الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

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

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie

جامعة البويرة

Département de Génie de l'Eau

Rapport de soutenance

En vue de l'obtention du diplôme

de Master professionnalisant en :

Génie des eaux

Thème :

Contrôle de la qualité des eaux au niveau de différentes étapes de la station de dessalement de Corso, Boumerdès

Réalisé par :

HAMOUDI Abdelghani

Encadré par :

Dr DJAFER KHODJA Hakim — MCA (IT, Univ-Bouira)

Dr TEGRINE Ziyad — Ingénieur (GCB/DTE)

Soutenu devant le jury :

Dr. BOUAKLIN. H — MAA (IT, Univ-Bouira)
Dr. SIFOUN. N — MCB (IT, Univ-Bouira)
Dr. BALOUL. D — MAA (IT, Univ-Bouira)

Année Universitaire : ***2025/2026***

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord Dieu, le Tout-Puissant, pour la volonté et le courage qu'il m'a donnés afin de mener à terme ce travail.

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été réalisés au sein de l'entreprise GCB-DTE. Je remercie mes encadreurs, TEGRIN Ziad, MAHMOUDI Massinissa et BENHAOUA Aymen, ainsi que toute l'équipe de l'entreprise GCB, pour m'avoir accepté et pour avoir encadré ma formation. Je les remercie également pour leur disponibilité face aux difficultés rencontrées, leurs encouragements dans le travail, ainsi que pour leur écoute et leur soutien dans les moments de besoin.

Je tiens aussi à exprimer ma sincère reconnaissance à mon encadreur de mémoire, M. DJAFER KHODJA Hakim, qui m'a aidé grâce à ses conseils, et m'a apporté des suggestions et des critiques tout au long de la période de formation.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes professeurs ainsi qu'aux enseignants de l'Institut de Technologie (ISTA) de Bouira.

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 chers frères et mes chères sœurs

A toute ma famille

A tous mes amis.

Résumé

Dans un contexte marqué par la diminution progressive des ressources en eau douce, le recours au dessalement de l'eau de mer apparaît comme une alternative essentielle pour assurer l'alimentation en eau potable, notamment dans les zones côtières de l'Algérie.

Cette étude repose sur l'examen des échantillons collectés tout au long de la chaîne de traitement de la station dessalement de Corso, permettant ainsi d'observer l'évolution de la qualité de l'eau et d'apprécier l'efficacité des différentes unités mises en œuvre et à suivre l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau produite par la station.

Une modélisation du procédé a également été réalisée à l'aide du logiciel Q+ Projection Software afin d'évaluer les performances de l'unité d'osmose inverse.

Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre le fonctionnement du procédé et d'identifier des pistes d'amélioration pour optimiser les performances et la durabilité de la station

Mots-clés : Eau de mer, Dessalement, Station de Corso, Qualité de l'eau, Osmose inverse, Modélisation.

Abstract

In a context marked by the progressive depletion of freshwater resources, seawater desalination appears as an essential alternative for ensuring drinking water supply, particularly in the coastal areas of Algeria.

This study is based on the examination of samples collected throughout the treatment chain, allowing observation of the evolution of water quality, assessment of the efficiency of the various units implemented, and monitoring of the evolution of the physicochemical quality of the water produced by the plant.

A process model was also developed using Q+ Projection Software to evaluate the performance of the reverse osmosis unit.

The results obtained provide a better understanding of the process's operation and identify areas for improvement to optimize the plant's performance and sustainability.

Keywords: Seawater, Desalination, Corso plant, Water quality, Reverse osmosis, Modeling.

ملخص

في ظل التناقص التدريجي لموارد المياه العذبة، أصبح اللجوء إلى تحلية مياه البحر حلاً أساسياً لضمان التزويد بمياه الشرب، خاصة في المناطق الساحلية الجزائرية.

تعتمد هذه الدراسة على تحليل عينات تم جمعها عبر مختلف مراحل سلسلة المعالجة، مما سمح بمتابعة تطور جودة المياه وتقييم فعالية وحدات المعالجة المختلفة، إضافة إلى دراسة تطور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه المنتجة بالمحطة.

كما تم إجراء نمذجة للعملية باستعمال برنامج **Q+ Projection Software** بهدف تقييم أداء وحدة التناضح العكسي.

توفر النتائج التي تم الحصول عليها فهمًا أفضل لكيفية عمل العملية وتحدد مجالات التحسين لتحسين أداء المحطة واستدامتها.

الكلمات المفتاحية: مياه البحر، تحلية المياه، محطة كورسو، جودة المياه، التناضح العكسي، النمذجة.

Table des matières

Remerciements I
Dedicaces II
Résumé III
Table des matières V
Liste des figures IX
Liste des tableaux XII
Liste des abréviations XIII
Introduction générale 1

Chapitre I : Généralités sur le dessalement

1. Introduction 3
2. Définition du dessalement de l'eau de mer 3
3. Dessalement dans le monde 3
4. Dessalement en Algérie 5
5. Techniques de dessalements 6
6. Impact environnementale du dessalement 7
7. Osmose inverse 8
   7.1. Principe de l'osmose inverse 8
   7.2. Module d'osmose inverse 10
      7.2.1. Modules spiraux 10
      7.2.2. Modules tubulaires 10
      7.2.3. Modules plans et en plaques 11
7.2.4. Modules en fibres 12
Conclusion 13

Chapitre II : Présentation de la station de dessalement de Corso

1. Introduction 14
2. Présentation de la station de dessalement 14
3. Entreprises intervenant dans la construction et l'exploitation de la Station 16
4. Organigramme de la station 17
5. Description des installations et des processus de la station 17
   5.1. Prise d'eau de mer et station de pompage 18
      5.1.1. Tour de captage 18

5.1.2. Conduite d'admission 19
5.1.3. Bâche d'admission 19
5.1.4. Système de dégrillage 19
5.1.5. Bâche d'eau de mer et pompes d'alimentation d'eau de mer 20
5.2. Coagulation, floculation et décantation 21
5.2.1. Bâche de coagulation 21
5.2.2. Bâche de floculation 21
5.2.3. Décanteur lamellaire 21
5.2.4. Bâche d'eau clarifiée et pompes intermédiaires 22
5.3. Système des filtres à sable 23
5.4. Filtres à cartouches 24
5.5. Système d'osmose inverse 25
5.5.1. Pompes haute pression 26
5.5.2. Pompes booster 26
5.5.3. Modules de rack RO 27
5.5.4. Dispositif de récupération d'énergie 28
5.6. Post-traitement 29
5.7. Système de mélange 30
5.8. Station de pompage d'eau produite 30
5.8.1. Réservoir d'eau produite 30
5.8.2. Pompes d'eau produite 30
5.9. Système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) 31
Conclusion 32
Chapitre III : Matériel et méthodes
1. Introduction 33
2. Plan d'échantillonnage appliqué au cours du processus de dessalement 33
3. Procédure de prélèvement des échantillons d'eau 34
4. Méthodologies d'analyse 34

5. Analyses physicochimiques 34
5.1. Potentiel hydrogène (pH) 35
5.2. Conductivité électrique et température 35
5.3. TDS 36
5.4. Turbidité 36
5.5. Alcalinité TA+TAC 37
5.6. Mesure de la Dureté Total (TH) 38
5.7. Mesure de chlore libre 38
5.8. Mesure des cations et des anions 40
Conclusion 47

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Introduction 41
2. Caractéristiques de l'eau de mer 41
3. Résultats du suivi des paramètres physico-chimique au cours du processus de SDEMC . 41
3.1. Variation de la turbidité 42
3.2. Variation de température 43
3.3. Variation de pH 44
3.4. Variation de la conductivité 44
3.5. Variation de TDS 45
3.6. Variation des concentrations des ions majeurs 47
4. Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau traitée (potable) 47
4.1. Turbidité 48
4.2. Température 48
4.3. PH 49
4.4. Conductivité 49
4.5. TDS 50
4.6. Chlore libre 50
4.7. Dureté totale 51

4.8. Alcalinité 51
4.9. LSI 52
Conclusion 52
Chapitre V : Simulation et comparaison
1. Introduction 53
2. Modélisation et simulation par logiciel Q+ Projection Software 53
3. Logiciel Q+ Projection Software 53
3.1. Principales fonctionnalités 54
4. Etapes de simulation 55
5. Résultats et interprétation de la simulation 59
Conclusion 61
Conclusion générale 62
Références bibliographiques
Annexes

Liste des figures

Figure I.1 : Les principaux procédés de dessalement 6

Figure I.2: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse 9

Figure I.3: Capacité de rétention d'une membrane d'OI selon les contaminants. 9

Figure I.4 : Module spirale…… 10

Figure I.5: Module tubulaire 11

Figure I.6 : Module plan 12

Figure I.7: Module en fibres creuses 13

Figure II.1 : Station de dessalement de l'eau de mer CORSO 14

Figure II.2 : Localisation de la station de dessalement corso 15

Figure II.3 : Logo des entreprises GCB, ADC et Metito respectivement 16

Figure II.4 : organigramme de la station 17

Figure II.1 : processus de la SDEM de corso ……. ……..18

Figure II.2: Tour de captage.....19

Figure II.3: dégrilleur et tamiseur de SDEM Corso 20

Figure II.4: Filtres à sable de SDEM Corso.....24

Figure II.5 : Filtres à cartouches de SDEM Corso 25

Figure II.6 : pompe HP de SDEM Corso.....26

Figure II.7: pompe booster de SDEM Corso 27

Figure II.8: Les racks de SDEM Corso 28

Figure II.9: dispositif de récupération d'énergie de SDEM Corso 29

Figure II.10: Ecran du salle de contrôle de SDEM Corso 32

Figure III.1: Schéma d'échantillonnage aux différentes étapes du procédé de dessalement par osmose inverse à la station de Corso 33

Figure III.2: pH-mètre 35

Figure III.3: conductimètre 35

Figure III.4: turbidimètre 36

Figure III.5: Titrage de TH_T 37

Figure III.6: Colorimètre 38

Figure III.7 : spectrophotomètre 39

Figure IV.1: Evolution de la turbidité au cours du processus de dessalement 41

Figure IV.2: Evolution de la température au cours du processus de dessalement 42

Figure IV.3: Evolution de pH au cours du processus de dessalement 43

Figure IV.4: Evolution de la conductivité au cours du processus de dessalement 44

Figure IV.5: Evolution de TDS au cours du processus de dessalement 45

Figure IV.6: Evolution des concentrations au cours du processus de dessalement 46

Figure IV.7: Variation de la turbidité 47

Figure IV.8: Variation de la température 48

Figure IV.9: Variation du pH 48

Figure IV.10: Variation de la conductivité…. 49

Figure IV.11: Variation du TDS 49

Figure IV.12: Variation Du chlore libre 50

Figure IV.13: Variation de la dureté 50

Figure IV.14: Variation de l'alcalinité 51

Figure IV.15: Variation du LSI 51

Figure V.1 : logo de logiciel Q+ Projection Software 55

Figure V.2 : interface principale de logiciel 55

Figure V.3 : interface des informations de projet 56

Figure V.4 : interface de configuration des unités 56

Figure V.5 : interface de configuration de la source de l'eau.....57

Figure V.6 : interface de définition de profil chimique de l'eau d'alimentation 57

Figure V.7 : interface de paramètres de débit.....58

Figure V.8 : interface des paramètres d'efficacité énergétique 58

Figure V.9 : interface de configuration de système 59

Figure V.10 : étape finale de simulation 59

Liste des tableaux

Tableau I.1: Principaux pays producteurs d'eau dessalée et technologies utilisées 4

Tableau I.2 : Stations de dessalement en Algérie 5

Tableau I.3:Comparaison technique des principales technologies de dessalement 7

Tableau I.4 : Comparaison entre modules spirale et en fibres creuses.....13

Tableau II.1: les principales caractéristiques de la station 15

Tableau II.2: caractéristiques des dégrilleurs 20

Tableau II.3: Les caractéristiques de station de pompage d'eau mer 21

Tableau II.4: description du procède de coagulation-floculation-décantation 22

Tableau II.5: Les caractéristiques de station de pompage intermédiaire 23

Tableau II.6: caractéristiques des pompes HP 26

Tableau II.7: caractéristiques des pompes booster.....27

Tableau II.8:caractéristiques des pompes d'eau produite.....31

Tableau IV.1 : Comparaison entre les résultats de simulation et les données mesurées dans la station.....60

Liste des abréviations

- ADC : Algerian desalination Company
- ENGCB : Entreprise Nationale de Génie Civil et des Bâtiment
- CTH : Contrôle technique hydraulique
- OI : Osmose inverse
- SWRO : Sea Water Reverse Osmosis (Osmose inverse d'eau de mer)
- SDEM : Station dessalement de eau de mer
- TDS : Total Dissolved Solids (Solides dissous totaux)
- NTU : Nephelometric Turbidity Unit (Unité de turbidité néphélométrique)
- pH : Potentiel Hydrogène
- SDI : Silt Density Index (Indice de colmatage)
- TH : Titre Hydrotimétrique (dureté totale de l'eau)
- TAC : Titre Alcalimétrique Complet
- TA : Titre Alcalimétrique
- LSI : Langelier Saturation Index (Indice de saturation de Langelier)
- MES : Matières En Suspension
- HMT : Hauteur manométrique totale
- Ca^{2+} : Cation calcium
- Mg^{2+} : Cation magnésium
- Na^{+} : Cation sodium
- K^{+} : Cation potassium
- Cl^{-} : Ion chlorure
- SO_4^{2-} : Ion sulfate

- HCO_3^- : Ion bicarbonate
- $CaCO_3$: carbonate de calcium
- SMBS : Sodium Metabisulfite (Métabisulfite de sodium)
- DPD : Diethyl-p-Phenylenediamine (réactif chlore libre)
- EDTA : Ethylene diamine tetraacetic Acid
- SCADA : Supervisory Control And Data Acquisition
- PRV : Plastique Renforcé de Verre

Introduction générale

Introduction générale

Face à la croissance démographique, au développement industriel et aux effets des changements climatiques, les ressources en eau douce connaissent une pression croissante à l'échelle mondiale. Dans les régions arides et semi-arides, cette situation constitue un enjeu majeur pour le développement économique et social. L'Algérie, caractérisée par une irrégularité des précipitations et une disponibilité limitée des ressources hydriques conventionnelles, est particulièrement confrontée à cette problématique. Afin d'assurer la sécurité hydrique et de répondre à la demande croissante en eau potable, le pays a accordé une importance stratégique au dessalement de l'eau de mer.

Dans ce contexte, plusieurs stations de dessalement ont été réalisées en Algérie, notamment la station de dessalement de Corso, située dans la wilaya de Boumerdès, qui joue un rôle important dans l'alimentation en eau potable de la région.

Le présent travail porte sur la caractérisation des eaux des différentes étapes du procédé de dessalement au niveau de la station de Corso. L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau tout au long de la chaîne de traitement, depuis la prise d'eau brute jusqu'à l'eau produite après post-traitement, ainsi que de suivre l'évolution de la qualité physico-chimique de l'eau produite par la station. Cette étude permet également d'apprécier l'efficacité des différentes unités de traitement, notamment les étapes de prétraitement, de filtration et d'osmose inverse.

Notre étude comprendra les chapitres suivants :

- Le premier chapitre abordera des généralités sur le dessalement.
- Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation et la description de processus de la station dessalement de l'eau de mer de Corso (SDEMC).
- Le troisième chapitre est consacré aux matériels et méthodes utilisés pour le contrôle de la qualité physico-chimique de l'eau obtenue.
- Le quatrième chapitre est réservé aux résultats obtenus et la discussion.

- Le cinquième chapitre présente une simulation du système à l'aide du logiciel Q+ Projection Software, afin de comparer les résultats de la simulation aux données réelles obtenues au niveau de la station.

Enfin, ce travail se clôture par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur le dessalement

1. Introduction

Le dessalement regroupe un ensemble de procédés permettant d'éliminer les sels dissous et les impuretés contenues dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre afin de produire une eau utilisable pour la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie. Cette technologie connaît aujourd'hui un essor considérable, soutenu par les avancées technologiques et les besoins croissants en sécurité hydrique à l'échelle mondiale.

Ce chapitre vise à présenter des généralités sur le dessalement de l'eau de mer, en abordant sa définition, ses principales technologies, son développement à l'échelle mondiale et en Algérie, ainsi que ses enjeux techniques et environnementaux. Une attention particulière sera accordée à la technologie de l'osmose inverse, aujourd'hui dominante dans ce domaine.

2. Définition du dessalement de l'eau de mer

Le dessalement, également appelé désalinisation, désigne l'ensemble des procédés visant à éliminer les sels dissous ainsi que les minéraux présents dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre, afin de produire de l'eau douce destinée à la consommation humaine, à l'irrigation ou aux usages industriels. Cette technologie s'impose aujourd'hui comme une solution essentielle dans les régions arides et semi-arides, caractérisées par une disponibilité limitée des ressources en eau douce (Mellouk, 2025).

Cependant, malgré ses avantages, le dessalement présente plusieurs limites importantes. D'une part, il nécessite une consommation énergétique élevée, en particulier dans le cas des procédés thermiques, ce qui entraîne des coûts d'exploitation significatifs. D'autre part, il peut engendrer des impacts environnementaux, notamment à travers le rejet de saumures concentrées dans le milieu marin, susceptibles de perturber les écosystèmes aquatiques. Enfin, cette technologie repose en grande partie sur l'importation d'équipements spécialisés, ce qui traduit une dépendance technologique pouvant constituer un obstacle pour certains pays (Mellouk, 2025).

3. Dessalement dans le monde

Le dessalement de l'eau connaît une expansion rapide à l'échelle mondiale, avec une capacité installée qui augmente de plus de 10 % par an. Cette évolution répond à

une demande croissante en eau, en particulier dans les zones côtières où se concentre une part importante de la population mondiale. En effet, près de 39 % de la population vit à moins de 100 km du littoral, et de nombreuses grandes villes ne disposent pas de ressources supplémentaires en eau douce.

Dans ce contexte, le dessalement constitue une solution stratégique pour faire face à la pénurie d'eau, en limitant la surexploitation des aquifères et en répondant aux crises hydriques telles que les sécheresses ou les interruptions d'approvisionnement. Il est également envisagé dans des régions non arides afin de sécuriser l'alimentation en eau de grandes métropoles.

Actuellement, plus de 15 000 installations réparties dans 120 pays produisent environ 40 millions de m³ d'eau par jour, majoritairement destinés à la consommation humaine. Le secteur continue de croître rapidement, avec une tendance au doublement de la production tous les dix ans, jouant un rôle essentiel notamment dans les pays du Golfe, tout en s'étendant progressivement à d'autres régions du monde (Boye, 2008).

Le tableau I.1 représente les principaux pays producteurs d'eau dessalée et technologies utilisées (Metaiche, 2025).

Tableau I.1 : Principaux pays producteurs d'eau dessalée et technologies utilisées

Usine	Technologie et capacité	En service
Ras Al Khair, Saudi Arabia	1 036 000 m³/j par RO + 1 036 000 m³/j par MSF	2017
Taweelah, UAE	909 200 m³/j ; OI	2023
Jubail Water and Power	800 000 m³/j ; RO-MED co-génération	2010
Umm Al Quwain (UAQ), UAE	682 900 m³/j ; OI	2022
DEWA Station M, Dubai	636 000 m³/j ; MSF co-génération	2012
Sorek 1, Israel (Tel Aviv)	624 000 m³/j ; OI	2013
Shuaiba 3, Saudi Arabia	600 000 m³/j ; OI	2025
Jubail 3A IWP, Saudi Arabia	600 000 m³/j ; OI	2022
Sorek 2, Israel	570 000 m³/j ; OI	2020
Fujairah 2, United Arab	591 000 m³/j ;OI (136 500 m³/j) - MED co-génération	2011
La Magtaa (Oran)	500 000 m³/j ; OI	2016

4. Dessalement en Algérie

L'Algérie, confrontée à une sécheresse structurelle, a fait du dessalement d'eau de mer une priorité stratégique, devenant l'un des leaders africains et méditerranéens. Plus de 30 stations sont en exploitation, couvrant une part croissante de l'eau potable, avec des projets ambitieux de nouvelles méga-usines pour sécuriser l'approvisionnement national.

Le tableau I.2 représente les stations de dessalement en Algérie.

Tableau I.2: Stations de dessalement en Algérie (Metaiche, 2025)

Wilaya	Stations et capacités
Chlef	Ténès : 200×10³ m³/j Beni Haoua: 5×10³ m³/j
Béjaïa	Tighremt (Toudja): 300×10³ m³/j
Tlemcen	Souk Tlata : 200×10³ m³/j Honaine : 200×10³ m³/j
Tizi Ouzou	Iflissen : 2.5×10³ m³/j
Alger	Hamma : 200×10³ m³/j Staoueli (Palm Beach) : 7.5×10³ m³/j Aïn Benian : 10×10³ m³/j Zeralda : 10×10³ m³/j Bordj El Kiffan : 10–15×10³ m³/j Elmarssa : 60×10³ m³/j
Jijel	Jijel : 200×10³ m³/j
Skikda	Skikda : 100×10³ m³/j
Mostaganem	Mostaganem : 200×10³ m³/j
Oran	Arzew : 90×10³ m³/j Bousfer : 55×10³ m³/j Aïn Turk : 5×10³ m³/j Mactaâ : 500×10³ m³/j Cap Blanc (Aïn El Kerma) : 300×10³ m³/j
Boumerdès	Djinet : 100×10³ m³/j Cap Djinet: 300×10³ m³/j Corso : 80×10³ m³/j
El Tarf	El Tarf : 50 000 m³/j Koudiet Eddraouche: 300×10³ m³/j
Tipaza	Oued Sebt : 100×10³ m³/j Fouka 1 : 120×10³ m³/j Fouka 2: 300×10³ m³/j
Aïn Témouchent	Beni Saf : 200×10³ m³/j Chatt El Hillal : 200×10³ m³/j

5. Techniques de dessalement

Le dessalement de l'eau de mer repose sur des procédés avancés permettant d'éliminer les sels dissous ainsi que les impuretés contenues dans l'eau brute, afin de produire une eau conforme aux normes de potabilité ou adaptée à l'irrigation. L'eau de mer se caractérise par une salinité élevée, de l'ordre de 35 000 mg/l, ce qui nécessite la mise en œuvre de technologies performantes et adaptées, tant sur le plan énergétique que sur celui du dimensionnement et de la conception des installations. Ainsi, la maîtrise des paramètres de conception et d'exploitation constitue un enjeu majeur pour assurer l'efficacité et la durabilité des systèmes de dessalement. (Djaballah, 2025)

La figure I.1 montre les principaux procédés de dessalement utilisés à l'échelle industrielle pour produire de l'eau douce à partir de l'eau de mer ou saumâtre.

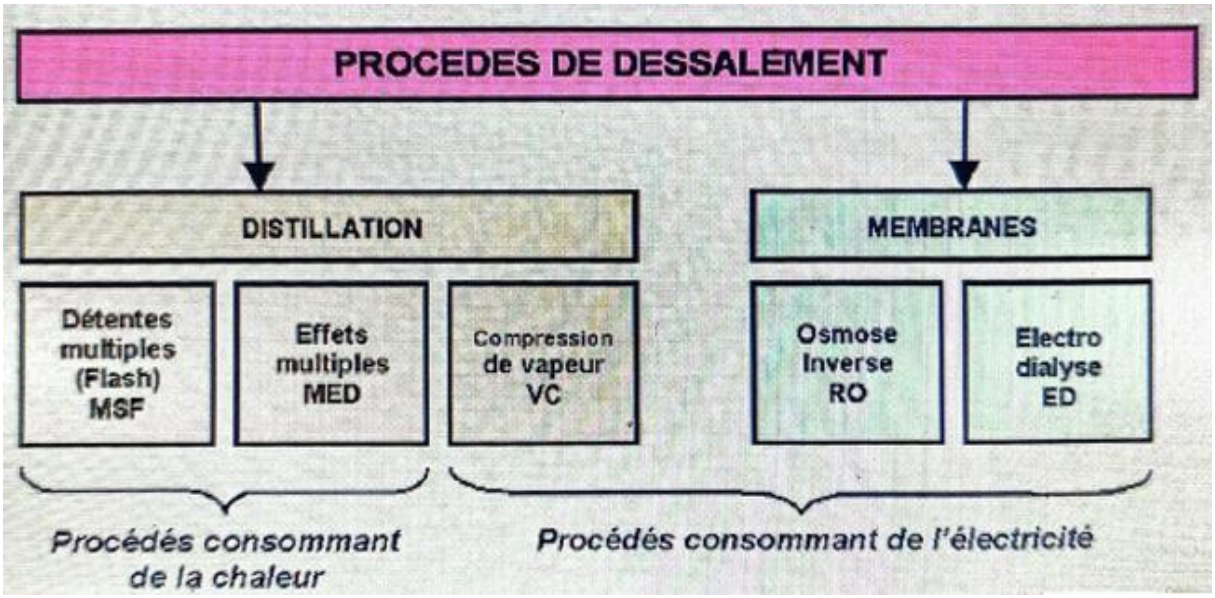


Figure I.1 : Principaux procédés de dessalement (Djaballah, 2025)

On distingue principalement deux grandes catégories de procédés de dessalement :

- Les procédés thermiques, tels que la distillation multi-étages (multi Stage Flash, MSF) et la distillation à effets multiples (Multi-Effet Distillation, MED), qui reposent sur des phénomènes d'évaporation suivis de condensation.

- Les procédés membranaires, notamment l'osmose inverse et l'électrodialyse, qui utilisent des membranes semi-perméables pour séparer les sels de l'eau.

Parmi ces techniques, l'osmose inverse constitue aujourd'hui la technologie dominante, représentant environ 69 % de la capacité mondiale de dessalement (Mellouk, 2025).

Le tableau I.3 représente une comparaison des principales technologies de dessalement.

Tableau I.3: Comparaison des principales technologies de dessalement (Mellouk, 2025)

Technologie	Principe	Rendement	Avantages	Limites
Osmose Inverse (OI)	Pression à travers Membrane semi-perméable	45–60 %	Modulaire, efficace, répandue	Énergie élevée, colmatage, coût des membranes
Distillation MSF	Évaporation multistade	≈30 %	Fiable pour eau très salée	Très énergivore
Distillation MED	Effet multiple de chaleur	≈35 %	Moins énergivore que MSF	Infrastructure complexe
Électrodialyse (ED)	Déplacement ionique	40–60 %	Efficace pour eau saumâtre	Peu adaptée à l'eau de mer
Distillation membranaire	Évaporation via membrane hydrophobe	20–30 %	Compatible avec l'énergie solaire	En développement, faible rendement

6. Impact environnementale du dessalement

Le dessalement de l'eau de mer est une solution importante face à la pénurie d'eau, surtout dans les zones côtières. Toutefois, cette technique a des conséquences environnementales notables qui doivent être contrôlées.

L'un des principaux problèmes concerne les rejets en mer, notamment les saumures très concentrées et les substances chimiques, qui modifient la salinité et perturbent les écosystèmes marins. De plus, les procédés de dessalement consomment beaucoup d'énergie, ce qui augmente indirectement les émissions de gaz à effet de serre (Mellouk, 2025).

Les impacts varient selon le type de rejets :

- **Rejets atmosphériques** : Les procédés thermiques génèrent des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, accompagnées de vapeur chaude et de particules fines. Ces rejets participent à la dégradation de la qualité de l'air et au réchauffement climatique.

- **Rejets chimiques** : L'osmose inverse utilise divers produits (biocides, antiscalants, acides, bases) dont une partie est rejetée en mer, altérant la qualité de l'eau et la vie marine.

- **Saumure concentrée** : Principal déchet du dessalement, elle présente une forte salinité, une température élevée et des résidus chimiques, pouvant entraîner une diminution de l'oxygène et affecter les organismes marins (Mellouk, 2025).

7. Technique d'osmose inverse

L'osmose inverse constitue aujourd'hui la technologie de dessalement la plus largement utilisée à l'échelle mondiale. Il s'agit d'un procédé de séparation membranaire qui consiste à inverser le phénomène naturel d'osmose en appliquant une pression hydrostatique supérieure à la pression osmotique. Sous l'effet de cette pression, l'eau est contrainte de traverser une membrane semi-perméable dans le sens inverse du flux naturel, ce qui permet de retenir les sels dissous, les minéraux ainsi que les contaminants, et d'obtenir une eau purifiée.

Cette technologie est largement utilisée pour le dessalement de l'eau de mer, le traitement des eaux polluées ainsi que dans diverses applications industrielles. Elle se distingue par son efficacité et par une consommation énergétique généralement inférieure à celle des procédés thermiques, tels que la distillation (Otmani, 2025).

7.1. Principe de l'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation physique reposant sur l'application d'une pression hydrostatique à une solution concentrée, afin de forcer le passage de l'eau à travers une membrane semi-perméable, tout en retenant les solutés dissous. Contrairement au phénomène naturel d'osmose, où l'eau se déplace spontanément

d'une solution diluée vers une solution plus concentrée, l'osmose inverse impose un flux d'eau en sens opposé au gradient de concentration (Chenini, 2025).

La figure I.2 montre le principe de l'osmose et de l'osmose inverse appliqué à la désalinisation.

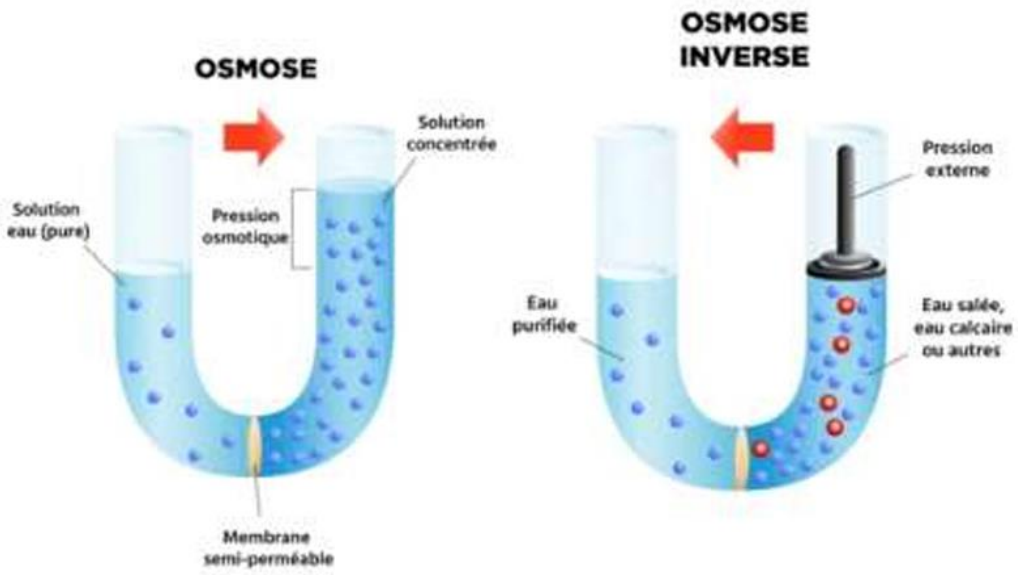


Figure I.2: Principe de l'osmose et de l'osmose inverse appliqué à la désalinisation (Otmani, 2025)

Ce procédé permet d'éliminer efficacement les ions, les sels minéraux, les matières organiques dissoutes, ainsi que les micro-organismes et les particules en suspension. Il en résulte deux flux distincts : une eau traitée, appelée perméat, et une solution concentrée en sels, appelée rejet ou concentrat (Chenini, 2025).

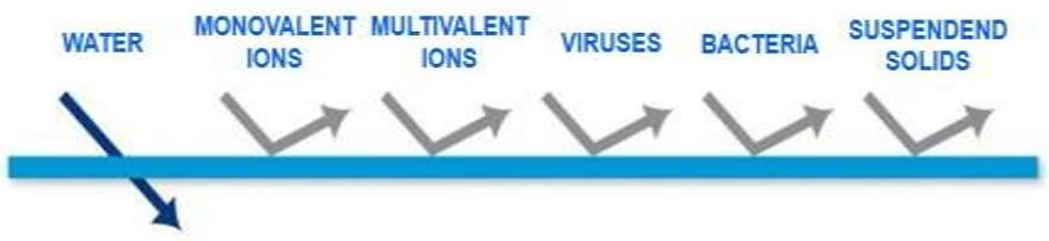


Figure I.3 : Capacité de rétention d'une membrane d'OI selon les contaminants

Les performances de l'osmose inverse dépendent de plusieurs paramètres, notamment la perméabilité de la membrane, la pression appliquée, la température ainsi que la nature des solutés à traiter (Metaiche, 2006).

7.2. Module d'osmose inverse

7.2.1. Modules spiraux

Les modules spiraux comptent parmi les types de modules membranaires les plus utilisés à l'échelle mondiale. Initialement conçus pour des applications de dessalement, ils se sont largement répandus grâce à leur conception compacte et à leur coût relativement faible. Ces avantages ont favorisé leur adoption dans de nombreux secteurs industriels, y compris dans des configurations immergées, notamment dans les industries laitières, des jus et des pulpes (Metaiche, 2006).

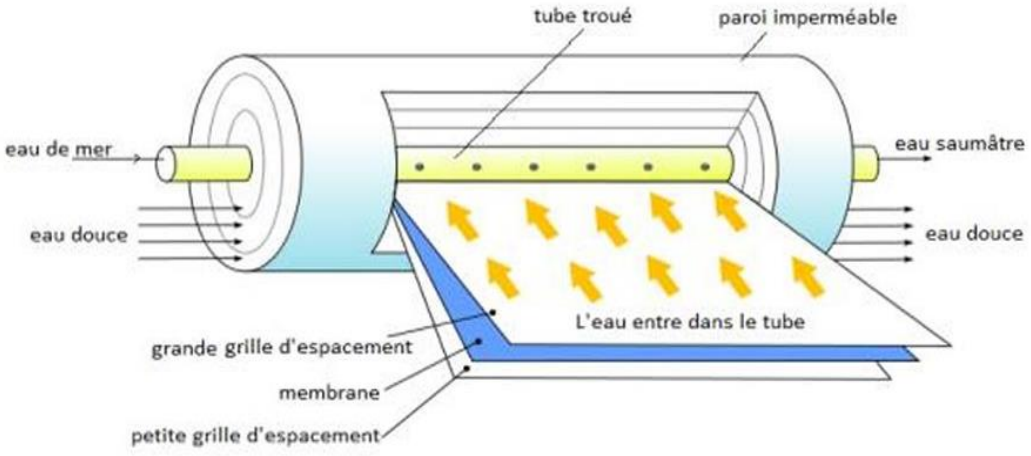


Figure I.4 : Module spirale

7.2.2. Modules tubulaires

Grâce à leur conception simple, les modules tubulaires sont largement utilisés dans les laboratoires pédagogiques, notamment en raison de la facilité qu'ils offrent pour le calcul du nombre de Reynolds et l'établissement théorique des coefficients de transfert de masse.

Ces modules présentent plusieurs avantages, notamment leur capacité à traiter des fluides contenant des solides en suspension et à fonctionner avec des niveaux élevés de colmatage sans perte significative de performance.

Cependant, ils présentent également certaines limites. Ils nécessitent un espace d'installation important et impliquent des opérations de remplacement de membrane relativement complexes et chronophages. De plus, les modules de grand diamètre sont énergivores, ce qui augmente les coûts d'exploitation. Leur coût initial est également élevé, et leur flexibilité reste limitée. Enfin, ils requièrent des opérations de nettoyage périodiques, souvent coûteuses en raison de l'utilisation de produits chimiques (Metaiche, 2006).

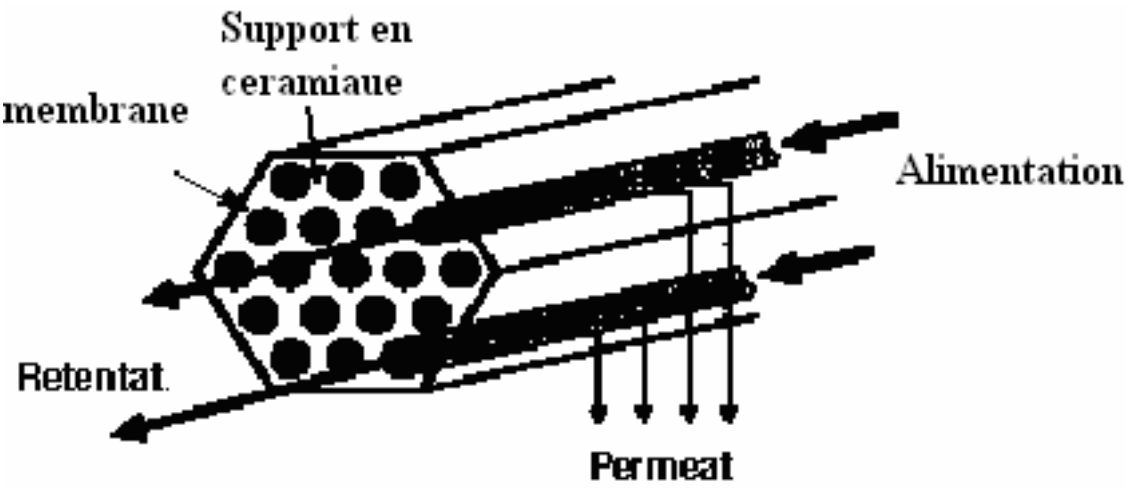


Figure I.5: Module tubulaire

7.2.3. Modules plans et en plaques

Ayant dominé le marché européen pendant près de quinze ans, ces systèmes ont vu leur expansion ralentir en raison d'un manque d'innovation et de coûts élevés. Le système à feuilles plates se distingue par une conception particulièrement robuste, bien que son coût d'investissement reste important. Toutefois, certains systèmes modernes sont capables de fonctionner sous des pressions très élevées, pouvant atteindre jusqu'à 100 bars (Metaiche, 2006).

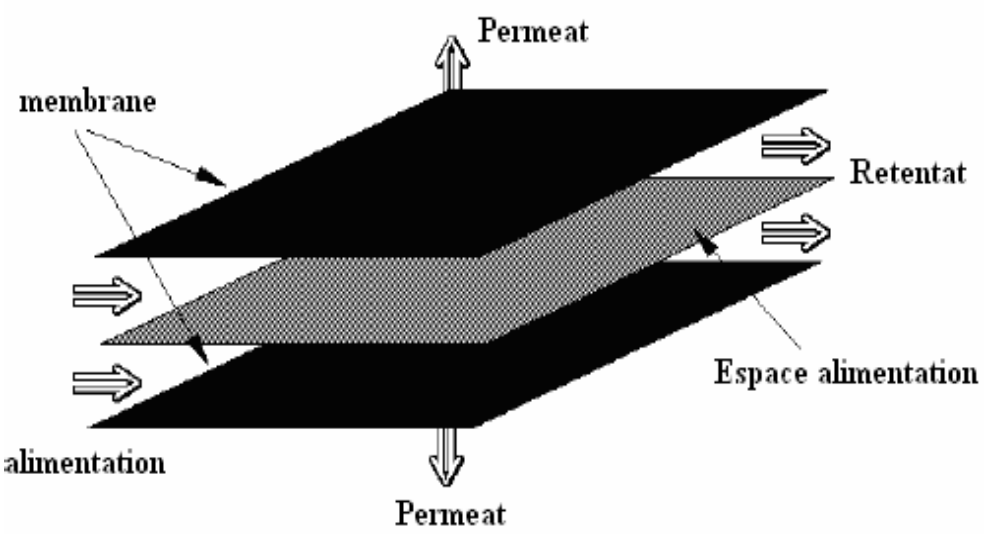


Figure I.6 : Module plan

7.2.4. Modules en fibres

Les modules capillaires présentent des caractéristiques proches de celles des modules tubulaires, mais se distinguent par un diamètre interne inférieur à 2 mm, ce qui justifie leur appellation. Contrairement aux modules de grand diamètre, ces membranes sont généralement dépourvues de support mécanique, ce qui les rend plus fragiles. En raison de ces propriétés, elles sont principalement utilisées dans des procédés tels que l'ultrafiltration (Metaiche, 2006).

7.2.5. Modules en fibres creuses

Les fibres, disposées en forme de U, sont regroupées en faisceaux et assemblées de manière à assurer l'étanchéité aux deux extrémités du module. Le fluide à traiter circule perpendiculairement à l'axe des fibres, tandis que le concentrat est collecté dans une enveloppe entourant le faisceau, permettant son évacuation à l'une des extrémités du module. Le perméat, quant à lui, s'écoule à l'intérieur des fibres avant d'être récupéré dans un collecteur. Ce type de module requiert toutefois un prétraitement approprié afin d'assurer son bon fonctionnement et de limiter les phénomènes de colmatage (Metaiche, 2006).

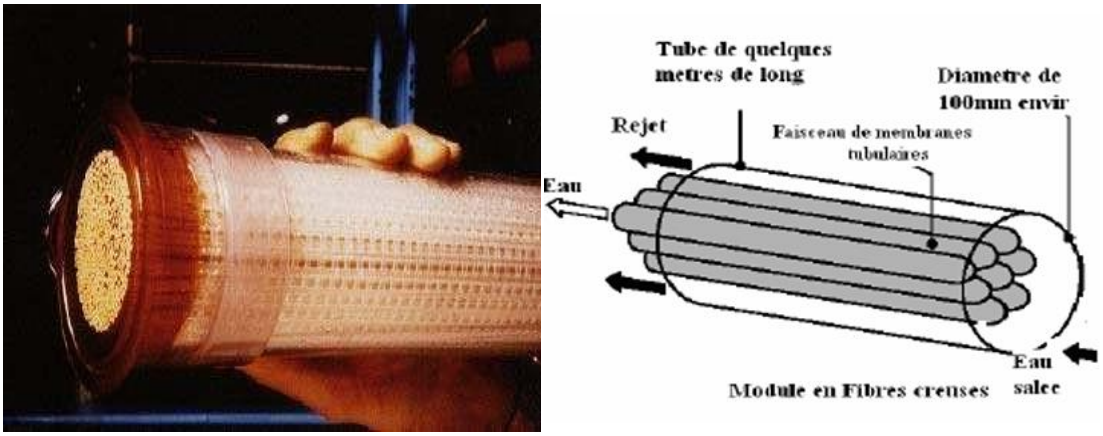


Figure I.7: Module en fibres creuses

En conclusion, dans le domaine du dessalement, les modules spirales et les modules à fibres creuses sont les plus couramment utilisés. Le tableau I.4 présente une comparaison entre ces deux types de modules. (Metaiche, 2006)

Tableau I.4 : Comparaison entre modules spirale et en fibres creuses (Metaiche, 2006)

Type	Modules en Fibres creuses	Modules Spirales
Avantages	moins chères	Résistance au colmatage
Inconvénients	Sensible au colmatage par matières colloïdes	Conversion faible
Fabricant	Tory	Toyobo
Matériau	Polyamides aromatiques	Cellulose triacitates
Morphologie	Membranes asymetriques	Membranes composites

Conclusion

Le dessalement de l'eau de mer constitue une solution essentielle face à la pénurie d'eau, notamment dans les régions arides, reposant principalement sur des procédés thermiques et membranaires dominés par l'osmose inverse. Son développement rapide à l'échelle mondiale, et particulièrement en Algérie, souligne son importance stratégique dans la sécurisation de l'approvisionnement en eau. Toutefois, cette technologie présente des défis majeurs liés à la consommation énergétique, aux coûts élevés et aux impacts environnementaux. Ainsi, son développement durable repose sur l'amélioration des performances, la réduction des impacts et l'innovation technologique, afin d'assurer un équilibre entre efficacité, viabilité économique et protection de l'environnement.

Chapitre II

Présentation de la station de dessalement de Corso

1. Introduction

L'Algérie a engagé plusieurs projets d'envergure visant à renforcer la sécurité hydrique du pays. La station de dessalement d'eau de mer de Corso s'inscrit dans cette dynamique nationale.

Dans ce chapitre, nous présentons une vue générale de la station de dessalement de Corso ainsi qu'une description détaillée de son processus de fonctionnement.

2. Présentation de la station de dessalement de Corso

Face à la crise de l'eau, la station de dessalement de Corso représente la troisième réalisation majeure achevée et mise en exploitation dans le cadre de la politique nationale algérienne visant à garantir la disponibilité des ressources hydriques.



Figure II.1 : Station de dessalement de l'eau de mer CORSO

La station de dessalement d'eau de mer de Corso est située dans la wilaya de Boumerdès, en Algérie. La figure II.2 présente sa localisation géographique.



Figure II.2 : Localisation de la station de dessalement Corso

Le tableau II.1 regroupe les principales caractéristiques de cette station.

Tableau II.1 : Principales caractéristiques de la station de Corso

Capacité	80000 m^3/j
Localisation	Commune de Corso (Wilaya de Boumerdès)
Superficie	6.25 hectares
Technologie utilisée	Osmose inverse
Maître d'ouvrage	Algerian desalination Company (ADC Spa)
Maître d'œuvre	Entreprise Nationale de Génie Civil et des Bâtiment (ENGCB)
Organisme de contrôle	Organisme national de controle technique de la construction Hydraulique (CTH)
Date de mise en service	4 juillet 2023
Nombre de racks	8 racks

3. Entreprises intervenant dans la construction et l'exploitation de la Station

La station de dessalement d'eau de mer de Corso, opérationnelle depuis sa mise en service, est le résultat d'une collaboration tripartite entre plusieurs acteurs majeurs du secteur énergétique et hydraulique.

En premier lieu, Algerian Desalination Company (ADC), a assuré le rôle de maître d'ouvrage et de promoteur du projet. Cette intervention s'inscrit dans le cadre de sa mission visant à développer des projets stratégiques dans les domaines de la production d'électricité, du dessalement de l'eau de mer et des énergies renouvelables.

Par ailleurs, la conception du procédé a été confiée à l'entreprise égyptienne Metito, spécialisée dans les solutions liées à l'eau et à l'environnement. Forte d'une expérience reconnue dans le domaine des installations d'osmose inverse, notamment pour l'eau de mer, cette entreprise a déjà participé à plusieurs projets similaires en Algérie.

Enfin, la réalisation et la mise en œuvre de la station ont été assurées conjointement par ADC et la Entreprise Nationale de Génie Civil et du Bâtiment (GCB), filiale de SONATRACH. Cette dernière, reconnue pour son expertise dans le génie civil, la construction mécanique et la maintenance industrielle, a contribué de manière significative à la concrétisation du projet.

De plus, GCB est responsable de l'exploitation et du fonctionnement de la station, assurant ainsi la gestion opérationnelle, la maintenance des équipements et la continuité de la production d'eau dessalée dans des conditions optimales.



Figure II.3 : Logo des entreprises GCB, ADC et Metito respectivement

4. Organigramme de la station

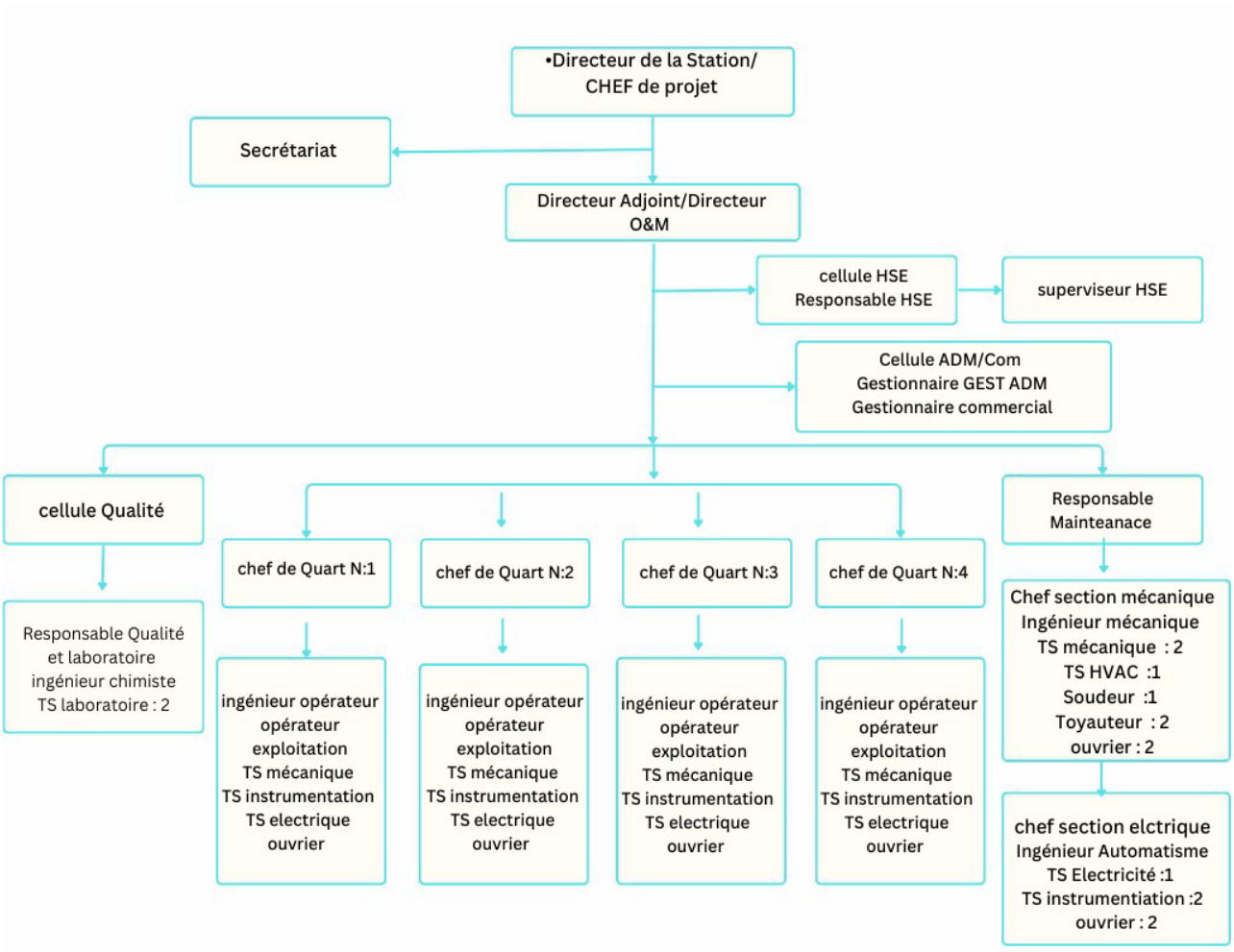


Figure II.4 : Organigramme de la station

5. description de processus Présentation de La station de la station dessalement de Corso

Le processus du dessalement d'eau de mer dans la station de Corso comporte cinq étapes principales :

➢ La captation de l'eau de mer.

➢ Le prétraitement.

➢ L'osmose inverse.

➢ Le post-traitement.

➢L'expédition de l'eau potable.

La figure II.1 représente le processus de la station dessalement de l'eau de mer de corso.

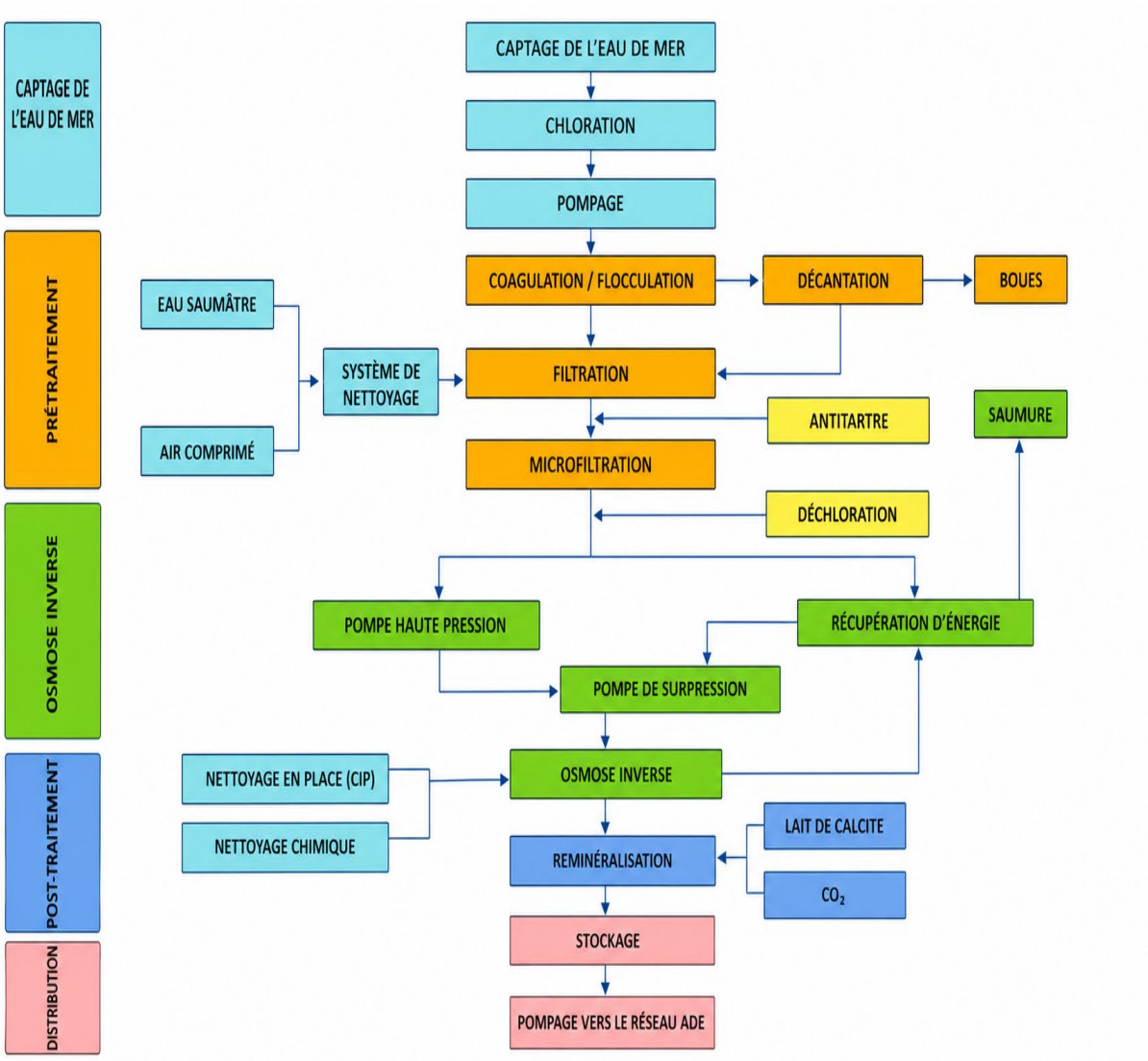


Figure II.5 : processus de la station dessalement de l'eau de mer de Corso

5.1. Prise d'eau de mer et station de pompage

5.1.1. Tour de captage

Afin d'assurer un bon captage de l'eau de mer, deux tours circulaires en béton de diamètre extérieur de 3,4 m sont conçues au niveau du bathymétrie -14,6 m. Chaque tour contient six (06) fenêtres d'admission (1,38x1,5 m) situées à 2.3 m du fond marin équipées par des grilles amovibles avec un espacement de 10*10 cm et d'épaisseur de barreau de 1cm. Un trou d'homme de diamètre 2m situé au couvercle de la tour pour permettre l'inspection (GCB, 2022).



Figure II.6 : Tour de captage de SDEM Corso

5.1.2. Conduite d'admission

Afin de véhiculer le débit nécessaire pour la production de 80000m^3/j, deux conduites en PEHD de diamètre 1400mm, SR26 et de longueur unitaire 875m (800m offshore et 75m on shore) ont été posées. Chaque conduite peut véhiculer la totalité du débit qui est de 8186m^3/h.

Une dose de l'hypochlorite a été injectée pour la désinfection de l'eau en cas de fort développement bactériologique dans l'eau brute (GCB, 2022).

5.1.3. Bâche d'admission

La bâche d'admission est conçue en béton. Il a une forme rectangulaire au début puis il prend la forma trapézoïdale au niveau de l'aspiration des pompes (GCB, 2022).

5.1.4. Système de dégrillage

Un système de dégrillage grossier de prise d'eau de mer est fourni pour filtrer les grosses particules indésirables (poissons etc..) provenant de la mer, suivi d'un système de dégrillage fin (tamiseur). La bâche est divisée en trois couloirs qui comporte chacun ces deux types de dégrilleurs. Leurs caractéristiques représentées dans Le tableau II.2 (GCB, 2022).

Tableau II.2 : Caractéristiques des dégrilleurs et tamiseurs

Système	Dégrillage	Tamisage
Quantité	3	3
Largeur (m)	2	2
Débit (m^3/h)	3910	3910
Barreau/maille (dim) (mm)	Tige verticale rectangulaire 5x50	3x3
Espacement (mm)	25	0,8
Matériau	Piece immergées super duplex	Piece immergées
Hauteur des barreaux(m)	12,5	12,5
Nettoyage	Avec râteau	Automatique



Figure II.7 : Dégrilleur et tamiseur de SDEM Corso

5.1.5. Bâche d'eau de mer et pompes d'alimentation d'eau de mer

La station de pompage d'eau de mer se compose principalement d'un réservoir d'eau de mer en béton armé et d'une station de pompage souterraine avec toit couvert. La capacité nominale totale de la station de pompage de l'eau de mer est 7810 m^3/h (GCB, 2022).

La station de pompage a été dimensionnée pour l'installation de neuf pompes à eau de mer (8 en service et 1 de secours). Deux collecteurs de refoulement en GRP DN 700 PN 10 appropriés sont prévus. Leurs caractéristiques représentées dans Le tableau II.3.

Tableau II.3 : Caractéristiques de station de pompage d'eau mer

Quantité	09 (8 en service et 1 de secours)
Débit (m^3/h)	958,7-1042
HMT (m)	3-31
Moteur	3P-400V-50Hz-132Kw
Variateur de vitesse	Oui

5.2. Coagulation, floculation et décantation

5.2.1. Bâche de coagulation

La station comporte quatre bâches de coagulation de volume unitaire 31,94 m^3 qui assurent un temps de séjour très court autour d'une minute et une agitation rapide. Chaque bâche est équipée d'agitateur mécanique de puissance 11 KW. Un coagulant (Chlorure ferrique) qui neutralise les charges des particules est injecté afin d'assurer la déstabilisation des particules. L'eau est ensuite véhiculée vers la zone de floculation. (GCB, 2022)

5.2.2. Bâche de floculation

Après la coagulation, l'eau passe dans huit bâches de floculation de volume unitaire de 320 m^3 avec un temps de séjour de 20 minutes. Un floculant (un polymère) est injecté qui joue le rôle d'une colle entre les particules et augmente leur masse afin d'aider leur séparation dans les décanteurs lamellaires. Chaque bâche comporte un agitateur lent a faible vitesse de puissance 1.5 KW (GCB, 2022).

5.2.3. Décanteur lamellaire

La station comporte huit décanteurs lamellaires afin de séparer les particules en suspension que contient l'eau brute et assurer une bonne qualité d'eau traitable sur

les filtres à sables. En cas où l'eau brut est de bonne qualité, les MES sont inférieures à 30ppm, ces décanteurs seront bypassés. L'eau passe directement à la bâche d'eau clarifiée.. La zone de clarification est capable de traiter un débit de 7810 m3/h avec un rendement de 90% pour une MES qui peut atteindre les 200ppm. Dans ces décanteurs les particules seront séparées par gravité et évacuées en bas du décanteur et l'eau claire passe en haut à travers des déversoirs pour alimenter la bâche d'eau clarifiée. (GCB, 2022)

Chaque décanteur lamellaire possède un racleur à chaîne et une pompe à vis qui évacuent la boue vers la chaîne de traitement, assurant un fonctionnement efficace et continu. Le II.4 suivant présent une description du procède de coagulation-floculation-décantation.

Tableau II.4 : Description du procède de coagulation-floculation-décantation

Bassin	Coagulation	Floculation	Décantation
Nombre	04	08	08
Volume unitaire (m^3)	31,94	320	1000
Débit (m^3/h)	7762,90	7792,90	7810
Longueur (m)	2,5	10	22
Largeur (m)	3,54	10,11	10
Temps de séjour (minute)	1	20	/
Produit chimique	Chlorure ferrique	Polymère	/
Inclinaison des lamelles	/	/	60 dégrée
Profondeur des lamelles (m)	/	/	0,8
Dosage maximal (mg/l)	10	0,5	/
Dosage minimal (mg/l)	2	0,1	/

5.2.4. Bâche d'eau clarifiée et pompes intermédiaires

L'eau clarifiée qui provient des décanteurs lamellaires est stockée dans une bâche en béton de capacité 800 m^3. Cette bâche tampon servira pour alimenter les lignes de

production à travers 08 pompes intermédiaires d'alimentation des filtres à sable. Deux collecteurs reçoivent chacun le refoulement de 04 pompes. Leurs caractéristiques sont représentées par le tableau II.5.

Tableau II.5 : Caractéristiques de station de pompage intermédiaire

Quantité	09 (8 en service et 1 de secours)
Débit (m^3/h)	953
HMT (m)	50
Moteur	3P-400V-50Hz-200Kw
Variateur de vitesse	Oui

5.3. Système des filtres à sable

La station est équipée d'un système de filtration à deux lignes, destiné à fournir aux membranes d'osmose inverse une eau de mer conforme aux spécifications du fabricant, notamment avec un SDI inférieur à 3. (GCB, 2022)

Le système de filtration fonctionne en ligne directe avec l'unité OI, ce qui garantit que la pression résiduelle est suffisante pour alimenter l'aspiration des pompes haute pression. Le débit constant vers l'osmose inverse est assuré par le contrôle du débit du système de filtration, via la modulation de la vitesse des pompes intermédiaires, dans une boucle de régulation qui maintient la pression d'alimentation stable (GCB, 2022).

La station dispose de 16 filtres à sable horizontaux sous pression (8 par ligne), qui travaillent à une vitesse nominale de 8,34 $m^3/m^2/h$ (477 m^3/h) et de 9,5 $m^3/m^2/h$ (545 m^3/h), en cas de lavage d'un filtre. Chaque filtre a une surface de filtration de 57,2 m^2, un diamètre de 3,80 m et une longueur de la partie rectiligne de 15m. (GCB, 2022)

Chaque filtre constitué de trois matériaux de haut vers le bas :

- Gravier (granulométrie 2–3 mm, hauteur 200 mm),
- Sable (granulométrie 0,4–0,8 mm, hauteur 400 mm),

•Filltralite (granulométrie 0,8–1,6 mm, hauteur 600 mm).



Figure II.8 : Filtres à sable de SDEM Corso

Chaque filtre fonctionne 48 h avant lavage à contre-courant (2002 m³/h) à l'air et à la saumure, suivi d'un rinçage à l'eau épurés. Les collecteurs perforés et les buses assurent une répartition homogène de l'eau et de l'air de lavage.

L'eau de lavage à contre-courant est prélevée sur les rejets OI et dirigée vers la bâche de saumure pour nettoyer le lit filtrant. Le cycle de lavage à contre-courant des filtres est illustré dans le tableau suivant.

5.4. Filtres à cartouches

Pour empêcher la pénétration de particules fines et de sable vers les membranes d'osmose inverse, un système de filtres à cartouches est installé après les filtres à sable, constituant la dernière étape du prétraitement. Ces filtres servent de protection de sécurité pour les membranes OI.

Les cartouches filtrantes ont un seuil absolu de 5 µm, sont fabriquées en polypropylène (enroulées à motif losange ou thermo soudées) et logées dans un récipient sous pression en PRV avec couvercle amovible. La vitesse de passage de l'eau de mer sur la surface filtrante ne dépasse pas 10 m/h. Chaque filtre mesure 70 pouces de long et peut traiter 950 m³/h à une pression de fonctionnement de 6 bars.

Le système comprend 09 filtres (8 en service et 1 de réserve), répartis sur deux lignes de production (quatre filtres par ligne). L'eau filtrée est acheminée vers les pompes haute pression et le système de récupération d'énergie. (GCB, 2022)



Figure II.9 : Filtres à cartouches de SDEM Corso

5.5. Système d'osmose inverse

Après le prétraitement, l'eau d'alimentation, filtrée et déchlorée, est dirigée vers l'unité d'osmose inverse d'eau de mer afin de produire une eau faiblement minéralisée, avec une salinité comprise entre 57 et 178 mg/L. La pression de l'eau d'alimentation, issue des filtres à cartouches, est augmentée par une pompe haute pression pour atteindre les conditions de fonctionnement requises par les membranes.

Le flux d'alimentation est ensuite séparé en deux courants : le perméat (eau produite, 45 % du débit) et la saumure (rejet, 55 % du débit). L'unité SWRO se compose de pompes haute pression, de tubes de pression contenant les membranes, d'un dispositif de récupération d'énergie et d'une pompe booster, garantissant une efficacité maximale et une consommation énergétique optimisée. (GCB, 2022)

Le métabisulfite de sodium (SMBS) est ajouté à l'eau d'alimentation de l'osmose inverse afin d'éliminer le chlore libre résiduel (déchloration), préalablement injecté pour la désinfection en amont des filtres. Cette étape est essentielle pour protéger les membranes d'osmose inverse, qui sont sensibles à l'oxydation par le chlore.

L'antitartre est ajouté à l'eau d'alimentation des racks d'osmose inverse pour empêcher l'entartrage des membranes causé par la précipitation de sels peu solubles, notamment le carbonate et le sulfate de calcium (GCB, 2022).

5.5.1. Pompes haute pression

Les pompes hautes pression pressurisent l'eau d'alimentation à environ 68 bars afin de l'acheminer vers les membranes d'osmose inverse. Le système comprend huit pompes en service, réparties sur deux lignes de production (quatre par ligne), et une pompe de réserve non installée. (GCB, 2022)

Leurs caractéristiques sont représentées par le tableau II.6.

Tableau II.6 : Caractéristiques des pompes HP

Quantité	09 (8 en service et 1 de secours)
Débit (m^3/h)	434
HMT (m)	528.8 - 708.3
Moteur	3P-5500V-50Hz-1250Kw
Variateur de vitesse	Oui



Figure II.10 : Pompe HP de SDEM Corso

5.5.2. Pompes booster

Les pompes booster assurent la pressurisation de l'eau provenant de l'échangeur de pression afin d'atteindre la pression requise pour alimenter les membranes d'osmose inverse. Le système comprend huit pompes de surpression, réparties sur

deux lignes de production (quatre pompes par ligne), ainsi qu'une pompe de réserve non installée. (GCB, 2022)

Leurs caractéristiques sont représentées par le tableau II.

Tableau II.7 : Caractéristiques des pompes booster

Quantité	09 (8 en service et 1 de secours)
Débit (m^3/h)	520
HMT (m)	20 - 40
Moteur	3P-400V-50Hz-90Kw
Variateur de vitesse	Oui



Figure II.11 : Pompe booster de SDEM Corso

5.5.3. Modules de rack RO

L'eau d'alimentation pressurisée, issue des pompes haute pression et des pompes booster, est introduite dans les tubes de pression des modules RO. Environ 45 ± 2 % de l'eau traverse les membranes pour produire de l'eau douce (perméat), tandis que le reste est évacué sous forme de saumure.

La station est équipée de huit racks SWRO conformément aux spécifications contractuelles. Chaque rack contient 127 tubes, chaque tube comportant sept membranes, soit un total de 7112 membranes pour l'ensemble des huit racks. Les

membranes utilisées sont de type LG SW 400 GR G2 de LG-Chem, avec un flux transmembranaire moyen de 13 l/m²/h.

Les modules sont installés de manière à garantir une distribution uniforme du flux d'alimentation sur toutes les membranes. La perte de charge à travers les membranes est comprise entre 1,5 et 2 bars. Grâce au système de récupération d'énergie. L'énergie contenue dans le concentrat est transférée à une partie de l'eau d'alimentation, réduisant ainsi la consommation énergétique. Le perméat produit est collecté dans le réservoir de rinçage pour les étapes ultérieures du traitement. (GCB, 2022)



Figure II.12 : Racks RO de SDEM Corso

5.5.4. Dispositif de récupération d'énergie

Le système d'échangeurs de pression transfère directement l'énergie du flux de saumure haute pression vers l'eau d'alimentation des membranes RO, avec une efficacité comprise entre 95 et 97 %. Ces appareils fonctionnent sur le principe du cylindre rotatif, permettant d'augmenter la pression de l'eau brute proche de celle de la saumure avant toute compensation par la pompe haute pression.

L'utilisation des échangeurs de pression présente plusieurs avantages : plus de 90 % de l'énergie de la saumure est récupérée pour un travail utile, la taille des pompes haute pression est réduite, et la consommation énergétique globale diminue par rapport aux autres systèmes de récupération d'énergie, qui récupèrent généralement moins de 70 %.

En pratique, une petite fuite entre le flux de saumure et le flux d'eau brute entraîne une légère augmentation de la salinité de l'eau brute. Les échangeurs de pression isobariques utilisés permettent ainsi d'optimiser l'efficacité énergétique du procédé d'osmose inverse.

L'énergie du flux de saumure est transférée par déplacement positif vers l'eau d'alimentation par contact direct momentané. Chaque rack RO est équipé de neuf unités PX en service, chaque unité ayant une capacité de 52,5 m³/h. (GCB, 2022)



Figure II.13: Dispositif de récupération d'énergie de SDEM Corso

5.6. Post-traitement

Le système de reminéralisation vise à ajuster l'indice de saturation de Langelier (LSI) du perméat produit par l'osmose inverse, afin d'obtenir une eau neutre, ni corrosive ni entartrante. Ce processus consiste à ajuster la dureté et l'alcalinité de l'eau en dissolvant de la calcite ($CaCO_3$).

Le LSI est calculé comme suit :

$LSI = pH_{eau} - PH_S$

Où PH_S dépend de la TDS, des ions Ca^{2+}, de l'alcalinité et de la température.

La calcite, peu soluble, doit être transformée en bicarbonate de calcium pour être efficace dans l'eau. La méthode adoptée dans l'usine est l'injection de CO_2

$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$

Après cette étape, une dose de soude caustique est ajoutée pour neutraliser le CO_2 résiduel et ajuster le pH. Dans le procédé utilisé, le perméat est divisé en deux flux : 50 % est dirigé vers les cellules de calcite pour la dissolution du carbonate de calcium, tandis que l'autre moitié est envoyée vers le réservoir de mélange.

Le CO_2 est injecté via un diffuseur dans le flux moteur, proportionnel au débit de perméat et à la dureté cible. Après le passage à travers le lit de calcite, l'eau reminéralisée est mélangée avec l'autre flux de perméat pour obtenir le débit final. Enfin, la soude caustique ajuste le LSI et élimine le CO_2 résiduel avant que l'eau ne soit dirigée vers les réservoirs de stockage. (GCB, 2022)

5.7. Système de mélange

Le réservoir, construit en béton, a une capacité de 180 m³. Le pH de l'eau produite est ajusté par un dosage de soude caustique dans le réservoir de mélange. La désinfection, quant à elle, est assurée par l'ajout d'hypochlorite (GCB, 2022).

5.8. Station de pompage d'eau produite

La station de pompage d'eau produite est constituée principalement d'un réservoir d'eau produite et d'une station de pompage en béton armé. Le réservoir reçoit l'eau finale du traitement via deux conduites de DN 700 PN 10 provenant du réservoir de mélange, assurant un approvisionnement continu pour la distribution ou le stockage ultérieur (GCB, 2022).

5.8.1. Réservoir d'eau produite

Deux réservoirs en béton armé sont prévus pour le stockage de l'eau traitée finale avant sa distribution. Ces réservoirs rectangulaires et couverts ont une capacité totale de 15 000 m³ (GCB, 2022).

5.8.2. Pompes d'eau produite

La station de pompage d'eau produite est équipée de 05 pompes, dont quatre en fonctionnement et une de réserve. Ces pompes permettent d'acheminer l'eau traitée vers le réseau de distribution. Leurs caractéristiques sont représentées par le tableau II.8.

Tableau II.8 : Caractéristiques des pompes d'eau produite

Quantité	05 (4 en service et 1 de secours)
Débit (m^3/h)	835
HMT (m)	85 - 145
Moteur	3P-5500V-50Hz-450Kw

5.9. Système SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Le SCADA est un système centralisé de supervision et de commande largement utilisé dans les usines de dessalement pour gérer et suivre l'ensemble du processus de production. Il assure la collecte en temps réel des données provenant des capteurs et des équipements (comme la pression, le débit ou le niveau), les traite et les présente sur des interfaces graphiques simples et compréhensibles. Ce système permet également de piloter à distance les installations (pompes, vannes, filtres), d'automatiser leur fonctionnement et de détecter rapidement les anomalies, garantissant ainsi la sécurité et l'efficacité de l'exploitation.

La salle de contrôle liée au SCADA repose sur plusieurs composants essentiels :

- L'Interface Homme-Machine (IHM), qui offre une visualisation claire des paramètres du procédé et aide les opérateurs à prendre des décisions.
- Le serveur SCADA, chargé de centraliser, traiter, stocker et diffuser les informations entre le terrain et la salle de contrôle.
- Les automates programmables (PLC), qui exécutent les ordres et assurent le contrôle direct des équipements industriels.
- Les unités terminales distantes (RTU), qui collectent les données sur le terrain, les convertissent en signaux numériques et les transmettent au système pour une supervision à distance.

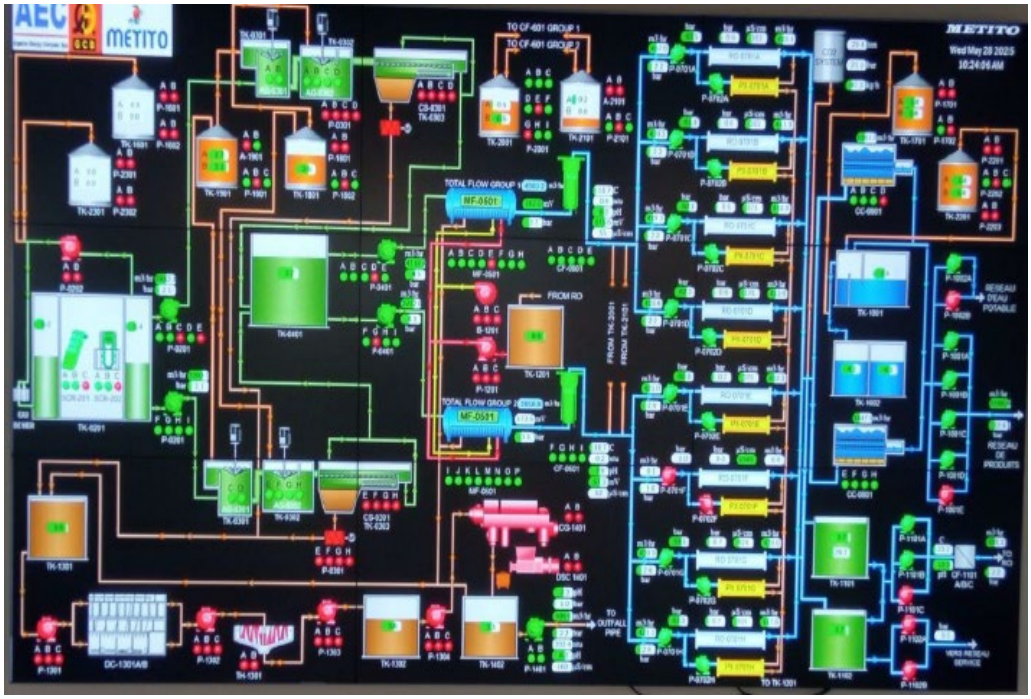


Figure II.14 : Ecran de la salle de contrôle de SDEM Corso

Conclusion

La station de dessalement de Corso constitue une infrastructure stratégique pour le renforcement de la sécurité hydrique en Algérie, avec une capacité de production de 80 000 m³/jour. Réalisée grâce à la collaboration de plusieurs acteurs majeurs, notamment ADC, Metito et GCB, elle est exploitée et maintenue par cette dernière afin d'assurer un fonctionnement optimal de l'installation.

À travers ce chapitre, nous avons présenté la station ainsi que les différentes étapes de son procédé de dessalement, depuis la captation de l'eau de mer jusqu'au post-traitement et à la distribution de l'eau potable. Cette étude a permis de mettre en évidence les principaux équipements, les procédés physico-chimiques mis en œuvre et les systèmes de contrôle assurant la performance, la fiabilité et la continuité de production de la station.

Chapitre III

Matériel et méthodes

1. Introduction

Ce chapitre présente le matériel et les méthodes adoptés dans le cadre de cette étude réalisée au niveau de la station de dessalement de Corso. Il décrit le plan d'échantillonnage, les techniques de prélèvement ainsi que les différentes méthodes d'analyse physico-chimique utilisées pour évaluer la qualité de l'eau aux différentes étapes du procédé de dessalement.

2. Plan d'échantillonnage appliqué au cours du processus de dessalement

Afin d'assurer le suivi de l'évolution de la qualité de l'eau tout au long du procédé de dessalement au niveau de la station de Corso (Boumerdès), nous avons mis en place un plan d'échantillonnage. Celui-ci repose sur la réalisation de prélèvements à des étapes clés du processus, comme illustré dans le schéma présenté par la figure III.1.

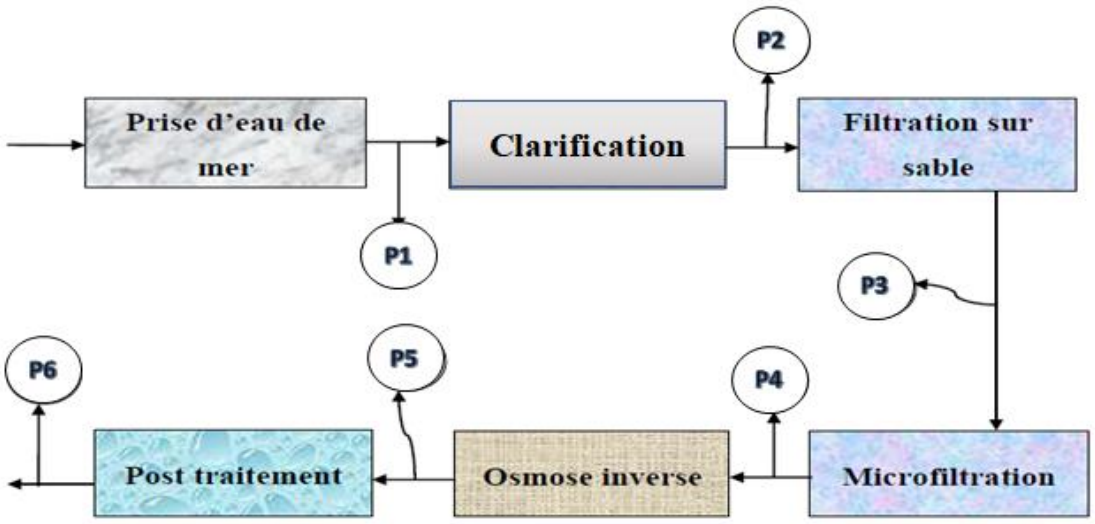


Figure III.1: Schéma d'échantillonnage aux différentes étapes du procédé de dessalement par osmose inverse à la station de Corso

Ces points de prélèvement permettent d'évaluer les performances de chaque unité de traitement, de mettre en évidence le rôle des différentes étapes dans la chaîne de dessalement, de détecter d'éventuelles anomalies de fonctionnement, ainsi que de vérifier la conformité de l'eau aux normes de qualité en vigueur.

Les points d'échantillonnage sont définis comme suit :

Point 01 : À la sortie de la prise d'eau de mer, afin de caractériser l'eau brute.

Point 02 : Après la phase de décantation, pour apprécier l'efficacité de l'élimination des matières en suspension.

Point 03 : Après la filtration sur sable, afin d'évaluer la qualité de l'eau la filtration.

Point 04 : Après la microfiltration, pour contrôler l'élimination des particules fines.

Point 05 : À la sortie de l'osmose inverse, afin de mesurer l'efficacité du processus de déminéralisation.

Point 06 : Après le post-traitement, pour vérifier la qualité finale de l'eau par apport les normes algérienne de potabilisation avant sa distribution.

3. Procédure de prélèvement des échantillons d'eau

Au niveau des sites d'étude, nous avons procédé au prélèvement des échantillons en ouvrant la vanne de sortie d'eau des points des échantillonnages et en laissant s'écouler le flux pendant quelques minutes afin de purger la conduite. L'eau est ensuite recueillie directement dans des flacons en verre préalablement étiquetés selon le point de prélèvement. Les échantillons ainsi collectés sont immédiatement transférés vers le laboratoire de la station, où ils font l'objet d'analyses physico-chimiques.

4. Analyses physicochimiques

4.1. Mesure de Potentiel hydrogène (pH)

Nous avons mesuré le pH à l'aide d'un pH-mètre de la marque WTW Inolab 7010. Après mise en marche de l'appareil, l'échantillon a été légèrement agité puis un volume de 100 ml a été versé dans un bécher propre. La sonde a été rincée à l'eau ultrapure puis à l'eau de l'échantillon avant d'être immergée. Une légère agitation a permis d'éliminer les bulles d'air et d'assurer la stabilisation de la mesure. La valeur du pH a été enregistrée après stabilisation de la lecture.



Figure III.2 : pH-mètre

4.2. Mesure de la conductivité électrique et température

Nous avons mesuré la conductivité électrique et la température à l'aide d'un conductimètre de la marque WTW Inolab Cond 7010. Après mise en marche de l'appareil. Un volume d'environ 100 ml de l'échantillon a été versé dans un bécher propre, puis la sonde a été immergée avec une légère agitation afin d'assurer une bonne homogénéisation et d'éliminer les bulles d'air. Les valeurs de la conductivité, exprimée en mS/cm ou bien en µS/cm, et de la température, exprimée en °C, ont été relevées après stabilisation de la lecture. Enfin, la sonde a été rincée et l'appareil éteint.



Figure III.3 : Conductimètre

4.3. Mesure de TDS

La concentration des solides dissous totaux (TDS) est estimée à partir de la conductivité électrique, en utilisant une relation de proportionnalité entre la

conductivité (µS/cm) et la concentration ionique (ppm). Cette relation s'exprime par : TDS = Conductivité × K, où K est un coefficient dépendant de la nature de l'eau. Ainsi, K est égal à 0,5 pour l'eau produite, 0,61 pour l'eau de mer et 0,7 pour la saumure. (GCB, 2022)

4.4. Mesure de la turbidité

Nous avons mesuré la turbidité de l'échantillon à l'aide d'un turbidimètre de la marque Lovibond TB 300 IR, basé sur la diffusion de la lumière par les particules en suspension dans l'eau. L'analyse a été réalisée à l'aide de cuves en verre propres et sèches, remplies avec l'eau à analyser en évitant la formation de bulles d'air. La valeur de la turbidité a été relevée après stabilisation et exprimée en NTU (Nephelometric Turbidity Unit).



Figure III.4 : Turbidimètre

4.5. Mesure de l'alcalinité TA+TAC

L'alcalinité d'une eau représente sa capacité à neutraliser les acides. Elle est principalement due à la présence des ions bicarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-).

Nous avons déterminé l'alcalinité par titrage acido-basique à l'aide d'une solution acide sulfurique 0,02 N, en utilisant des indicateurs colorés spécifiques :

• La phénolphtaléine pour la détermination du titre alcalimétrique (TA), correspondant à un pH d'environ 8,2

• L'hélianthine (méthylorange) pour la détermination du titre alcalimétrique complet (TAC), correspondant à un pH d'environ 4,3.

La méthode consiste à titrer l'échantillon jusqu'au changement de couleur de chaque indicateur.

Les résultats sont exprimés en mg/L de $CaCO_3$ selon les relations suivantes :

TA (mg/L $CaCO_3$) = $V_1 \times 20$

TAC (mg/L $CaCO_3$) = $V_2 \times 20$

où :

• V_1 est le volume en ml d'acide utilisé jusqu'au virage de la phénolphtaléine (rose à incolore)

• V_2 est le volume total en ml d'acide utilisé jusqu'au virage de l'hélianthine (jaune-orangé à rose)

Dans le cas où le pH de l'eau est inférieur à 8,2, le TA est considéré comme nul

(TA = 0)

4.6. Mesure de la Dureté totale TH_T

La dureté totale, également appelée titre hydrotimétrique TH_T, correspond à la concentration globale des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) présents dans l'eau. Elle est généralement exprimée en mg/L de $CaCO_3$.
Nous avons déterminé la dureté totale par titrage complexométrique à l'EDTA 0,001 N, en présence d'un indicateur coloré, le Noir Ériochrome T.
Le principe de la méthode repose sur la complexation des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} par l'EDTA. À l'équivalence, tous les ions sont complexés, ce qui entraîne un changement de couleur de l'indicateur, passant du rouge vineux au bleu.
La dureté est ensuite calculée selon la relation suivante :

$$TH\ (mg/L\ CaCO_3) = V \times 20$$

Où V représente le volume en ml d'EDTA utilisé lors du titrage.

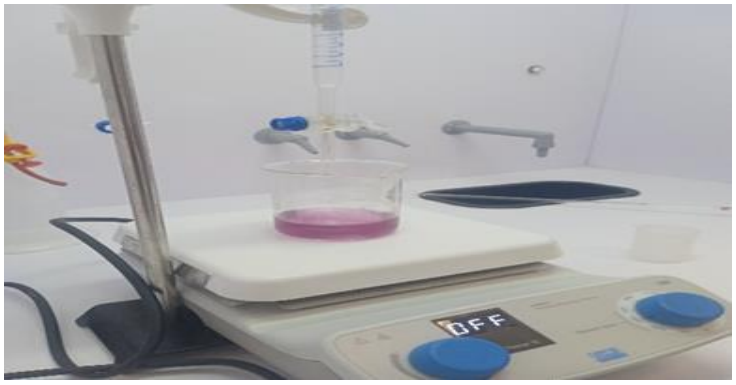


Figure III.5 : Titrage par la solution d'EDTA et le rose au bleu

4.7. Mesure de chlore libre

La concentration en chlore dans l'eau peut être exprimée sous forme de chlore libre, combiné et total. Le chlore libre étant le paramètre le plus couramment analysé. Nous avons réalisé la détermination du chlore libre par la méthode au diéthyl-p-phénylènediamine (DPD), basée sur la formation d'une coloration rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en chlore libre. L'analyse a été effectuée à l'aide d'un colorimètre de la marque Hack dr 300. Un volume de 10 mL d'échantillon a été introduit dans une cuve propre pour l'étalonnage à zéro, puis un second volume de 10 mL a été placé dans une autre cuve à laquelle une pastille de DPD a été ajoutée. Après dissolution du réactif, la cuve a été introduite dans l'appareil et la lecture a été réalisée immédiatement. La concentration en chlore libre a été exprimée en mg/L.



Figure IV.6 : Colorimètre

4.8. Mesure des cations et des anions

Nous avons déterminé les cations et les anions à l'aide d'un spectrophotomètre de la marque Hach DR 3900. Un volume de 10 mL de l'échantillon a été prélevé puis dilué à 100 mL avec de l'eau distillée. Le réactif spécifique a ensuite été ajouté, suivi de la mise à zéro de l'appareil à l'aide d'un blanc. Après respect du temps de réaction à l'aide d'un chronomètre, la lecture a été effectuée afin de déterminer la concentration des ions majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, $SO4^{-2}$, HCO_3^{-}, cl^{-}).



Figure III.7 : Spectrophotomètre

4.9. Indice de saturation de Langelier (LSI)

Nous avons calculé l'indice de saturation de Langelier (LSI) afin d'évaluer la tendance de l'eau à être entartrante ou corrosive. Il permet d'apprécier la stabilité chimique de l'eau vis-à-vis du carbonate de calcium ($CaCO_3$), (GCB, 2022)

Il est défini par la relation suivante :

$LSI = pH_{eau} - pH_S$

Le pHs est déterminé selon l'expression :

$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D)$

Où :

• A : effet des solides dissous totaux (TDS)

• B : effet de la température

• C : effet de la dureté calcique (Ca^{2+})

• D : effet de l'alcalinité (TAC)

L'interprétation de l'indice est la suivante :

❖ LSI > 0 : eau entartrante, favorisant la précipitation du $CaCO_3$.

- LSI = 0 : eau à l'équilibre (stabilité chimique.
- LSI < 0 : eau corrosive.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les équipements et les méthodes expérimentales utilisés pour le suivi de la qualité de l'eau. Les protocoles adoptés, conformes aux normes en vigueur, garantissent la fiabilité des résultats obtenus et constituent une base essentielle pour l'analyse et l'interprétation des résultats dans la suite de l'étude.

Chapitre IV

Résultats et discussions

1. Introduction

Dans ce chapitre, une étude des principaux paramètres physicochimiques a été réalisée au niveau des différentes étapes du procédé de dessalement de la station de Corso. L'évolution de la turbidité, de la température, du pH, de la conductivité, des solides dissous totaux (TDS) ainsi que des ions majeurs a été analysée afin d'évaluer l'efficacité des traitements appliqués. Une attention particulière a été portée au rôle de l'osmose inverse dans la réduction de la salinité et l'amélioration de la qualité de l'eau produite.

Les résultats obtenus ont également été comparés aux normes algériennes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine afin de vérifier la conformité de l'eau traitée et d'apprécier les performances globales de la station.

2. Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques au cours du processus de dessalement

2.1. Suivi de la turbidité

Les variations de la turbidité des eaux analysées aux différentes étapes du dessalement (01 février, 01 mars et 01 avril 2026 à 10 h) sont présentées dans la figure suivante :

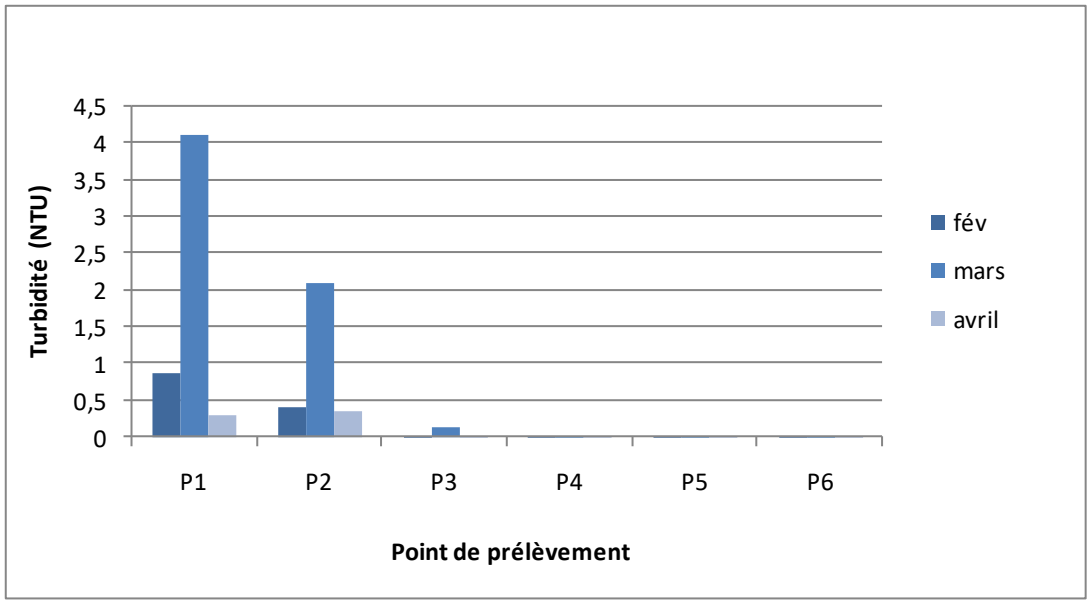


Figure IV.1: Evolution de la turbidité au cours du processus de dessalement

La figure montre l'évolution de la turbidité aux différents points de traitement pour les mois de février, mars et avril. La turbidité est élevée au captage, notamment au mois de mars, indiquant une forte présence de matières en suspension dans l'eau brute, puis diminue progressivement jusqu'au sortie du filtre à sable ce qui confirme l'efficacité du prétraitement dans l'élimination des matières en suspension et garantit des conditions optimales pour le fonctionnement des membranes. À partir la sortie du filtre à sable, elle devient très faible presque nulle et reste stable jusqu'à la fin du traitement.

Les variations observées, notamment en mars, sont liées à des fluctuations météorologiques.

2.2. Suivi de température

L'évolution de la température des eaux aux différentes étapes du procédé de dessalement, mesurée les 1er février, 1er mars et 1er avril 2026 à 10 h, est présentée dans la figure suivante :

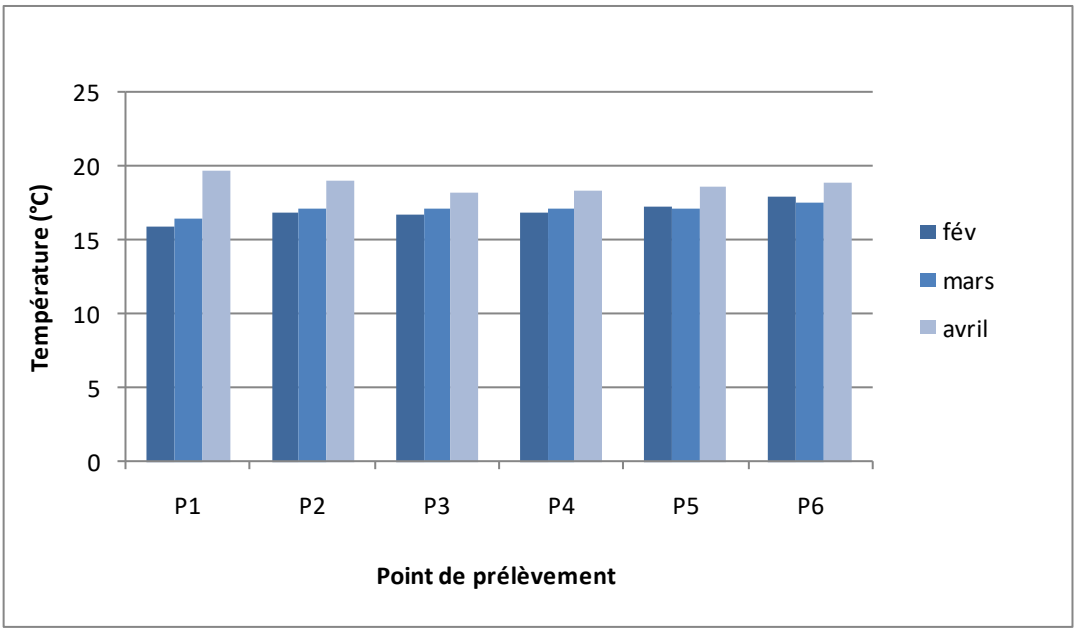


Figure IV.2: Evolution de la température au cours du processus de dessalement

La figure montre que la température de l'eau varie entre 16 °C et 20 °C avec de faibles fluctuations tout au long du traitement. Les résultats montrent une bonne stabilité thermique du système, les procédés de traitement n'ayant pas d'influence significative sur ce paramètre. Cette stabilité favorise le bon fonctionnement des membranes d'osmose inverse et contribue au maintien de leurs performances.

2.3. Suivi de pH

Les variations de pH des eaux analysées aux différentes étapes du dessalement (01 février, 01 mars et 01 avril 2026 à 10 h) sont présentées dans la figure suivante :

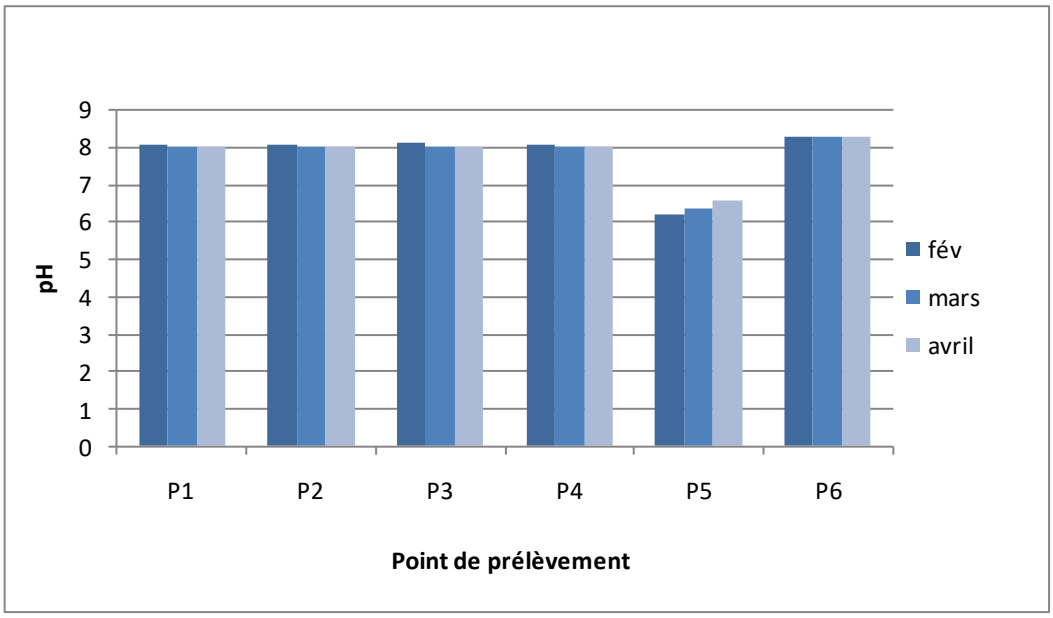


Figure IV.3: Evolution de pH au cours du processus de dessalement

La figure montre que le pH reste stable durant les étapes de prétraitement. Il diminue après l'osmose inverse pour devenir acide (≈ 6 – 6,5), puis augmente de nouveau après le post-traitement.

Cette stabilité du pH au début du traitement confirme que les étapes de prétraitement n'affectent pas significativement l'équilibre acido-basique de l'eau. La baisse du pH après l'osmose inverse s'explique par l'élimination des ions alcalins et des bicarbonates. L'augmentation du pH après le traitement est liée au post-traitement (reminéralisation et correction du pH), afin de rendre l'eau conforme aux normes de potabilité.

2.4. Suivi de la conductivité

L'évolution de la conductivité des eaux aux différentes étapes du procédé de dessalement, mesurée les 1er février, 1er mars et 1er avril 2026 à 10 h, est présentée dans la figure suivante :

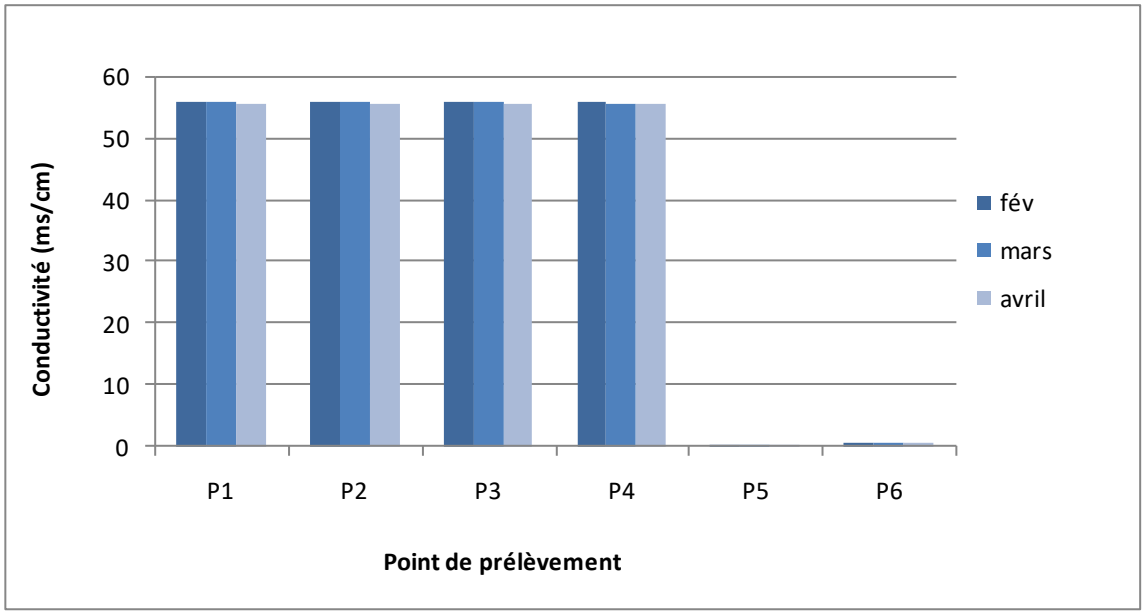


Figure IV.4: Evolution de la conductivité au cours du processus de dessalement

La conductivité reste très élevée durant le prétraitement (≈ 55 000 – 60 000 µS/cm), indiquant une forte minéralisation de l'eau brute. Elle chute fortement après l'osmose inverse, puis augmente légèrement après le post-traitement, tout en restant nettement inférieure à celle de l'eau brute.

Ces résultats confirment que les étapes de prétraitement n'éliminent pas les sels dissous. En revanche, la forte diminution après l'osmose inverse met en évidence l'efficacité de l'osmose inverse, qui permet une élimination importante des ions responsables de la salinité.

2.5. Suivi de TDS

Les variations de TDS des eaux analysées aux différentes étapes du dessalement (01 février, 01 mars et 01 avril 2026 à 10 h) sont présentées dans la figure suivante :

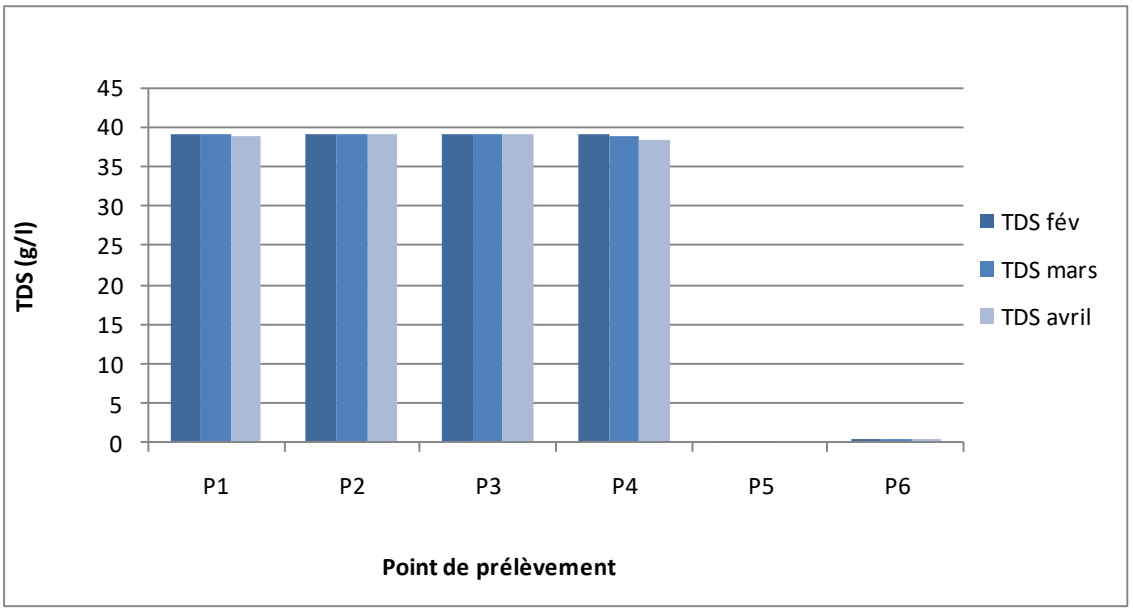


Figure IV.5: Evolution de TDS au cours du processus de dessalement

La figure montre que les TDS sont très élevés jusqu'au la sortie de filtre à cartouche (≈ 39–42 g/L), indiquant une forte salinité de l'eau brute, et qu'ils restent quasi constants durant le prétraitement. Une chute importante est observée après l'osmose inverse.

2.6. Suivi des concentrations des ions majeurs

Les variations des concentrations des ions majeurs aux différentes étapes du dessalement (01 février 2026) sont présentées dans la figure suivante.

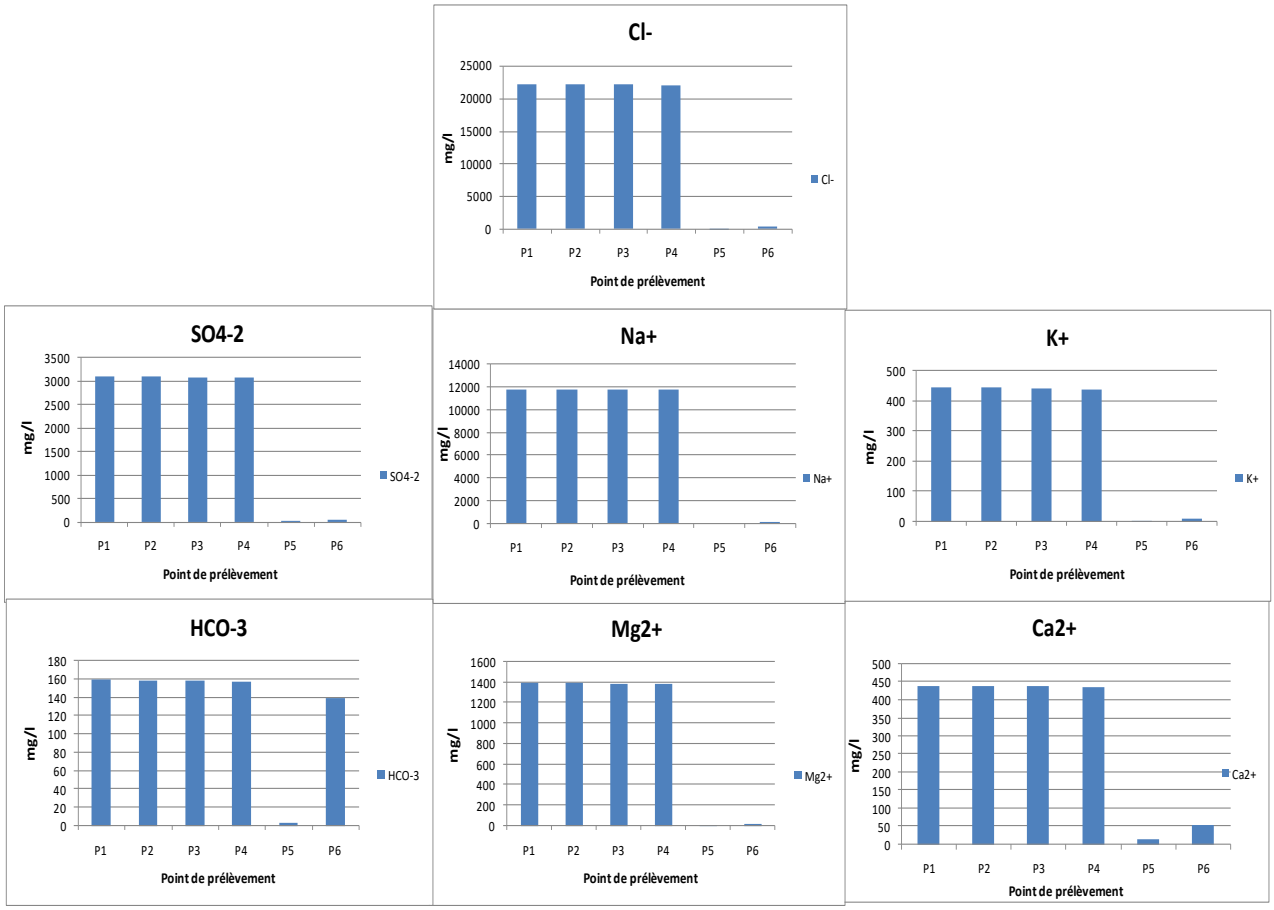


Figure IV.6: Evolution des concentrations au cours du processus de dessalement

Les résultats montrent que les ions majeurs (Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ et K^+) présentent des concentrations élevées dans l'eau brute, indiquant une forte minéralisation initiale. Ces concentrations restent pratiquement constantes au niveau des étapes de prétraitement, ce qui montre que les étapes de prétraitement n'éliminent pas les sels dissous

Une diminution importante des concentrations est observée après l'osmose inverse, notamment pour les ions chlorure, sulfate, sodium, calcium, magnésium et potassium. Cette réduction traduit l'efficacité élevée de la membrane d'osmose inverse dans l'élimination des sels dissous et la réduction de la salinité de l'eau.

Le bicarbonate (HCO_3^-) présente également une baisse après osmose inverse, suivie d'une légère augmentation en sortie finale, confirmé liée à une étape de reminéralisation ou d'ajustement du pH.

3. Résultats du suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau traitée (potable)

Dans cette partie, nous présentons les résultats du suivi des paramètres physicochimiques de l'eau traitée (eau potable) durant les mois de février, mars et avril, sur une période de trois jours pour chaque mois. L'objectif est d'analyser l'évolution de ces paramètres dans le temps et de les comparer aux normes algériennes de qualité de l'eau potable afin d'évaluer la conformité de l'eau produite.

Remarque: les normes algériennes de l'eau potable sont présentées en annexe 1.

3.1. Turbidité

La figure suivante présente les résultats du suivi de la turbidité de l'eau traitée durant la période d'étude.

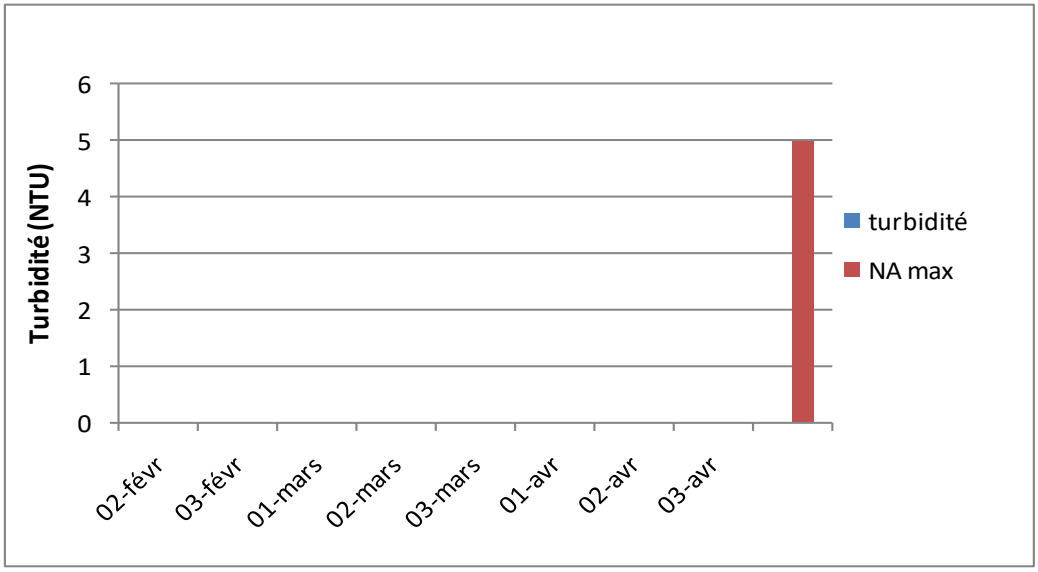


Figure IV.7: Variation de la turbidité

La turbidité de l'eau produite présente des valeurs nulles. La norme algérienne fixe une valeur maximale de 5 NTU, les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.2. Température

La figure IV.8 illustre l'évolution de la température de l'eau traitée au cours de la période d'étude.

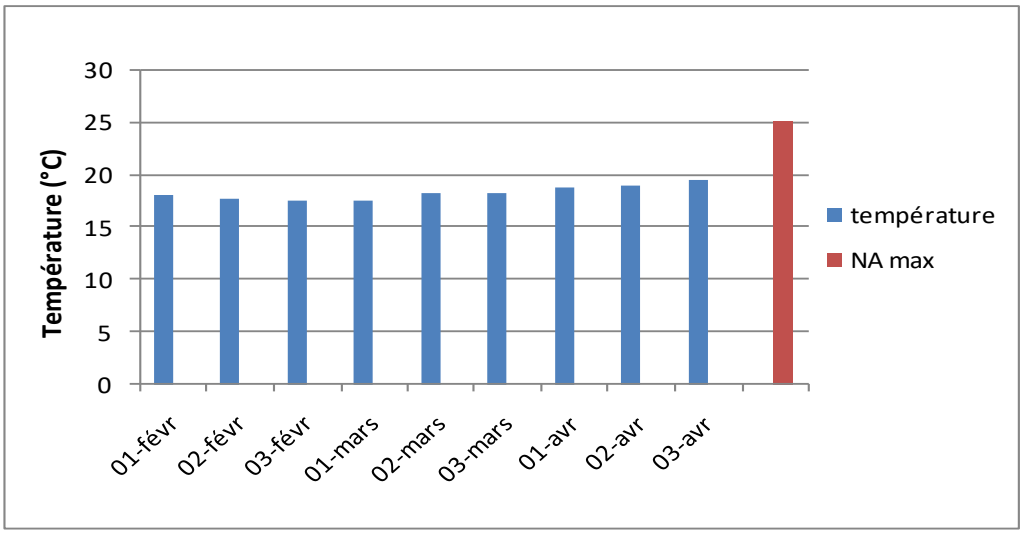


Figure IV.8: Variation de la température

La température de l'eau produite varie entre 17,5 et 19,5 °C. La norme algérienne fixe une valeur maximale de 25 °C, les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.3. PH

La figure ci-dessous montre les résultats du suivi de pH de l'eau traitée pendant la période d'étude.

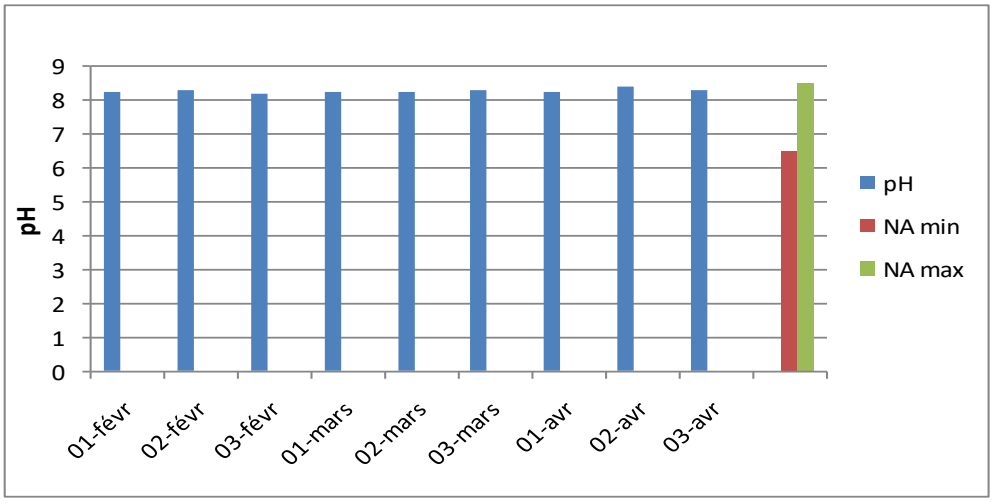


Figure IV.9: Variation du pH

Le pH de l'eau produite varie entre 8,24 et 8,42. La norme algérienne indique une plage admissible de 6,5 à 8,5, les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.4. Conductivité

La figure ci-après illustre les variations de la conductivité de l'eau traitée durant la période d'étude.

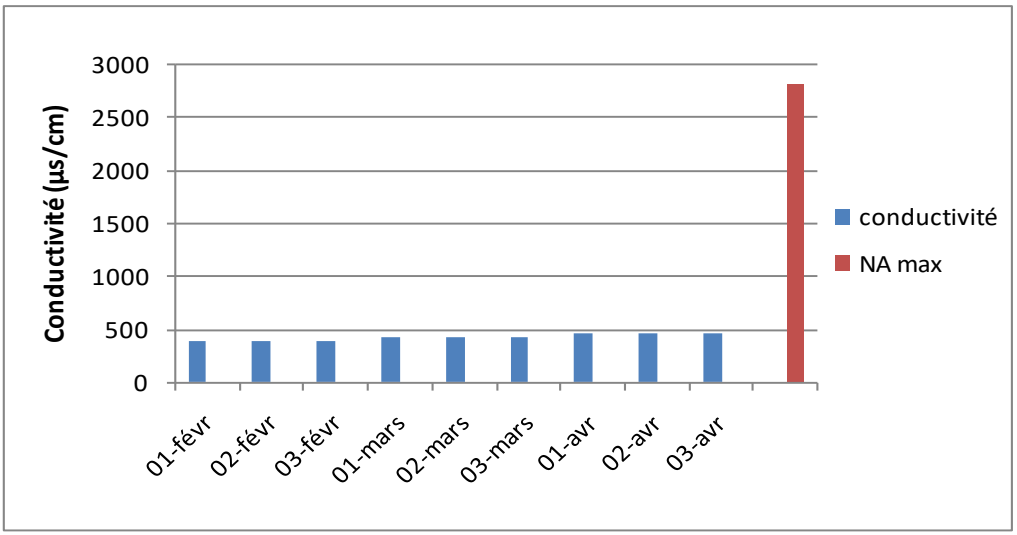


Figure IV.10: Variation de la conductivité

La conductivité de l'eau produite varie entre 380 et 455 µS/cm. La norme algérienne fixe une valeur maximale de 2800 µS/cm, les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.5. TDS

La figure suivante présente les résultats du suivi de TDS de l'eau traitée durant la période d'étude.

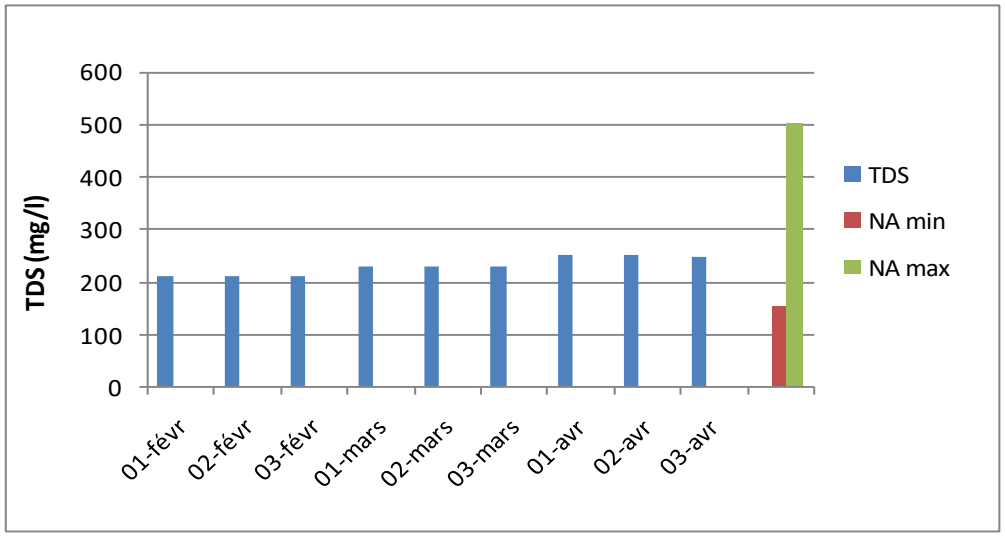


Figure IV.11: Variation du TDS

Le TDS de l'eau produite varie entre 209 et 250 mg/l, la norme algérienne indique une valeur dans l'intervalle de 150 à 500 mg/l, donc les résultats sont conforme pendant la période étudiée.

3.6. Chlore libre

La figure suivante illustre l'évolution de chlore libre de l'eau traitée au cours de la période d'étude.

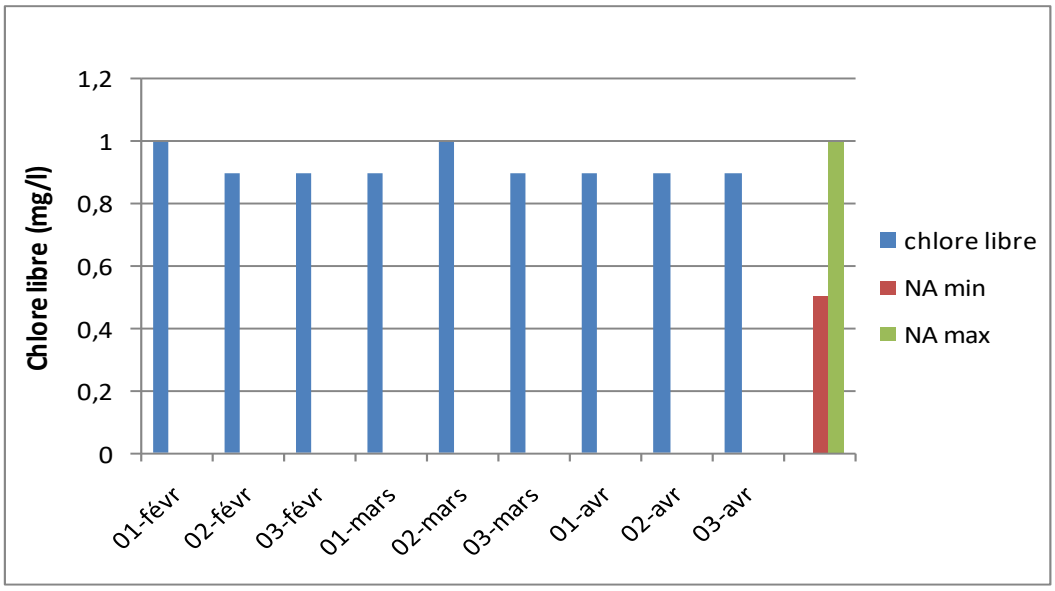


Figure IV.12: Variation Du chlore libre

Le chlore libre de l'eau produite varie entre 0,9 et 1 mg/L, ce qui se situe dans la plage recommandée par la norme algérienne, qui indique une valeur comprise entre 0,5 et 1 mg/L. Les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.7. Dureté totale

La figure IV.13 illustre l'évolution de la dureté totale de l'eau traitée au cours de la période d'étude.

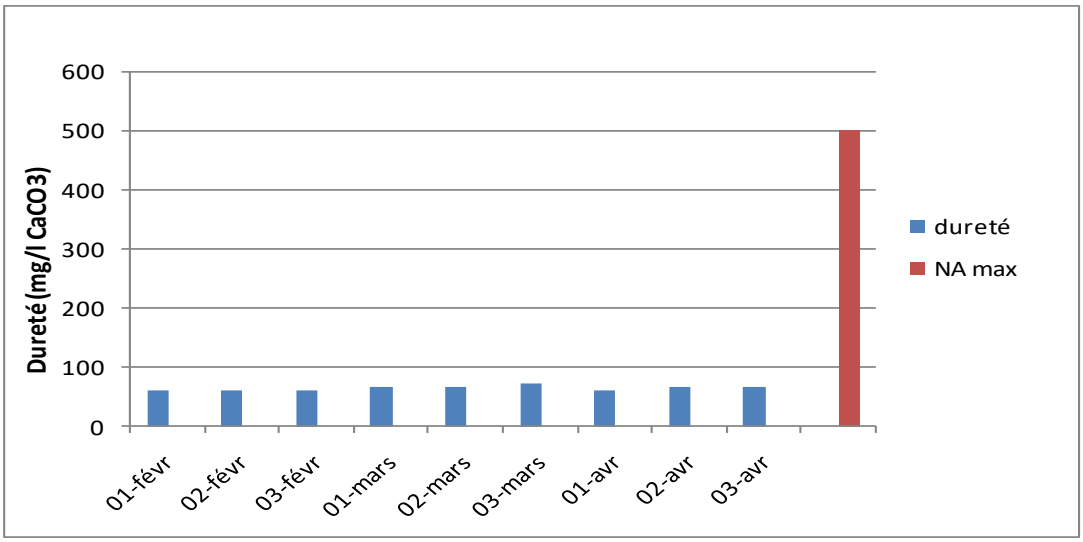


Figure IV.13: Variation de la dureté

La dureté totale de l'eau produite varie entre 60 et 72 mg/L $CaCO_3$. La norme algérienne fixe une valeur maximale de 500 mg/L $CaCO_3$, les résultats sont donc conformes pendant la période étudiée.

3.8. Alcalinité

La figure suivante illustre l'évolution de l'alcalinité de l'eau traitée au cours de la période d'étude.

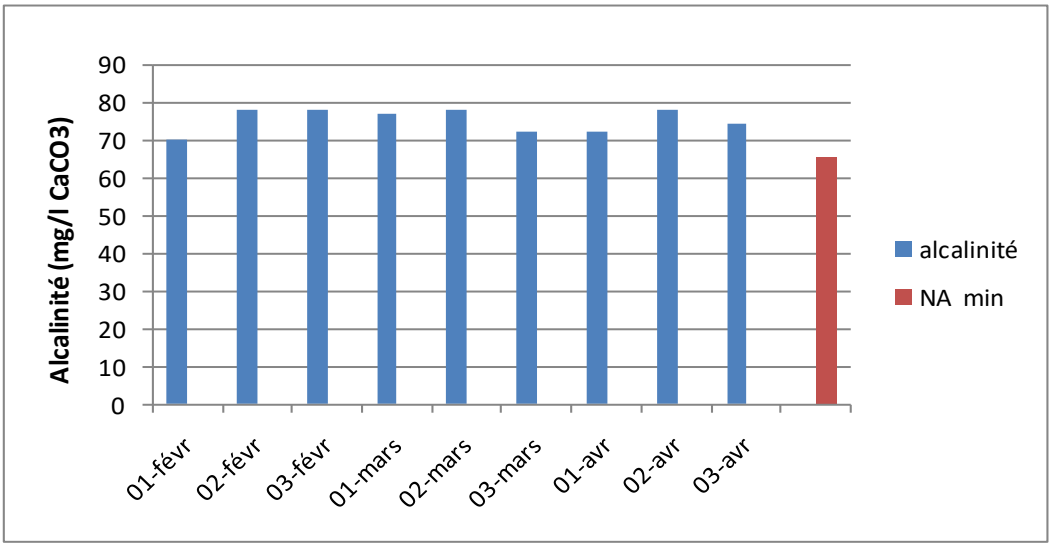


Figure IV.14: Variation de l'alcalinité

L'alcalinité de l'eau produite varie entre 70 et 78 mg/l $CaCO_3$, donc elle reste supérieure à la valeur minimale recommandée par la norme algérienne qui s'indique une valeur minimale de 65 mg/l $CaCO_3$, donc les résultats sont conforme pendant la période étudiée.

3.9. LSI

La figure suivante présente les résultats du suivi de LSI de l'eau traitée durant la période d'étude.

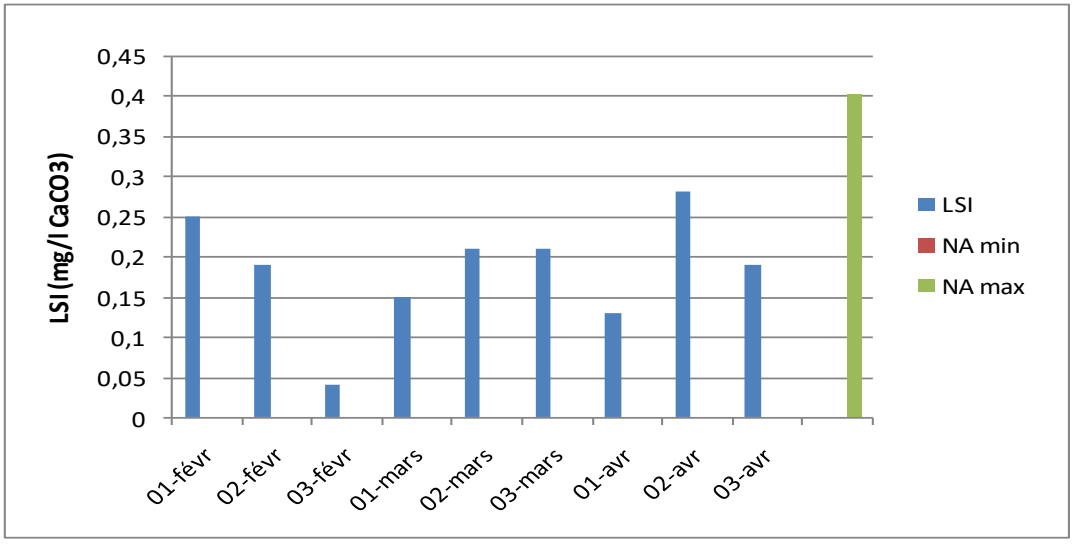


Figure IV.15: Variation du LSI

Les valeurs du LSI de l'eau produite varie entre 0,04 et 0,28 mg/l $CaCO_3$, ce qui se situe dans la plage recommandée par la norme algérienne qui s'indique une valeur dans l'intervalle de 0 à 0,4 mg/l $CaCO_3$, donc les résultats sont conforme pendant la période étudiée.

Conclusion

L'étude des paramètres physicochimiques que nous avons réalisée a mis en évidence l'efficacité globale de la station de dessalement de Corso dans la production d'une eau conforme aux normes algériennes de qualité.

Nos résultats montrent que les étapes de prétraitement assurent principalement l'élimination des matières en suspension et la protection des membranes contre le colmatage, tandis que l'osmose inverse constitue l'étape essentielle dans la réduction des sels dissous, de la salinité et de la dureté de l'eau.

Par ailleurs, les analyses que nous avons réalisées sur l'eau produite confirment la stabilité du procédé de traitement ainsi que la bonne qualité physicochimique de l'eau distribuée. Ces résultats témoignent des performances satisfaisantes de la station et de l'efficacité du procédé de dessalement adopté.

Chapitre V

Simulation et comparaison

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons réaliser une simulation du système de dessalement par osmose inverse à l'aide du logiciel Q+ projection Software. L'objectif est d'étudier les performances des membranes et de comparer les résultats simulés avec les données réelles de la station de Corso. Cette comparaison permet d'évaluer l'efficacité du système comme l'état des membranes et l'efficacité du prétraitement et de mieux comprendre les différences entre le fonctionnement théorique et réel.

Cette simulation complète la caractérisation des eaux en permettant d'évaluer le comportement du système de traitement et son impact sur la qualité de l'eau.

2. Simulation par logiciel Q+ Projection Software

Après l'analyse des données expérimentales de (01 février, 01 mars et 01 avril 2026 à 10 h) au niveau de la station de dessalement de Corso (Boumerdès), une simulation du procédé d'osmose inverse a été réalisée à l'aide du logiciel Q+ afin d'évaluer les performances du système.

La simulation, basée sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau et les conditions réelles d'exploitation, permet d'estimer la qualité du perméat, le rendement et l'efficacité des membranes, ainsi que de détecter d'éventuels phénomènes de colmatage ou de dégradation.

Les résultats simulés sont ensuite comparés aux données expérimentales pour vérifier la cohérence du modèle et analyser les écarts entre les performances théoriques et réelles.

Les résultats détaillés de la simulation et leur comparaison avec les données expérimentales sont présentés sous forme de tableaux V.1.

3. Logiciel Q+ Projection Software

Le logiciel Q+ Projection Software, développé à l'origine par NanoH2O et actuellement commercialisé par LG Water Solutions, constitue un outil de simulation et de conception largement utilisé dans le domaine de l'osmose inverse. Il permet

d'estimer les performances des systèmes membranaires en se basant sur différents paramètres de fonctionnement et les caractéristiques de l'eau à traiter.

Cet outil offre la possibilité de modéliser le comportement des membranes, d'optimiser la configuration des installations (notamment le débit, la pression de fonctionnement et le taux de récupération), et de générer des rapports techniques détaillés relatifs aux performances du procédé.

3.1. Principales fonctionnalités

- Dimensionnement des systèmes d'osmose inverse**:** le logiciel facilite la conception des unités de traitement en permettant le choix de membranes adaptées et l'ajustement des paramètres opératoires afin d'atteindre les performances souhaitées.

- Simulation des performances membranaires: il permet d'évaluer le comportement des membranes (y compris celles de type NanoH2O et autres membranes polymériques) en tenant compte des conditions réelles d'exploitation, ainsi que de l'influence des traitements chimiques, tels que l'ajustement du pH par ajout de réactifs.

- Fonctionnalités techniques avancées : l'outil intègre des options de configuration complexes, comme la recirculation du concentrat (fonctionnement en plusieurs passes), la gestion des régimes de pression, ainsi que l'intégration de systèmes de récupération d'énergie.

- Analyse des performances et conformité: il génère des rapports détaillés portant sur la qualité des flux (perméat et concentrat), les concentrations en sels dissous, et permet d'identifier les éventuels écarts par rapport aux limites de fonctionnement recommandées.

- Interface et visualisation: le logiciel dispose d'une interface intuitive basée sur un diagramme de flux de procédé (PFD), ce qui facilite la compréhension, la simulation et l'analyse globale du système.

Figure V.1 : Logo de logiciel Q+ Projection Software

4. Etapes de simulation

Tout d'abord, à partir de l'interface principale du logiciel, nous avons cliqué sur « Design », puis sur « Wizard ». Après cela, une nouvelle interface contenant les différentes rubriques de configuration du système apparaît. comme le montre l'image ci-dessous.

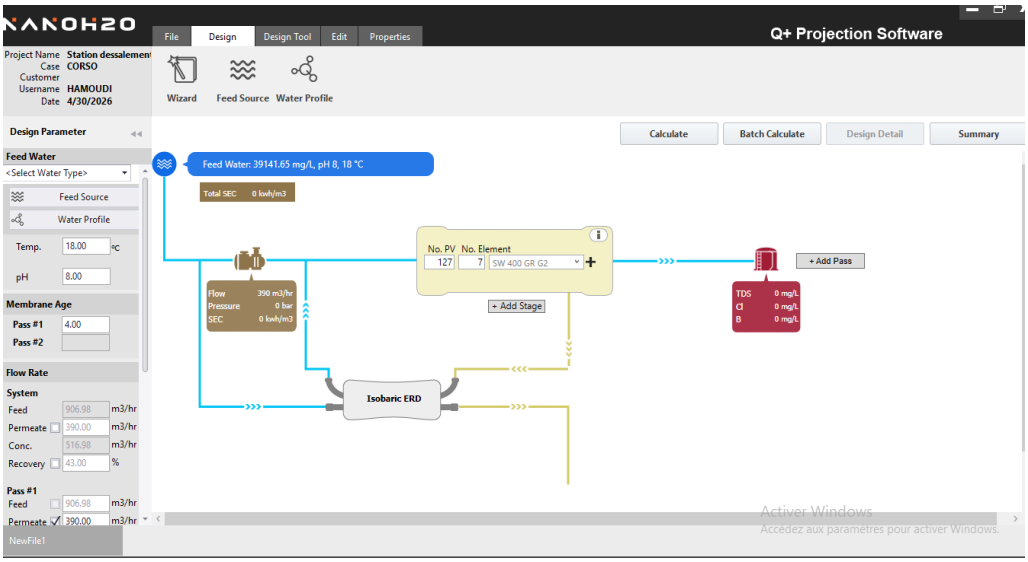


Figure V.2 : Interface principale du logiciel

Ensuite, dans l'interface des informations du projet, nous avons saisi les informations relatives à notre projet, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

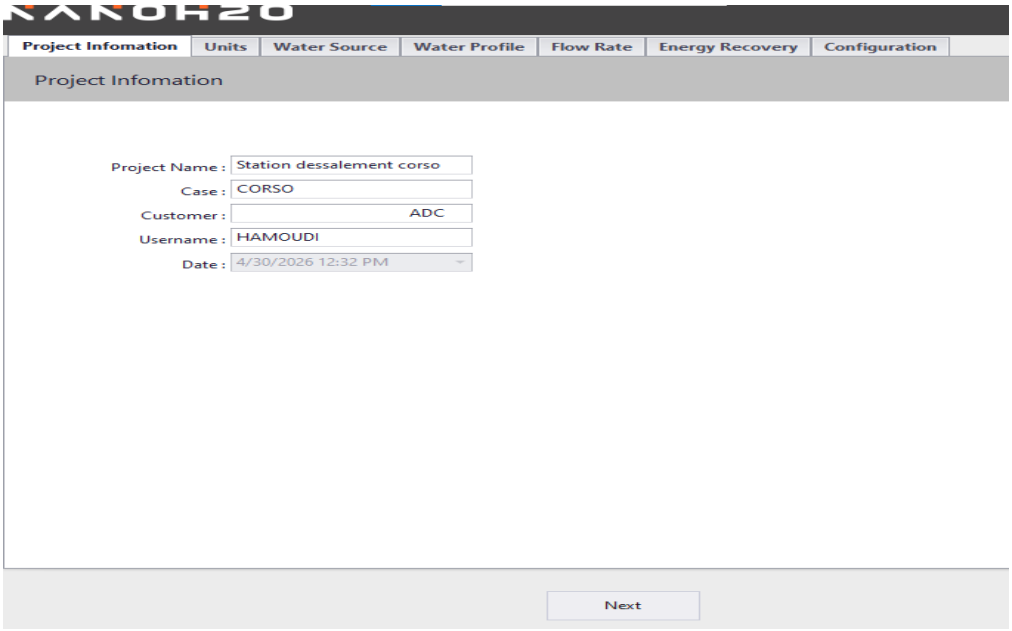


Figure V.3 : Interface des informations du projet

Puis, dans l'interface de configuration des unités, nous avons défini les unités utilisées pour la simulation, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

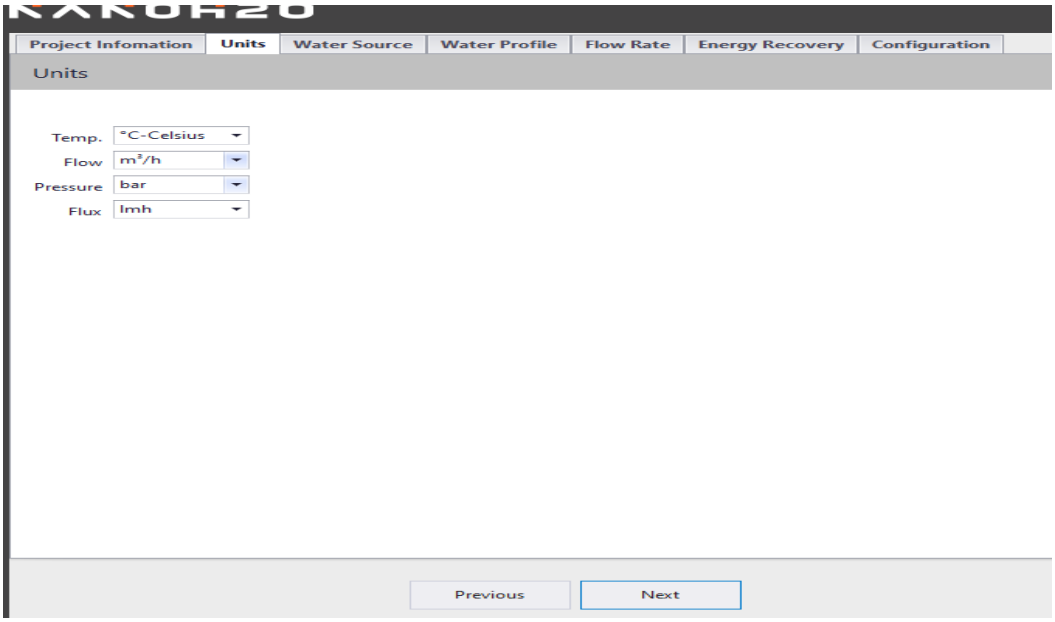


Figure V.4 : Interface de configuration des unités

Par la suite, dans l'interface de configuration de la source d'eau, nous avons saisi tous les paramètres de la source d'eau (type de source, pH, température, etc.), comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

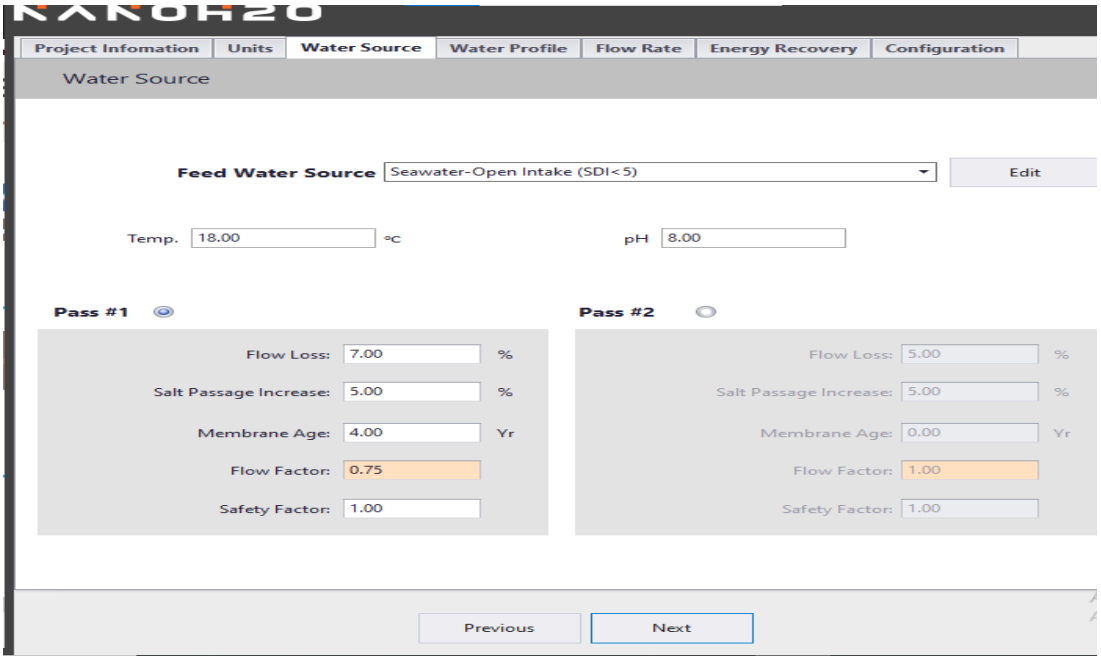


Figure V.5 : Interface de configuration de la source de l'eau

Par ailleurs, dans l'interface de définition du profil chimique de l'eau d'alimentation, nous avons saisi les différentes concentrations des cations et des anions, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

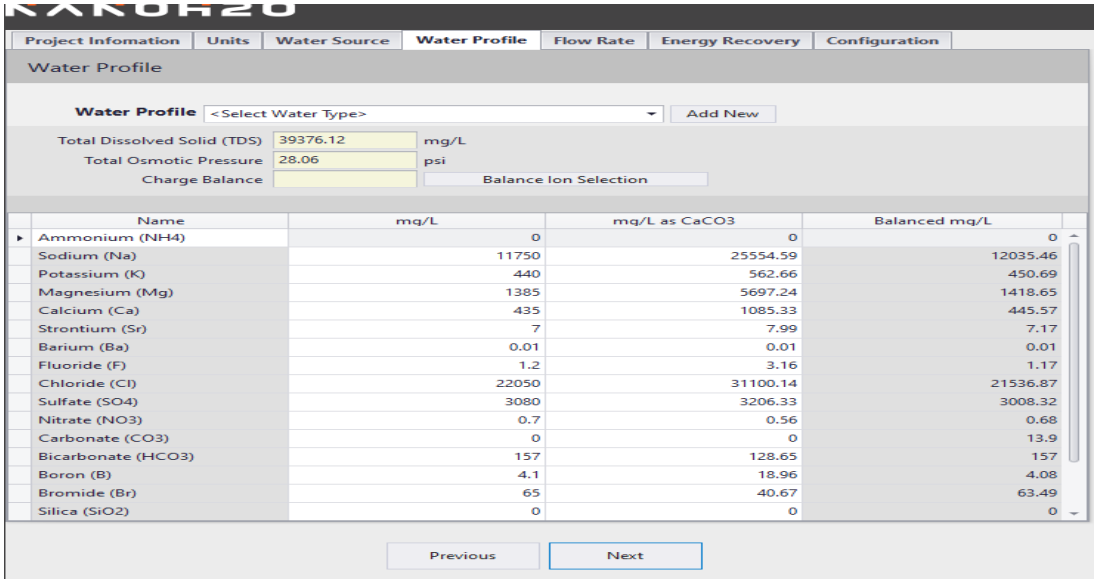


Figure V.6 : Interface de définition de profil chimique de l'eau d'alimentation

Ensuite, dans l'interface des paramètres de débit, nous avons saisi le débit de perméat ainsi que le taux de conversion. Les autres valeurs ont été calculées

automatiquement par le logiciel, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

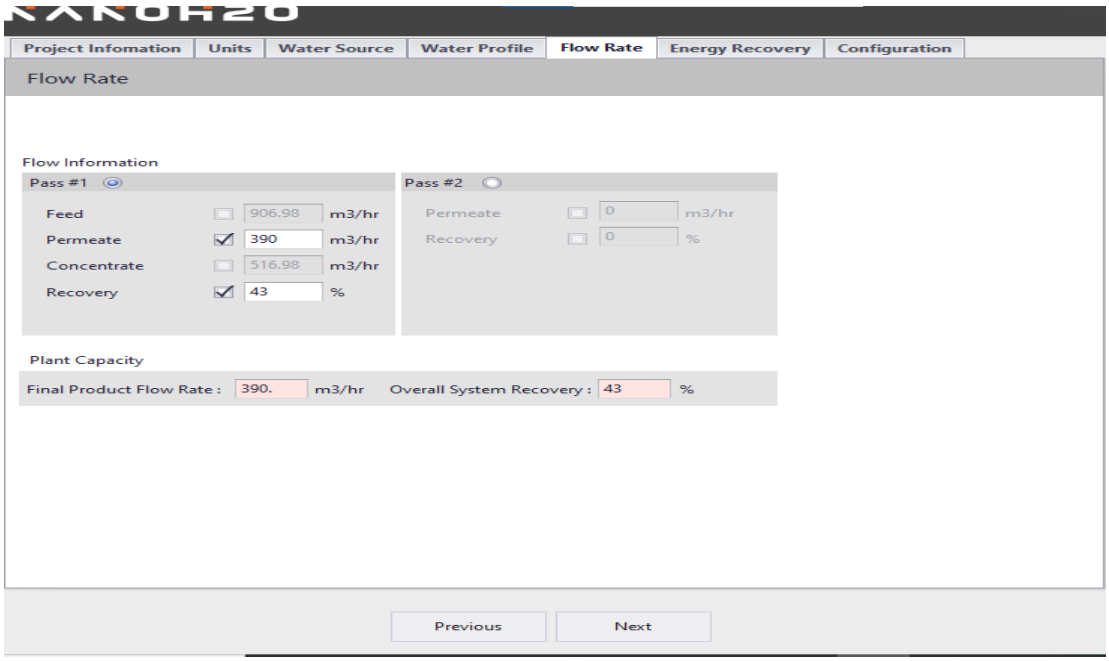


Figure V.7 : Interface de paramètres de débit

Par la suite, dans l'interface des paramètres d'efficacité énergétique, nous avons saisi les différents paramètres, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

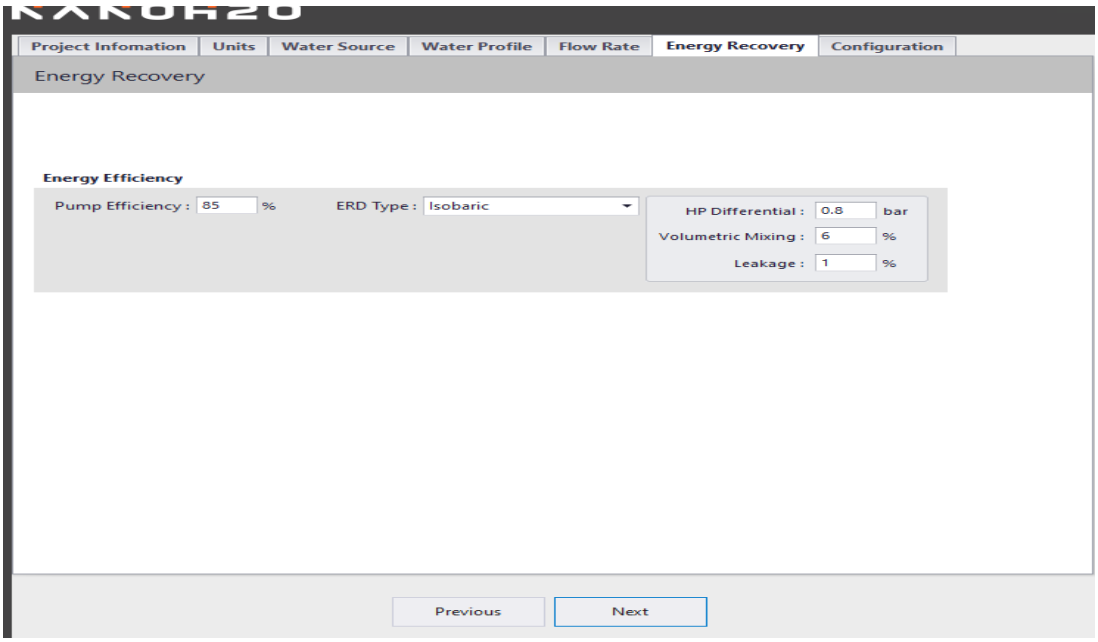


Figure V.8 : Interface des paramètres d'efficacité énergétique

Puis, dans l'interface de configuration du système, nous avons saisi le nombre de tubes, le nombre d'éléments par tube ainsi que le modèle de membrane, comme le montre l'image ci-dessous, puis nous avons cliqué sur « Next » pour continuer.

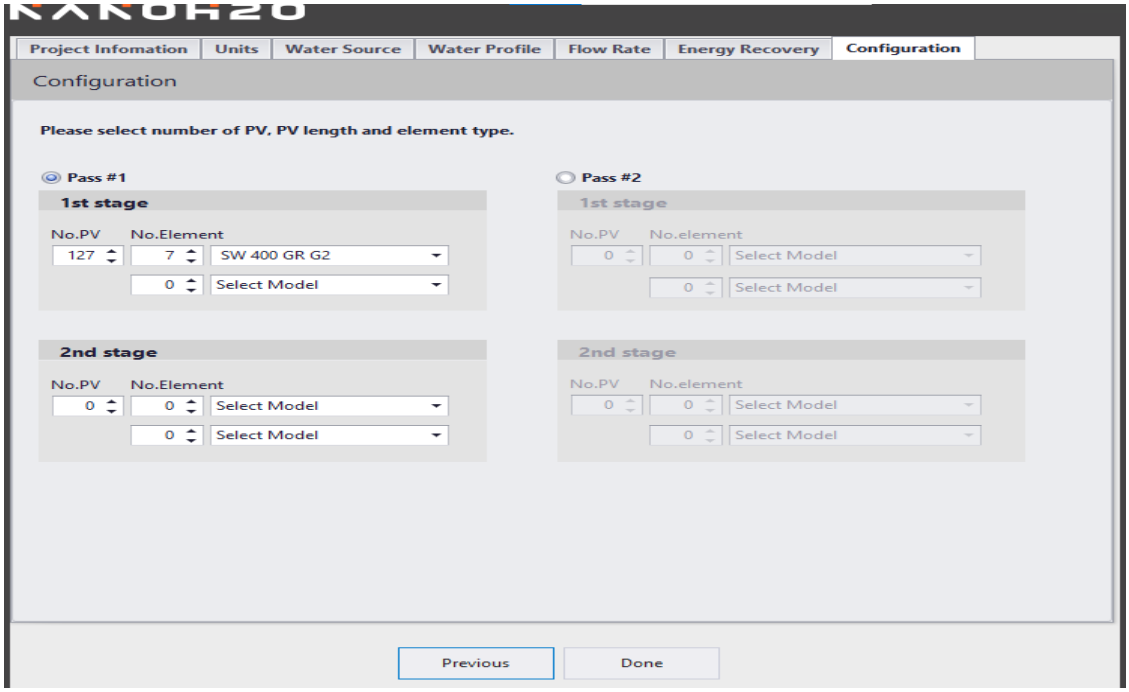


Figure V.9 : Interface de configuration du système

Enfin, les résultats générés par le logiciel peuvent être consultés et analysés à travers l'option « Design Detail » , comme le montre l'image ci-dessous.

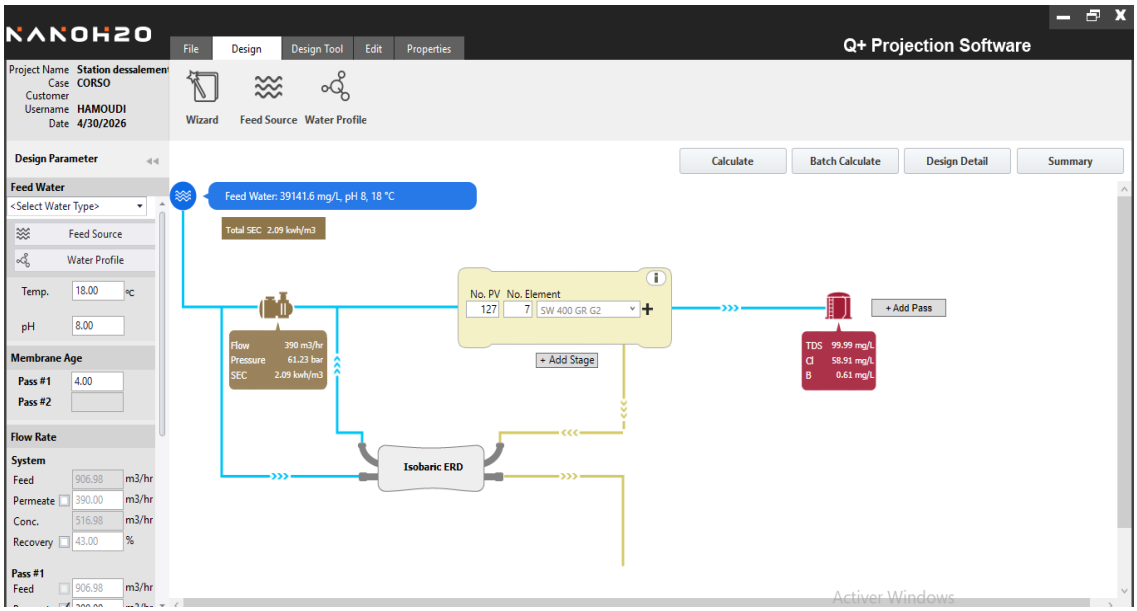


Figure V.10 : Etape finale de simulation

Remarque: les Résultats de simulation détaillés sont présentés en annexe 2.

5. Résultats et interprétation de la simulation

Le tableau V.1 présent une comparaison entre les résultats de simulation et les données mesurées à la station le 01 Mars.

Tableau V.1 : Comparaison entre les résultats de simulation et les données mesurées dans la station

Paramétres Physico-chimiques	Unités	Échantillon Osmose Inverse	Simulation
Température	°C	18	18
pH	/	6.19	6.15
TDS	mg/l	160	99.9
Sodium	mg/l	43	35.88
potassium	mg/l	6	1.58
Magnésium	mg/l	5.33	0.95
Calcium	mg/l	14.1	0.29
Bore	mg/l	0.92	0.61
Fluorure	mg/l	0.07	0
Chlorure	mg/l	16	58.91
Sulfate	mg/l	1	0.82
Nitrate	mg/l	0.8	0.01
Bicarbonate	mg/l	1	0.77

À partir des résultats présentés dans le tableau, nous avons comparé les valeurs simulées aux données mesurées au niveau de la station SDEM de Corso, ce qui met en évidence des écarts pour certains ions majeurs ainsi que pour les matières solides dissoutes totales (TDS), traduisant les limites de la représentation des phénomènes physico-chimiques par le modèle

La concentration en TDS simulée (≈ 100 mg/L) est inférieure à la valeur mesurée expérimentalement (160 mg/L), indiquant une élimination des sels plus importante

dans la simulation. Cet écart peut être lié à l'encrassement des membranes, à leur vieillissement ainsi qu'aux conditions réelles d'exploitation. Néanmoins, les deux valeurs confirment la bonne efficacité du procédé d'osmose inverse dans la réduction de la salinité.

Par ailleurs, une excellente concordance est observée pour la température et le pH, dont les valeurs simulées (18 °C et 6,15) sont très proches des valeurs expérimentales (18 °C et 6,19).

Les concentrations en Ca^{2+}, Mg^{2+} et Na^{+} sont globalement sous-estimées, ce qui reflète une représentation idéale du rejet membranaire dans la simulation, alors qu'en conditions réelles, des facteurs tels que l'encrassement des membranes (fouling) et leur vieillissement entraînent une diminution des performances.

À l'inverse, le Cl^{-} est surestimé par la simulation, ce qui peut s'expliquer par les ajustements automatiques du modèle visant à assurer l'équilibre ionique, ainsi que par la forte mobilité des ions monovalents. En revanche, une bonne concordance est observée pour les ions présents à faibles concentrations, indiquant une meilleure précision du modèle pour les espèces minoritaires.

Par ailleurs, les conditions opératoires réelles, notamment la pression de fonctionnement et le taux de récupération, peuvent également influencer l'efficacité du rejet ionique et contribuer aux écarts observés. Ainsi, bien que la simulation reproduise les tendances générales, elle nécessite une calibration et une validation expérimentale afin d'améliorer sa précision et sa représentativité des conditions réelles d'exploitation.

Conclusion

L'utilisation du logiciel Q+ pour la simulation d'un système de dessalement par osmose inverse nous a permis d'évaluer les performances théoriques et de les confronter aux données réelles de l'usine SDEM de Corso. Les résultats obtenus montrent que le procédé assure une production d'eau de bonne qualité, avec une réduction notable de la salinité et des taux de récupération satisfaisants. Cependant, nous avons observé certaines différences entre la simulation et les mesures expérimentales. Celles-ci s'expliquent principalement par les ajustements internes du modèle et les conditions réelles d'exploitation, telles que l'état des membranes et l'efficacité du prétraitement.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude consacrée à la caractérisation de la qualité des eaux aux différentes étapes du procédé de dessalement au niveau de la station de dessalement de Corso, le dessalement de l'eau de mer par osmose inverse représente comme l'une des principales solutions alternatives pour faire face au manque d'eau et répondre à la demande croissante en eau potable.

Ce travail nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement global de la station de dessalement, depuis le captage de l'eau de mer jusqu'à la production de l'eau potable. L'étude a montré l'importance de chaque étape du traitement dans l'amélioration progressive de la qualité de l'eau. Les étapes de prétraitement jouent un rôle essentiel dans l'élimination des matières en suspension et dans la protection des membranes contre le colmatage, tandis que l'osmose inverse constitue l'étape principale du procédé, puisqu'elle permet de réduire efficacement la salinité, les solides dissous et la dureté de l'eau.

Les analyses physicochimiques réalisées au cours de cette étude ont montré que l'eau produite par la station de Corso présente une qualité conforme aux normes algériennes, ce qui confirme l'efficacité globale du procédé adopté ainsi que la stabilité du système de traitement.

L'utilisation du logiciel Q+ Projection Software pour la modélisation du système a permis de comparer les résultats simulés aux données réelles, dans une logique d′optimisation du rendement et de maîtrise des phénomènes de colmatage et d′entartrage.

Enfin, cette étude a permis de confirmer les performances satisfaisantes de la station. Elle met également en évidence l'importance du suivi analytique et de l'optimisation des paramètres de fonctionnement afin d'améliorer les performances des installations de dessalement et de réduire leur consommation énergétique ainsi que leurs impacts environnementaux. Le développement continu des technologies de dessalement demeure ainsi une perspective essentielle pour assurer une gestion durable des ressources en eau et renforcer la sécurité hydrique à l'avenir.

Références bibliographiques

Références

BOYE H. (2008). Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané. Plan bleu. Conseil général de l’Environnement et du Développement Durable Ministère de l’Ecologie, de l’Energie, du Développement Durable et de l’Aménagement du Territoire, France.

CHENINI Mohamed Salah Eddine. (2025). Mémoire master Diagnostic et suivi des performances de la station de dessalement : Cas de la station d’OuledDjellal. Université Bouira.

DJABALLAH Kawther. (2025). Mémoire master Diagnostic de la station de dessalement par osmose inverse de ouleddjellal. Université Guelma.

GCB, AEC. Description du processus, Document technique interne, Réf n°005.21-GCB-PRODES-001 ; émis 01juin 2022.

MELLOUK Hadil&MOUSSAOUI Donia. (2025). Mémoire master Diagnostic de la performance de la station de dessalement d’eau de mer à FOUKA, TIPAZA Etude et évaluation. Université Blida.

METAICHE Mehdi. (2006). Thèse doctorat Optimisation des systèmes de dessalement par osmose inverse : conception, paramètres de fonctionnement et simulation numérique. Ecole Nationale Polytechnique d’Alger. Université Bouira.

METAICHE Mehdi. (2025). Cours techniques de dessalement.

OTMANI Loubna. (2025). Mémoire master Caractérisation des eaux des différentes unités de la station de dessalement d’El Marsa, Skikda. Université El-Tarf.

Annexes

Annexe 01 : Normes Algérienne de l'eau potable

ANNEXE

Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine

Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou déminéralisées : 1,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l 02	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanures	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) périylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l µg/l	0,2 0,01
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300

ANNEXE (suite)

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques (suite)	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface régissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	1
	Pesticides par substance individualisée		
	- Insecticides organochlorés persistants	µg/l	0,1
	- Insecticides organophosphorés et carbamates	µg/l	0,1
	- Herbicides	µg/l	0,1
	- Fongicides	µg/l	0,1
	- P.C.B	µg/l	0,1
	- P.C.T	µg/l	0,1
	- Aldrine	µg/l	0,03
	- Dieldrine	µg/l	0,03
	- Heptachlore	µg/l	0,03
	- Heptachlorépoxyde	µg/l	0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlorite	µg/l	0,07
	Trihalométhanes par substance individualisée :		
	-Chloroforme	µg/l	200
	- Bromoforme	µg/l	100
	- Dibromochlorométhane	µg/l	100
	- Bromodichlorométhane	µg/l	60
	Chlorure de vinyle	µg/l	0,3
	1,2-Dichloroéthane	µg/l	30
	1,2-Dichlorobenzène	µg/l	1000
	1,4-Dichlorobenzène	µg/l	300
	Trichloroéthylène	µg/l	20
	Tetrachloroéthylène	µg/l	40
Radionucléides	Particules alpha	Picocuriel/L	15
	Particules béta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	30
	Dose totale indicative (DTI)	mSv/an	0,15
paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Enthérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductices y compris les spores	n/20ml	0

Tableau 2

Paramètres avec valeurs indicatives

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO3	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO3	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

Décret exécutif n° 14-97 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondaut au 4 mars 2014 portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun.

Le Premier Ministre,

Sur le rapport du ministre des roussources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2),

Vu le décret présidentiel n° 13-312 du 5 Dhou El Kaâda 1434 correspondant au 11 septembre 2013 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 94-294 du 19 Rabie Ethani 1415 correspondant au 25 septembre 1994 relatif aux modalités de dissolution et de liquidation des entreprises publiques non autonomes et des établissements publics à caractère industriel et commercial ;

Vu le décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondant au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun ;

Après approbation du Président de la République ;

Décrète :

Article 1er. — L'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, créée par les dispositions du décret exécutif n° 07-337 du 19 Chaoual 1428 correspondaut au 31 octobre 2007 portant création de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun est dissoute.

Art. 2. — La dissolution de l'agence prévue a l'article 1er ci-dessus, donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif dressé conformément aux lois et règlements en vigueur par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre des finances et le ministre chargé des ressources en eau.

Art. 3. — Le présent décret sera publié au *Journal Officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger le 2 Joumada El Oula 1435 Correspondant au 4 mars 2014.

Abdelmalek SELLAL.

10 x 297 mm

Annexe 02 : resultats de simulation par logiciel Q+ progection softeware

Project name:	station dessalement	**Water type:**	<Select Water Type>	**Membrane age:**	4
Customer:	ADC	**Flux loss per year:**	7.00%	**Safety factor:**	1
Username:	HAMOUDI	**Salt passage increase:**	5.00%		

Overall System

Total permeate flow:	390 m3/hr	**Water source:**	Seawater-Open Intake (SDI<5)	**Feed pressure:**	61.23 bar (1P)
Raw water flow:	906.98 m3/hr	**Raw water TDS:**	39,141.6 mg/L		
Total concentrate flow:	516.98 m3/hr	**Feed osmotic pressure:**	27.4 bar		
Overall recovery:	43 %	**Concentrate osmotic pressure:**	49.32 bar	**Specific energy:**	2.09 kwh/m3

System - Pass1

Permeate flow:	390 m3/hr	**Average flux:**	11.81 lmh	**Temperature:**	18 °C
RO feed flow:	906.98 m3/hr	**Water source:**	Seawater-Open Intake (SDI<5)	**Average NDP:**	19.73 bar
Concentrate flow:	516.98 m3/hr	**Feed TDS:**	40,176.46 mg/L	**Specific energy:**	2.09 kwh/m3
Recovery:	43 %	**Feed osmotic pressure:**	28.13 bar	**Feed pressure:**	61.23 bar
Number of elements:	889	**Concentrate osmotic pressure:**	49.32 bar	**Permeate TDS:**	99.99 mg/L
ERD type:	Isobaric	**Pump efficiency:**	85 %	**Fouling factor:**	0.75
Recirculation:					

	# of vessels	# of elements	RO feed flow	Permeate flow	Conc. flow	RO feed pressure	Conc. pressure	Vessel DP	Boost pressure	Back pressure	Inter-stage pressure loss	Average flux	Perm. TDS
			m3/hr	m3/hr	m3/hr	bar	bar	bar	bar	bar	bar	lmh	mg/L
Stage 1	127	7	906.98	390.23	516.75	61.23	60.52	0.71	0	0	0	11.81	99.99

Water Analysis - Pass1

Species	Raw water	Adjusted feed	Conc. Stage1	Permeate Stage1
Ammonium	0.00	0.00	0.00	0.00
Sodium	12,034.74	12,352.92	21,654.18	35.88
Potassium	450.66	462.58	810.70	1.58
Magnesium	1,418.56	1,456.07	2,554.90	0.95
Calcium	445.54	457.32	802.45	0.29
Strontium	7.17	7.36	12.92	0.00
Barium	0.01	0.01	0.02	0.00
Fluoride	1.17	1.20	2.11	0.00
Chloride	21,538.15	22,107.89	38,758.27	58.91
Sulfate	3,008.50	3,088.09	5,419.45	0.82
Nitrate	0.68	0.70	1.22	0.01
Carbonate	11.83	11.83	20.76	0.00
Bicarbonate	157.00	161.15	282.26	0.77
Boron	4.08	4.19	6.89	0.61
Bromide	63.49	65.17	114.26	0.17
Silica	0.00	0.00	0.00	0.00
CO2	1.11	1.11	1.11	1.11
TDS	39,141.60	40,176.46	70,440.40	99.99
pH	8.00	8.00	8.14	6.15

Within Vessels - Pass1

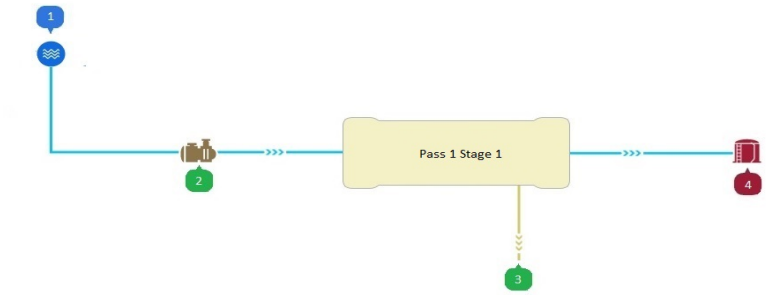
	Position	RO feed flow	Permeate flow	Flux	Element recovery	Element DP	Net driving pressure	Polarization	Feed TDS	Perm. TDS
		m3/hr	m3/hr	lmh	%	bar	bar		mg/L	mg/L
Stage 1										
SW 400 GR G2	1	7.14	0.75	20.31	10.57	0.15	26.61	1.16	40,173.05	46.18
SW 400 GR G2	2	6.39	0.63	16.84	9.79	0.13	23.07	1.15	44,914.07	61.19
SW 400 GR G2	3	5.76	0.51	13.70	8.83	0.11	19.70	1.13	49,784.44	81.65
SW 400 GR G2	4	5.25	0.41	10.97	7.76	0.09	16.62	1.11	54,600.82	109.30
SW 400 GR G2	5	4.84	0.32	8.69	6.66	0.08	13.89	1.09	59,186.67	146.28
SW 400 GR G2	6	4.52	0.25	6.83	5.61	0.07	11.53	1.08	63,402.51	195.12
SW 400 GR G2	7	4.27	0.20	5.36	4.66	0.07	9.53	1.06	67,162.54	258.69

Solubility - Pass1

	Solubility calculation	
	Feed	Conc.
LSI	0.94	1.86
CaSO4	24.88 %	51.46 %
SrSO4	13.61 %	34.14 %
BaSO4	41.38 %	58.93 %
CaF2	18.29 %	105.61 %
SiO2	0 %	0 %
Stiff Davis Index	-0.64	0.3

Warnings - Pass1

Disclaimer: NanoH2O Design is intended to be used by persons having the requisite technical skill, at their own discretion and risk.
When using NanoH2O Design, it is the user's responsibility to make provisions against fouling, scaling and chemical attacks, to account for piping and valve pressure losses, feed pump suction pressure and permeate backpressure.
NanoH2O shall not be liable for any error or miscalculation in results obtained by using NanoH2O Design.
Because use conditions and applicable laws may differ from one location to another and may change with time,users are responsible for determining whether products are appropriate for their use.



#	Stream	Flow (m3/hr)	Pressure (bar)	TDS (mg/L)	pH
1	Raw Feed	906.98	0.00	39,141.60	8.00
2	1P RO Feed	906.98	61.23	40,176.46	8.00
3	1P Brine	516.98	60.52	70,440.40	8.14
4	1P Product	390.00	0.00	99.99	6.15