contre le colmatage.

- *Le refroidissement des eaux brutes pour diminuer la température jusqu'au 22 à 32°C.*
- *La filtration bicouche pour éliminer les molécules plus de 10 µm.*

Traitement : pour éliminer les sels.

- *La microfiltration par les filtres à cartouche pour éliminer les molécules moins de 5µm.*
- *Le traitement par osmose inverse pour éliminer les sels minéraux.*

Le post-traitement : pour avoir une eau potable et chloration et protection finale de notre eau.

- *Le mélange entre 75% d'eau osmose et 25% d'eau pré-filtrer pour avoir une eau potable en comparaison aux normes algérienne des eaux potables.*
- *La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage.*

To summarize

The objective of this thesis is the study of the demineralization process of brackish water. The different stages of demineralization are as follow:

Pretreatment: objective to protect the pipes and especially the membranes against plugging.

- The cooling of the raw water to reduce the temperature until 22 of 32°C.
- Belayed filtration to remove molecules larger than 10µm.

Treatment: to eliminate mineral salts.

- Microfiltration by cartridge less than 5µm.
- Reverse osmosis treatment to eliminate.

Post-treatment: to have drinking water and chloration and final protection of our water:

-The mixture between 75% water osmosis and 25% water pre-filter to have drinking water compared to the Algerian standards of drinking water.

-Chloration destroys pathogenic organism in water and protects it from further contamination during transport or storage.

المخلص

الهدف من هذه المذكرة هو دراسة عملية تطهير المياه الجوفية اهم الطرق تطهير كالتالي

- تبريد المياه من درجة 57°م الى ما بين 22°م و 32°م

- التصفية الثنائية للتخلص من جزيئات اكثر من 10 ميكرومتر.

-تصفية للقضاء على الاملاح.

-الخط بين المياه للحصول على مياه صالحة للشرب

Sommaire :

Remerciement

Dédicace

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

I.1 Présentation de l'entreprise 2

I.2 Le groupement AMENHYD se compose principalement des filiales suivantes 3

I.3 L'organigramme de l'entreprise4

Chapitre II : Recherches bibliographiques sur les eaux salées

II.1 La recherche bibliographique sur les eaux salées 5

II.2 Définition des eaux saumâtres 6

II.3 Technique de déminéralisation des eaux salées 7

II.3.1 La station de dessalement des eaux se compose en général 7

Chapitre III : Les analyses des eaux brutes

III.1 Introduction 8

III.2 Les paramètres physico-chimiques de l'eau à traiter 8

III.3 Paramètre organoleptiques 10

III.4 Caractéristiques microbiologiques..... 11

III.5 De façon préventive	12
III.6 Aspects législatifs	14
III.7 Conclusion	14

Chapitre IV : Présentation du station

IV.1 Introduction.....	15
IV .2 Présentation de la station	15
IV.3 Situation géographique	15
IV.4 Processus appliqué dans à la station de la déminéralisation de Djamaa	16
IV.5 La source et le captage d'eau de cette station	17
IV.6 Conclusion	18

Chapitre V : Procédées de déminéralisation de la station

V.1 Introduction	19
V.2. - Le prétraitement	20
V.2.1 L'objectif de prétraitement	20
V.2.2 Les étapes de prétraitement	20
V.3 Le traitement par osmose inverse	34
V.3.1 Système de production d'eau osmosée	34
V.3.2 Procédé d'osmose inverse	36
V.4 Post traitement	44
V.5 Conclusion	45

Chapitre VI: Dimensionnement d'une station de déminéralisation des eaux par osmose inverse

VI.1 Introduction	47
VI.2 Pression transmembranaire	48
VI.3-La société Hydranautics	49
VI.4 Simulation par logiciel de simulation	50

Chapitre VII : Résultats et discussions

VII.1 Introduction.....	57
VII.2 La problématique de la station.....	60
VII.3 La solution de cette problématique.....	60
VII.4 La qualité d'eau sortie de la station.....	60
VII.5 Conclusion.....	61
Conclusion générale	62

Référence et bibliographique

Listes des figures

Figure I.1 : les filiales de l'entreprise

Figure I.2 : l'organigramme de l'entreprise

Figure II .3 : Répartition de l'eau sur la planète

Fig. III 4 : pH d'eau potable.

Fig. III 5 : Evaluation de la dureté de l'eau par le titre hydrotimétrique.

Fig. IV .6 : Image satellitaire de la station

Fig. IV 7 : Schématisation de technique de déminéralisation.

Fig. IV 8 : schéma de la nappe albien phréatique

Fig. V 9 : Organigramme de la station

Fig. V 10 : Le forage albien de la station

Fig. V 10 : Le forage albien de la station

Figure V 11 : intérieur d'une conduite avant Et après l'entartrage.

Fig. V 12 : les tours de refroidissement de la station.

Figure V 13 : schéma d'une tour de refroidissement à circuit fermé

Fig. V 14 : les 5 filtres de la station

Fig. V 15 : Schéma d'un filtre bicouche (sable-anthracite)

Fig. V 16: schéma de principe de filtration bicouche.

Fig. V 17 : supprimeur air de la station

Fig. V 18 : schéma représentant la technique de lavage des filtres

Fig. V 19 : les filtres à cartouche de la station.

Fig. V 20 : Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse.

Fig. V 21 : schématisation d'une membrane de module spiralé

Fig. V 22 : Pompes haute pression de la station

Fig. V 23 : le placement des membranes de la station par étage.

Fig. V 24 : les membranes de la station

Fig. V 25 : schématisation de la membrane de la station

Fig. V 26 : Schématisation des différents mécanismes de colmatage

Fig. VI. 27: Image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

Fig. VI .28: image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul

Fig. VI .29 : image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul.

Liste des tableaux

Tab III.1 : les origines des bactéries trouvés dans l'eau.

Tab. III. 2 Les normes physico-chimiques des eaux potables algériennes

Tab. III.3 Les normes algériennes des analyses bactériologiques des eaux potables

Tab. V.4 Les dimensions de forage de la station

Tab. V. 5 QUALITEE DE L'EAU BRUTE (après des tours)

Tab. V. 6 Dimensionnement des filtres

Tab. V. 7 La qualité d'eau prétraitée

Tab. V. 8 Les caractéristiques des filtres à cartouches

Tab. V. 9 Les caractéristiques de la membrane spiralée

Tab .V. 10 Caractéristique et Conditions et données de service

Tab. V. 11 : la dimension de la membrane

Tab. V. 12 Caractéristique des membranes de la station

Tab. V. 13 Conditions et données de service de pompes d'impulsion

Tab. VI. 14 Les paramètres et modes de fonctionnement d'un procédé à membrane

Tab. VII.15 : La qualité d'eau finale à la sortie de la station

Nomenclature

MES: Matière en suspension

TDS: Total des solides dissous

TH: Titre hydrotimétrique

SDI: Silt Density Index

TA: Titre alcalimétrique

TAC: Titre alcalimétrique complet

Qa : Débit d'alimentation

Qp : Débit de permeat

QR : Débit de retentât

Y : Taux de conversion

PTM : Pression transmembranaire

Lp : la perméabilité de la membrane

OMS : Organisation mondiale de la santé

Introduction

Générale

Etudiant en troisième année Génie de l'eau de l'Institut des Sciences et Techniques Appliquées (ISTA-Bouira), étant enfin de cycle au niveau de cet institut, je me fixe pour objectif l'achèvement d'un projet de fin d'étude ; afin d'obtenir un diplôme de licence professionnelle, et de mettre en application la formation théorique obtenue pendant cinq semestres et cela grâce à un stage pratique.

J'ai débuté mon stage le 01/03/2019 au sein de l'entreprise AMENHYD SPA qui s'occupe des études techniques et réalisation dans le domaine de l'hydraulique et l'environnement. Mon premier objectif consiste à m'intégrer dans le monde professionnel pour une durée plus importante que les stages précédents, ce qui va me permettre de mener une mission concrète venant d'un besoin exprimé par l'entreprise accueillante.

Ma mission est encadrée par un tuteur au sein de l'entreprise, durant mon PFE ce dernier m'a proposé un thème d'étude ayant pour objectif principal «étude des procédées de déminéralisation des eaux saumâtres - Station de Djamaa ».

Notre étude comprendra les chapitres suivants : Dans le premier on a analysé.

Ensuite, le deuxième chapitre est consacré pour les procédées de déminéralisation des eaux saumâtres de cette station basé sur le traitement par osmose inverse.

Un autre chapitre sera destiné au dimensionnement des membranes basé les paramètres et les données spéciales comme les débits et la qualité des eaux brute ...etc.

Chapitre I :
Présentation
de l'entreprise

I.1 Présentation de l'entreprise :

AMENHYD-SPA a commencé ses activités dans le domaine de bâtiments et travaux public en 1994 sous le nom « ETB/TCE CHELGHOUM Djamel Eddine ». Consciente de besoin de marché et grâce à la qualité de ses présentations et sa présence dans son domaine d'activité, l'entreprise a développé ses techniques de réalisation et élargie ses domaines d'interventions en intégrant les activités d'aménagement hydrauliques et environnementaux.

Le groupement AMENHYD a été fondé en 2003 pour répondre aux besoins du marché Algérien, par le biais de ses activités dans les domaines AMENHYD participe activement à la mise en œuvre des politiques sectorielles gouvernementales en matière de développement durable avec des moyens et techniques alliant efficacité et économie. L'efficacité tient du fait que la ressource humaine constitue une priorité majeure dans le développement de ses capacités d'actions alliées à la mobilisation conséquente des moyens matériels.

Dans le souci de satisfaire les besoins de ses clients, l'entreprise est en amélioration continue grâce à la qualification de son personnel et la technique de ses interventions, et d'ici elle est devenue un acteur renommé au niveau national, activant successivement sous le nom EURL.

AMENHYD s'est investie dans la construction, l'équipement, la mise en service des grands ouvrages hydrauliques tel que ; les barrages, ouvrages des, de déminéralisation et de dessalement, transfert et d'assainissement, ouvrages des stations de traitement, d'épuration. En outre la protection contre les effets nocifs de l'eau, le traitement de déchets et de réhabilitation de décharges avec lesquels elle est leader en Algérie en la protection environnementales.

AMENHYD s'est également investie dans les solutions préfabriquées des ouvrages en génie civil que les hangars, entrepôts, parkings, ... etc.

I.2 Le groupement AMENHYD se compose principalement des filiales suivantes :

1- AMENHYD SPA « Aménagement Environnement Hydraulique » :

Société par action spécialisée dans la réalisation des travaux d'aménagement hydraulique et d'environnement.

2- ALCAHYD « Algérienne des Canalisations Hydrauliques » :

Société spécialisée dans la production de canalisation en béton et d'une gamme d'éléments préfabriqués en béton destinés au secteur BTPH, tel que : bordures, pavés, Hourdis, Parpaings.....etc.

3- AZROU « Concassage et d'exploitation de carrière » :

Société spécialisée dans l'extraction et production d'agrégats destinés au secteur du BTPH.

4- BECATA « Bureau d'Engineering, de Consulting et d'Assistance Technique Algérienne»

5- CHT « CHELGHOUM Transport » :

Est une filiale spécialisée dans le transport.

6- AZAR-AGRO :

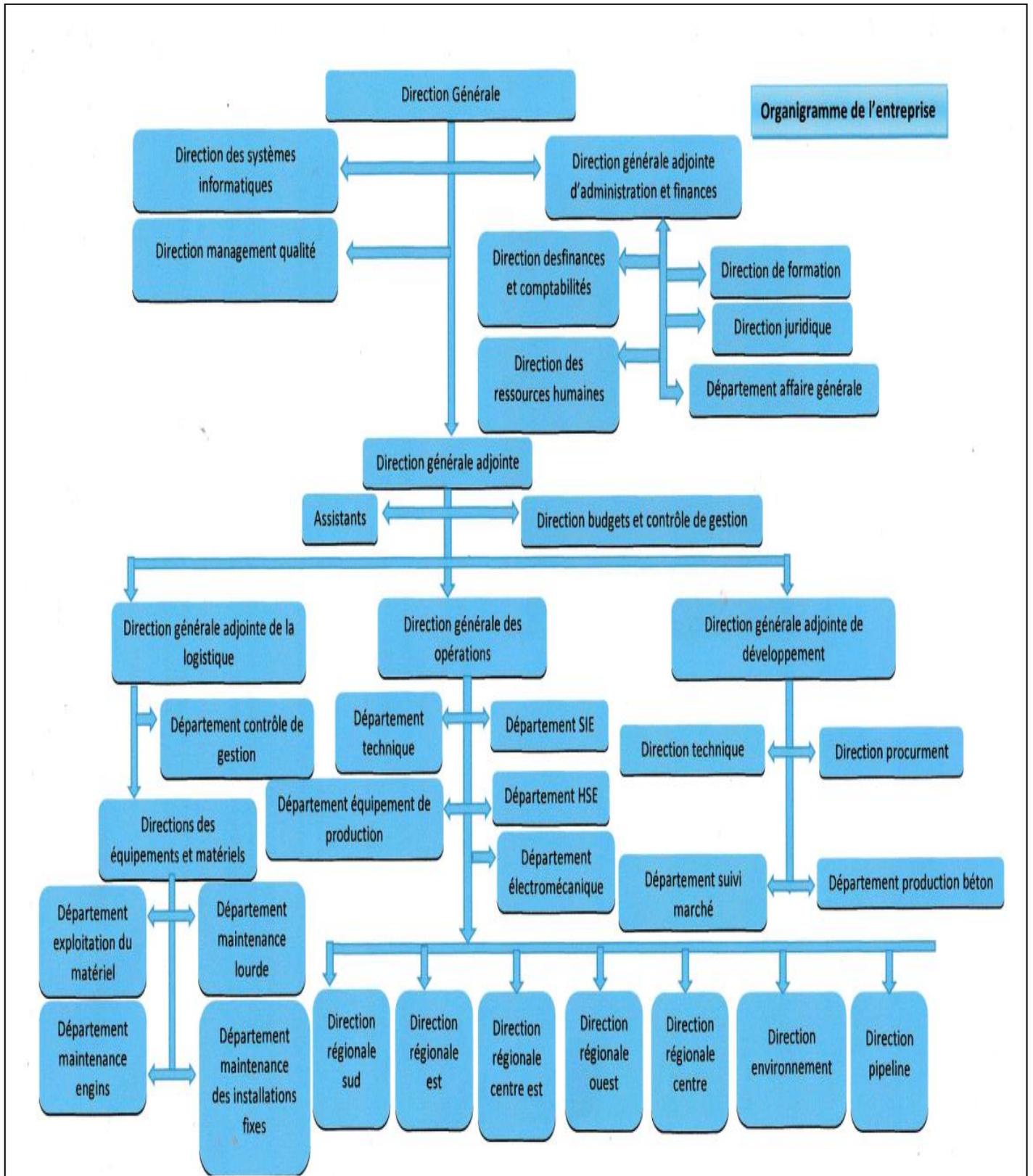
Crée en 2014 pour s'occuper de l'impôt- export des matériels agricoles et machines destinées à l'industrie agro-alimentaire. Ses activités comprennent l'oléiculture, l'arboriculture, la culture céréalière, les cultures fourragères des bovins laitiers,etc.



Figure I.1 : les filiales de l'entreprise.

I.3 L'organigramme de l'entreprise :

L'organisation de l'entreprise AMENHYD SPA peut être résumée dans le diagramme suivant :



Chapitre II :
Recherches
bibliographiques
sur les eaux
salées

II.1 La recherche bibliographique sur les eaux salées :

Une quantité équivalente à 97,5% du stock d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe. En outre, la répartition spatiale et temporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale (UNEP, 2001).

Par suite de l'extension des régions arides et aussi de l'utilisation intensive d'eau dans les zones urbaines du monde entier, il est fréquent que l'eau douce ne soit pas disponible dans les quantités souhaitées. Selon une estimation de l'organisation mondiale de la santé (OMS), 1000 m³ par personne et par an sont le niveau repère au-dessous duquel on considère que la pénurie chronique d'eau entrave le développement et est préjudiciable à la santé humaine.

Les ressources en eau de la région méditerranéenne sont limitées, fragiles et menacées. Elles font déjà l'objet d'une exploitation intensive, notamment dans le Sud et à l'Est où la saison sèche se caractérise par sa longueur, avec une pluviométrie annuelle faible.

Des sécheresses temporaires qui peuvent être définies comme une pluviométrie inférieure à la moyenne d'une gravité variable par sa durée et son ampleur, ont occasionné un préjudice particulièrement important pour les ressources en eau. Au cours des dernières décennies, la plupart des pays méditerranéens ont connu des périodes de sécheresse prolongées notoires.

L'eau est un élément de la vie quotidienne, et elle 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, végétale ou animale n'existerait. Devant les besoins croissants en eau douce et l'impossibilité de se contenter des ressources naturelles, l'humanité est conduite à étudier et à développer divers procédés permettant d'obtenir une eau douce à partir des eaux de mer et des eaux saumâtres dans des conditions admissibles techniquement et économiquement.

Si l'expérience algérienne dans le domaine de la déminéralisation remonte aux années soixante, c'est à partir de l'an 2000 et suite aux nombreux cycles de sécheresses sévères, que l'Algérie a intégré dans sa nouvelle politique de l'eau le dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres, comme moyen de mobilisation d'eau complémentaire, pour faire face aux différents plans de développement (UNEP, 2001).

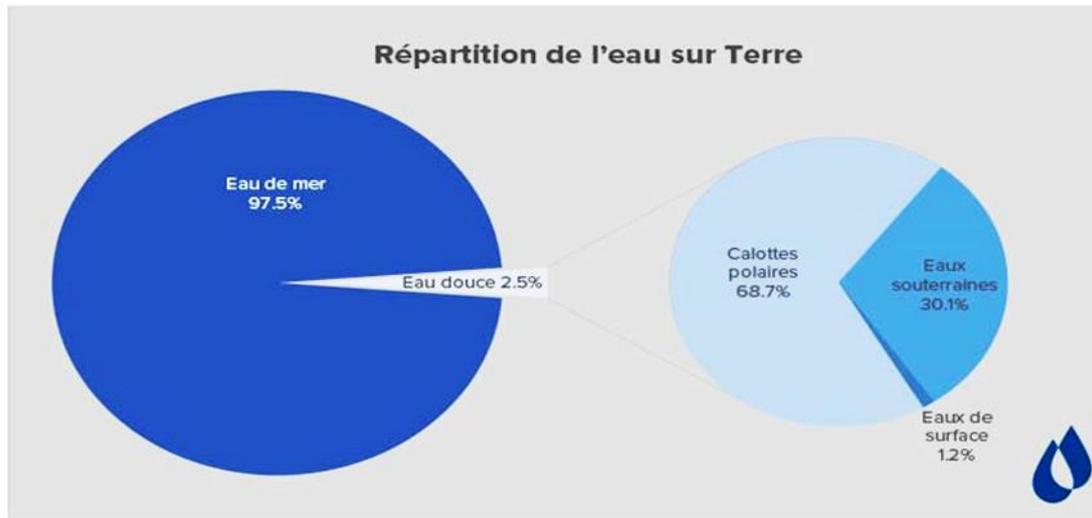


Figure II.3 : Répartition de l'eau sur la planète

Une étude du procédé de dessalement et les caractéristiques chimiques et physicochimiques de l'eau potable traitée et dessalée par la station de dessalement de l'eau de saumâtre de Djamaa wilaya d'Oued Souf a fait l'objet de ce travail. Cet objectif principal se décline en deux sous-objectifs qui définissent ces axes d'études :

- Une étude du procédé de dessalement dans la station de déminéralisation de Djamaa.
- Une exploration des caractéristiques physico-chimiques selon les normes de l'OMS.

II.2 Définition des eaux saumâtres :

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La majorité des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10g 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 dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le NaCl .

II.3 Technique de déminéralisation des eaux salées :

L'eau déminéralisée est très utilisée dans la vie quotidienne, telles que les eaux destinées pour l'alimentation des réseaux en eau déminéralisée post traitée (eau potable), dont la concentration des sels dissouts varie de 200 à 500 ppm ou les eaux des chaudières ayant une valeur inférieure à 200 ppm qui est utilisée en industries chimique, pharmaceutiques et agroalimentaire.

La technique la plus utilisée c'est l'osmose inverse qui est basée sur la séparation par membrane des ions et dont le principe de base est fondé sur le phénomène de solubilisation et diffusion, son cout énergétique est moins élevé par rapport aux autres procédés.

II.3.1 La station de dessalement des eaux se compose en général :

- D'un prétraitement qui élimine les colloïdes, les bactéries, les macromolécules et les sels bivalents. ;
- Un système de membranes d'osmose inverse pour éliminer les sels monovalents de chlorure de sodium ;
- Un poste traitement pour améliorer la qualité de l'eau destinée à la consommation.
- Les différentes simulations du phénomène de séparation des ions par osmose inverse vont être réalisées par logiciel *IMS design* conçu par l'un des leaders mondiaux dans la déminéralisation des eaux qui est la société Hydranautics ;
- Lors des simulations, nous allons prendre en considération les différentes compositions chimiques d'eaux de mer et eaux saumâtres ;
- Le logiciel IMS design permet de d'établir dimensionnement qui répond aux exigences des professionnels et les experts de dessalement ;
- Ce projet a pour objectif l'étude portant sur le traitement de déminéralisation d'eau pour l'obtention d'une eau potable à la station située à Djamaa wilaya d'el Oued.

III.4 Conclusion :

Dans ce chapitre on a parlé sur les eaux salées et on a définit les eaux saumâtres, et la techniques de déminéralisation des eaux en générales.

Chapitre III :

Les analyses des eaux brutes

III.1 Introduction :

Avant de commencer le traitement des eaux brutes il faut passer par une étape d'analyse de cette eau. Cette analyse est censée d'étudier les paramètres physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques de cette eau brute et les comparées à les normes algériennes.

III.2 Les paramètres physico-chimiques de l'eau à traiter :

1. Température :

Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, car il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de turbidité.

2. pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau en d'autre terme de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). $pH = -\log [H^+]$.

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des Terrains travers.



Fig. III 4 : pH d'eau potable.

3. Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution, il n'existe pas de procédé de modification de la conductivité. Par contre, en production d'eau industrielle ou en dessalement des eaux de mers ou des eaux

saumâtres, l'élimination des ions ne se fera pas des traitements d'échange ionique ou de séparation membranaire.

4. Dureté (TH) :

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{++} et Mg^{++} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre. Dans l'eau, sont déterminées :

- La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH qui est la somme des concentrations calcique et magnésienne.
- La dureté calcique qui correspond à la teneur globale en sels de calcium.
- La dureté magnésienne qui correspond à la teneur globale en sels de magnésium.
- La dureté carbonatée correspond à la teneur en hydrogénocarbonate et carbonate de calcium et de magnésium.



Fig. III 5 : Evaluation de la dureté de l'eau par le titre hydrotimétrique.

5. Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité de réagir avec les ions H^+ qui est due à la présence des constituants alcalins HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- . On distingue deux types d'alcalinité :

-Alcalinité totale (ou titre alcalimétrique totale complet) :

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

-Alcalinité composite (ou titre alcalimétrique) :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + (1/2) [\text{CO}_3^{2-}]$$

-Le TA est déterminé par neutralisation avec un acide fort (H₂SO₄) en présence d'un indicateur coloré (phénophtaléine, coloration rose après titrage devient incolore). pH < 8,3 alors le TA = 0 ; TAC = [HCO₃⁻] pH > 8,3 alors le TA ≠ 0

De la même façon que TA, le TAC est déterminé par neutralisation de tout l'alcalinité avec un acide fort en présence d'hélianthine coloration rouge.

6. Les Matières en suspension :

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui sont insolubles dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux.

III.3 Paramètre organoleptiques :

1. Couleur :

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire.

2. Goûts et odeurs :

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère.

3. Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, la pluviométrie joue un rôle important vis-à-vis de ce paramètre dans les eaux superficielles et souterraines selon leur origine.

III.4 Caractéristiques microbiologiques :

Le risque microbiologique d'origine hydrique (ou risque infectieux) correspond à la présence dans l'eau de microorganismes pathogènes, ou potentiellement pathogènes (opportunistes) et ce en quantité supérieure au seuil d'infection fixé par l'OMS. Parmi ces microorganismes, on distingue les virus, les bactéries et les protozoaires. Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné par les propriétés de l'agent infectieux. Il convient de préciser que la mise en œuvre de procédés élémentaires de désinfection telle que la chloration de l'eau, permet d'éradiquer totalement les fléaux (Tableau I.6) tels que le choléra, la dysenterie bacillaire ou les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes.

Tab III.1 : les origines des bactéries trouvées dans l'eau

<i>Origine</i>	<i>Maladies</i>	<i>Agents pathogènes</i>
<i>Parasitaire</i>	<i>Dysenterie amibienne</i>	<i>Entamoeba histolyca</i>
	<i>Gastro-entérites</i>	<i>Giardia lamblia</i>
		<i>Cryptosporidium parvum</i>
<i>Bactérienne</i>	<i>Fievrestyphoïde et paratyphoïde</i>	<i>Salmonella typhi</i>
		<i>Salmonella paratyphi A et B</i>
	<i>Dysenterie bacillaire</i>	<i>Shigella</i>
	<i>Cholera</i>	<i>Vibrio cholera</i>
	<i>Gastro-entérites</i>	<i>Escherichia coli</i> <i>Yersinaenterocolitica</i>
	<i>Hépatites A et E</i>	<i>Virus hépatite A et E</i>

<i>Virale</i>	<i>Gastro-entérites</i>	<i>Rota virus, Entérovirus</i> <i>Calicivirus, Adénovirus</i>
---------------	-------------------------	--

III.5 De façon préventive :

Il est recommandé de faire analyser l'eau potable (provenant de puits, de lacs, de rivières, etc.) au moins une à deux fois par année soit au début du printemps et à l'automne (abondance d'eau). Une analyse est aussi souhaitable s'il y a longtemps que l'entretien du puits a été fait et/ou que le puits n'a pas été utilisé pendant une longue période de temps, lors de réparation majeure ou suite à une nouvelle installation de puits. Il est recommandé de procéder à la désinfection avant d'effectuer vos analyses. Si vos résultats dépassent les quantités acceptables, il faut rechercher la source de la contamination et remédier au problème.

Une désinfection de l'eau des puits avec de l'eau de Javel peut rétablir la situation. Après cette désinfection, on devra reprendre une analyse bactériologique afin de s'assurer de la qualité de l'eau. Si le problème persiste malgré les corrections, la désinfection est reprise et des analyses bactériologiques sont effectuées à nouveau. Si, après cette désinfection, le problème n'est toujours pas réglé, il est recommandé de se munir d'un système de traitement permanent.

Tab. III. 2 Les normes physico-chimiques des eaux potables algériennes (Journal officiel) :

<i>Paramètres</i>	<i>Unité</i>	<i>La norme algérienne</i>
<i>Calcium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>200</i>
<i>Magnesium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>150</i>
<i>Sodium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>200</i>
<i>Potassium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>20</i>
<i>Ammonium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>0.5</i>
<i>Barium</i>	<i>Mg/l</i>	<i>1</i>

<i>Strontium</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>Carbonate</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>Hydrogénocarbonate</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>Sulfates</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>Chlorure</i>	<i>Mg/l</i>	400
<i>Fluorure</i>	<i>Mg/l</i>	500
<i>Nitrate</i>	<i>Mg/l</i>	2
<i>Bore</i>	<i>Mg/l</i>	50
<i>Silicate</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>CO2</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>SDI</i>	<i>Mg/l</i>	
<i>Résidu sec</i>	<i>Mg/l à 150°C</i>	2000
<i>Température</i>	<i>°C</i>	25
<i>Turbidité</i>	<i>NTU</i>	5
<i>pH</i>		6.5-9

Tab. III.3 Les normes algériennes des analyses bactériologiques des eaux potables (Journal officiel) :

<i>Germes recherchés</i>	<i>Normes algériennes fixée</i>
<i>Germes aérobies à 37</i>	/

<i>Coliformes totaux</i>	<i>10</i>
<i>Coliformes fécaux</i>	<i>00/100 ml</i>
<i>Streptocoques fécaux</i>	<i>00/100 ml</i>
<i>Clostridies sulfito-réducteurs</i>	<i>00/20 ml</i>

III.6 Aspects législatifs :

Il est important de connaître les différentes normes et les indicateurs de potabilité de l'eau. Le contrôle de la qualité de l'eau est indispensable pour éviter autant de maladies et de mortalité, une eau avant d'être consommée sans danger pour la santé ; elle doit répondre à certaines normes de potabilité telle que la potabilité microbiologique.

La présente norme fixe les exigences auxquelles doit satisfaire la qualité des eaux d'alimentation.

Une désinfection de l'eau du puits avec de l'eau de Javel peut rétablir la situation. Après cette désinfection, on devra reprendre une analyse bactériologique afin de s'assurer de la qualité de l'eau. Si le problème persiste malgré les corrections, la désinfection est reprise et des analyses bactériologiques sont effectuées à nouveau. Si, après cette désinfection, le problème n'est toujours pas réglé, il est recommandé de se munir d'un système de traitement permanent.

III.7 Conclusion :

Le recours au dessalement de l'eau de mer constitue une solution urgente pour satisfaire l'alimentation en eau des villes côtières surpeuplées. Ces dernières années la consommation en eau est toujours croissante, pour pallier à cette demande en ressources hydriques engendrée par la situation de sécheresse répétée qu'a connue le monde pendant les dix dernières années. Le choix de réaliser des stations de dessalement d'eau de mer pour alimenter les populations des villes côtières en eau potable est une solution judicieuse.

Chapitre IV :
Présentation
de la station

IV.1 Présentation de la station

Les installations de dessalement et déminéralisation par osmose inverse se sont développées à partir de la fin des années 90, avec des capacités de production de plusieurs dizaines de m³/j, aboutissant à des débits pouvant atteindre 500 000 m³/j.

Durant ces dernières années les techniques ont évolué, ainsi que les types de contrat. Dans cette partie nous présentons une application du procédé Osmose inverse dans la station de déminéralisation au niveau de la Wilaya de Oued Souf commune de Djamaa.

Des données générales et des fiches techniques nous ont été procurées par les responsables de la station, et des photos numériques ont été prises pour mieux illustrer les composants de cette usine.

La mise en service finale de la station de déminéralisation de Djamaa était en Aout 2017 dont la capacité de production est de 12000 m³/j par la technique d'osmose inverse, assurant l'approvisionnement en eau potable de plusieurs régions de la commune de Djamaa, ainsi que ces agglomérations urbaines de Djamaa, soit une population d'environ 68 500 habitants.

La station a été réalisée par l'entreprise AMENHYD SPA qui détient un pourcentage de 51% et une entreprise espagnole, DEISA qui détient 49% de ces investissements (Fiche de la station de Djamaa).

IV.2 Situation géographique :

La station de déminéralisation d'eau saumâtre est située à la commune de DJAMMA, à 45 Km de la capitale de la wilaya d'Oued Souf, cette installation permettra d'alimenter cette commune.



Fig. IV.6 : Image satellitaire de la station.

IV.3 Processus appliqué dans à la station de la déminéralisation de Djamaa :

Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

- La captation de l'eau saumâtre.
- Le prétraitement.
- L'osmose inverse.
- Le post-traitement.

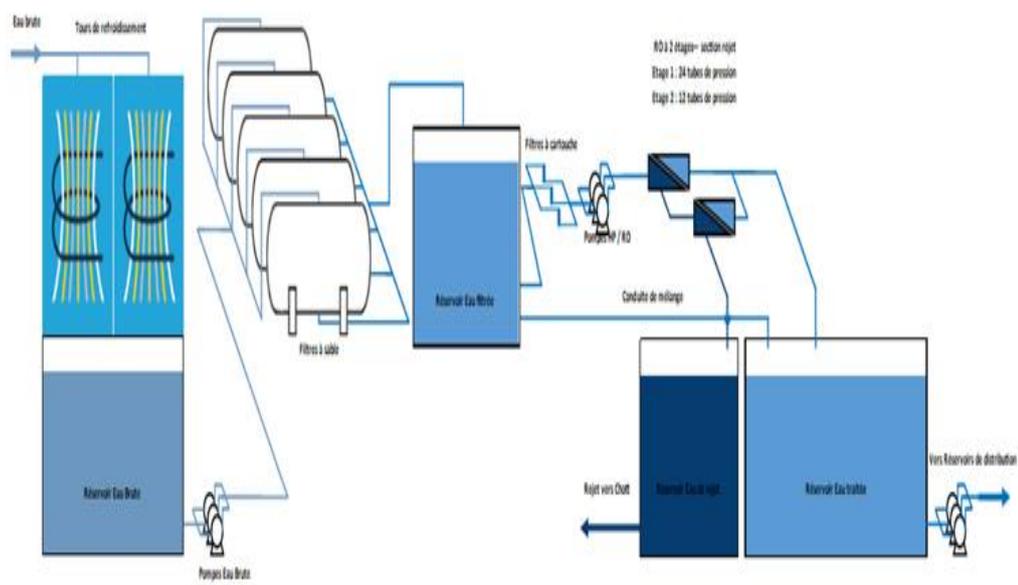


Fig. IV 7 : Schématisation de la technique de déminéralisation

IV.4 La source et le captage d'eau de cette station :

La station de traitement est alimentée par un forage. Ce forage est de type albien qui est alimenté directement par **une nappe de l'albien**.

La nappe de l'Albien nord-africaine est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle est à cheval sur trois pays, l'Algérie, la Libye et la Tunisie. 70 % de la nappe se trouve en Algérie au sud-est du pays.

Description de la nappe de l'Albien :

La nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Béni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. Cette eau est le résultat de l'accumulation qui s'est effectuée au cours des périodes humides qui se sont succédé depuis 1 million d'années.

Cette nappe d'eau de l'albien est une nappe phréatique aquifère, est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les forages et les sources en eau potable sans utiliser des pompes à haute pression pour faire remonter l'eau à la station. Elle est exposée à la pollution lors de l'exploitation de la zone pétrolifère et de la zone gazière (gaz de schiste).

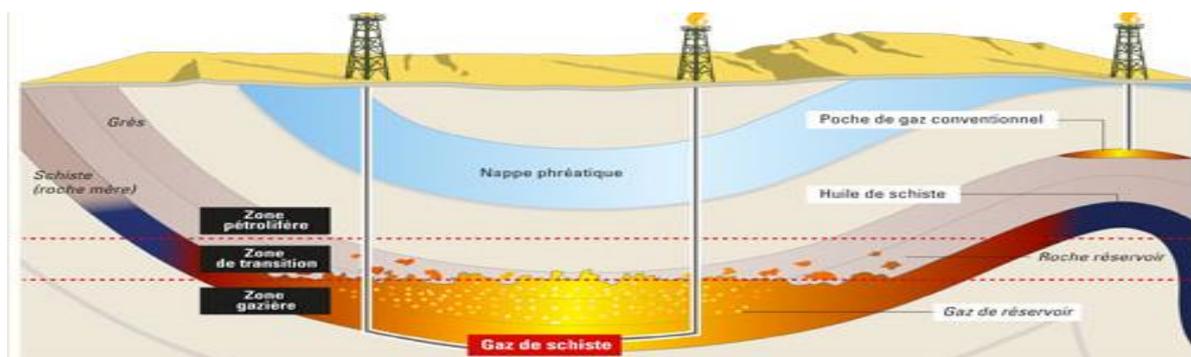


Fig. IV 8 : Schéma de la nappe albien phréatique.

IV.5 Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté la station et la commune de Djamaa et on a parlé sur la technique de déminéralisation de la station et sur la source et le système de captage d'eau.

Chapitre V :

Procédées de

déminéralisation

de la station

V.1 Introduction :

La déminéralisation par osmose inverse nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau de mer ou l'eau saumâtre pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits et réduit la durée de vie de la membrane.

Il est indispensable de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 5 μm pour protéger le module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'un pré filtration grossière puis d'une filtration sur multimédia bicouche « sable+anthracite » pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de 5 de μm qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau dans les tubes de pression d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée retentât tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée permeat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du retentât une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression.

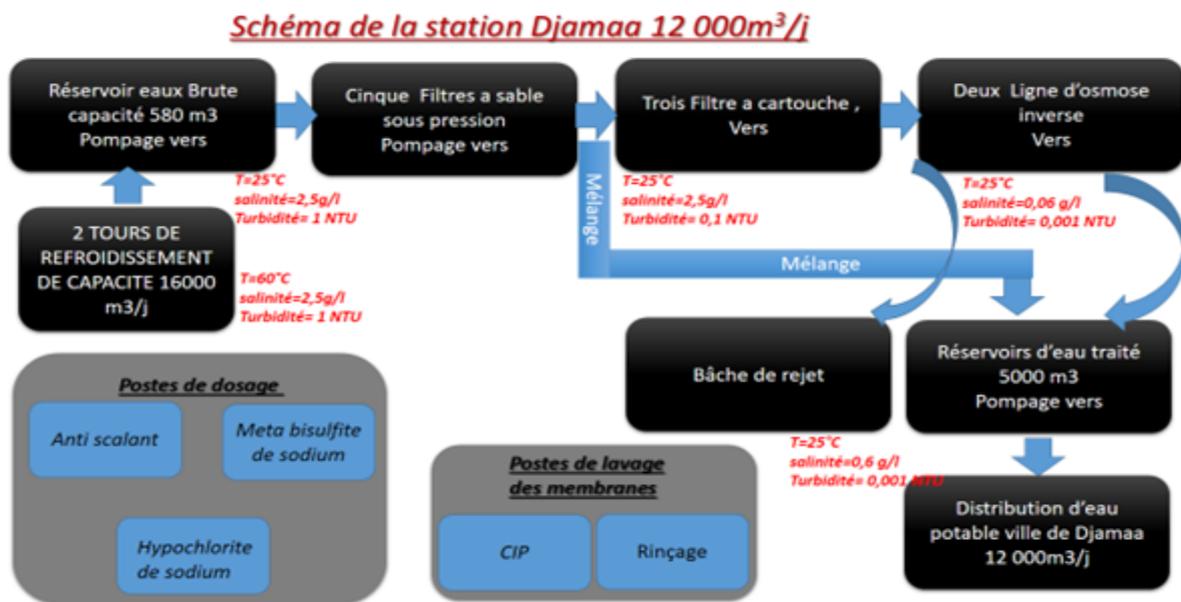


Fig. V 9 : Organigramme de la station de Djamaa

V.2. - Le prétraitement :

V.2.1 L'objectif de prétraitement :

Le prétraitement de l'eau saumâtre avant l'osmose inverse est absolument nécessaire car ces membranes sont très sensibles au colmatage ; Et pour les protéger on doit fournir les conditions suivantes :

- 1- Une température adéquate (entre 22 et 32), pour protéger les équipements en aval.
- 2- Une turbidité maximale de 5 NTU, pour éviter le colmatage des membranes
- 3- Un Ph adéquat, pour protéger les pompes contre la corrosion.

V.2.2 Les étapes de prétraitement :

Cette étape est composée de trois opérations :

- 1ère opération : l'alimentation de la station par l'eau.
- 2ème opération : le refroidissement d'eau.
- 3ème opération : système de filtration.

1ère opération : Alimentation de la station par l'eau brute :

La station de traitement est alimentée par un seul forage existant. Ce forage est de type albien et alimente directement la station de traitement.

a)- Les caractéristiques de Forage :

- La remontée de l'eau avec une Température de 57°C (très chaude)
- La remontée de l'eau avec une Pression de 25 bars (pression naturelle), attention à la pression d'arrivée, ne fermer jamais les vannes d'entrée au niveau des tours pour éviter l'éclatement des conduites.
- Régulation manuelle de débit 687m³/h.
- Vérification du SDI (SDI est un indice de colmatage qui permet de déterminer l'encrassement (par les matières non dissoutes et autres résidus) d'un système membranaire. Cet indice permet notamment de mesurer l'efficacité des systèmes de traitement.)



Fig. V 10 : Le forage albien de la station.

Tab. V.4 Les dimensions de forage de la station :

Caractéristiques	La valeur
Profondeur (nappe – forage)	1300 m.
Diamètre	300 mm.
Débit	687 m ³ /h.
Pression	25 bars (naturels).

Ensuite, l'eau est dirigée vers les tours de refroidissement par un écoulement gravitaire.

2eme opération : Le refroidissement d'eau :

A) Protection des tours de refroidissement :

Le refroidissement d'eau se fait par des équipements appelés les tours de refroidissement, avant de débiter leur fonctionnement, il faut passer par deux étapes pour les protéger.

1ère étape : le dosage d'anti-incrustant amont tours :

L'eau brute arrive à la station par un collecteur en fibre de verre lié directement au forage. Avant de commencer le refroidissement il faut injecter un séquestrant pour éviter l'entartrage à l'intérieur des conduites et équipements. Le tartre est généralement constitué par des sels de calcium, il peut s'agir de : carbonate de calcium, oxalate de calcium, Phosphate de calcium et silicates.

Ce phénomène affecte l'ensemble du système d'alimentation où des dommages considérables ont été constatés notamment sur les conduites de distribution les réservoirs d'accumulation, les tours de refroidissement et la station de pompage.

Les dépôts de tarte ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement :

- Réduction de la section de passage.
- Dégradation des états de surface.
- Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit.



Avant l'entartrage



Après l'entartrage.

Figure V 11 : Intérieur d'une conduite avant Et après l'entartrage.

2ème étape : Le dosage de chloration :

Le but de cette étape est d'éviter la prolifération microbologique dans les tours de refroidissement (protection contre la légionnelle), la légionnelle est une bactérie naturellement présente dans l'eau et dans les boues. Elle est responsable d'une maladie respiratoire ; La légionellose. Elle colonise fréquemment les réseaux d'eau, notamment les réseaux d'eau chaude. La prévention des équipements contre ces bactéries se fait par l'injection des réactifs comme l'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.

B) Le principe de refroidissement :

But de refroidissement :

Les tours de refroidissement sont utilisées dans le cas des forages d'eau chaude albien (température de l'eau pouvant atteindre jusqu'à 60°C) pour protéger tous les équipements en aval.



Fig. V 12 : les tours de refroidissement de la station.

C)-L'opération des tours de refroidissement de la station :

L'eau sort avec une température de 57°C. La station est équipée de deux tours de refroidissement de capacité de 16000 m³/j, dont le type est « tours c'est des tours de refroidissement à circuit fermé ».

Le principe de ces tours c'est qu'il n'y a pas de contact direct entre l'air et l'eau à refroidir. On fait par contre appel à un échangeur supplémentaire. Ainsi, il existe des tours de refroidissement avec condensateur tubulaire et des tours avec échangeur à plaques.

Une tour de refroidissement est un échangeur de chaleur qui permet de refroidir de l'eau par le contact direct avec l'air. Le transfert de chaleur se fait partiellement par l'échange de chaleur entre l'air et l'eau, mais surtout par l'évaporation d'une petite quantité de l'eau à refroidir. De cette façon, on peut atteindre des températures de refroidissement inférieures à celles de l'air ambiant.

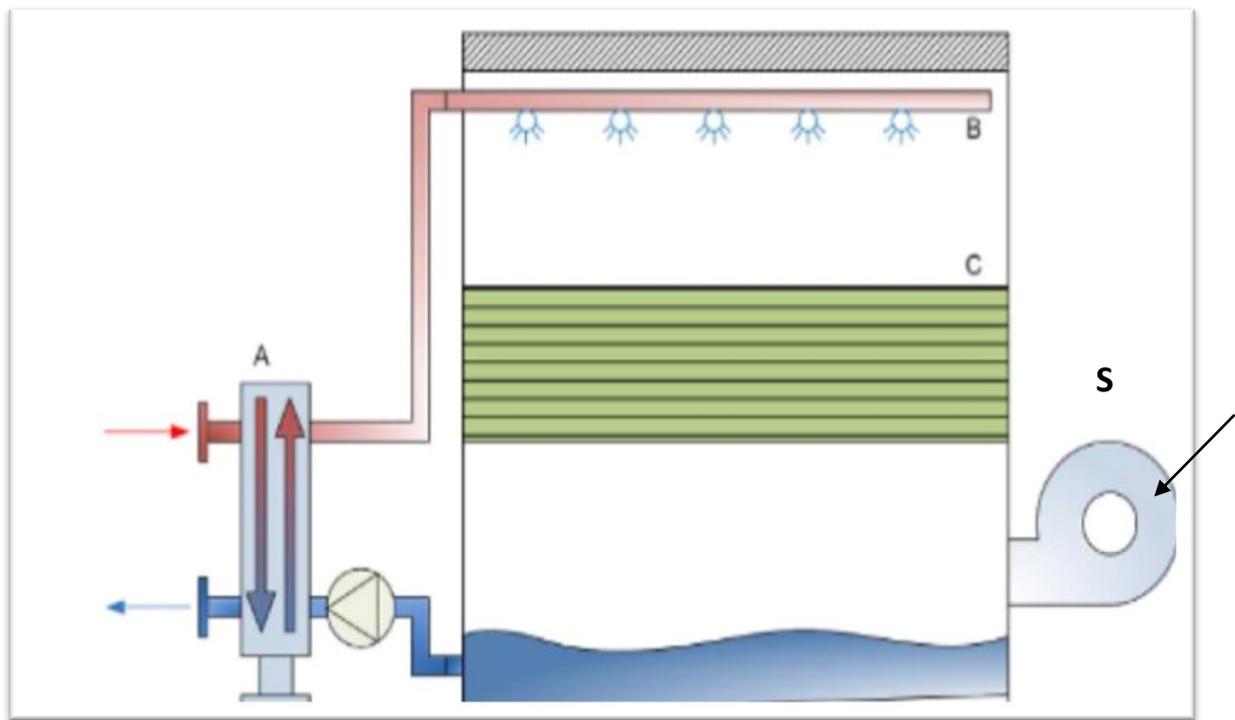


Figure V 13 : schéma d'une tour de refroidissement à circuit fermé.

D)-Fonctionnement de ces tours :

- L'eau à refroidir transite par l'échangeur à chaleur (A).
- Celui-ci est constitué de plaques en acier inoxydable et se trouve à coté de la tour de refroidissement dans un local contigu.
- Dans l'échangeur de chaleur, la chaleur de l'eau à refroidir est changée avec l'eau de refroidissement du coté tour
- L'eau qui sort de l'échangeur à plaques, est amenée par une tuyauterie au sommet de l'appareil ou des répartiteurs (B) distribuent l'eau sur les surfaces de ruissèlement (C).
- L'eau tombe à travers les surfaces de ruissèlement en se refroidissant et est collectée dans le bassin. Elle est ensuite à nouveau envoyée par la pompe de circulation (D) vers l'échangeur ou elle va refroidir l'eau.
- L'eau est refroidie par l'air pulsé à contre courant par le ventilateur (S). Cet air se réchauffe et se sature lors du contact avec l'eau sur les surfaces de ruissèlement.

- Ensuite, cet air saturé d'humidité s'échappe par la partie supérieure de la tour.
- Puis on doit récupérer l'eau après le refroidissement dans une bache d'eau brute.

E)- Les conditions qu'il faut atteindre après le refroidissement :

- 1-Faire attention aux limitations de débit.
- 2-La température doit être entre 22-32°C
- 3- Ne pas dépasser les 32°C. Risque d'endommager les membranes.

Tab. V. 5 Qualité de l'eau brute (après des tours) :

Paramètres	Unités	Valeur	La norme algérienne
Calcium	Mg/l	232	200
Magnesium	Mg/l	95.95	150
Sodium	Mg/l	222.5	200
Potassium	Mg/l	35.96	20
Ammonium	Mg/l	0.04	0.5
Barium	Mg/l	0.05	1
Strontium	Mg/l	0	/
Carbonate	Mg/l	0.00	/
Hydrogénocarbonate	Mg/l	231.85	/
Sulfates	Mg/l	654	400
Chlorure	Mg/l	420.65	500
Fluorure	Mg/l	0.41	2
Nitrate	Mg/l	0.38	50

Bore	Mg/l	0	
Silicate	Mg/l	0	
SDI	Mg/l	<3	< 4
Résidu sec	Mg/l à 150°C		2000
Température	°C	57	25
Turbidité	NTU	5	<0.4
pH		8.12	6.5-9

3ème opération : Système de filtration :

Après le refroidissement des eaux brutes, on passe à l'étape suivante qui est la filtration bicouche à un débit d'eau brute (après le refroidissement) de 658m³/h.

A)- La filtration bicouche : Le filtre à sable permet de retenir toutes les particules trop grosses pour le traverser. La qualité de la filtration peut être améliorée par l'ajout de flocculant qui réduit les espaces entre les grains de sable et anthracite. Les filtres doivent être régénérés régulièrement, pour qu'il ne se colmate pas, par exemple. Le sable et l'anthracite doivent être renouvelés tous les cinq ans environ pour garder son pouvoir de filtration.

B)- L'opération de filtration :

La station est équipée de cinq filtres à sable et anthracite sous pression qui sont alimentés par pompage, via la bache d'eau brute. Des variateurs de vitesse sont prévus sur les pompes d'eau brute pour réguler le débit d'alimentation des filtres à sable.



Fig. V 14 : les 5 filtres de la station.

C)- Système de pompage pour alimenté les filtres :

Un réservoir de 400 m³ alimente les 5 unités de filtres à l'aide de 3 pompes d'eau brute (avec un débit de 329 m³/h et une pression de 1.5 bar pour chaque pompe).

Chaque pompe d'eau brute alimente 2 filtres en service ; et propulse 164.5 m³/h par filtre.

Débit d'une pompe/2= débit d'un filtre

$$329/2=164.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

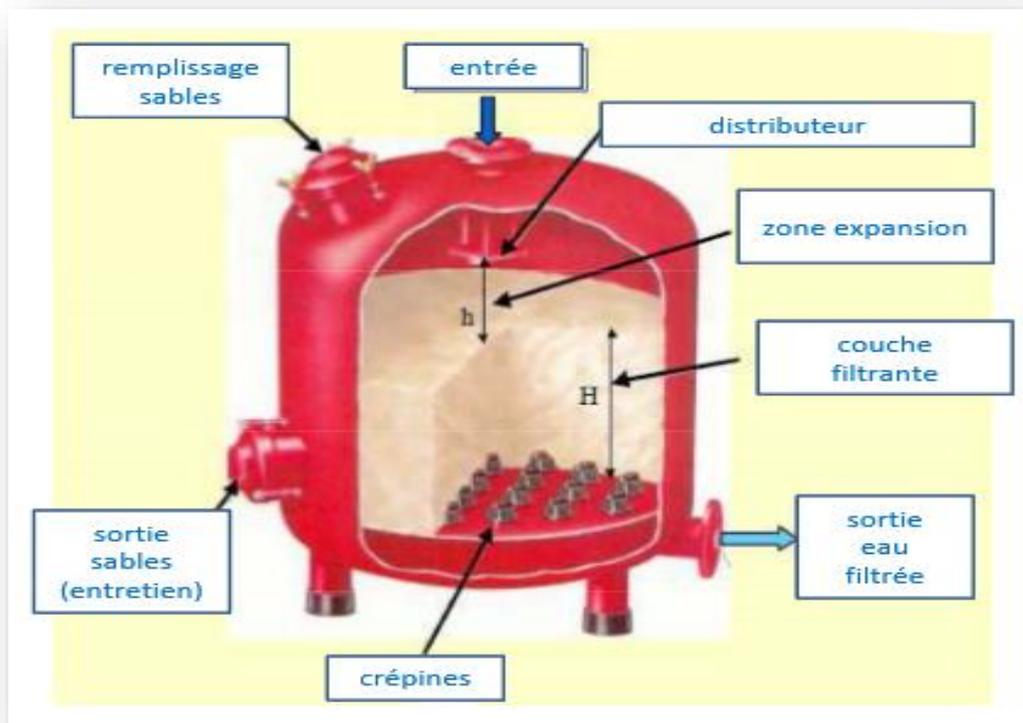


Fig. V 15 : Schéma d'un filtre bicouche (sable-anthracite).

Tab. V. 6 Dimensionnement des filtres :

Dimensionnement	
Nombre de filtres	5
Diamètre filtre	2500 mm
Longueur cylindre	6000 mm
Température max.	45 °C
Kg silex	16300 kg
Kg anthracite	4800 kg

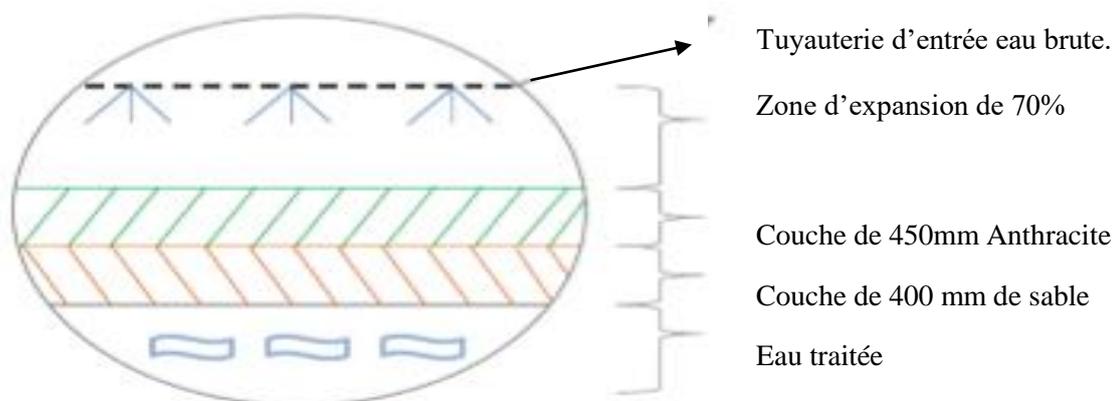


Fig. V 16: schéma de principe de filtration bicouche.

D) Principe de fonctionnement de ces filtres :

L'eau propulsée dans le filtre bicouche à partir d'une entrée située dans le haut du filtre, puis elle est distribuée en expansion sur une couche filtrante (bicouche) composée de :

- D'une 1ère couche D'anthracite de 450mm d'épaisseur et d'une granulométrie comprise entre 0.8 et 1.6 mm ayant pour rôle la rétention des matières en suspension (MES).

- D'une 2eme couche de sable de 400 mm d'épaisseur et d'une granulométrie comprise entre 0.4 et 0.8 mm, ayant pour rôle de réduire le SDI (Silt Density Index) et la valeur de la turbidité doit être égale à 0.1 NTU, cette couche de sable à pour but d'éliminer les grands détritrus pour éviter le colmatage des membranes.

Enfin, l'eau passe par les crépines placées au fond du filtre, L'eau filtrée est recueillie dans un réservoir d'eau de lavage des filtres, ou bêche d'eau prétraitée avec un débit de **658 m³/h**.

A la sortie des filtres, il ya un capteur de turbidité doté d'une alarme qui se déclenche en cas d'une haute turbidité causée soit pour un mauvais fonctionnement du filtrage soit pour une fuite de sable. Dans ce cas le lavage des filtres sera nécessaire et manuel.

E) Système de lavage des filtres :

Pour maintenir l'efficacité de la filtration, un rétro lavage du filtre est nécessaire. Il s'effectue en 2 temps :

La 1ère phase : La phase air qui décolle les impuretés :

La station est équipée de deux compresseurs d'air qui alimentent les filtres de l'air par 2 pompes d'injection (chaque compresseur est lié à une pompe), chaque pompe à un débit de 750 Nm³/h et une pression de 0.5 bar.



Fig. V 17 : Compresseur air de la station

La 2ème phase : La phase d'eau pour l'évacuation des matières en suspension et le reclassement des couches de media mélangées lors de la phase air :

-L'eau utilisée pour le lavage est une eau filtrée, On alimente les filtres de l'eau par 3 pompes. Chaque pompe a un débit de 75 m³/h et une pression de 1.5 bar.

-Le filtre est soumis à un contre lavage, Le lavement se fait du bas vers le haut du filtre, l'eau de lavement est récupérée dans la bache d'eau brute.

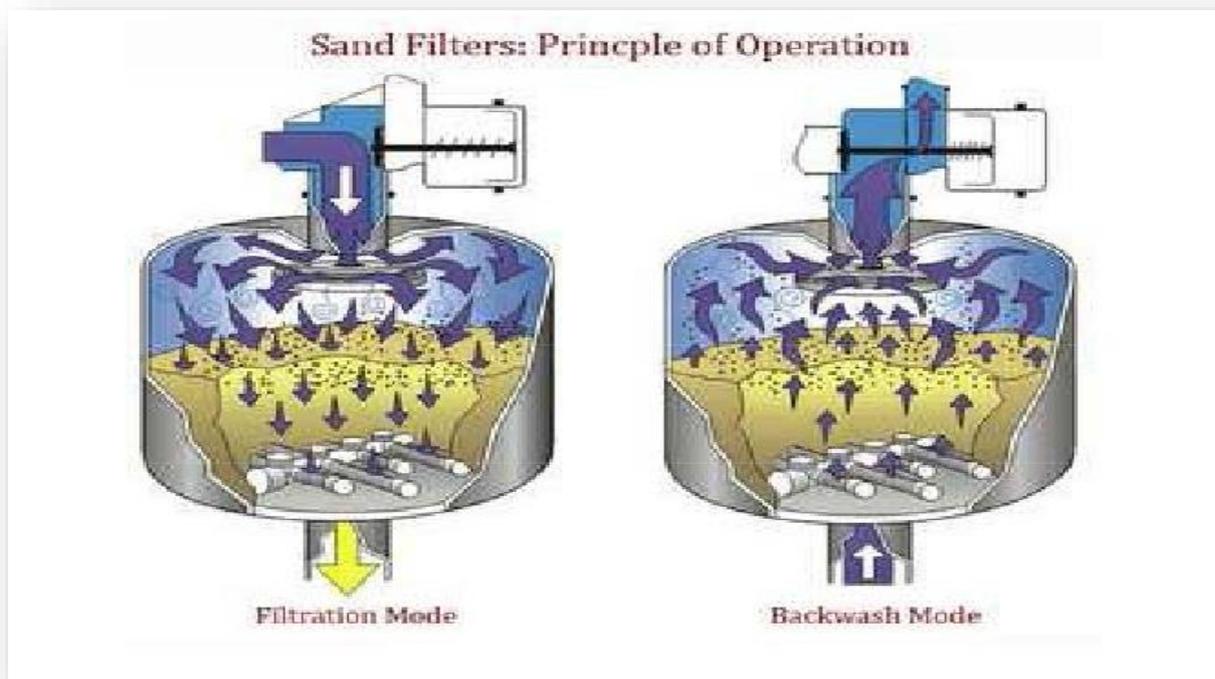


Fig. V 18 : Schéma représentant la technique de lavage des filtres.

Pour éviter des fuites lors de contre lavage, la vanne d'entrée au filtre a un limiteur d'ouverture (réglé pendant la mise en service).

Attention : En cas d'ouverture plus grande il y'aura plus de débit pendant le lavage et on risque de perdre le sable.

Séquence de lavage (temps totale approximé= 27 min/filtre).

Enfin l'eau passe par les crépines placées au fond du filtre, L'eau filtrée est recueillie dans un réservoir d'eau de lavage des filtres, ou bache d'eau prétraitée avec un débit de

Tab. V. 7 La qualité d'eau prétraitée :

Le paramètre	La valeur	La norme algérienne
pH	8.1	6.5 -9
Dureté	705.3 mg/l CaCO ₃	>150 mg/l CaCO ₃
Turbidité	0.1 NTU	<0.4 NTU
Conductivité	2310 µm/cm	2800 µS/CM
TDS	1618 Mg/l	/
Salinité	1.56%	/

La source de ces analyses c'est le suivi annuel de laboratoire de la station (la moyenne annuelle de chaque paramètre).

V.3 Le traitement par osmose inverse :

V.3.1 - Système de production d'eau osmosée :

Avant le passage d'eau sur les membranes d'osmose inverse, l'eau sera prétraitée physiquement par une étape de microfiltration et chimiquement par un agent réducteur comme le HNaSO_3 , pour éviter l'oxydation des membranes d'Osmose Inverse.

a) *Prétraitement physiquement : La microfiltration :*

La microfiltration consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 à 10 μm . Les espèces sous la forme de solutés ou de particules sont retenues à la surface de la membrane par effet d'exclusion, le but de cette étape c'est d'éliminer les particules de plus de 5 μm pour éviter le colmatage et le bouchage des membranes.

Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamides ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). La pression transmembranaire varie environ de 0,5 à 3 bars. La microfiltration se prête non seulement à la séparation solide-liquide, mais aussi liquide- liquide des émulsions d'huile dans l'eau.

b) *Equipement de pompage pour alimenter des filtres à cartouches :*

Les filtres à cartouches sont alimenter par des pompes de basse pression, la station est équipé de 3 pompe à basse pression (PMB), 2 sont fonctionnels et une pour secours, débit pour chaque est de 243 m³/h et une pression de 3 bars.

Conditions et données de service	
Nombre de la pompe	2+1
Débit max	243 m ³ /h
Fluide	Eau
pH	7-8

Température	20-25 °C
Hauteur manométrique	35 m
Caractéristique de la pompe	
Type	Centrifuge
Vitesse	2900 t/min
Rendement hydraulique	74.3%
N P S H r	5.9 m

c) Le principe de fonctionnement des filtres de la station:

La station est équipée de 3 unités de filtres à cartouches, chaque unité est équipée de 60 cartouches, En général la station est équipée de 180 cartouches.

Chaque unité à un débit d'alimentation de 250m³/h et une pression maximale de 10 bars.



Fig. V 19 : Les filtres à cartouche de la station.

Tab. V. 8 Les caractéristiques des filtres à cartouches :

Caractéristiques :	
N° unités	3
Débit unitaire d'un filtre	250 m ³ /h
Pression	10 bars
Perte de charge à filtre vide	0.2 bars
Perte de charge à filtre remplie	1.2 bars (changement des cartouches)
Diamètre nominale de filtre	700 mm
Elément filtrant :	
Sélectivité	5µm
Matériel de fabrication	Polypropylène
N° cartouches par filtres	60
Diamètre des filtres intérieur et extérieur	28 mm – 60 mm

C) Préparation chimique de l'eau avant l'osmose inverse :***Dosage de Bisulfite de Sodium:***

L'utilisation du bisulfite de sodium vise à éliminer le chlore résiduel contenu dans l'eau avant son arrivée aux membranes d'osmose inverse, évitant leur détérioration par oxydation. L'addition de la solution de NaHSO₃ s'effectue avec une dose maximale à l'aide de deux pompes de dosage avant et après la microfiltration (filtration à cartouche) pour donner un maximum de temps de contact possible. L'objectif est d'éliminer les matières biologiques d'une façon indirecte, en réduisant l'oxygène dissous nécessaire à leur respiration, en empêchant leur développement.

V.3.2 Procédé d'osmose inverse :

A)-But d'osmose inverse :

Après le prétraitement, les eaux saumâtres passent par l'osmose inverse qui va permettre de réduire significativement la dureté et les taux de sel minéraux.

B)- Définition de principe d'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de filtration tangentielle qui permet la séparation physique d'un solvant (eau), par perméation sélective à travers une membrane dense sous l'action d'un gradient de pression. Elle s'oppose au phénomène naturel d'osmose qui tend à transférer le solvant d'une solution diluée vers une solution concentrée mises en contact par une membrane sélective sous l'action du gradient de concentration.

Lorsqu'une pression est appliquée sur le compartiment le plus concentré, le flux de solvant diminue jusqu'à s'annuler pour une pression égale à la pression osmotique de la solution. Lorsque la pression appliquée est supérieure à cette pression osmotique, le flux s'inverse c'est le phénomène d'osmose inverse. La pression efficace correspond donc à la pression de part et d'autre de la membrane (pression transmembranaire, P_{tm}) diminuée de la différence de pression osmotique (Π) de part et d'autre de la membrane.

La pression osmotique : La **pression osmotique** est la pression minimum nécessaire pour empêcher le passage des molécules d'une solution vers une autre.

La pression transmembranaire : La pression nécessaire pour presser l'eau à travers la membrane est appelée la Pression Transmembranaire (PTM ou TMP en anglais). La PTM est définie comme le gradient de pression de la membrane, ou la pression moyenne de l'alimentation moins la pression du permeat.

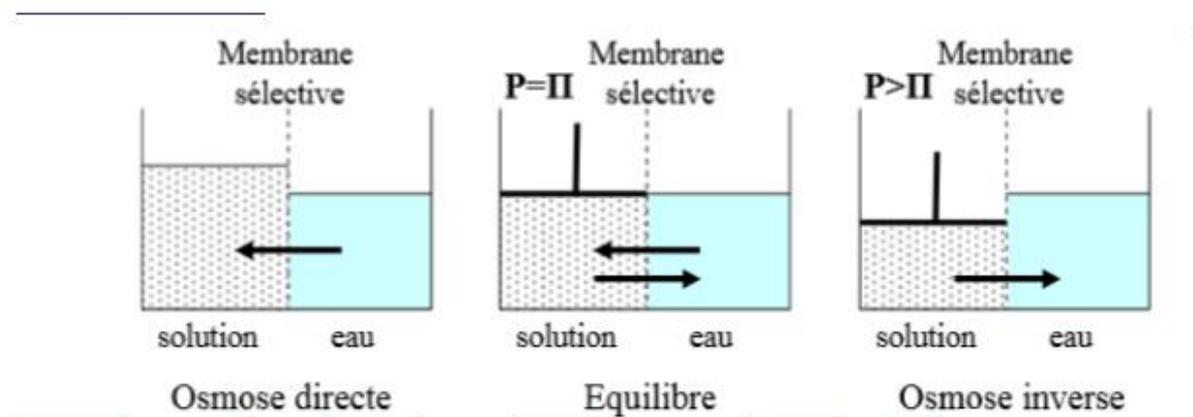


Fig. V 20 : Principe des phénomènes d'osmose et d'osmose inverse.

Pour les solutions diluées, considérées comme thermodynamiquement idéales, la pression osmotique est calculée à partir de l'équation de Van'THoff :

$$\Pi = C R T$$

Π : pression osmotique de la solution, Pa

C : concentration de la solution, mol .m⁻³

R : constante des gaz parfait, 8,31 J.mol⁻¹.K⁻¹

T : température, K

Les membranes d'OI sont des membranes denses et pour obtenir des flux de transfert élevés et vaincre la pression osmotique des solutions traitées, des pressions relativement élevées doivent être utilisées. Les applications principales de l'Osмосe inverse sont l'élimination de sels organiques ou des molécules dans l'eau.

Les membranes d'osmosе inverse se présentent aujourd'hui presque exclusivement sous forme des modules spiralés qui sont des cylindres multicouches constitués d'une superposition de feuillets de membranes enroulés autour d'un tube percé qui collecte le permeat .Ce dernier s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube central tandis que le retentât circule le long de l'axe dans les canaux formés par les feuillets de membranes.

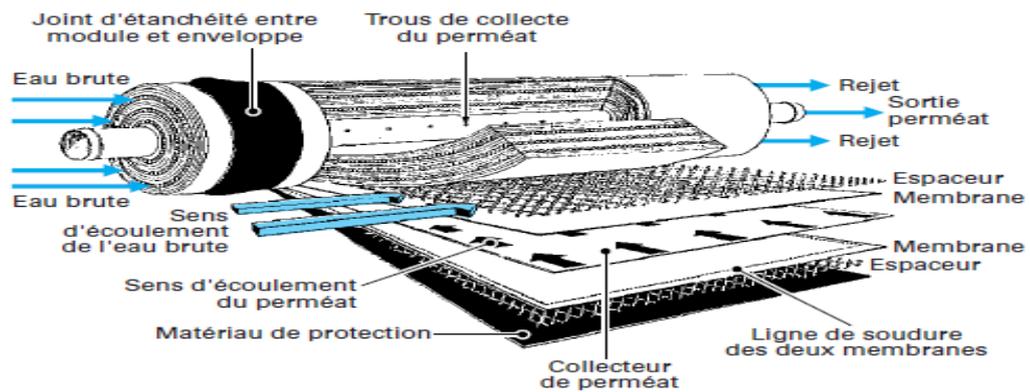


Fig. V 21 : schéma d'une membrane de module spiralé.

Tab. V. 9 Les caractéristiques de la membrane spiralée :

Caractéristique	Capacité (surface membranaire / unité de volume)	Diamètre de passage du liquide (mm)	Emplacement des membranes	Type de prétraitement
Spiralé	300 à 1000	0.8 à 1.2	Cartouche spiralé.	Moyen

C) Equipement de pompage pour alimenter les membranes :

Les pompes se trouvant dans notre cas sont en nombre de 3 dont 2 sont fonctionnelles (une pour chaque ligne d'osmose) et une de secours, en fournissant une pression de l'ordre de 13 bars et un débit de 243,5 m³/h pour chaque pompe. Le fonctionnement de ces pompes est automatique en fonction du débit d'eau osmosée fixée.

Débit de la pompe HP (243.5 m³/h) = Débit pour alimenter un train d'osmose inverse (243.5 m³/h)



Fig. V 22 : Pompes de haute pression de la station.

La pompe HP est sensible à la cavitation, à pour cette raison l'installation de la pompe BP est nécessaire.

Tab .V. 10 Caractéristique et Conditions et données de service de la pompe haute pression

<i>Caractéristique et Conditions et données de service :</i>	
<i>Type</i>	<i>Centrifuge</i>
<i>Nombre de pompes</i>	<i>2+1</i>
<i>Débit</i>	<i>243.5 m3/h</i>
<i>Vitesse</i>	<i>3000 t/min</i>
<i>Fluide</i>	<i>Eau</i>
<i>Ph</i>	<i>7-8</i>
<i>Température</i>	<i>20-25</i>
<i>Hauteur manométrique</i>	<i>127 m</i>
<i>Actionnement</i>	<i>Pompe avec bâti et moteur</i>

D) Systèmes de membranes d'osmose inverse :

Après le prétraitement des eaux brutes, on revient à l'étape la plus importante ; c'est l'étape de traitement des eaux par osmose inverse. Le but de cette étape est d'éliminer les sels. Le débit d'eau à osmosée est $487\text{m}^3/\text{h}$.

Ensuite, l'eau est répartie sur 2 trains d'osmose inverse équipés chacun de 2 étages.

À chaque ligne a un débit de $243.5\text{ m}^3/\text{h}$, les membranes sont mises dans des tubes de pression de 7 unités chacun, disposés en deux étages :

1- La premier étages, on dispose de 16 tubes de pression, chaque tube de pression est doté de 7 membranes en parallèle (112 membranes au total).

2- Le deuxième étage, on dispose de 8 tubes de pression avec 7 membranes pour chacun (56 membranes au total).

Le concentrât de premier étage alimente le deuxième étage Ce type de système membranaire est appelé le système **di-étage en série rejet**, en obtenant ainsi un rejet final et un rang élevé de conversion (75%).



Fig. V 23 : le placement des membranes de la station par étage.

Donc le débit de permeat : $Q_p = Q_f * 0.75.$

$$Q_p = 487 * 0.75.$$

$$Q_p = 365.86\text{ m}^3/\text{h}$$

A la fin, le permeat des 2 trains est collecté et renvoyé vers la bache d'eau traitée. Le surplus ne servant ni à la déminéralisation ni au fonctionnement de la station de traitement (eau de lavage des filtres) se déverse dans une bache de rejet.

E) Identification des membranes de la station :



Fig. V 24 : les membranes de la station

La station est équipée par des membranes spiralées de marque Hydranautics

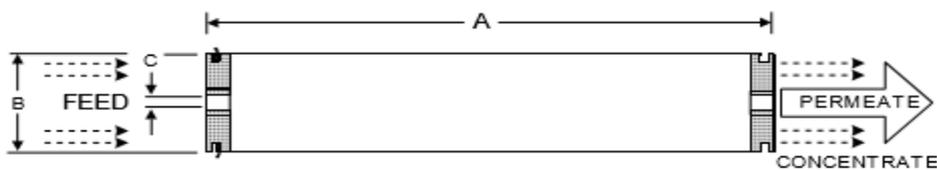


Fig. V 25 : Schématisation de la membrane de la station

A (mm)	B (mm)	C (mm)	Poids (Kg)
1016	200	28.6	13.5

Tab. V. 11 : les caractéristiques et les types des membranes

Caractéristique :	
Modèle	ESPA2 MAX
Rejet de sel	99.6 % (99.5 % minimum)
Rejet de Bore	93.0 %
Type :	
Configuration	Spiralé
Membrane polymère	Composite polyamide
Surface active de membrane	40.8 m ²
Données d'application	
Pression max. appliquée	4.16 MPa
Concentration max. de chlore	< 0.1 ppm
Température max. d'opération	45°C
Turbidité max. d'eau d'alimentation	1.0 NTU
Débit max. de d'alimentation	17.0 m ³ /h

F) Le nettoyage des membranes :

Le nettoyage de la membrane dans la station est un nettoyage chimique, il se fait une à deux fois par an (selon l'augmentation de la pression différentielle des membranes), dans notre cas il ne doit pas dépasser les 8 bars, cela nécessite un arrêt périodique de fonctionnement de la station, et pour les matières de nettoyage on utilise des produits acides et basiques selon le type de colmatage (organique ou minéral). Le système de nettoyage des membranes est un système CIP (clean in place) ce qui veut dire un système de nettoyage automatique des installations sans démontage, *La durée de CIP est entre 3 heures à 6 heures, Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage irréversible de la membrane, et par le fait même, à prolonger la durée de vie des membranes.*

Le colmatage :

Les eaux naturelles (eaux de mer ou eaux saumâtres) contiennent la plupart du temps des matières organiques en suspension et des sels minéraux qui vont avoir tendance à se déposer sur les surfaces d'échange et à les colmater. Il va en résulter une augmentation de la résistance de transfert et une diminution de la capacité de production de l'installation.

Le développement de microorganismes, dans les parties des installations où les conditions physico-chimiques le permettent, peut accentuer le phénomène par suite de la formation de films biologiques sur les surfaces de transfert.

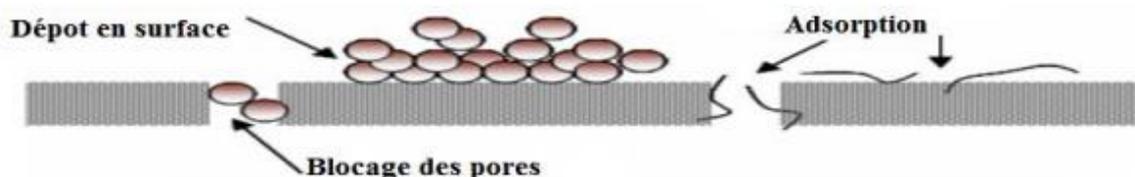


Fig. V 26 : Schématisation des différents mécanismes de colmatage

Le colmatage a comme conséquences :

- Une augmentation de la perte de charge.

- Une augmentation du passage de sels, le colmatage empêche la rétrodiffusion des sels rejetés par la membrane.
- Une perte de flux

V.4 Post traitement :

V.4.1 Le Principe de mélange :

L'eau osmosée n'est pas recommandée à la consommation humaine, étant donné qu'elle ne satisfait pas les standards de qualité concernant l'eau potable. À cause de cette raison-là, une partie des sels dissous éliminés doivent être restitués. Cette étape s'appelle *ré-minéralisation*.

Principalement, cette ré-minéralisation peut être mise en œuvre de deux façons différentes :

- À partir d'un ajout de sels (chaux, carbonate de calcium, etc.) à l'eau osmosée
En mélangeant une partie de l'eau prétraitée avec l'eau osmosée.

La deuxième méthode est beaucoup plus simple et est la conseillée pour des eaux d'apport à faible salinité (telles que celles de Djamaa).

V.4.2 Equipement de pompage d'eau traitée :

Afin d'obtenir ce mélange, nous proposons l'installation de 3 (2+1) pompes d'impulsion d'eau depuis le réservoir d'eau prétraitée jusqu'au réservoir d'eau traitée.

Tab. V. 13 Conditions et données de service de pompes d'impulsion.

Conditions et données de service :	
Nombre de pompes	2
Débit	144 m ³ /h
t/min	2900
Fluide	Eau

Ph	7-8
Température	25°C
Hauteur manométrique	25 m

Les pompes doivent être installées avec un variateur de fréquence, ainsi que des débitmètres électromagnétiques sur la ligne de mélange, en sorte que le mélange puisse se réaliser automatiquement et de façon proportionnelle à la mesure de conductivité du réservoir d'eau traitée.

A fin de cette étape de mélange, En général, l'étape de poste traitement comporte deux phases principales : l'ajustement de pH et la chloration.

A) Ajustement de pH : L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive. Son pH est inférieur au pH de saturation. La correction du pH se fait par une solution alcaline.

B) Chloration : Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel). La chloration permet de détruire les organismes pathogènes présents dans l'eau et protéger l'eau contre de nouvelles contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage.

L'eau ainsi traitée avec un débit de 487 m³/h se déverse ensuite dans un réservoir de 500 m³ qui alimentera les châteaux existants, situés en proximité.

V.5 Conclusion :

La réalisation du projet de la station de déminéralisation des eaux potables de Djamaa est basée sur le système d'osmose inverse, a donné une entière satisfaction ; car le coût de l'exploitation a optimisé un approvisionnement sûr en eau de qualité et une quantité suffisante ; Ce système ne demande pas une main d'œuvre considérable ; l'exploitation de ses organes électromécaniques est simple.

Il assure un taux de conversion (Y) (eau brute vers eau potable) assez élevé qui dépasse les 55%, l'énergie consommée est basse, elle est comprise entre 3 et 5 KWh/m³.

Ce projet se caractérise par un investissement relativement bas et sa durée de mise en œuvre est réduite.

**Chapitre VI:
Dimensionnement
d'une station de
déminéralisation des
eaux par osmose
inverse**

VI. 1 Introduction :

La station de déminéralisation des eaux saumâtres de Djamaa est équipée par des membranes sélectives d'osmose inverse d'une marque « Hydranautics », cette marque est un leader mondial dans la déminéralisation des eaux qui utilise un logiciel qui nous aide à faire le dimensionnement des membranes de la station, et ce logiciel s'appelle « IMS Design ».

Tab. VI. 15 Les paramètres et modes de fonctionnement d'un procédé à membrane :

<u>Paramètre</u>	<u>Signification</u>	<u>Relation</u>
pression transmembranaire (PTM)	force agissante de l'opération définie par la moyenne des pressions alimentation, et retentât, à laquelle on soustrait la pression du compartiment de permeat.	$PTM=Pa+Pr/2 -Pp$
Flux de perméation	productivité du procédé défini par le débit de perméation, Qp , divisé par la surface membranaire. Il représente aussi la vitesse du fluide perpendiculaire à la surface de la membrane.	$J=Qp/S$
Perméabilité de la membrane au solvant, Lp	paramètre intrinsèque de la membrane décrivant sa résistance hydraulique, Rm , vis à vis du solvant : (en $m.s^{-1}.Pa^{-1}$ ou $l.h^{-1}.m^{-2}.bar^{-1}$).	$Lp= J/PTM$ $Rm=1/Lp$
Taux de conversion	fraction de liquide qui traverse la membrane.	$Y=Qp/Qa$

VI.2 Calcule des paramètres de fonctionnements de membrane :

1-Pression transmembranaire :

$$PTM=Pa+Pr/2 -Pp$$

$$Pa=9.7 \text{ bar}$$

$$Pr=8.4 \text{ bar}$$

$$Pp=0.6 \text{ bar}$$

$$PTM= 9.7+8.4/2 -0.6= 8.45 \text{ bar}$$

2- Flux de perméation J_v :

$$J_v= Q_{pm}/s$$

Q_{pm} : débit du permeat d'une membrane.

S : surface membranaire $S=40.9 \text{ m}^2$

$$Q_{pm} = Q_p/N_m$$

N_m : Nombre de membranes.

$$Q_{pm}= 365.25/336 = 1.08 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$J_v=1.08/40.9=0.026 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h} = 26 \text{ l}/\text{m}^2.\text{h}$$

3- la perméabilité membranaire :

$$L_p=J_v/PTM$$

L_p : la perméabilité membranaire.

PTM : pression transmembranaire=8.45 bar.

J_v : Flux de permeat.

$$L_p= 26/8.45=3.076 \text{ l}/\text{m}^2.\text{h}.\text{bar}$$

4- le taux de conversion:

$$Y=Q_p/Q_a$$

Q_p : le débit du permeat = 386.25 m³/h

Q_a : le débit d'alimentation = 487 m³/h

$Y=368.25/487=0.75 =75\%$

VI. 3-La société Hydranautics :

Hydranautics est un des leaders mondiaux dans la technologie des membranes. Ils appliquent les technologies de fabrication les plus récentes en l'industrie, « produits membrane haute performance ».

Depuis sa création en 1963, ils se sont engagés à respecter les plus hautes normes de la recherche technologique, l'excellence de ses produits et la satisfaction du client. Ils sont entrés dans l'osmose inverse (OI) domaine de la membrane en 1970 et sont aujourd'hui l'un des plus respectés et expérimentés dans l'industrie.

Hydranautics a été acquis par Nitto Denko Corporation, au Japon en 1987 et ils sont devenus une partie de la Division de la Membrane Nitto (GMD).

La Division de la Membrane Global Nitto se compose de trois sites de production : Hydranautics, dont le siège social est situé à Océanide, Californie, USA ; une usine de fabrication de la membrane dans la préfecture de Shiga, au Japon et un élément de l'assemblage à Shanghai, Chine. Ces trois installations, en plus d'un réseau de bureaux et entrepôts couvrant dans le monde, fournir le support commercial et technique 24 heures sur 24, avec une réponse rapide aux demandes des clients. Ils ont un engagement continu à la recherche et à la technologie résultats dans la poursuite du développement des produits de la membrane spécialisés.

Depuis sa fondation en 1975, la société Hydranautics s'est engagée dans les normes les plus élevées de recherche technologique, excellence du produit, satisfaction du client. Le logiciel Hydranautics est Continuellement impliqué dans la recherche et la technologie, Les produits Hydranautics sont actuellement utilisés pour Diverses applications comme eau

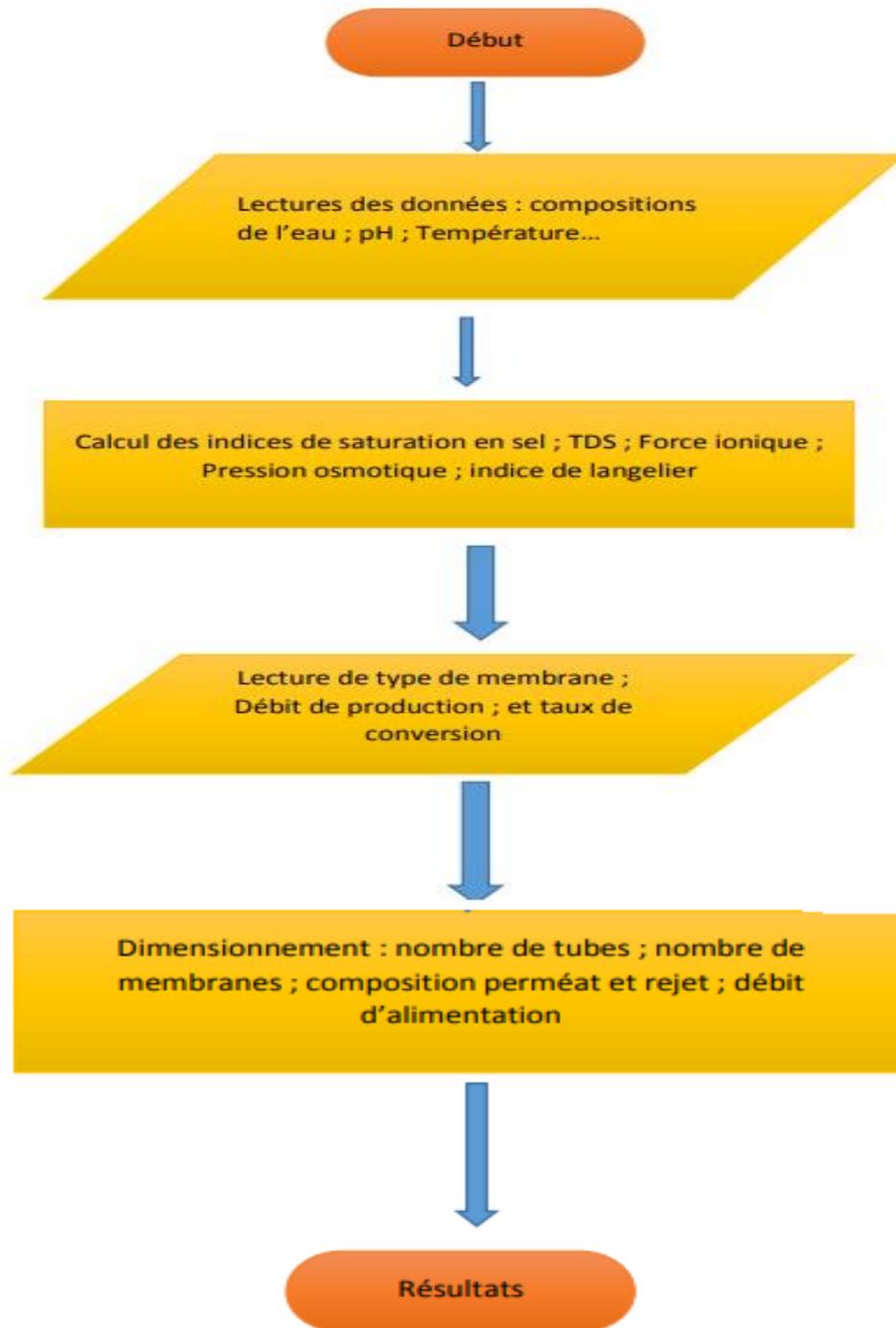
potable, alimentation de chaudière Eau, procédé industriel Hydranautics' produits sont actuellement en cours d'utilisation sur tous les sept continents.

VI. 4 Simulation par logiciel de simulation :

Le logiciel IMS-Design :

IMS-Design est un logiciel de dimensionnement répondant aux exigences des professionnels et des experts du dessalement et déminéralisation. Il offre des fonctionnalités de programme améliorées, des graphiques améliorés et comprend de nouvelles fonctionnalités, et qui améliore la capacité de l'utilisateur à concevoir et à analyser rapidement et précisément des systèmes à base de membranes et de contrôler les données et les résultats obtenus lors de la séparation par osmose inverse et cela dans le but de sélectionner la membrane et la configuration la plus performante selon la qualité et la quantité d'eau déminéralisée, destiné pour les différentes activités lié principalement au traitement des eaux destiné pour alimenter l'industrie chimique(Chaudière), mais aussi pour alimenter les citoyens en eau potable

VI.5- Le mode de fonctionnement du logiciel est décrit dans l'organigramme suivant :



VI. 6 Paramètres de fonctionnement de logiciel IMS-Design :

- **Débit de production** : c'est la quantité d'eau produite par jour (m³/h).

$$\mathbf{Q_f = 487 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

- **Taux de conversion** : Le taux de conversion est le rapport du débit de Permeat au débit d'alimentation .Le taux de conversion est très variable en fonction de la qualité désirée, de la qualité de la ressource disponible, et en particulier du risque lié à la précipitation des sels minéraux en surface de membrane : $\mathbf{Y=75\%}$

- **Qualité d'eau produit (TDS, pH....)** : c'est les analyses de salinité de permeat (TDS) et le pH. (On prend la qualité d'eau brute après le refroidissement)

VI. 7. Utilisation de simulation de logiciel pour dimensionnement et le contrôle du fonctionnement :

On va expliquer les étapes de la simulation par logiciel par des captures d'écran de chaque étape.

Etape 01 :

Analyse : C'est la première étape où on compte comment traiter l'échantillon d'eau brute (eau de mer, eau saumâtre ...) on peut saisir les valeurs du rapport d'analyse de l'eau.

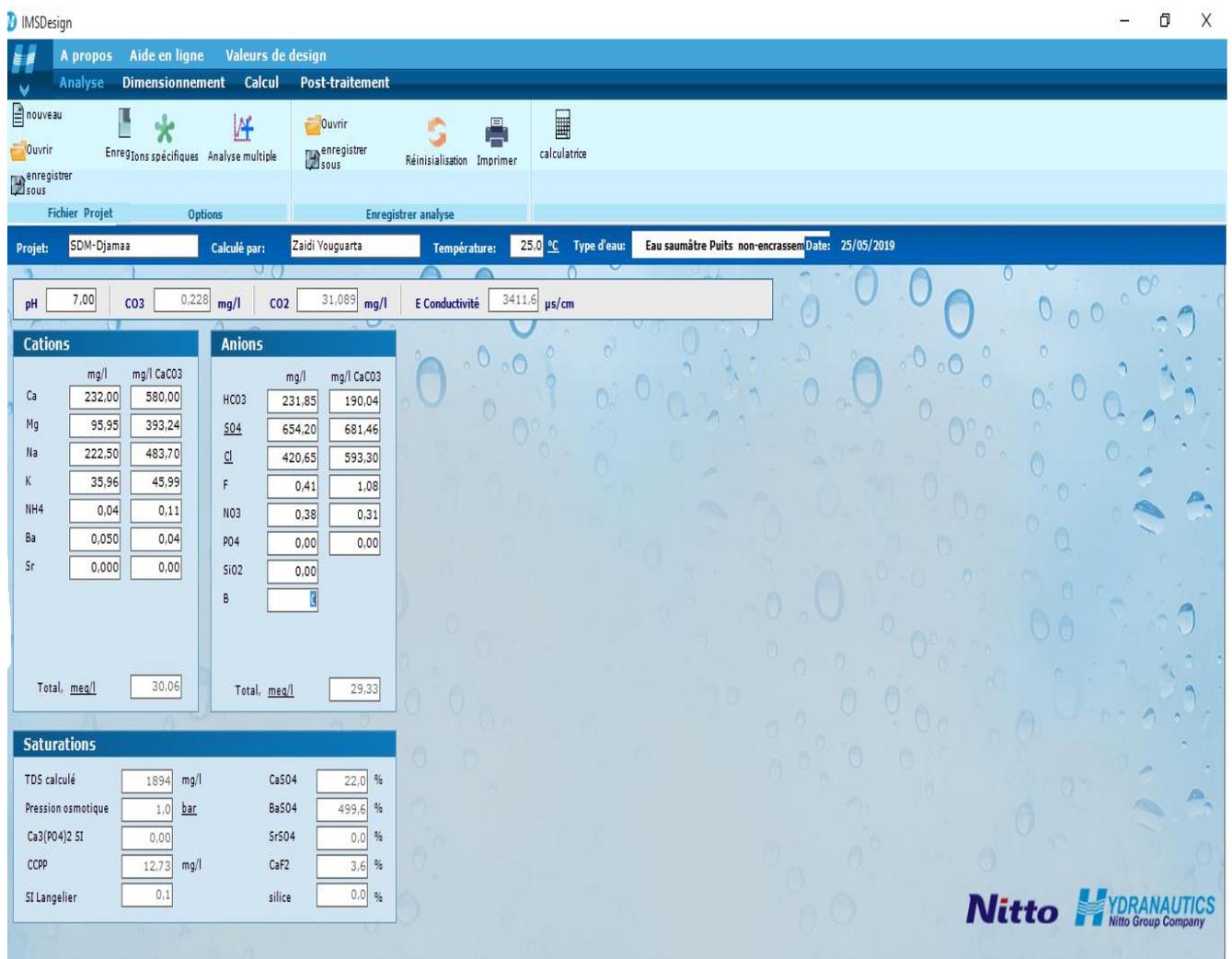


Fig. VI. 27: Image capture écran de l'étape analyse par IMS-Design

La condition demandée dans cette étape est la balance ionique entre les anions et les cations, la différence entre les anions et les cations ne dépasse pas 10%.

Étape 2 :

Dimensionnement : Il s'agit de la deuxième étape du système. Pour effectuer cette étape de haut niveau, vous pouvez spécifier des paramètres tels que le flux de perméat, le taux de rejet, le type de membrane et le nombre d'étages.

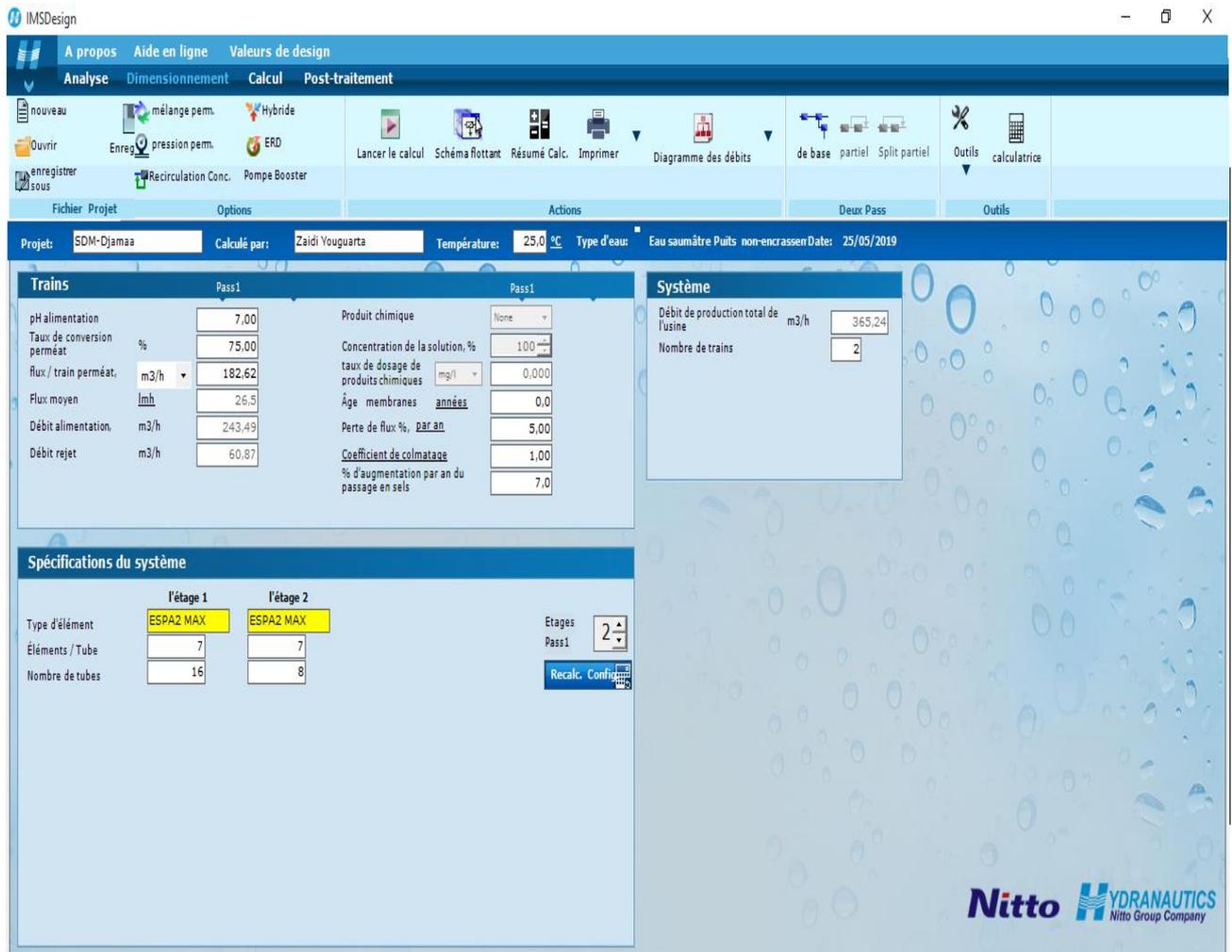


Fig. VI .28: image capture écran de l'étape de dimensionnement avant le calcul.

-Le flux de perméat : 182.62 m³/h par étages (365.86/2).

-Le débit de rejet : 60.87 m³/h par étages.

-Type de membranes : ESPA2.MAX

2 étages : - 1ère étage : 16 conteneurs chaque tube de pression est doté de 7 membranes en parallèle (112 membranes au total).

- 2^{ème} étage : 8 conteneurs chaque tube de pression est doté de 7 membranes en parallèle (56 membranes au total).

Etape 3 :

Calcul : C'est la troisième étape du processus de conception. L'application calcule et affiche les valeurs des besoins en énergie, des exigences chimiques et du coût, calcule la qualité du produit.

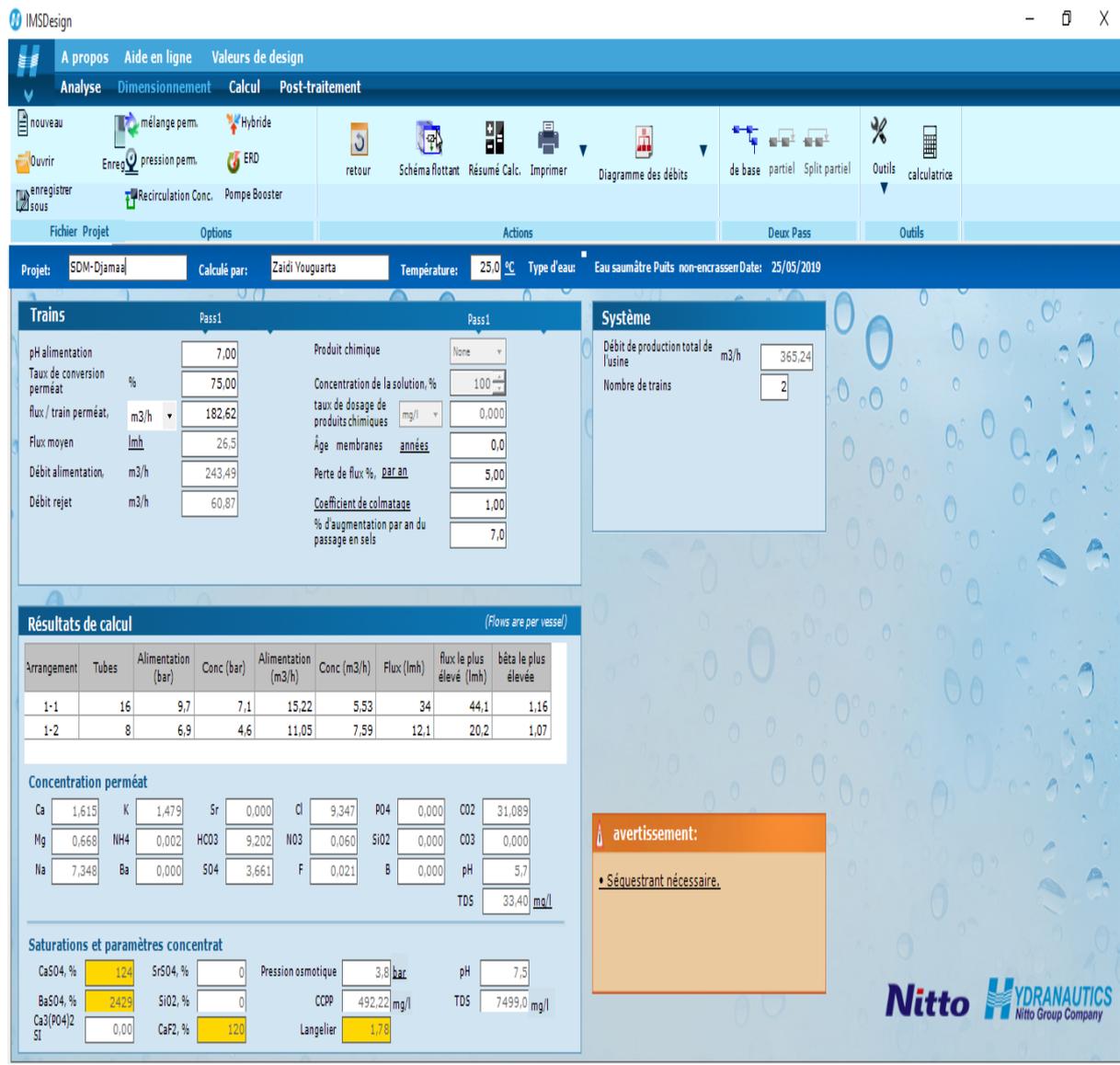


Fig. VI .29 : image capture écran de l'étape de dimensionnement après le calcul.

VI. 8 Conclusion :

Le choix d'une membrane d'osmose inverse représente une étape très importante dans un projet d'une station de déminéralisation car au fur et à mesure que la qualité et le prix des membranes augmentent, le choix devient de plus en plus difficile.

Chapitre VII :
Résultats et
discussions

VII.1 Introduction :

On se focalisera dans le chapitre en cours à la présentation de la problématique ainsi que la solution de la station objet dont on exposera nos résultats obtenus du logiciel « IMS Design ».

Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018
Créé le : 12/05/2019 04:33:58

Nitto **HYDRANAUICS**

Hybride page : 1/3

Nom du projet	SDM Djamas		Calculé par		Zaidi Youguarta		
Débit Pompe HP	243,51 m3/h	flux / train perméat	182,63 m3/h	le flux total du produit	365,26 m3/h	Number of trains	2
Pression alimentation	9,7 bar	écoulement de l'eau brute / train	243,51 m3/h	Taux de conversion perméat	75,00 %	Age élément	0,0 années
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)	Déclin du flux %, par an	5,0	Coefficient de colmatage	1,00 %	Perte de flux par an, %	7,0 %
pH eau alimentation	7,00	Perte de charge canalisation	0,207 bar	Type alimentation	Eau saumâtre de forage faible colmatage		
Dosage produit chimique, mg/l	None						
Energie spécifique	0,45 kWh/m3						
NDP pass	6,1 bar						
Flux moyen	26,5 lmh						

Pass -	Perm.	Débit / Tube	Flux	DP	Flux	Bêta	pression par étage	Perm.	Elément	Elément	PW x			
Elage	Débit	Aliment	Conc	lmh	bar	max	Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elém #	
	m3/h	m3/h	m3/h				bar	bar	bar	mg/l				
1-1-h	155,1	15,2	5,5	33,9	2,6	44,1	1,16	0	0	7,1	16,1	ESPA2 MAX	112	16 x 7M
1-2	27,7	11,1	7,6	12,1	2,2	20,2	1,07	0	0	4,6	130,2	ESPA2 MAX	56	8 x 7M

Ion (mg/l)	Eau brute	Eau alimentation	Imprégner l'eau	Concentrat-1	Concentrat-2
Dureté, CaCO3	973,24	973,24	6,773	3882,3	3882,3
Ca	232,00	232,00	1,614	637,5	925,5
Mg	95,95	95,95	0,668	263,6	382,7
Na	222,50	222,50	7,348	606,4	870,1
K	35,96	35,96	1,479	97,8	139,7
NH4	0,04	0,04	0,002	0,1	0,2
Ba	0,050	0,050	0,000	0,1	0,2
Sr	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0
H	0,00	0,00	0,002	0,0	0,0
CO3	0,23	0,23	0,000	2,2	4,9
HCO3	231,85	231,85	9,201	634,6	901,8
SO4	654,20	654,20	3,660	1798,3	2612,3
Cl	420,65	420,65	9,346	1150,4	1658,7
F	0,41	0,41	0,021	1,1	1,6
NO3	0,38	0,38	0,060	1,0	1,3
PO4	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
OH	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
SiO2	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
B	0,00	0,00	0,000	0,0	0,0
CO2	31,09	31,09	31,09	31,09	31,09
TDS	1804,22	1804,22	33,40	5193,04	7400,03
pH	7,00	7,00	5,67	7,40	7,54

Saturations	Eau brute	Eau alimentation	Concentrat	Limites
CaSO4 / ksp * 100, %	22	22	124	400
SrSO4 / ksp * 100, %	0	0	0	1200
BaSO4 / ksp * 100, %	500	500	2429	10000
SiO2 saturation, %	0	0	0	140
CaF2 / ksp * 100, %	4	4	120	50000
Ca3 (PO4) 2 indice de saturation	0,0	0,0	0,0	2,4
CCPP, mg/l	12,73	12,73	492,23	
Langlier indice de saturation	0,11	0,11	1,78	2,5
Force ionique	0,05	0,05	0,18	
Pression osmotique, bar	1,0	1,0	3,8	

Les calculs de performance du produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est espérée ou suggérée à moins qu'elle ne soit fournie dans une déclaration distincte de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de concentration de produits chimiques sont fournis pour référence et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Il est donné que la quantité réelle de produit chimique nécessaire pour l'équilibre du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane. Hydranautics ne garantit pas la concentration de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties pour les produits ou éléments ne sont en vigueur qu'en cas d'achat en direct auprès de Hydranautics. Version : 1.022.01 %
E-mail : mact@global.hydranautics@projections.net

Projection 01 : Capture des résultats de logiciel IMS Design.

La projection représente un tableau de la qualité d'eau brute transformée en perméat et retentât.

Integrated Membrane Solutions Design Software, 2018
 Créé le : 12/05/2019 04:33:59

Mitsubishi MEMBRANES

Hybride

page : 2/3

Nom du projet	SDM Djamaa		flux / train perméat	182,63 m ³ /h
Calculé par	Zaidi Youguarta		le flux total du produit	365,26 m ³ /h
Débit Pompe HP	243,51 m ³ /h		Number of trains	2
Pression alimentation	9,7 bar		écoulement de l'eau brute / train	243,51 m ³ /h
Température alimentation	25,0 °C(77,0°F)		Taux de conversion perméat	75,00 %
pH eau alimentation	7,00		Age élément	0,0 années
Dosage produit chimiqe,mgl, -	None		Déclin du flux %, par an	5,0
Energie spécifique	0,45 kwh/m ³		Coefficient de colmatage	1,00 %
NDP pass	6,1 bar		Perte de flux par an,%	7,0 %
Flux moyen	26,5 lmh		Perte de charge canalisation inter-étage	0,207 bar

Pass -	Perm.	Débit / Tube		Flux	DP	Flux max	Bêta	Type alimentation			Eau saumâtre de forage faible colmatage			
		Aliment	Conc					Perm.	Boost	Conc	TDS	Type	Quantité	Elom #
Etage		m ³ /h	m ³ /h	lmh	bar	lmh		bar	bar	bar	mg/l			
1-1-h	155,1	15,2	5,5	33,9	2,6	44,1	1,16	0	0	7,1	16,1	ESPA2 MAX	112	16 x 7M
1-2	27,7	11,1	7,6	12,1	2,2	20,2	1,07	0	0	4,6	130,2	ESPA2 MAX	56	8 x 7M

Pass -	Elément	Ion	Pression	Conc	NDP	Imprégna		Bêta	Perméat (Cumul des pass)				
						r/l'eau	Imprégna		Ca	Mg	Na	Cl	
Etage	no.	Pression	Perte	Osmo.	bar	Débit	Flux		TDS				
		bar	bar	bar	bar	m ³ /h	lmh						
1-1	1	9,7	0,62	1,1	9,4	1,8	44,1	1,12	6	0,289	0,119	1,326	1,68
1-1	2	9,1	0,51	1,2	7,6	1,6	40,2	1,12	6,9	0,333	0,138	1,528	1,936
1-1	3	8,5	0,43	1,4	7	1,5	36,7	1,13	8	0,386	0,16	1,771	2,245
1-1	4	8,1	0,35	1,6	6,4	1,4	33,6	1,14	9,4	0,451	0,187	2,069	2,623
1-1	5	7,8	0,29	1,9	5,9	1,2	30,6	1,15	11,1	0,533	0,22	2,442	3,097
1-1	6	7,5	0,23	2,2	5,3	1,1	27,5	1,15	13,2	0,637	0,264	2,918	3,703
1-1	7	7,3	0,18	2,6	4,7	1	24,4	1,16	16,1	0,774	0,32	3,538	4,492
1-2	1	6,9	0,41	2,8	3,9	0,8	20,2	1,07	18	0,865	0,358	3,952	5,019
1-2	2	6,5	0,37	3,1	3,3	0,7	17,1	1,07	20,1	0,966	0,4	4,414	5,606
1-2	3	6,1	0,33	3,2	2,8	0,6	14,3	1,06	22,3	1,077	0,446	4,918	6,248
1-2	4	5,8	0,31	3,4	2,3	0,5	11,5	1,05	24,8	1,198	0,496	5,465	6,945
1-2	5	5,4	0,29	3,6	1,8	0,4	9,3	1,04	27,5	1,328	0,549	6,053	7,694
1-2	6	5,2	0,27	3,7	1,4	0,3	7,1	1,03	30,4	1,467	0,607	6,668	8,494
1-2	7	4,9	0,26	3,8	1	0,2	5,3	1,03	33,4	1,613	0,667	7,341	9,338

Les calculs de performance de produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de produit ou performance de système n'est exprimée ou suggérée. Il incite qu'elle ne soit fournie dans une déclaration écrite de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydranautics. Les calculs de concentration de produits chimiques sont fournis pour commodité et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la qualité réelle de produits chimiques nécessaires pour l'ajustement du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydranautics ne garantit pas la concentration de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydranautics. Les garanties pour standard ou étendue peuvent être fournies sur un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.22.81 %
 E-mail : imsd-support@hydranautics.com

Projection 02 : Capture des résultats de logiciel IMS Design.

Le dimensionnement de la pompe HP et le suivi représente les paramètres de chaque étage des membranes

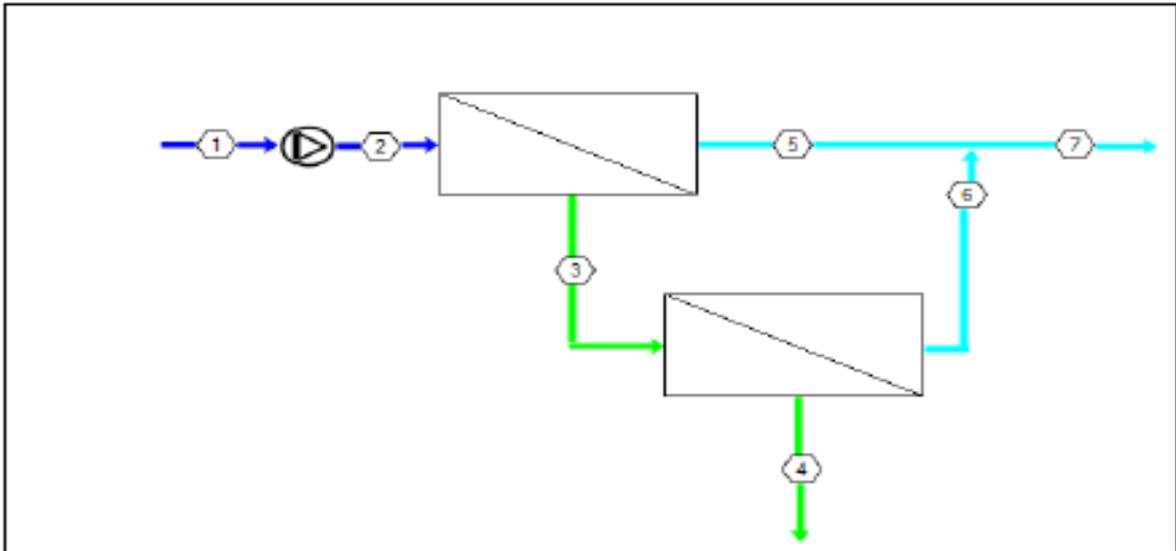
Integrated Membranes Solutions Design Software, 2018
 Créé le : 12/05/2019 04:33:59



Hybride

Nom du projet : SDM Djamaa
 Température : 25,0 °C

Age élément, P1 : 0,0 années
 page : 3/3



Stream No.	Débit (m³/h)	Pression (bar)	TDS (mg/l)	pH	Econd (µs/cm)
1	244	0	1894		3412
2	244	9,68	1894		3412
3	88,4	7,07	5193		8514
4	60,7	4,63	7499		11953
5	155	0	16,1		30,2
6	27,7	0	130		233
7	183	0	33,4		60,3

Les calculs de performance de produit sont basés sur la performance nominale de l'élément lorsqu'il est utilisé avec une eau d'alimentation de qualité acceptable. Les résultats présentés sur les impressions produites par ce programme sont des estimations de la performance du produit. Aucune garantie de production ou performance de système n'est exprimée ou suggérée. Il convient de noter que les résultats présentés dans une déclaration de garantie signée par un représentant autorisé d'Hydrasol. Les calculs de concentration de produits chimiques sont basés sur le profil commercial et sont basés sur diverses hypothèses concernant la qualité et la composition de l'eau. Etant donné que la quantité réelle de produits chimiques nécessaire pour l'ajustement du pH dépend de l'eau d'alimentation et pas de la membrane, Hydrasol ne garantit pas la concentration de produits chimiques. Si une garantie de produit ou système est requise, merci de contacter votre représentant Hydrasol. Les garanties non standard ou étendues peuvent entraîner un prix différent des devis précédemment fournis. Version : 1.22.2.01 %
 E-mail : msc@support.hydrasol.com



Projection 03 : Capture des résultats de logiciel IMS Design.

Projection 03 est un schéma représentant l'emplacement des étages des membranes.

VII.2 La problématique de la station :

La projection de logiciel nous a permis d'avoir la qualité d'eau à la sortie des unités d'osmose inverse. Cette qualité d'eau est très pauvre en sels minéraux qui ont été retenus par l'osmose inverse. Cette eau osmosée est non-potable.

VII.3 La solution de cette problématique :

De ce fait il est prévu de faire un mélange avec de l'eau pré-filtrée (sortie filtre à sable) afin de reminéraliser cette eau

La projection de cette station on fait sortir un mélange de 75% eau osmosée et 25% eau pré-filtrée ; Afin d'avoir une qualité d'eau qui répond à la norme en vigueur, le mélange résultant satisfait alors à la qualité exigée pour la consommation humaine. C'est pour cette raison-ci qu'une étape de ré-minéralisation de l'eau à partir d'un dosage de chaux n'est pas nécessaire.

VII.4 La qualité d'eau sortie de la station :

La station fournira d'une manière fiable et continue une eau potable exempte d'organismes pathogènes.

Les exigences de qualité de l'eau traitée à la sortie des stations sont les suivantes :

Tab. V. 14 : La qualité d'eau finale à la sortie de la station

Le paramètre	La valeur	La norme algérienne
Ph	7.5-8.5	6.5-9
La dureté	272.56 mg/l CaCO ₃	>150 Mg/l CaCO ₃
La turbidité	0.001 NTU maximale	<0.4 NTU
Conductivité	803.6 µs/cm	2800 µs/cm
TDS	526.10 Mg/l	/
Couleur	15 m g/l	15 mg/l

La source de ces analyses est la moyenne annuelle de chaque paramètre de la station. Le suivi d'analyse des eaux traitées se fait quotidiennement au laboratoire de la station. Les valeurs des paramètres obtenus par rapport à la norme algérienne sont acceptables.

VII.5 Conclusion :

Les paramètres (pH, dureté, turbidité, salinité, conductivité, couleur) sont conformes aux normes algériennes et ne dépassent pas les limites supérieures des normes édictées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Conclusion
générale

La déminéralisation est un enjeu particulièrement important pour l'avenir des régions sujettes aux pénuries d'eau. C'est une méthode d'avenir pour pallier aux problèmes d'eau douce. Elle permet une utilisation et une gestion économe des ressources en eau et la mise en œuvre de moyens appropriés pour faciliter l'accès à l'eau potable.

Le procédé de déminéralisation de l'eau par osmose inverse a connu un grand développement et présente beaucoup d'avantages. Sur le plan environnemental, il fonctionne à basse température, ce qui prévient une pollution thermique. Sur le plan énergétique, Ce procédé utilise principalement de l'énergie électromécanique ; il est relativement simple et plus performant, avec une récupération d'énergie du concentrât (retentât) de 95%.

Dans la station de déminéralisation, les étapes de prétraitement utilisées garantissent le bon entretien de l'équipement de la station, produisant une eau douce de bonne qualité et présente une conformité aux normes OMS.

Ces résultats montrent bien, l'intérêt de l'implantation de cette station pour résoudre le problème de pénurie en eau potable de la ville de Djamaa.

A l'heure actuelle, la déminéralisation d'eau à travers notre pays se fait par les mêmes procédures que celle de la station de Djamaa. Il serait alors intéressant de souligner les recommandations suivantes :

- Restituer à l'eau de façon équilibrée les minéraux en phase de reminéralisations, sachant qu'une eau faiblement minéralisée est plus corrosive pour la tuyauterie.
- Aussi, recourir à une eau de déminéralisation pour alimenter une région devra être pris avec la plus grande prudence et après une étude approfondie de l'apport total de minéraux dont bénéficie la population cible. L'idéal serait d'entreprendre des études épidémiologiques occasionnelles, en vue de mesurer les effets que peut avoir sur la santé.
- Les saumures doivent impérativement passer un contrôle exhaustif de toxicité qui tient compte des caractéristiques du système récepteur et prêter une attention particulière à la dilution du concentrât.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1-Célébration de la décennie internationale d'action (2005) : l'eau source de vie. Journée mondiale de l'eau. Guide de sensibilisation, Rapport de l'OMS

2-Alain Maurel. (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2e édition.

3-Technique de déminéralisation de l'eau de l'eau, (1978), Mémento Ed. Degremont.

5- L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, 9eme édition (2001), Ed. Dunod. Paris

6-Description de la nappe albienne, D'après le site internet « Wikipéida »

7- Description de la technique d'osmose inverse (2018), d'après le fichier de Mr NOUEL.

8-Identification des membranes de la station, d'après la fiche technique de la membrane, société Hydranautics (1963).

9-Les tableaux des analyses des eaux de la station (2018), le suivie annuel de laboratoire de la station.

10-Définition de logiciel IMS Design, D'après le fichier de la société Hydranautics.