

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme  
d'Ingénieur et de Master en Sciences de la Mer**

**Option : Ingénierie de l'Environnement Marin et Côtier**

**Thème :**

***Suivi du procédé de dessalement de l'eau de mer de la  
station d'El Marsa et caractérisation des rejets de  
saumure***

*Présenté par :*

**KAAB Imene**

**HAMA Nesrine**

Soutenu le 04 /07/2023 devant le jury composé de :

<b>Pr Houma Bachari Fouzia</b>	<b>Présidente</b>	<b>ENSSMAL</b>
<b>M<sup>me</sup>. Adem Amina Amel</b>	<b>Promoteur</b>	<b>ENSSMAL</b>
<b>Pr Rahmani Ali</b>	<b>Co-promoteur</b>	<b>USTHB</b>
<b>Mr Bougherira A</b>	<b>Examineur</b>	<b>ENSSMAL</b>
<b>M<sup>me</sup> Maouel</b>	<b>Examineur-BMC</b>	<b>ENSSMAL</b>
<b>Mr Ghezala Sami</b>	<b>Invité</b>	<b>Chef de projet de la SDEM D'El- Marsa</b>

**Année universitaire : 2022- 2023**

## **Remerciements**

*Le plus grand Merci tout d'abord revient à « Dieu » qui, lui seul, nous a guidé dans le bon sens durant notre vie et qui nous a donné le courage, la volonté, et la force pour élaborer ce travail de recherche.*

*En guise de reconnaissance, nous tenons à remercier, très sincèrement, l'encadreur Madame **ADEM Amina**, Maitre assistante à l'ENSSMAL, nous avons eu l'honneur et la chance de bénéficier de ses connaissances et compétences, de ses précieux conseils et de son suivi tout au long de notre parcours académique.*

*Son sens élevé du devoir, le fait d'être toujours montré à l'écoute ainsi que sa rigueur scientifique impose l'estime et le respect.*

*Nous vous remercions infiniment.*

*Nos remerciements s'adressent particulièrement à Monsieur **RAHMANI Ali**, Co-encadreur, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'il a consacré à la réalisation de ce travail.*

*Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à Monsieur **GHEZALA Sami**, le chef de la station de dessalement de l'eau de mer d'El-Marsa pour avoir dirigé le stage.*

*Nous avons eu le plaisir de travailler sous votre direction. Nous vous remercions pour votre gentillesse et spontanéité avec lesquelles vous avez dirigé ce travail, ainsi que pour votre disponibilité et vos conseils que grâce à eux nous avons pu améliorer notre travail.*

*Nous espérons que votre confiance que vous nous accordez et que ce mémoire est à la hauteur de vos espérances.*

*Veillez croire, Monsieur, à tout notre respect et nos reconnaissances.*

*Nos remerciements vont également à tous les ingénieurs de la station de dessalement de l'eau de mer d'El-Marsa, qui nous ont ouvert les portes des structures dont ils avaient la responsabilité et qui ont tout mis à notre disposition pour nous permettre de travailler dans les meilleures conditions.*

*Nos remerciements Monsieur **loubar** qui nous a accueilli dans son établissement balcodefi et nous a aidé à réaliser notre BMC .*

*Nous tenons à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de ce mémoire, ainsi que pour les remarques qu'ils nous adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer notre travail.*

*Nous adressons également des remerciement à toute l'équipe du laboratoire de l'ENSSMAL*

*Nos remerciement vont davantage à tous nos professeurs ,pour le savoir qu'il nous ont transmis durant nos années d'études .*

*De peur d'en avoir oublier, nous souhaitons remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de ce parcours universitaire.*

**КААВ**

**ЕТ**

**НАМА**

## *Dédicaces*

*Je rends grâce à Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force nécessaire pour la réalisation de ce travail qu  
Je dédie chaleureusement.*

*Je dédie ce travail à ma famille, elle qui ma dotée d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je  
suis aujourd'hui :*

*À mon très cher père, Tu Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers toi, qui as toujours été un modèle  
de respect, d'honnêteté et de méticulosité en tant que père. Je souhaite rendre hommage à l'homme  
exceptionnel que tu es.*

*Grâce à toi, cher papa, j'ai appris la valeur du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour  
ton amour, ta générosité et ta compréhension. Ton soutien constant a été une lumière tout au long de mon  
parcours.*

*À ma très chère mère Quelles que soient mes actions ou mes paroles, je ne pourrais jamais te remercier assez  
comme il se doit. Ton affection m'enveloppe, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours  
été ma source de force pour surmonter les obstacles qui se sont présentés.*

*Aucune dédicace ne peut véritablement exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eus pour  
vous, mes chers parents.*

*À Mon pilier, Mon compagnon et mon cher frère Mohamed, mon merveilleux avec un cœur aimable, je vous  
souhaite un prompt rétablissement pour revenir en meilleure forme que jamais, des milliers de fois mieux  
qu'auparavant.*

*À mes frères et mes sœurs : Fouad, Youssef, Sami, Krimo, Toufik, Ali, Samiha, Hayat.*

*Ma merveilleuse amie Asma, Que la vie m'a donnée, tu as toujours offert soutien et réconfort, l'exprime  
envers toi une profonde admiration, reconnaissance et inconditionnels attachement.*

*À mon spécial MLOML merci infiniment pour être avec moi dans tous mes cas.*

*À mon meilleure binôme Imène Merci pour ton soutien et pour m'avoir motivé à accomplir ce travail, Merci  
pour être ma copine de chambre, merci de m'avoir accompagné pendant ces cinq années*

*Merci pour l'ambiance qui a contribué à des moments d'échanges culturels et personnels très forts.*

*Des fois, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout le bien qu'on ressent ! Juste MERCI à vous !!!*

*Nesrine.*

## *Dédicaces*

*Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu*

*Je dédie ce travail à ma famille, elle qui m'a dotée d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui:*

*À mon très cher père, Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.*

*Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.*

*À ma très chère mère, Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.*

*Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous mes chers. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez déployés pour mon éducation et ma formation.*

*Je vous aime, et j'implore le Tout-Puissant pour qu'il vous accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*À mes très chers frères, Sidali mon frère modèle, Hamza mon merveilleux et Ibrahim le plus proche*

*À tous les moments passés avec vous mes frères, en gage de ma profonde estime pour l'aide que vous m'avez apportée. Vous m'avez soutenue, réconfortée et encouragée. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.*

*À mes très chères sœurs; Leïla ma grande chérie, Yamna mon tendre trésor, Sabrina mon âme sœur, mon tout,*

*Pour votre dévouement, votre compréhension et votre grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragée tout le long de mes études, m'avez consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par votre soutien, vos conseils et votre amour, m'avez permis d'arriver jusqu'à ici car vous avez toujours cru en moi.*

*Merci d'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passés ensemble, et ce n'est pas fini...*

*À mes belles sœurs Widad et Ahlem Mais aussi mes grandes sœurs, Merci pour votre soutien et encouragements.*

*Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

*À mes bébés d'amour Roeya ma belle. Loay mon chriki, Anas mon amusant, Yasmine ma douce, Wasime mon prince charmant, Aichouce ma princesse, Mouhib mon gâté, Yacine mon miel et Et le petit bout de chou Mohammed, Vous êtes le plus beau cadeau que mes frères et sœurs m'ont donnée.*

*Vos envies de parcourir le monde, vos enthousiasmes, vos sourires, vos yeux brillants sont incomparables.*

*Vous avez apporté beaucoup de bonheur à notre famille. Je vous aime.*

*À mes beaux frères, Lyes, Amine et Madjid, mais aussi mes grands frères, Merci pour vos conseils, encouragements et soutien.*

*À ma sœur Hadjer, que la vie m'a donnée, tu as toujours offert soutien et réconfort, j'exprime envers toi une profonde admiration, reconnaissance et attachement inconditionnels.*

*À mon spécial, incroyable MBWF que je trouve dans les moments difficiles avant les moments de joie*

*À mon meilleure binôme Nesrina, merci pour ton soutien moral, ta patience et ta compréhension tout au long de ce travail,,*

*Merci d'être ma copine de chambre, merci de m'avoir accompagné pendant ces cinq années.*

*À tous mes amis, surtout Ahlem, Rania, celia, dalal, Ines, Yousra, Anouar, Hadjer, Wafaa .....*

*Qui m'ont toujours soutenue et encouragée, en leur espérant bonne continuation dans leurs vies.*

*Un dédicace tout particulier à ma Super promotion de IEMC un par un. Ces 3 ans ont été riches en belles émotions sur beaucoup de plan, j'en garde des souvenirs impérissables.*

*Merci pour l'ambiance qui a contribué à des moments d'échanges culturels et personnels très forts.*

*Des fois, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout le bien qu'on ressent! Juste MERCI à vous !!!*

*Iméne*

## **Résumé**

Ce mémoire présente une étude approfondie sur l'état de l'art de dessalement en Algérie en se concentrant sur la station de dessalement EL-Marsa. L'objectif principal est d'évaluer ses impacts en analysant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer et des rejets, ainsi qu'en modélisant les données sur une période de plus de 6 mois.

Des échantillons ont été prélevés à proximité des installations de dessalement et ont été soumis à des analyses physico-chimiques détaillées. Les paramètres clés étudiés étaient la salinité, la conductivité, le PH, la température.... Les résultats ont révélé des niveaux de salinité très élevés, avec une moyenne de 55 PSU (Practical Salinity Units), ainsi qu'une conductivité moyenne de 87 ms/cm.

En parallèle, une modélisation des données a été réalisée basée sur la méthode de Monte Carlo. Cette modélisation a permis d'estimer la conductivité et la masse des rejets de dessalement dans l'environnement marin, ainsi que leur impact potentiel sur les écosystèmes côtiers.

Les résultats obtenus soulignent l'importance de surveiller attentivement les impacts environnementaux des installations de dessalement en Algérie. Les niveaux élevés de salinité de l'eau de mer et de conductivité mesurés indiquent un potentiel effet néfaste sur la biodiversité marine et les écosystèmes côtiers. Ainsi, des mesures préventives et de réduction des impacts environnementaux doivent être envisagées afin de garantir une exploitation durable des installations de dessalement en Algérie.

**Mots-clés** : dessalement, environnement, Algérie, analyse physico-chimique, modélisation, salinité, conductivité, impacts environnementaux, écosystèmes côtiers.

**Abstract:**

This dissertation presents an in-depth study on the state-of-the-art of desalination in Algeria, focusing on the EL-Marsa desalination plant. The main objective is to assess its impacts by analyzing the physicochemical characteristics of seawater and the discharge, as well as modeling the data over a period of more than 6 months.

Samples were collected near the desalination facilities and subjected to detailed physicochemical analyses. The key parameters studied included salinity, conductivity, pH, temperature, and others. The results revealed very high levels of salinity, with an average of 55 Practical Salinity Units (PSU), as well as an average conductivity of 87 ms/cm.

Simultaneously, data modeling was conducted to understand the spatiotemporal variations in salinity and conductivity. This modeling allowed for visualizing the dispersion of the desalination plant discharges in the marine environment, as well as their potential impact on coastal ecosystems.

The obtained results emphasize the importance of closely monitoring the environmental impacts of desalination facilities in Algeria. The high levels of seawater salinity and conductivity measured indicate a potential harmful effect on marine biodiversity and coastal ecosystems. Therefore, preventive measures and measures to reduce environmental impacts must be considered to ensure sustainable operation of desalination facilities in Algeria.

**Keywords:** desalination, environment, Algeria, physicochemical analysis, modeling, salinity, conductivity, environmental impacts, coastal ecosystems.

## المخلص

هذه المذكرة تقدم دراسة مفصلة حول أحدث التطورات في مجال تحلية المياه في الجزائر، مع التركيز على محطة تحلية المياه المرسا. الهدف الرئيسي هو تقييم تأثيرات هذه المحطة من خلال تحليل الخصائص الفيزيو-كيميائية لمياه البحر والمخلفات، بالإضافة إلى نمذجة البيانات على مدى أكثر من 6 أشهر.

تم جمع عينات قرب منشآت تحلية المياه واخضعت لتحاليل فيزيو-كيميائية مفصلة. تم دراسة المعلمات الرئيسية مثل الملوحة والتوصيلية والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة... أظهرت النتائج مستويات عالية جداً من الملوحة بمتوسط 55 ومتوسط توصيلية 87 ميلي سيمنز/سم وحدة

بالتوازي مع ذلك، تم إجراء نمذجة للبيانات لفهم التغيرات الزمانية والمكانية في الملوحة والتوصيلية. تمكنت هذه النمذجة من تصور نشأت المخلفات من منشآت تحلية المياه في البيئة البحرية، وكذلك تأثيرها المحتمل على النظم البيئية الساحلية.

تشير النتائج المتحصل عليها إلى أهمية مراقبة تأثيرات منشآت تحلية المياه على البيئة في الجزائر بعناية. تدل المستويات العالية لملوحة مياه البحر والتوصيلية المقاسة على وجود تأثير سلبي محتمل على التنوع البيولوجي البحري والنظم البيئية الساحلية. لذا، يجب اتخاذ إجراءات وقائية وتقليل التأثيرات البيئية لضمان استدامة تشغيل منشآت تحلية المياه في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: تحلية المياه، البيئة، الجزائر، التحاليل، الفيزيوكيميائية، النمذجة، الملوحة، الناقلية، التأثيرات البيئية، النظم البيئية الساحلية

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1 : STATIONS DE DESALEMENT OPERATIONNELLES ENTRE 2000 ET 2010 (KAAB &amp; HAMA ; 2023).</b> .....	7
FIGURE 2 : STATIONS DE DESALEMENT OPERATIONNELLES ENTRE 2011 ET 2023 (KAAB & HAMA; 2023). .....	8
FIGURE 3: LES MEGA-STATIONS DE DESALEMENT INSTALLEES EN ALGERIE (KAAB & HAMA 2023). ..	9
FIGURE 4 : LES STATIONS DE DESALEMENT MONO-BLOC INSTALLEES EN ALGERIE (KAAB & HAMA 2023). .....	10
FIGURE 5 : LES STATIONS DE DEMINERALISATION INSTALLEES EN ALGERIE (KAAB & HAMA 2023). 11	
FIGURE 6 : DECOMPOSITION PRIX DE CESSION ( RAPPORT INTERNE D'AEC) .....	15
FIGURE 7: LOCALISATION DE LA STATION DESALEMENT D'EL MARSА (KAAB & HAMA 2023). .....	23
FIGURE 8: SCHEMA GENERAL D'UNE INSTALLATION DE DESALEMENT D'EAU DE MER PAR OSMOSE INVERSE (BELHOUT ET AL., 2018) .....	24
FIGURE 9 :SCHEMA GENERAL DE LA SDEM EL-MARSА (RAPPORT INTERNE COSIDER .2021) .....	24
FIGURE 10 :SYSTEME DE DEGRILLAGE INSTALLE AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023). .....	26
FIGURE 11: SYSTEME DE FILTRE ROTATIF INSTALLE AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023).....	27
FIGURE 12: SYSTEME DES POMPES ASPIRANTES INSTALLEES AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023)..	27
FIGURE 13: SCHEMA REPRESENTATIF DE L'OPERATION COAGULATION-FLOCCULATION (PRESENTATION INTERNE D'AEC.2021). .....	28
FIGURE 14: LIEU D'INJECTION DU COAGULANT ET DU FLOCCULANT AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023). .....	28
FIGURE 15: SYSTEME DE FILTRES A SABLES INSTALLE AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023).....	29
FIGURE 16 :SYSTEME DE FILTRES A CARTOUCHES INSTALE AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (HAMA ET KAAB, MAI 2023).....	30
FIGURE 17: SCHEMA REPRESENTATIF DU PHENOMENE D'OSMOSE ET D'OSMOSE INVERSE (BOUZID-LAGHA & MATROUH, 2018). .....	31
<b>FIGURE 18 :SCHEMA REPRESENTATIF DE LA DISTRIBUTION D' DN 300 AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (RAPPORT INTERNE DE L'ADE).</b> .....	33
FIGURE 19 :SCHEMA REPRESENTATIF DE LA DISTRIBUTION D' DN 800 AU NIVEAU DE LA STATION D'EL MARSА (RAPPORT INTERNE DE L'ADE). .....	33
FIGURE 20 : SCHEMA DESCRIPTIF DE LA METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	36
FIGURE 21 : VARIATION DE LA T° D'EAU BRUTE .....	42
FIGURE 22 : VARIATION DE LA CONDUCTIVITE DE L'EAU DE MER .....	43
FIGURE 23 : VARIATION DE LA SALINITE DE L'EAU DE MER. ....	43
FIGURE 24 : VARIATION DE PH D'EAU DE MER. ....	44
FIGURE 25 : VARIATION DE LA TURBIDITE DE L'EAU DE MER. ....	45
FIGURE 26 : VARIATION DE LA M.O DE L'EAU DE MER. ....	46
FIGURE 27 : VARIATION DE LA TEMPERATURE DE L'EAU TRAITEE. ....	47
FIGURE 28 : VARIATION DE LA CONDUCTIVITE D'EAU TRAITEE.....	47
FIGURE 29 : VARIATION DU PH D'EAU TRAITEE. ....	48
FIGURE 30 : VARIATION DE LA TURBIDITE D'EAU TRAITEE. ....	49
FIGURE 31 : VARIATION DU CHLORE D'EAU TRAITEE.....	49
FIGURE 32 : PRESENTATION DU LOGICIEL. ....	51
FIGURE 33 : INTERFACE UTILISATEUR.....	52
FIGURE 34 : LA VARIATION DE LA CONDUCTIVITE DE L'EAU BRUTE ET DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON HIVERNALE.....	53

FIGURE 35 : LA VARIATION DE LA MASSE DES SELS EN (KG) DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON HIVERNALE.....	53
FIGURE 36 : LA VARIATION DU PH DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON HIVERNALE.....	54
FIGURE 37 : LA VARIATION DE LA T° DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON HIVERNALE.....	54
FIGURE 38 : LA VARIATION DE LA CONDUCTIVITE DE L'EAU BRUTE ET DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON PRINTANIERE. ....	55
FIGURE 39 : LA VARIATION DE LA MASSE DE SELS EN (KG) DANS LA SAUMURE DANS LA SAISON PRINTANIERE .....	56
FIGURE 40 : LA VARIATION DU PH DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON PRINTANIERE .....	56
FIGURE 41 : LA VARIATION DE LA T° DE LA SAUMURE DURANT LA SAISON PRINTANIERE .....	57
FIGURE 42:SCHEMAS SYNOPTIQUE DE SDEM EL-MARSA. ....	77
FIGURE 43 : SCHEMAS SYNOPTIQUE DU PRODUIT CHIMIQUE DE SDEM EL-MARSA .....	77
FIGURE 44 : SCHEMAS SYNOPTIQUE DU DECANTEURS LAMELLAIRES DE SDEM EL-MARSA .....	78
FIGURE 45 : SCHEMAS SYNOPTIQUE DU FILTRES A SABLES + LAVAGE DE SDEM EL-MARSA .....	78
FIGURE 46 :SCHEMAS SYNOPTIQUE DU OI DE SDEM EL-MARSA .....	79
FIGURE 47 : SCHEMAS SYNOPTIQUE DU REMINERALISATION DE SDEM EL-MARSA.....	79
FIGURE 48 : SCHEMAS SYNOPTIQUE DU RESERVOIR D'EAU TRAITEE DE SDEM EL-MARSA.....	80
FIGURE 49 : ETAPES D'OSMOSE INVERSE.....	82
FIGURE 50 : CONCEPTION D'UNE MEMBRANE OI .....	82
FIGURE 51 : TYPE D'ECOULEMENT DANS LA MEMBRANE OI.....	84
<b>FIGURE 52: SYSTEME DE RECUPERATIONS D'ENERGIE (HAMA ET KAAB MAI 2023) .....</b>	<b>85</b>
FIGURE 53 : ETAPES D'OI AVEC LE SYSTEME DE RECUPERATION D'ENERGIE. ....	85
FIGURE 54 : REACTIF DE CHLORE .....	87
FIGURE 55: PHOTOMETRE .....	87
FIGURE 56 : LES FLACON DES ECHANTIONNAGE .....	87
FIGURE 57 : RAMPE DE FILTRATION.....	87
FIGURE 58 : DESSICCATEUR .....	87
FIGURE 59: BALANCE DE PRECISION.....	87
FIGURE 60 : TURBIDIMETRE.....	87
FIGURE 61 : CONDUCTIMETRE .....	87
FIGURE 62 : FOUR A MOUFLE .....	87
FIGURE 63 : PH METRE.....	87
FIGURE 64 : L'ETUVE.....	87
FIGURE 65: LE RAPPORT TECHNIQUE DE LA SIMULATION QUI NOUS ETE REMIS PAR L'APPLICATION.....	94

## LISTE DES TABLEAU

TABLEAU 1: <i>HISTORIQUE DES STATIONS DE DESSALEMENT ET DE DEMINERALISATION D'EAU EN ALGERIE SONATRACH (REZIM &amp; TACHETAOUI, 2020).</i> .....	6
TABLEAU 2: <i>LES COUTS DE CERTAINES STATIONS DE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER EN ALGERIE (RAPPORT INTERNE D'AEC).</i> .....	15
TABLEAU 3 : <i>DIVERS IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIES AUX PROCEDES DE DESSALEMENT.</i> .....	16
TABLEAU 4 : <i>LES RESULTATS DES ETUDES EFFECTUEES SUR LE DESSALEMENT DANS L'ALGERIE.</i>	17
TABLEAU 5 : <i>LES DONNEES RECUEILLIES AUPRES DE L'ADE ET DE L'AEC.</i> .....	37
TABLEAU 6 : <i>LES PARAMETRES ET LES INSTRUMENTS DE MESURE UTILISES SUR LE TERRAIN.</i> .....	38
TABLEAU 7: <i>MATERIELS ET METHODES UTILISEES EN FONCTION DU TYPE D'ANALYSE.</i> .....	38
TABLEAU 8 : <i>M.O ET M.E.S DE L'EAU TRAITEE</i> .....	50
TABLEAU 9 : <i>MESURE IN-SITU DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE DES REJECT</i> .....	50
TABLEAU 10 : <i>LES MOYENNE ET LES 'ECART TYPES DES PARAMETRES EN FONCTIONS SAISONS.</i>	52
TABLEAU 11 : <i>LES STATISTIQUE DE LA SAISON HIVERNALE</i> .....	54
TABLEAU 12 : <i>LES STATISTIQUE DE LA SAISON PRINTANIERE</i> .....	57
TABLEAU 13 : <i>STATION DE DESSALEMENT QUI OPERATIONNELLES ENTRE 2000 ET 2010.</i> .....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
TABLEAU 14 : <i>STATION DE DESSALEMENT QUI OPERATIONNELLES ENTRE 2011 ET 2020 (ADE 2023).</i> .....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
TABLEAU 15 : <i>LES MEGA-STATIONS DE DESSALEMENT INSTALLEES EN ALGERIE ; EN 2023 ..</i>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
TABLEAU 16: <i>LES STATIONS DE DESSALEMENT MONO-BLOC INSTALLEES EN ALGERIE ; EN 2023</i> .....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
TABLEAU 17 : <i>LES STATIONS DE DEMINERALISATION INSTALLEES EN ALGERIE ; EN 2023.</i> .....	67
TABLEAU 18 : <i>LES PRINCIPALES PROBLEMES QUI CAUSEES L'ARRET DES STATIONS SDEM EN ALGERIE.</i> .....	69
TABLEAU 19 : <i>RESUMER DE QUELQUE ETUDE QUI FAITE DANS LES STATION DE DESSALEMENT EN ALGERIE.</i> .....	71
TABLEAU 20: <i>LA NORME ALGERIENNE DE L'EAU POTABLE ET DES REJETS INDUSTRIELS</i> .....	93

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES**

**SDEM** : Station de dessalement l'eau de mer

**IDA** : International Desalination Association -Association internationale du dessalement

**EAU** : Émirats arabes unis.

**USD** : United States Dollar.

**MED** : Multiple Effect Distillation - distillation à multiples effets.

**MSF** : Multi-Stage Flash distillation - distillation à détente étagées.

**OI** : Osmose inverse.

**NF** : Nanofiltration.

**FO** : Forward osmosis - osmose directe.

**ED** : Électrodialyse.

**EDR** : Electrodialysis reversal - électrodialyse inverse ou réversible.

**DM** : Distillation par membrane.

**DMV** : Distillation par membrane sous vide.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**TDS** : Total des solides dissous.

**PH** : Potentiel d'Hydrogène.

**MES** : Matières en suspension.

**MO** : Matière organique

**ORP** : Potentiel d'oxydoréduction

**T** : température

**O&M**: Operation and Maintenance.

**TAP**: Tarifs application préférentielle.

**SPD**: Parti sociale-Démocrate

**FM** ; Flow meter

**PREV**: Polymère renforcé en fibre de verre.

**PEHD** : Polyéthylène Haute Densité

**DN** : Diamètre nominal.

**P** : Pression

**RV** : Réservoir

**CE** : Château d'eau

**SP** : Station de pompage

**PH** : Potentiel hydrogène

**NTU** :Néphélomètre turbidity unit

**PSU** : Pratical salinity unit

## SOMMAIRE :

<i>Introduction générale</i> .....	18
<i>Chapitre 01 : Situation du dessalement et de la déminéralisation en Algérie</i> .....	3
<b>Introduction :</b> .....	4
<b>1.1 Historique du dessalement en Algérie :</b> .....	4
<b>1.2 Situation actuelle du dessalement et de la déminéralisation en Algérie :</b> .....	8
1.2.1 Stations de dessalement opérationnelles en 2023 :.....	8
<b>1.3 Avenir du dessalement en Algérie :</b> .....	11
<b>1.4 Avantages et inconvénients du dessalement :</b> .....	12
1.4.1 Avantages du dessalement :.....	12
1.4.2 Inconvénients du dessalement:.....	13
.....	21
<i>Chapitre 02 : Étude de Cas (station de dessalement d'El Marsa</i> .....	21
<b>2.1 Présentation de la zone d'étude :</b> .....	22
<b>2.1.1 Situation géographique :</b> .....	22
<b>2.2 Présentation générale de la station de dessalement :</b> .....	23
<b>2.3 Fonctionnement de la station :</b> .....	24
<b>2.3.1 Prise d'eau de mer :</b> .....	25
2.3.1.1 Tour de captage :.....	25
2.3.1.2 La conduite d'amenée :.....	25
2.3.1.3 Le bassin de captage :.....	25
<b>2.3.2 Prétraitement :</b> .....	26
<b>2.3.2.1 Dégrillage :</b> .....	26
<b>2.3.2.2 Filtre rotatif (tamis rotatif) :</b> .....	27
2.3.2.3 Station de pompage :.....	27
2.3.2.4 Coagulation-Floculation :.....	28
2.3.2.5 Décantation lamellaire :.....	29
2.3.2.6 Filtration à sable :.....	29
2.3.2.7 Micro filtration (Filtre à cartouches) :.....	30
2.3.2.8 Chloration :.....	30
<b>2.3.3 Osmose inverse</b> .....	30

<b>2.3.4</b>	<b>Reminéralisation (post-traitement) :</b>	32
2.3.4.1	Ajustement du pH :	32
2.3.4.2	Poste chloration :	32
<b>2.3.5</b>	<b>Système de distribution :</b>	32
<b>2.3.6</b>	<b>Système de rejet :</b>	34
	<i>Chapitre 03 : Matériel et méthode</i>	35
	<b>Introduction :</b>	36
<b>3.1</b>	<b>Caractérisation de la qualité des eaux (brute et produite) et des rejets :</b>	37
<b>3.2</b>	<b>Travaux effectués sur le terrain :</b>	37
3.2.1	Échantillonnage et mesures in-situ :	37
3.2.2	Analyses de laboratoire	38
<b>3.3</b>	<b>Modélisation de la qualité des rejets :</b>	39
3.3.2	Objectif de la modélisation :	39
3.3.3	Choix de la méthode Monte Carlo :	39
3.3.4	Description de la méthode de Monte Carlo :	39
	<b>Conclusion :</b>	40
	<i>Chapitre 04 : Résultat et discussion</i>	41
<b>4.1</b>	<b>Caractérisation de la qualité de l'eau brute, eau produite et des rejets</b>	42
4.1.1.	<b>Qualité de l'eau brute (eau de mer)</b>	42
4.1.1.1	Température	42
4.1.1.2	Conductivité	42
4.1.1.3	Salinité :	43
4.1.1.4	Potentiel hydrogène :	44
4.1.1.5	Turbidité	44
4.1.1.6	Matière organique	46
4.1.2	<b>Qualité de l'eau traitée</b>	46
4.1.2.1	Température	46
4.1.2.2	Conductivité :	47
4.1.2.3	Potentiel hydrogène	48
4.1.2.4	Turbidité	48
4.1.2.5	Chlore	49
4.1.2.6	Matière organique et matière en suspension	50
4.1.3	<b>Qualité de l'eau de rejet</b>	50
<b>4.2</b>	<b>Modélisation de la qualité des eaux de rejets</b>	51

<b>4.2.1</b>	<b>Le principe :</b> .....	51
<b>4.2.2</b>	<b>Les données :</b> .....	52
<b>4.2.3</b>	<b>Les résultats de la modélisation des rejets :</b> .....	52
4.2.3.1	Saison hivernale : .....	52
4.2.3.2	Saison printanière .....	55
	<i>Conclusion générale</i> .....	58



*Introduction générale*

## **Introduction**

De nos jours, de nombreuses régions du globe souffrent d'une absence ou d'une insuffisance de ressources en eau douce pour la production d'eau potable, ce phénomène étant exacerbé par la croissance démographique et la production industrielle croissante (M. S. Mehtougui et al., 2015) .

L'eau, une ressource essentielle à la vie est devenue un bien convoité à l'échelle mondiale. En effet, on estime qu'environ 60% de la population mondiale sera confronté à des problèmes de pénurie d'eau d'ici 2025, contre 40% en 2018 (Darre & Toor, 2018).

Face à cette situation, le dessalement est en passe de devenir une méthode prédominante pour la production d'eau potable dans les zones souffrant de pénurie en eau douce. Malgré les difficultés économiques actuelles, le marché du dessalement est un secteur en constante expansion. Ainsi, près de 97 % de l'eau présente sur notre planète est salée, il est donc naturel de se tourner vers cette immense ressource pour pallier le manque d'eau douce qui affecte certaines grandes villes dans le monde (M. Mehtougui, 2015).

Selon le rapport de l'Association internationale du dessalement (IDA), il existe près de 19 744 usines de dessalement dans le monde avec une capacité de production quotidienne d'environ 91,4 millions de m<sup>3</sup>.

L'Algérie fait partie des pays confrontés à des niveaux de pénurie d'eau établis par la Banque mondiale (Livet, 2007), ce qui nécessite la mobilisation de nouvelles ressources, la gestion rationnelle de l'eau, et le développement d'autres ressources ; dites non-conventionnelles comme le dessalement de l'eau de mer (Benaïssa et al., 2020).

C'est ainsi qu'en 2002, le gouvernement a lancé un programme d'urgence de dessalement d'eau de mer (Drouiche et al., 2011) et depuis ; la mise en place de onze (11) méga-stations de dessalement d'eau de mer ; d'une capacité installée de 2,1 millions de mètres cubes d'eau par jour (Amokrane & Salmi, 2021).

Suite à la réussite de ce programme et en réponse à la situation de stress hydrique enregistrée en 2020, les autorités ont initié en 2021 un plan d'urgence visant la mise en place de trois stations de dessalement d'eau de mer au niveau de la capitale d'une capacité de 150 000 m<sup>3</sup>/jour.(Rapport interne d'AEC 2021)

Cependant, malgré les avantages de la technologie de dessalement, elle est également confrontée à divers inconvénients techniques tels que l'entartrage, le colmatage et la corrosion... De plus, il existe des conséquences environnementales importantes telles que l'augmentation de la salinité, qui peut avoir des effets néfastes sur les espèces sensibles aux sels, ainsi que la réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices. Donc une perturbation de l'équilibre écologique. (PNUE, 2001).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude. Celle-ci a pour objectifs de faire le point sur la situation du dessalement de l'eau de mer en Algérie ; son contexte actuel ainsi que son avenir, mais aussi de faire un état de l'art des impacts des installations de dessalement opérationnelles dans le pays sur l'environnement.

Durant la phase de la recherche bibliographique, nous avons pu bénéficier d'un stage pratique au niveau de la station de dessalement d'eau de mer d'*El-Marsa* ; l'occasion pour nous d'en faire un cas d'étude et de réorienter notre thématique de recherche tout en respectant les objectifs préalablement fixés.

Ce stage pratique, nous a permis de découvrir le principe de fonctionnement d'une installation de dessalement de grande capacité mais aussi de tenter une méthode de modélisation des rejets de saumures de la station sus-citée.

Le manuscrit de notre travail est réparti en quatre chapitres :

- Un premier chapitre ; aborde la situation actuelle du dessalement et de la déminéralisation en Algérie, en examinant à la fois leurs avantages et leurs inconvénients, ainsi que leur impact environnemental et leur avenir, tout en prenant en compte leur coût économique
- Un deuxième chapitre ; dans lequel nous présentons notre cas d'étude (**station de dessalement d'El Marsa**). Il qui est consacré à la présentation de la zone d'étude et la description générale de la station de dessalement et son fonctionnement.
- Un troisième chapitre ; intitulé **Matériel et méthode** qui est consacré à la méthodologie de travail suivie pour l'évaluation de la qualité de l'eau brute, de l'eau traitée et celle des effluents de l'installation, ainsi qu'à la modélisation des rejets de saumure par la méthode de Monte-Carlo.
- Enfin, un quatrième chapitre pour la présentation des principaux résultats de mesures, d'analyses, et de simulations effectuées durant notre étude.

*Chapitre 01 : Situation du  
dessalement de l'eau de mer et  
de la déminéralisation en  
Algérie*

**Introduction :**

L'Algérie est située au nord-ouest de l'Afrique sur la côte Méditerranéenne. Elle possède une superficie d'environ 2.4 millions de km<sup>2</sup>, cela justifie la multiplicité de son climat (Algérie, 2015) ; où l'on retrouve :

- dans la partie nord, le littoral et les massifs montagneux qui occupent 4% de la superficie totale ; caractérisés par un climat méditerranée (Meddi et al., 2009);
- les hauts plateaux qui occupent environ 9% de la superficie totale et se caractérisent par un climat semi-aride ;
- le Sahara qui couvre 84% du territoire ; il s'agit d'un ensemble désertique aride (Keddar & Adla, 2020b).

L'Algérie a fait face à une sécheresse récurrente au cours des années 2000, en raison de son emplacement dans une zone subtropicale caractérisée par un climat chaud et sec.

De ce fait, un programme d'urgence a été mis en place dès 2002 pour répondre aux besoins en eau, en se concentrant sur le dessalement de l'eau de mer. Ce programme visait la réalisation de 13 grandes stations de dessalement d'eau de mer ayant une capacité approximative de 2,2 millions m<sup>3</sup>/j (Algérienne des eaux, 2014).

L'étude des besoins et de la localisation des stations de dessalement a été élaborée par le secteur des ressources en eau entre 2002 et 2004, en vue de définir une stratégie de développement du dessalement à court, à moyen et à long terme (horizon 2030). L'étude sur l'évaluation des besoins (domestiques, industriels et agricoles), l'évaluation des ressources en eau conventionnelle et non conventionnelle a concernée 20 wilayas ; dont 14 côtières et 6 limitrophes (Akli & Bedrani, 2011).

Dans ce chapitre, nous reviendrons dans un premier sur l'historique du dessalement en Algérie, pour ensuite donner un aperçu sur les stations mises en service depuis les années 2000 jusqu'à ce jour, ainsi que les projets futurs mis en place par le gouvernement. Enfin, nous présenterons brièvement les avantages et les inconvénients de cette technologie ; en particulier ses effets sur l'environnement.

**1.1 Historique du dessalement en Algérie :**

L'idée d'extraire de l'eau potable à partir de la mer n'est pas nouvelle, puisque celle-ci remonte à l'antiquité. Sous l'effet du soleil les océans s'évaporent, des nuages se forment et

vont générer des précipitations dès que les masses d'air humide atteignent des régions plus froides. Ce processus naturel était repris par les marins de l'époque ; qui en faisant bouillir de l'eau de mer avaient réussi à extraire de l'eau non salée par condensation de la vapeur produite. Mais ce n'est qu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle que sont apparus les premiers procédés de distillation à l'échelle industrielle (Bahri, 2018).

Durant les années 50 et 60, le développement initial de la technologie de dessalement avait été financé par le Département de l'intérieur des États-Unis, par l'intermédiaire du bureau de l'eau salée (Office of Saline Water). La première usine de démonstration de dessalement d'eau de mer fut construite en 1961, au Texas, aux États-Unis (Bahri, 2018).

En Algérie, l'expérience en matière de dessalement est étroitement liée au développement des industries pétrolière et sidérurgique. L'utilisation du dessalement à usage domestique n'a jamais été envisagée sérieusement avant les années 2000. Cependant, la seule expérience tentée reste celle du village d'Ouled Djellal près de la ville de Biskra (nord-est de l'Atlas saharien). Il s'agit en fait d'une petite usine de dessalement installée permettant de réduire la salinité des eaux souterraines locales (Bessenasse et al., 2010).

Dans le domaine industriel, le dessalement et/ou la déminéralisation sont couramment utilisés pour fournir de l'eau aux chaudières, aux cycles de refroidissement, et aux unités de traitement (Bessenasse et al., 2010). En 1964, trois petites unités de dessalement de 192 m<sup>3</sup>/j ont été installées au niveau de l'usine de gaz naturel liquide (GNL) d'Arzew ; un petit port industriel sur la côte ouest du pays. Le procédé utilisé à ce moment-là était basé sur des tubes immergés à basse pression. En 1969, une autre unité dotée de la technologie flash multi-stades (MSF) a été lancée avec une capacité de production de l'ordre de 4560 m<sup>3</sup>/jour (Bessenasse et al., 2010).

Ainsi, de nombreuses autres stations de dessalement et de déminéralisation ont été mises en service ; notamment au niveau des centrales électriques afin de produire de l'eau de haute pureté en vue de répondre aux besoins de ces énormes installations ; telles que Cap Djinet ; à l'est d'Alger, et les usines de la liquéfaction des gaz à Arzew et Skikda ; au niveau de la côte Est (Bessenasse et al., 2010). D'autres installations plus petites ont également été utilisées dans les bases pétrolières et gazières du Sahara, visant à produire une eau de haute qualité pour la consommation humaine (Bessenasse et al., 2010).

Une liste des plus anciennes stations de dessalement ayant existé en Algérie est présentée dans le Tableau 1.

**Tableau 1:** Historique des stations de dessalement et de déminéralisation d'eau en Algérie Sonatrach (Rezim & Tachetaoui, 2020).

Wilaya	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Technologie	Date de mise en service	Exploitant
Arzew	576	Multi-effets	1964	Sonatrach
Arzew	4560	MSF	1969	Sonatrach
Skikda	1440	MSF	1971	Sonatrach
Skikda	720	MSF	1971	Sonatrach
Skikda	1440	Échangeurs d'ions	1971	Sonatrach
Annaba	960	Electrodialyse	1971	Sonatrach
Annaba	3600	Electrodialyse	1973	Sonatrach
Ghazaouat	840	MSF(6 étages)	1974	Sonatrach
Arzew	3888	Échangeurs d'ions	1975	Sonatrach
Arzew	960	Échangeurs d'ions	1975	Sonatrach
Hassi-massaoud	1000	Osmose inverse	1975	Sonatrach
Hassi-massaoud	110	Échangeurs d'ions	1976	Sonatrach
Gassitouil	55	Osmose inverse	1977	Sonatrach
Arzew	350	MSF(6 étages)	1978	Sonatrach
Annaba	14180	Osmose inverse	1978	Sonatrach
Hassi-massaoud	350	Electrodialyse	1978	Sonatrach
Bel abbes	1500	Échangeurs d'ions	1978	Sonatrach
Haoud-berkaoui	55	Échangeurs d'ions	1979	Sonatrach
Hassi-massaoud	300	Electrodialyse	1979	Sonatrach
Rhourd el baguel	25	Electrodialyse	1979	Sonatrach
Arzew	960	MSF(5 étages)	1979	Sonatrach
Annaba	144	Échangeurs d'ions	1979	Sonatrach
Annaba	576	Échangeurs d'ions	1979	Sonatrach
Bassi-Rmel	792	Osmose inverse	1979	Sonatrach
Annaba	6240	Échangeurs d'ions	1980	Sonatrach
Ghardaia	960	Osmose inverse	1980	Sonatrach
Arzew	960	MSF(6 étages)	1980	Sonatrach
Mostaganem	57600	Osmose inverse	1980	Sonatrach
Rhourd El Baguel	300	Electrodialyse	1981	Sonatrach
Annaba	1800	Échangeurs d'ions	1981	Sonatrach
Reghaia	160	Échangeurs d'ions	1982	Sonatrach
Mers el hadjadj	1500	Thermo compression	1977	Sonelgaz
Mers El hadjadj	2000	MSF	1991	Sonelgaz
Mers El hadjadj	500	Thermo compression	1989	Sonelgaz
Cap djinet	2000	MSF	1985	Sonelgaz
Djijel	2000	MSF	1992	Sonelgaz
Djijel	509	Osmose inverse	1992	Sonelgaz

En 2002, pour pallier le manque des ressources en eau naturelles, un programme d'urgence a été mis en place par le gouvernement. Ce programme s'est traduit par la mise en service de 16 stations de dessalement monobloc avec une production globale de 57 500 m<sup>3</sup>/j

(Bessenasse et al., 2010), et de 13 méga stations de dessalement avec une production globale d'environ 2 millions m<sup>3</sup>/j.

En 2011, 11 stations de dessalement d'osmose inverse ont été construites en Algérie (Cder, 2023). La mise en œuvre de ces projets de dessalement a été assurée par deux grandes entreprises ; à savoir :

- l'Algérienne des Eaux (ADE) ; sous la tutelle du Ministère des Ressources en eau (Bessenasse et al., 2010) .
- la société par actions Algerian Energy Company spa (AEC) ; créée en 2001 et détenue à 100 % par Sonatrach depuis 2018.

Les principales installations de dessalement opérationnelles durant les deux périodes : 2000 – 2010 et 2011 – 2016, respectivement dans la figure 1 et la figure 2.

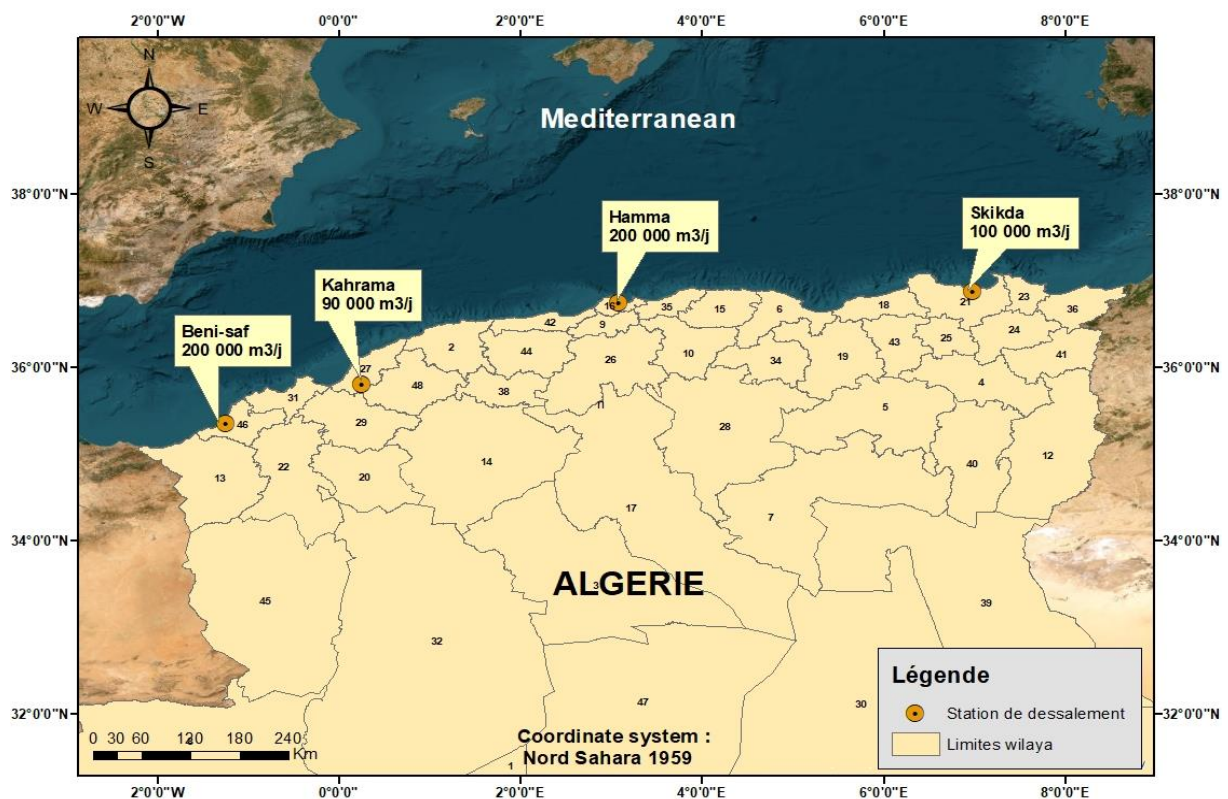


Figure 1 : Stations de dessalement opérationnelles entre 2000 et 2010 (KAAB & HAMA ; 2023).

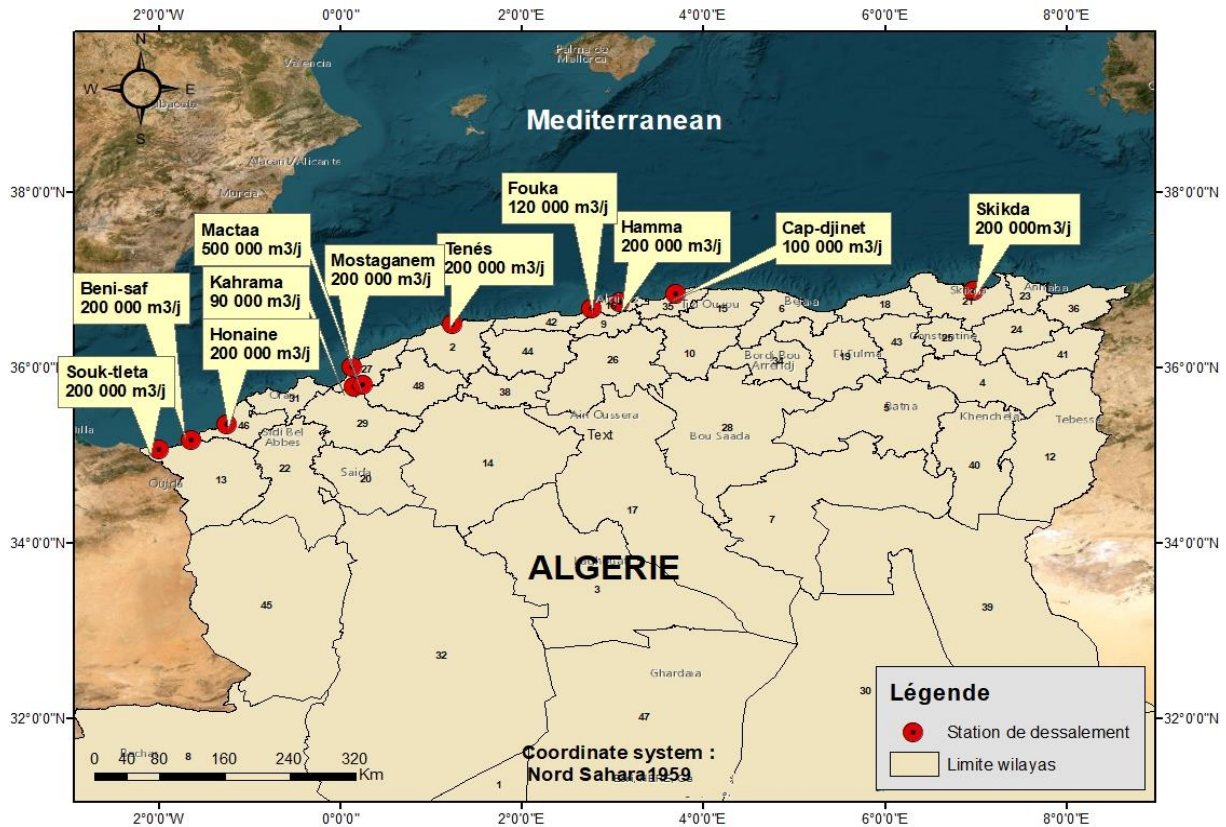


Figure 2 : Stations de dessalement opérationnelles entre 2011 et 2023 (KAAB & HAMA; 2023).

## 1.2 Situation actuelle du dessalement et de la déminéralisation en Algérie :

### 1.2.1 Stations de dessalement opérationnelles en 2023 :

L'Algérie mobilise actuellement 11 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an, dont 7,2 milliards de m<sup>3</sup>/an pour l'usage agricole et 3,8 milliards de m<sup>3</sup>/an pour les besoins domestiques et industriels. 50 % de ces eaux proviennent des eaux souterraines, 33% des eaux de surface et 17% du dessalement de l'eau de mer (Madji & Benaïcha, 2022).

Face au risque de pénurie en eau potable et au regard de la situation climatique de ces dernières années ; principalement marquées par un déficit de pluviométrie, le gouvernement a pris des mesures urgentes afin d'assurer l'approvisionnement régulier de la population en eau potable et œuvrera à faire du dessalement de l'eau de mer la principale ressource à raison de 60% (Ministre, 2021) .

L'Algérie compte actuellement 13 stations de dessalement d'eau de mer opérationnelles, dont le nombre sera porté à 14, après l'entrée en exploitation des projets envisagés dès l'année 2024. Un nombre appelé à la hausse après la concrétisation du 2<sup>ème</sup> programme des six autres

stations, dont la mise en service future va réduire sensiblement la dépendance aux barrages d'eau et eaux souterraines (L'expression, 2023).

La figure 3 et la figure 4 présentent respectivement les principales installations de dessalement opérationnelles en 2023, aussi bien les méga-stations et que les stations mono-bloc.

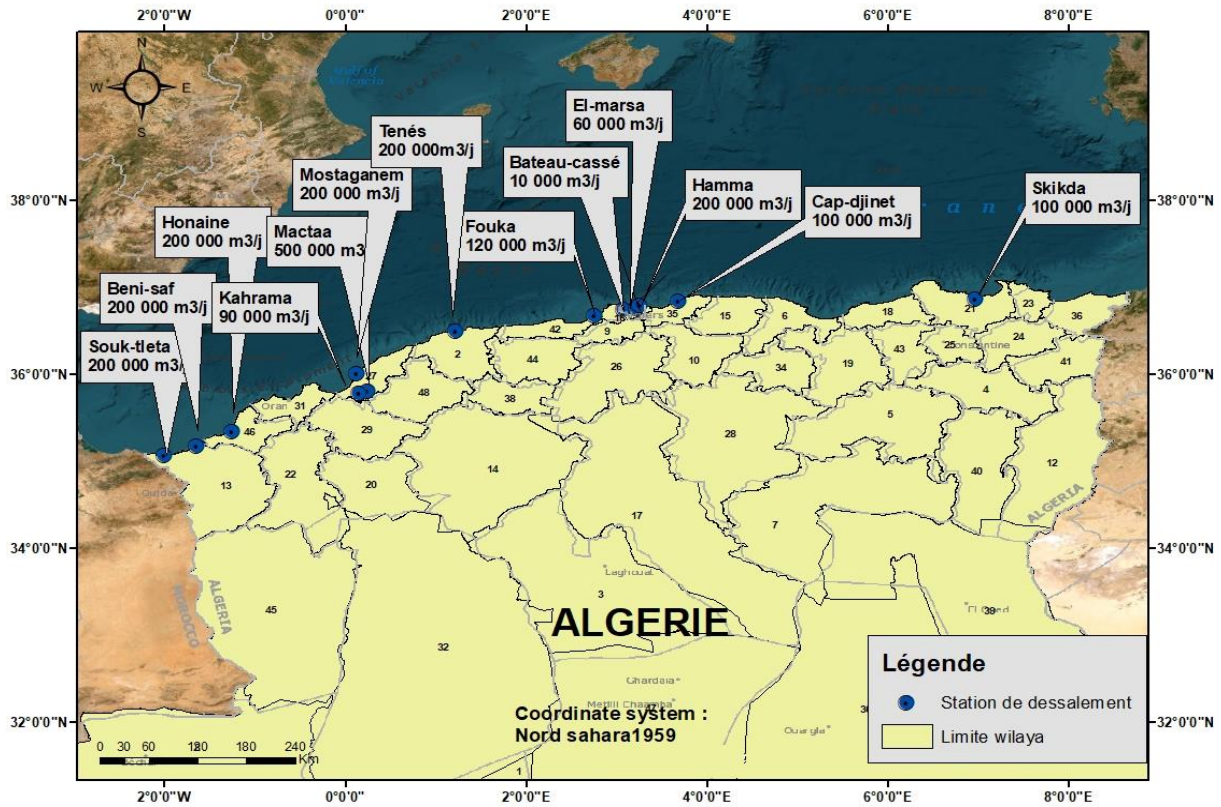


Figure 3: Les méga-stations de dessalement installés en Algérie (KAAB & HAMA 2023).

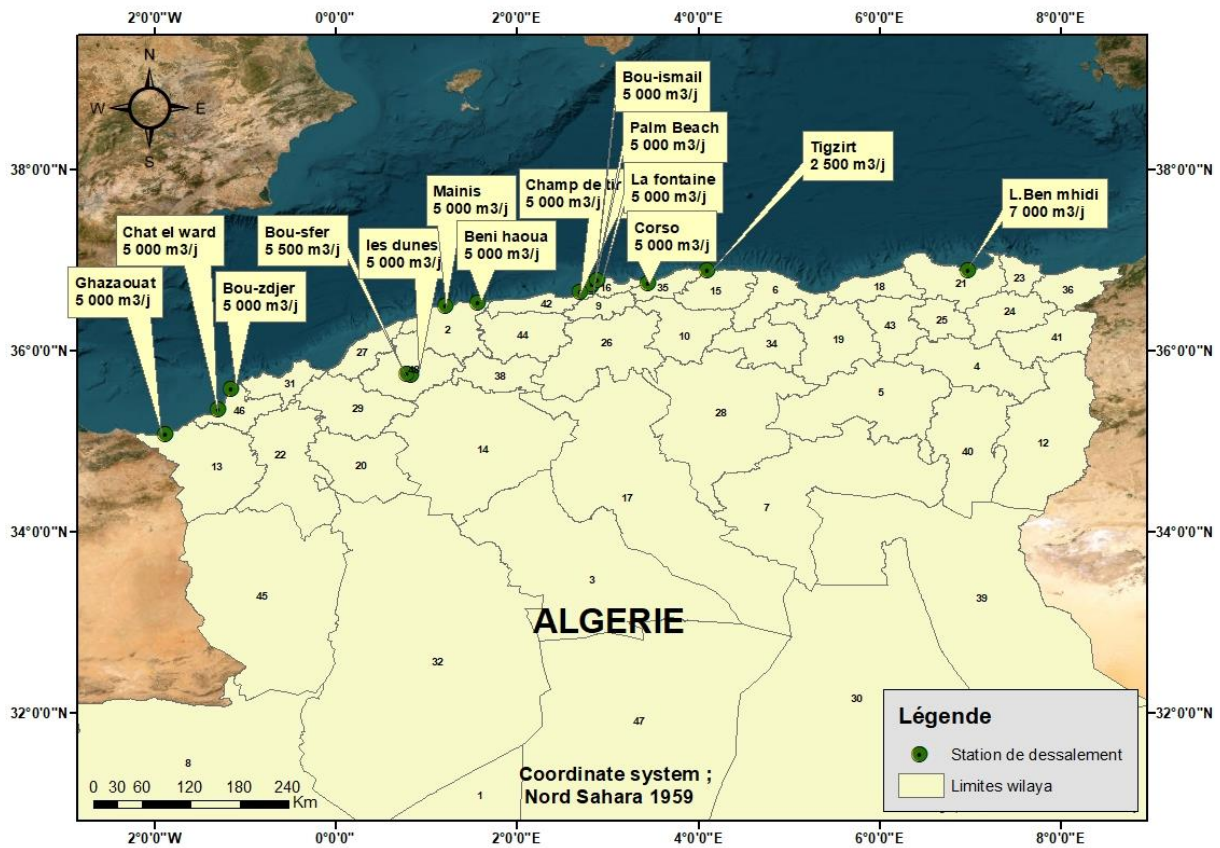


Figure 4 : Les stations de dessalement mono-bloc installées en Algérie (KAAB & HAMA 2023).

### 1.2.2 Les stations de déminéralisation opérationnelles en 2023:

La déminéralisation de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau potable ou de l'eau douce à partir d'une eau saumâtre ou d'eau de mer. Il peut remédier à la pénurie d'eau qui fait obstacle à l'amélioration des niveaux de vie et au développement des secteurs qui en dépendent (Zeghidi, 2020). Les stations de déminéralisation opérationnelles en 2023 sont présentées dans la figure 5.

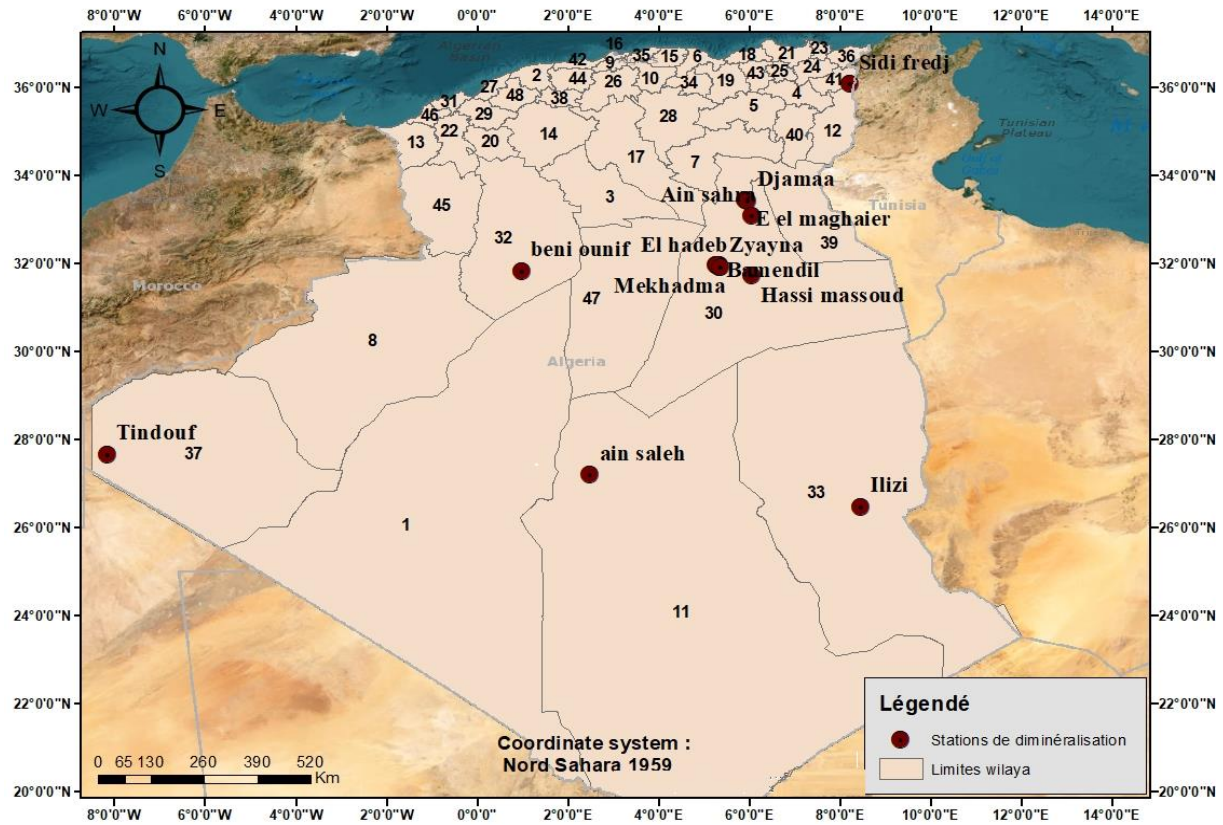


Figure 5 : Les stations de déminéralisation installées en Algérie (KAAB & HAMA 2023).

### 1.3 Avenir du dessalement en Algérie :

Six nouvelles stations de dessalement d'eau de mer, dotées d'une capacité de production de 300 000 m<sup>3</sup>/jour chacune, seront réalisées à partir de l'année 2024. Ces stations seront implantées au niveau des wilayas suivantes : Tlemcen, Mostaganem, Chleff, Tizi Ouzou, Jijel et Skikda. Les installations en question viendront s'ajouter aux cinq stations en cours de réalisation au niveau de : Cap Djinet (Boumerdès), Fouka marine (Tipaza), Cap Blanc (Oran), Koudiet Eddraouch (El Tarf) et Tighremt (Béjaïa), dotées chacune d'une capacité de production de 300 000 m<sup>3</sup>/par jour (L'expression ,2022).

La réalisation de ces installations par AEC portera le nombre de stations de dessalement à 25, ce qui permettra à l'Algérie d'atteindre ; selon l'Agence Nationale des Barrages un taux de dessalement de 42% d'ici 2024 et de 60% d'ici 2030 contre 17% actuellement. Le projet de raccordement des nouvelles stations aux réseaux de distribution assuré par l'ADE repose sur la réalisation de grands réservoirs d'eau d'une capacité de 100 000 m<sup>3</sup> pour chaque station, afin de faire face aux éventuels arrêts d'urgence auxquels ces stations pourraient être.

Parmi ces projets, nous citerons :

- la station de Fouka marine (station Alger-ouest) ; dont la production sera répartie à parts égales entre les wilayas d'Alger et de Blida, à raison d'un quota de 150 000 m<sup>3</sup>/jour pour chacune. Un projet à même d'assurer une alimentation en eau potable à plus de 6,5 millions d'habitants jusqu'aux horizons 2050 (L'expression, 2022) ;
- la station de Koudiet el Draouch (El Tarf) ; dont le volume de production sera partagé entre les wilayas de Annaba (170 000 m<sup>3</sup>/jour), El Tarf (80 000 m<sup>3</sup>/jour) et Guelma (50 000 m<sup>3</sup>/jour).

Face au changement climatique et à la raréfaction des précipitations, le dessalement de l'eau de mer est donc devenu crucial. Les stations de dessalement couvriront une profondeur de 150 km jusqu'aux Hauts Plateaux (Cder, 2023).

Les universités et centres de formation professionnelle algériens seront également impliqués, puisqu'ils proposeront des formations dans le domaine du dessalement d'eau dès l'année académique 2023-2024. Il faut d'ailleurs préciser que la création de ces nouveaux programmes fait partie d'une directive du président de la république (Ecofin, 2023).

## **1.4 Avantages et inconvénients du dessalement :**

### **1.4.1 Avantages du dessalement :**

Le dessalement de l'eau est devenu la principale méthode utilisée dans de nombreux pays pour répondre à la demande croissante en eau potable. La capacité de dessalement est estimée à environ 100 millions m<sup>3</sup>/j, à l'échelle mondiale. En Algérie, elle s'élève à environ 3,5 millions m<sup>3</sup>/j (Moudjeber, 2015).

La technologie de dessalement présente de nombreux avantages. En Algérie, les avantages se résument comme suit :

- la sécurisation de l'alimentation en eau, puisque cette technologie n'obéit pas aux aléas climatiques et permet donc de produire de l'eau d'une manière permanente avec des quantités journalières qui dépassent les 200 000 m<sup>3</sup>/j ; comme pour la station de Magtaa où la production pouvait atteindre les 500 000 m<sup>3</sup>/j (N.SABER 2004)
- la disponibilité de la ressource énergétique avec un prix abordable ;
- la ressource est inépuisable, avec un littoral de 1622 kilomètres (Larbi & Saadaoui, 2019).

- L'accessibilité de cette ressource, puisque la population ainsi que l'industrie à grande consommation d'eau se trouvent à proximité de la mer (Bouزيد-lagha & Matrouh, 2018).

#### 1.4.2 Inconvénients du dessalement:

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit bénéfique pour répondre aux besoins en eau, il présente de nombreux inconvénients quel que soit le procédé utilisé.

Nous citons à titre indicatif :

- Problèmes techniques rencontrés en dessalement
- Cout de dessalement
- Impact environnementale

##### 1.4.2.1 Problèmes techniques rencontrés en dessalement :

Les problèmes rencontrés dans les différents procédés de dessalement sont principalement liés à l'utilisation de solutions salines concentrées ou à la production d'eaux agressives (excès de gaz carbonique par rapport à l'équilibre), qui peuvent provoquer : (Le guern, 2003).

- **un entartrage** ; qui correspond à un dépôt de sels minéraux ayant tendance à se former sur les surfaces d'échanges, à cause des ions présents dans les eaux salines (calcium, magnésium, bicarbonates et sulfate). Ces dépôts sont constitués principalement par des carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ); de l'hydroxyde de magnésium ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) et de sulfate de calcium ( $\text{CaSO}_4$ ). Les dépôts de tartre ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement, comme : la réduction de la section de passage ; la dégradation des états de surface ; la constance de débit et donc l'augmentation des pertes de charge ; et l'obturation des conduites du fait de la diminution de son diamètre par les dépôts de tartre (Hella, 2021).
- **un colmatage** ; en osmose inverse le colmatage des membranes est provoqué par les substances organiques et les microorganismes présents dans les eaux brutes naturelles. Ces organismes retenus par les membranes peuvent les encrasser et trouver des conditions favorables à leur développement. Le bio film formé ; c'est-à-dire le colmatage des membranes a des conséquences directes sur la capacité de production des installations et le coût du processus (Hella, 2021) ,d'où la nécessité de prétraitements adéquats (Hella, 2021).

- **une corrosion** ; elle concerne la dégradation d'une substance, en particulier un métal ou un alliage, provoquée par l'action chimique d'un liquide (eau salée) ou d'un gaz (air). Les principales conséquences de la corrosion sont : la rupture des conduites ; l'augmentation de la rugosité ; les fuites d'eau ; la détérioration de certains équipements tels que les vannes, les actionneurs, et instruments de mesures (Bouchakour & Sadol, 2017).

Concernant les stations de dessalement opérationnelles en Algérie, les problèmes techniques les plus récurrents pouvant être à l'origine d'un arrêt total ou partiel des installations se résument comme suit :

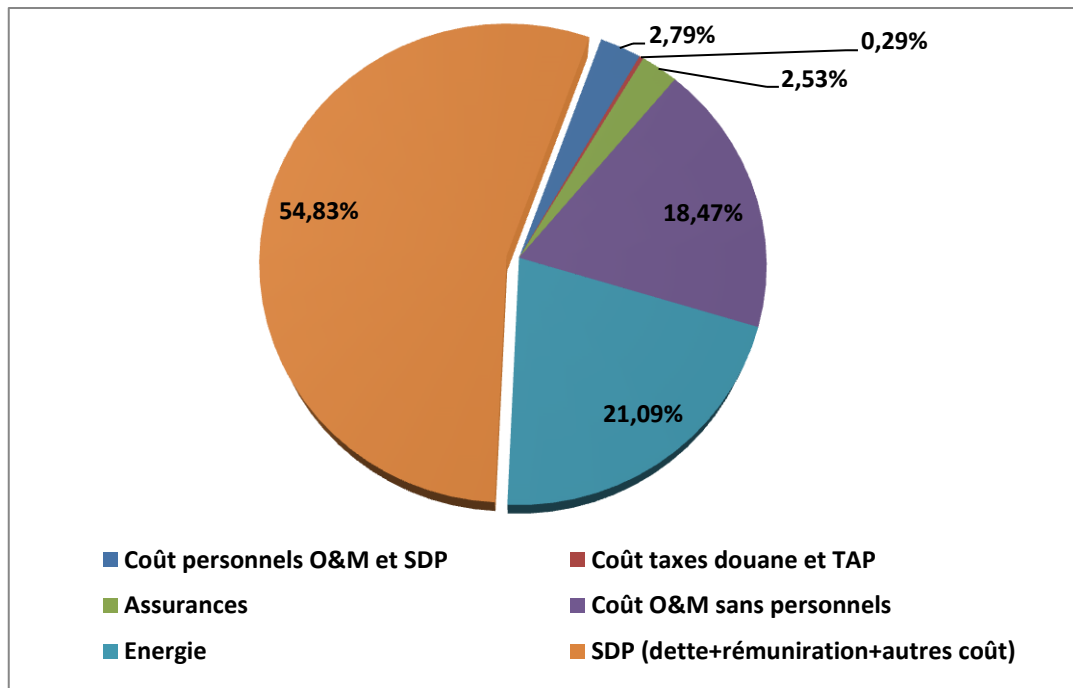
- dégradation de la qualité d'eau de mer ;
- persistance des mauvaises conditions de référence du site ;
- fuites sur le réseau aval ;
- défaut de communication des automates ;
- problèmes d'ordre électrique ; comme des coupures ou des fluctuations (ADE 2018).

#### **1.4.2.2 Coût du dessalement :**

L'Algérie est l'un des pays les plus demandeur en dessalement et fait souvent appel à des sociétés étrangères ; principalement espagnoles pour la construction et l'exploitation des usines (Melgarejo et al., 2021).

Le coût du dessalement exprimé en USD/m<sup>3</sup> d'eau douce produite dépend de la technologie, de la taille de l'installation et de la teneur en sel de l'eau traitée.

Les technologies membranaires peuvent produire de l'eau de bonne qualité à partir d'eau saumâtre avec un coût de 0,50 USD/m<sup>3</sup> (Hamiche et al., 2020). Les coûts sont cependant plus élevés pour traiter l'eau de mer ; un mètre cube d'eau produit est estimé entre 0,5 et 1,1 USD pour l'osmose inverse et entre 0,65 et 1,8 USD pour la distillation.



**Figure 6 :** Décomposition prix de cession ( Rapport interne d'AEC) .

Il est à noter que les technologies thermiques tendent à être plus onéreuses que les technologies membranaires, mais les coûts de ces dernières affichent une tendance à la baisse en raison de leur développement incessant qui conduit à des gains d'efficacité (Tahar & Chebki, 2020).

**Tableau 2:** les coûts de certaines stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie (Rapport interne d'AEC).

Station	Coût (en USD/m <sup>3</sup> )
Ténès	0,59
Mostaganem	0,71
Cap djinet	0,74
Honaine	0,83
Skikda	0,74
Beni Saf	0,70
Souk Tleta	0,79
Fouka	0,75

#### 1.4.2.3 Impacts environnementaux :

Parmi les impacts environnementaux liés aux usines de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des

conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions atmosphériques et des rejets dans les milieux aquatiques (PNUE, 2001).

D'une manière générale, les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, nous citons :

- l'altération de la qualité de l'air, de l'eau, la flore et la faune marine ;
- la dégradation d'écosystèmes importants : dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables ; par l'installation des canalisations ;
- la perturbation de l'accès du public et aux loisirs par le bruit, le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent (PNUE, 2001).

Les principaux impacts sont résumés dans le tableau 3. En Algérie, plusieurs auteurs se sont penchés sur la problématique du dessalement et de ses répercussions sur l'environnement. Les résultats des études effectuées sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau 3 :** Divers impacts environnementaux associés aux procédés de dessalement.

Composante affectée	Source d'impact	Impact
<b>Milieu marin</b> {faune et flore}	Saumure chaude (Belatoui et al., 2017).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pollution thermique</li> <li>▪ Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices.</li> <li>▪ -Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes.</li> </ul>
	Saumure concentrée (PNUE, 2001) .	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Accroissement de la salinité.</li> <li>▪ Effets néfastes pour les espèces résistantes aux sels.</li> </ul>
	Chlore et ses composés : réaction du chlore avec des composés organiques ; hydrocarbures en particulier (PNUE, 2001) .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Désinfection des espaces de l'eau mer.</li> <li>• des polluants persistants et bioaccumulables.</li> </ul>
	Corrosion du matériel de l'usine (Belhout et al., 2018).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altération de l'écosystème par les Métaux lourds</li> </ul>

	<p>Adjonction d'agents Anticorrosion et antitartre (PNUE, 2001).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produits chimiques : perturbation de l'équilibre écologique</li> <li>▪ Eutrophisation des eaux réceptrices.             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Toxicité.</li> <li>▪ Hausse du pH.</li> </ul> </li> </ul>
	<p>L'excavation et le dragage des sédiments et des matériaux du fond de la me</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Libération de contaminants</li> <li>▪ Destruction des habitats benthiques</li> <li>▪ Augmentation Turbidité et limitation de la photosynthèse.</li> </ul>
	<p>Pollutions thermique par La saumure</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Augmentation de la température des océans.</li> </ul>
<p><b>L'atmosphère</b></p>	<p>Utilisation de combustibles et activités d'élimination</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pollution atmosphérique</li> <li>▪ Pluies acides</li> <li>▪ Effet de serre</li> <li>▪ Poussières</li> </ul>
<p><b>AUTRES</b></p>	<p>-Activités de construction -Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bruit</li> </ul>

**Tableau 4 :** Les résultats des études effectuées sur le dessalement dans l'Algérie.

Zone	Cas d'étude	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Impact	Valeurs de référence	Source
Ouest	Chat El Hilal	200 000	<p>L'analyse des rejets a révélé des valeurs élevées de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- salinité : 45 psu ;</li> <li>- TDS : 36 375 mg/l ;</li> <li>- calcium : 2 500 mg/l;</li> <li>- magnésium (8500 mg/l);</li> <li>- chlorures : 45 000 mg/l ;</li> </ul> <p>Ces concentrations sont plus élevées pendant la saison estivale en raison de l'augmentation de la production d'eau durant cette période.</p>	<p>Norme de l'eau de mer Algérienne</p> <p>Salinité : 3550 psu</p> <p>calcium : 453 mg/l</p> <p>magnésium : 1,30 mg/l</p> <p>chlorures:21 500 mg/l</p>	(M. S. Mehtougui et al., 2015)
Centre	Cap djinet	2 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les résultats de l'étude d'impact de la station de dessalement fonctionnant au processus MSF n'indiquent aucun effet notable, mais la taille limitée de l'usine de dessalement a engendré un impact local.</li> <li>- Les résultats ont également montré que l'unité de dessalement MSF est responsable d'une grande perte d'énergie et d'émission de CO<sub>2</sub></li> </ul>	/	(Mohammedi et al., 2013)
Centre	Bousmail	5 000	<p>Les analyses de l'eau de mer ont relevé les valeurs suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH : 6.36 - 6.52</li> <li>- Salinité : 42, 93 to 43.6</li> </ul>	<p>- Valeur de pH dans l'eau de mer algérienne varie entre 6 et 8,5</p> <p>Salinité de la mer Méditerranée : 37.8 - 39.3 PSU</p>	(Belkacem et al., 2017)

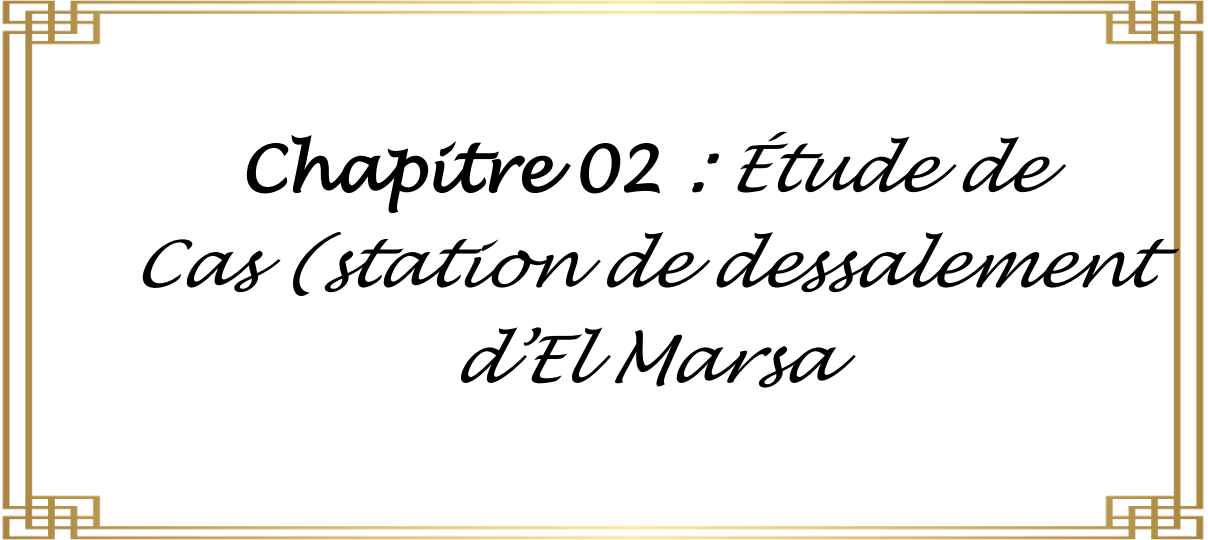
Ouest	Honaine	200 000	<p>La valeur de la salinité de la saumure est : 44800 mg/l,</p> <p>L'augmentation de la salinité de l'eau de mer s'intensifiera à l'avenir, ce qui devrait entraîner une nouvelle détérioration de la qualité de l'eau de mer, qui affectera directement ou indirectement le fonctionnement des usines de dessalement d'eau de mer.</p>	La valeur de la salinité de l'eau de mer est : 35900 PSU	(MEHT OUGUI & Kerfouf, 2018)
Centre	Fouka	200 000	<p>-L'impact des rejets de saumure n'est pas significatif sur les populations de Macrofaune, mais, ceci pourrait être attribué à la mobilité des espèces ou de la surface touchée.</p> <p>- Les mollusques sont les plus représentés avec 32.2 individus ; soit 71% de l'abondance globale.</p>	- Valeur normale.	(Belkacem et al., 2019)
Centre	Hamma	200 000	<p>-Le processus de dilution de la saumure et les caractéristiques du panache des rejets de la station de dessalement ont été étudiés par imagerie satellites à l'aide d'outils géométriques disponibles sur le logiciel Google Earth Pro.</p> <p>Cette étude indique que l'emplacement de l'émissaire ne permet pas une bonne dispersion des rejets de saumure.</p>	/	(Amokrane & Salmi, 2021)
Ouest	Bousfer	5 500	La patelle « <i>Patella rustica</i> » a été utilisée pour la surveillance des effets de la saumure sur l'environnement. Il a été conclu que les niveaux élevés de salinité et de polluants chimiques provoquent un stress physiologique chez les patelles et augmentant ainsi la production de espèces réactives de l'oxygène ROS(en anglais : reactive oxygen species ).		(Benaisa et al., 2017)

**Conclusion :**

La construction d'usines de dessalement est l'une des mesures que l'Algérie prendra pour atténuer les effets de la sécheresse dans le pays et faire face aux "déficits pluviométriques croissants à cause du changement climatique (Atalayar, 2023).

A travers ce premier chapitre nous avons pu constater que le dessalement de l'eau de mer est un moyen efficace qui permet de fournir de l'eau potable aux personnes vivantes dans des régions où cette ressource se raréfie (Keddar & Adla, 2020a).

Mais, les nombreuses installations mises en place, ainsi que les projets en vue peuvent avoir des impacts négatifs sur l'environnement.



*Chapitre 02 : Étude de  
Cas (station de dessalement  
d'El Marsa*

## Introduction :

En raison du stress hydrique enregistré en 2020, les autorités ont lancé un plan d'urgence pour la réalisation de trois stations de dessalement d'eau de mer au niveau de la capitale à savoir :

- la station Bateaux cassée ; d'une capacité de production de 10.000 m<sup>3</sup>/j ;
- la station de Corso ; d'une capacité de 80.000 m<sup>3</sup>/j ;
- et la station d'El-Marsa, dotée d'une capacité de 60.000 m<sup>3</sup>/j (Sdem & Marsa, 2021).

Cette dernière station fera l'objet de notre cas d'étude et une présentation détaillée de la station de dessalement d'EL-Marsa sera donnée dans ce deuxième chapitre.

## 2.1 Présentation de la zone d'étude :

### 2.1.1 Situation géographique :

La position géographique de la station de dessalement a été choisie stratégiquement pour répondre aux besoins en eau potable de la région d'Alger Est. Elle bénéficie d'un accès facile à l'eau de mer, nécessaire pour la production d'eau douce par le processus de dessalement.

La station de dessalement d'eau de mer ( SDEM ) qui a fait l'objet de cette étude se trouve dans la commune d'El Marsa, dans la wilaya d'Alger à environ 25 kilomètres à l'est d'Alger. Elle est localisée sur le littoral nord de l'Algérie à une latitude 36°48'13"N et une longitude 3°15'32" E et s'étend sur une superficie d'environ 5 hectares (Figure 7).

L'installation est proche de la ville de Bordj El Bahri et est accessible par la route nationale RN1, qui longe la côte et relie Alger à plusieurs autres villes côtières de la région (Sdem & Marsa, 2021). Elle est délimitée :

- au nord ; par une exploitation agricole 796 ;
- au sud ; par la route W149 ;
- à l'est ; par une installation dédiée à la télé division 649 ;
- à l'ouest ; par la route communale de la ville d'EL Marsa.



**Figure 7:** Localisation de la station dessalement d'EL Marsa (KAAB & HAMA 2023).

## 2.2 Présentation générale de la station de dessalement :

La construction de la station de dessalement a débuté en septembre 2021 et le démarrage effectif s'est fait progressivement dès octobre 2022 ; jusqu'à atteindre novembre 2022 la production nominale ; c'est à dire  $60.000 \text{ m}^3/\text{j}$  (Présentation interne d'AEC 2023).

La station de dessalement d'eau de mer fonctionne avec le procédé d'osmose inverse, comme la majorité des stations de dessalement en Algérie pour les raisons suivantes :

- le procédé est totalement modulaire ; ceci permet à la production d'être à la fois souple et de s'adapter facilement à la demande ;
- le procédé d'osmose inverse fait appel à l'énergie électrique qui varie en fonction de la température et de la salinité de l'eau.

Cette technologie qui consomme environ  $3 \text{ à } 5 \text{ kWh/m}^3$  tout compris ; à raison de 2,8 à 3,5 par poste d'osmose proprement, est moins énergivore comparée aux autres procédés de dessalement (Moudjeber, 2015).

### 2.3 Fonctionnement de la station :

À titre de rappel, la station de dessalement d'EL Marsa fonctionne avec le procédé d'osmose inverse. Ce dernier comporte d'une manière générale cinq phases principales (prise ou captage d'eau de mer, prétraitement, osmose inverse, la reminéralisation, et distribution de l'eau produite) (Figure 8).

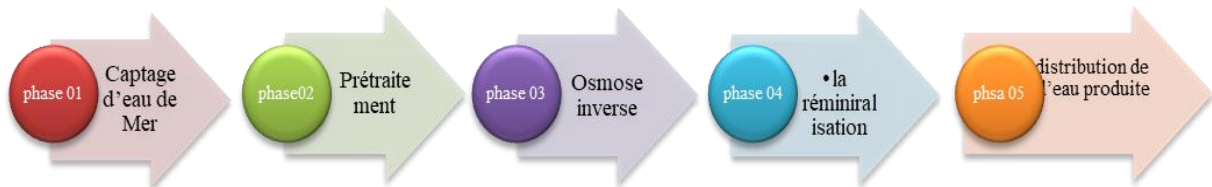


Figure 8: Schéma général d'une installation de dessalement d'eau de mer par osmose inverse (Belhout et al., 2018)

La production d'eau au niveau de l'installation est réalisée conformément au schéma général présenté dans la figure 9.

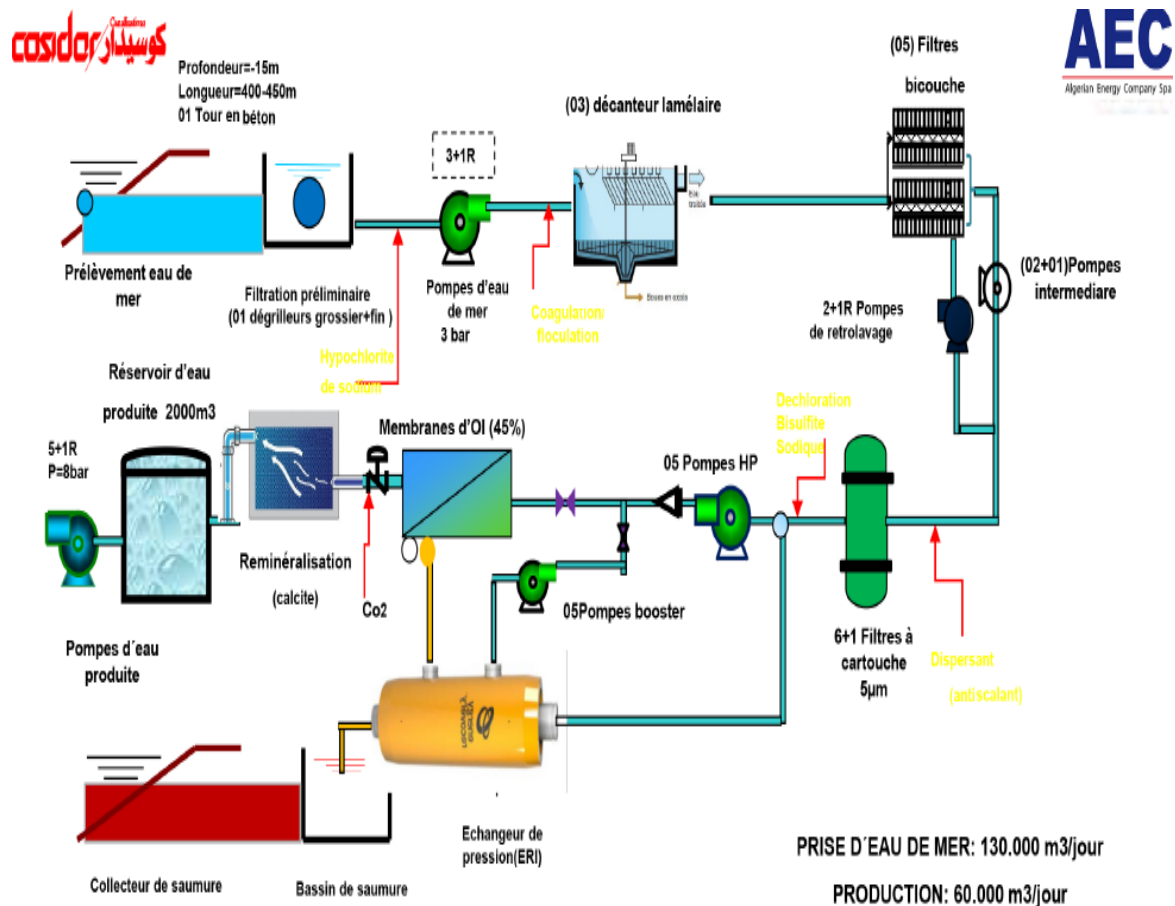


Figure 9 : Schéma général de la SDEM EL-Marsa (Rapport interne COSIDER .2021)

### 2.3.1 Prise d'eau de mer :

Le captage de l'eau de mer est la première opération qui s'effectue au niveau de la station. Cette phase a pour objectif de collecter une eau la plus claire possible afin de réduire l'injection de produits chimique lors du prétraitement (Rapport interne AEC). L'eau de mer captée arrive dans le réservoir de réception, où les particules grossières seront éliminées par les grilles avant la phase de filtration.

Le système de captage de la station est constitué d'une tour de captage, d'une conduite d'amenée, et d'un bassin de captage.

#### 2.3.1.1 Tour de captage :

La tour de captage d'El Marsa est située à une profondeur de - 14m, dont les trous d'aspiration sont munis de grilles pour éviter l'aspiration de grands objets (vitesse d'aspiration de l'eau est inférieure à 0.2m/s).

Ce type d'installations est essentiel dans les unités d'osmose inverse de grande capacité, puisqu'il permet d'avoir une eau de haute qualité par rapport à celle qui est proche de la côte. L'emplacement de la tour de captage doit se faire de manière à assurer sa stabilité et à éviter l'aspiration des sédiments ainsi que les objets flottants et l'air.

Des études précises sur le transfert sédimentaire, la houle, la bathymétrie sont nécessaires afin d'assurer ces deux critères (Sdem & Marsa, 2021).

#### 2.3.1.2 La conduite d'amenée :

La conduite d'amenée consiste en une canalisation réalisée en tuyaux en béton armé, PEHD ou PRFV, de 230 m de long et d'un diamètre de 1200 mm. Elle permet de relier la tour de captage au bassin (bâtiment de captage), avec une vitesse d'écoulement d'eau de 1.36 m/s (Sdem & Marsa, 2021).

#### 2.3.1.3 Le bassin de captage :

Le bassin de captage est un réservoir qui se trouve en général au point le plus bas du système de pompage, il sert à stocker temporairement l'eau arrivant pour ensuite la guider vers la conduite d'aspiration. Il se caractérise par une vitesse très faible, sans tourbillon, avec le minimum de pertes de charge, et sans déclencher de phénomènes d'entraînement d'air ou de cavitation (Sdem & Marsa, 2021).

### 2.3.2 Prétraitement :

Le prétraitement de l'eau de mer avant l'osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes sont très sensibles au colmatage, une bonne qualité d'eau en entrée des modules d'OI est indispensable pour assurer des performances stables sur le long terme (Cosider, 2022).

#### 2.3.2.1 Dégrillage :

Le dégrillage est la première étape de prétraitement, qui permet de :

- protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des dommages sur les installations ;
- séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements d'eau.
- L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre barreaux de grille. On peut distinguer plusieurs conceptions :
  - le pré dégrillage, pour écartement supérieur à 40 mm ;
  - Le dégrillage moyen, pour écartement de 40 à 10 mm ;
  - Le dégrillage fin, pour écartement de 10 à 6 mm ;
  - Le tamisage, pour écartement de 6 à 0,5 mm ;

Pour la station d'El-Marsa on utilise le pré dégrillage (écartement supérieur à 40 mm) (Cosider, 2022).



*Figure 10 : Système de dégrillage installé au niveau de la station d'El Marsa (Hama et Kaab, mai 2023).*

### 2.3.2.2 Filtre rotatif (tamis rotatif) :

Le filtre rotatif permet une séparation plus fine que le dégrillage. La filtration est réalisée par un transfert à l'aide d'une tôle perforée ou grillagée. Le tamisage est la plupart du temps automatisé grâce à une motorisation du système du ramassage par vis, tambour ou racle (Présentations interne d'AEC).



**Figure 11:** *Système de filtre rotatif installé au niveau de la station d'EL Marsa (Hama et Kaab, mai 2023)*

### 2.3.2.3 Station de pompage :

La station de pompage permet de déplacer l'eau d'un niveau bas vers un niveau supérieur, depuis le bassin de captage vers le système de prétraitement via un réseau de canalisations.

Il est à noter qu'il existe deux types de système de pompage au niveau de la station d'El Marsa ; des pompes en charge et des pompes en aspiration.(Cosider, 2022).



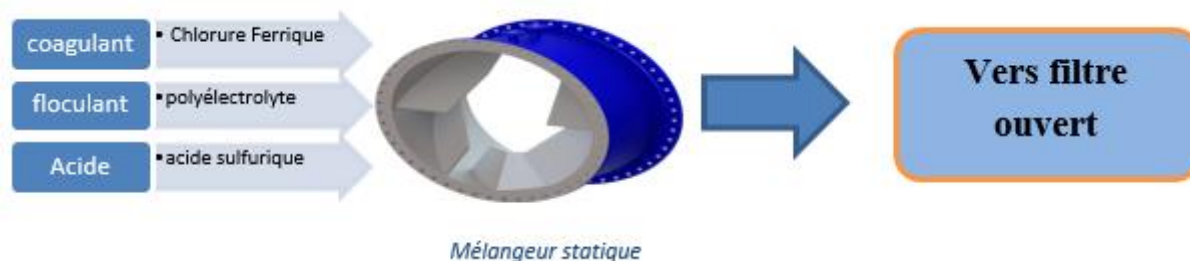
**Figure 12:** *Système des Pompes aspirantes installés au niveau de la station d'El Marsa (Hama et Kaab, mai 2023)..*

### 2.3.2.4 Coagulation-Floculation :

La coagulation et la floculation sont appliquées pour améliorer considérablement la qualité de l'eau de mer en réduisant les matières en suspension.

La coagulation consiste à ajouter un coagulant (Chlorure Ferrique ( $\text{FeCl}_3$ )) après le pompage de l'eau de mer. Elle permet de déstabiliser la charge électrique des particules colloïdales pour favoriser leur agglomération et pouvoir les éliminer ou les réduire au maximum par la suite.

La floculation consiste à injecter un floculant poly-électrolyte après le pompage pour augmenter la probabilité de contact entre les particules, afin de les regrouper pour une meilleure précipitation (AEC, 2021).



**Figure 13:** Schéma représentatif de l'opération coagulation-floculation (Présentation interne d'AEC.2021).

Au niveau de la station d'El Marsa, le floculant et le coagulant sont injectés directement dans un mélangeur statique installé au niveau de la conduite (Figure 14). Le dosage est assuré par des pompes et la quantité de produit à injecter est liée directement à la qualité d'eau de mer (présentations interne d'AEC).



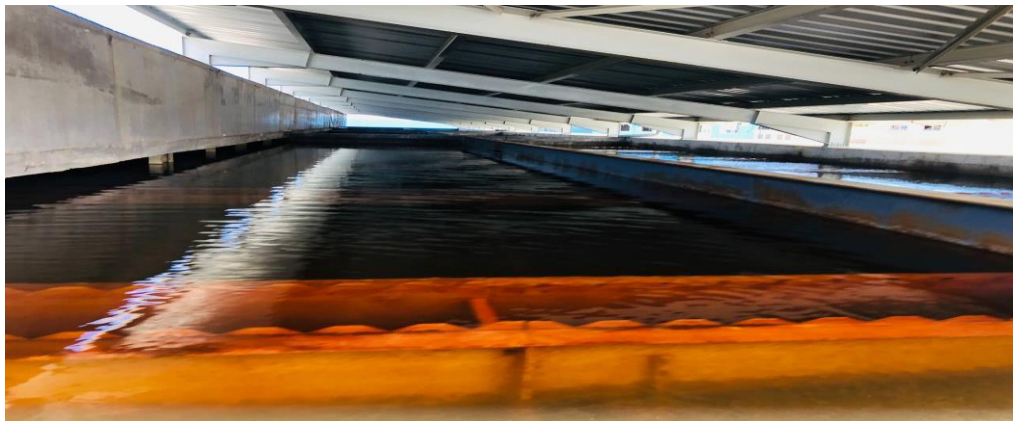
**Figure 14:** Lieu d'injection du coagulant et du floculant au niveau de la station d'El Marsa (Hama et Kaab, mai 2023).

### 2.3.2.5 Décantation lamellaire :

Le décanteur lamellaire est composé d'un bac dans lequel des lamelles sont installées, inclinées et parallèles entre elles. La multiplication de ces lamelles permet d'accroître la surface de décantation tout en réduisant l'espace occupé au sol par le décanteur. La décantation lamellaire fonctionne sur le principe du flux horizontal. Ainsi, les eaux de mer entrent et sortent du bac de décantation lamellaire selon un mouvement horizontal, dans la partie haute du décanteur (Rapport interne AEC).

### 2.3.2.6 Filtration à sable :

Un filtre à sable est un type de filtre mécanique fréquemment constitué de sable disposé en couches de granulométrie croissante de haut en bas. Il est souvent utilisé pour le traitement d'eau et l'obtention d'un fort degré de purification, par l'élimination des matières en suspension (Rapport interne d'AEC).



**Figure 15:** *Système de filtration à sables installé au niveau de la station d'El Marsa (Hama et Kaab, mai 2023).*

On distingue deux types de filtre à sable :

- filtre à sable gravitaire ; constitue un filtre à sable dans lequel l'eau contenant les particules entre par le sommet et descend à travers le lit de sable filtrant. L'énergie nécessaire à la filtration est fournie par gravité. Ce type de filtre est utilisé au niveau de la station de dessalement d'El Marsa
- filtre à sable sous pression (pressurisé) ; il est similaire au filtre à sable par gravité sauf que le filtre est enfermé dans un récipient sous pression et qu'une charge est appliquée au filtre par une pompe (AEC, 2021).

### 2.3.2.7 Micro filtration (Filtre à cartouches) :

Pour filtrer et éliminer les particules de dimensions supérieures à  $05\mu\text{m}$  (polymères et micro-organismes en suspension), protéger le système d'osmose inverse et assurer une meilleure qualité d'eau, une microfiltration est appliquée.

Des filtres à cartouches plus fins ( $03\mu\text{m}$ ,  $01\mu\text{m}$ ) peuvent également être utilisés afin de préserver d'avantage les membranes d'osmose inverse. Mais ce type de filtres nécessite d'être changé assez souvent en raison de leur colmatage plus rapide (AEC, 2021).



**Figure 16 :** *Système de filtration à cartouches installé au niveau de la station d'El Marsa (Hama et Kaab, mai 2023).*

### 2.3.2.8 Chloration :

Au niveau de la tour de captage d'eau de mer et après la station de pompage, une injection d'hypochlorite de sodium ( $\text{NaOCl}$ ) est nécessaire pour :

- la désinfection et la stérilisation de l'eau ; afin de réduire la croissance biologique ;
- l'inactivation des micro-organismes (bactéries principalement), micro-algues et des champignons (AEC, 2021).

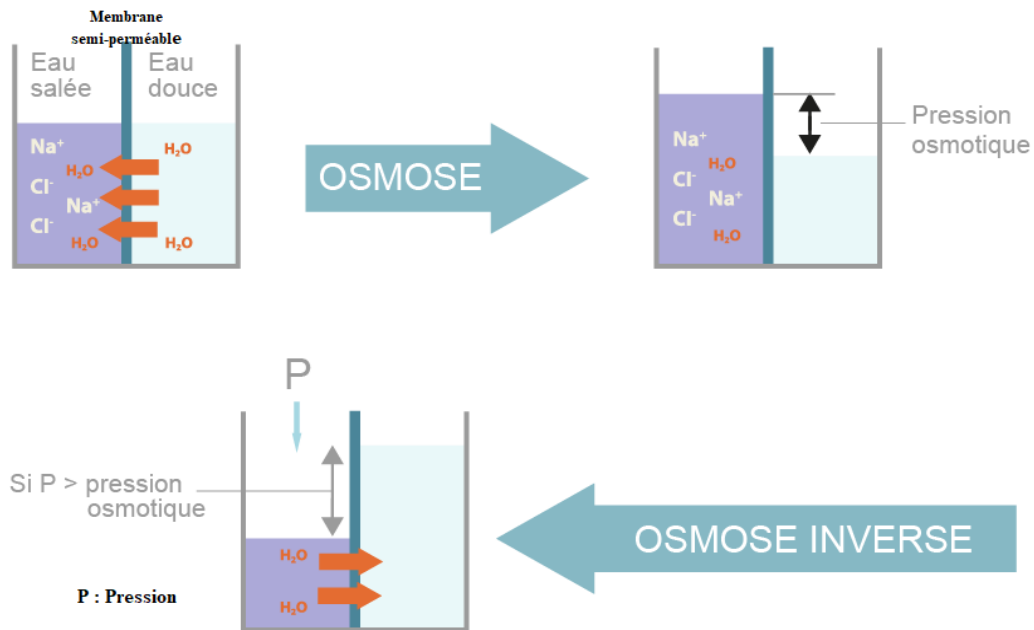
Au niveau de la station d'El Marsa, la chloration est utilisée uniquement en cas de besoin.

### 2.3.3 Osmose inverse

L'osmose est un phénomène naturel qui se manifeste à travers une membrane semi-perméable. L'eau douce migre vers un milieu plus concentré en sel (Figure 17.). Le phénomène s'arrête

lorsqu'une pression ( $\Pi$ ), appelée pression osmotique, est atteinte (Bouزيد-lagha & Matrouh, 2018).

En exerçant une pression ( $P \gg \Pi$ ) sur l'eau salée pour faire migrer les molécules d'eau à l'extérieur du milieu concentré (Figure 17). Ce processus est connu sous le nom d'osmose inverse (OI) (Bouزيد-lagha & Matrouh, 2018).



**Figure 17:** Schéma représentatif du phénomène d'osmose et d'osmose inverse (Bouزيد-lagha & Matrouh, 2018).

Au niveau des installations de dessalement, la phase d'osmose inverse est la partie la plus importante du processus. Elle se compose des éléments suivants :

- bloc d'osmose inverse (membranes) ;
- système de pressurisation (groupe de pompes à haute pression (HP)) ;
- et système de récupération d'énergie.

Il convient de noter que 55 à 60 % de l'énergie injectée dans le système est rejetée sous forme de saumure à haute pression.

Pour récupérer cette énergie avec un maximum d'efficacité pour la réinjecter dans le système, la méthode de l'échangeur de pression permet une récupération d'énergie de 50% à 60%. Ce système permet ainsi d'atteindre de manière significative de  $3 \text{ kWh/m}^3$  de perméat, dans le seul but de pressuriser l'osmoseur (Bouزيد-lagha & Matrouh, 2018).

### 2.3.4 Reminéralisation (post-traitement) :

Il existe plusieurs méthodes de reminéralisation du perméat, les plus utilisées en Algérie sont la reminéralisation par ajout de la chaux ou de la calcite ( $\text{CaCO}_3$ )

La dernière méthode consiste à faire passer de l'eau dessalée à travers une chambre remplies de calcite (sous forme de granulés) après l'injection dans cette eau d'un gaz carbonique. Cette méthode utilisée au niveau de la station d'El Marsa, permet à l'eau pauvre en minéraux et acide de dissoudre rapidement ces granulés et se chargera à son tour en calcium contenu dans ces granulés (Rapport interne d'El-Marsa).

#### 2.3.4.1 Ajustement du pH :

Le pH de l'eau produite sera mesuré et un ajustement de sa valeur sera fait si nécessaire ; soit par un acide, si la valeur est supérieure à celle recherchée ou par une base, si la valeur est inférieure à celle qui est recherchée (Amitouche et al., 2017).

#### 2.3.4.2 Poste chloration :

Bien que les membranes d'osmose inverse retiennent tous les micro-organismes, il est nécessaire d'assurer un niveau de chlore résiduel pour la désinfection, afin d'éviter toute contamination et développement biologique (Lefkir, 2018).

### 2.3.5 Système de distribution :

Après le post-traitement, l'eau sera stockée dans des réservoirs généralement conçues en béton armé pour être ensuite distribuée grâce à des stations de pompage vers des conduites de réseau fournis par l'acheteur.

Dans le cas de la station d'El Marsa, deux conduites de distribution sont disponibles :

- une d'un diamètre de DN300 (diamètre nominale) pouvant évacuer un débit de  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  (équivalent à une quantité journalière de  $7200 \text{ m}^3/\text{j}$ ) ;
- une conduite de diamètre de DN800 pouvant évacuer un débit de  $2500 \text{ m}^3/\text{h}$  (équivalent à une quantité journalière de  $60000 \text{ m}^3/\text{j}$ ) (Rapport interne d'ADE).

Selon la demande de l'acheteur les deux conduites peuvent travailler ensemble avec un débit journalier de  $7200 \text{ m}^3$  pour la DN300 (Figure 18) et  $52\,800 \text{ m}^3$  pour la DN800 (Figure 19) ou l'utilisation de seulement une seule conduite pour la distribution à savoir la DN800 avec le débit nominal de la station ( $60\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ ) (Rapport interne d'AEC).

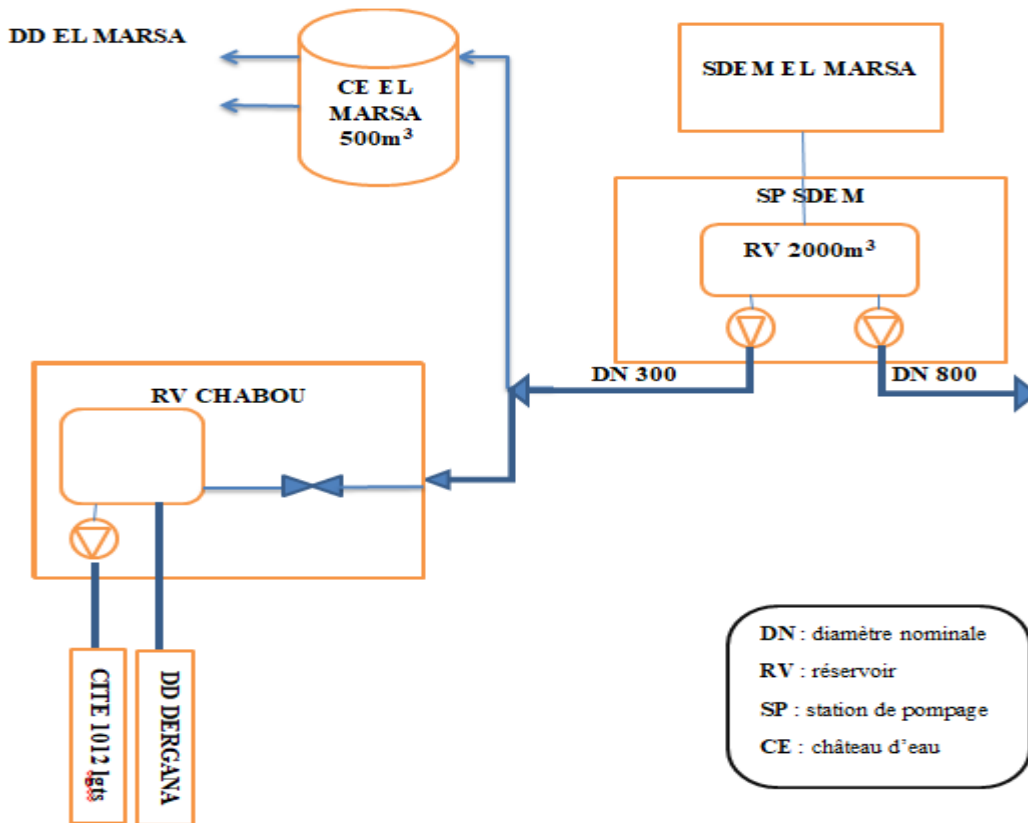


Figure 18 : Schéma représentatif de la distribution d' DN 300 au niveau de la station d'El Marsa (Rapport interne de l'ADE).

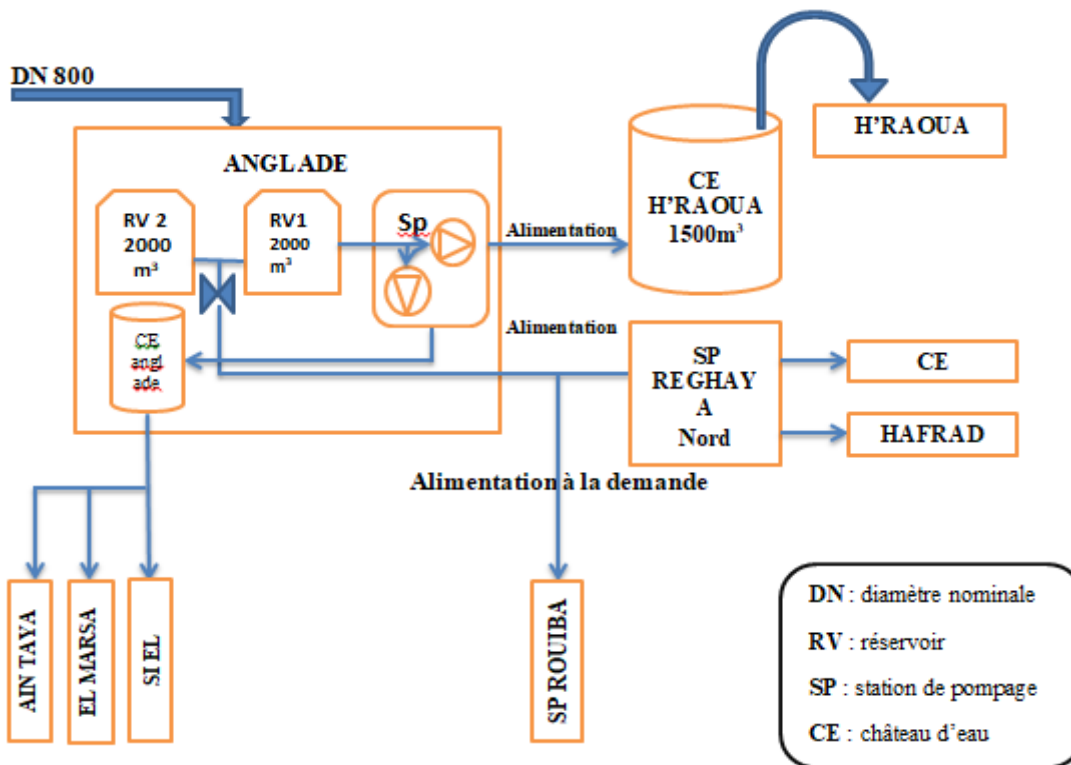


Figure 19 : Schéma représentatif de la distribution d' DN 800 au niveau de la station d'El Marsa (Rapport interne de l'ADE).

La station dispose également d'un laboratoire d'analyse afin de permettre le suivi et le contrôle de la qualité de l'eau distribuée. Des analyses de la qualité de l'eau sont effectuées à chaque étape de traitement ; depuis la mer jusqu'à la distribution pour assurer les dosages de produits chimique adéquats durant le processus.

### 2.3.6 Système de rejet :

La gestion des rejets de saumure est assurée par les équipements conçus à cet effet. Les points d'entrée sont situés suffisamment loin en mer pour garantir le bon fonctionnement de la station, quelles que soient les conditions météorologiques (Keddar & Adla, 2020a);

Le rejet de la saumure est situé à une profondeur de -10 m et sur une distance de 550 m à l'est de la position initial du projet (Etude de panache 2, 2022) ;

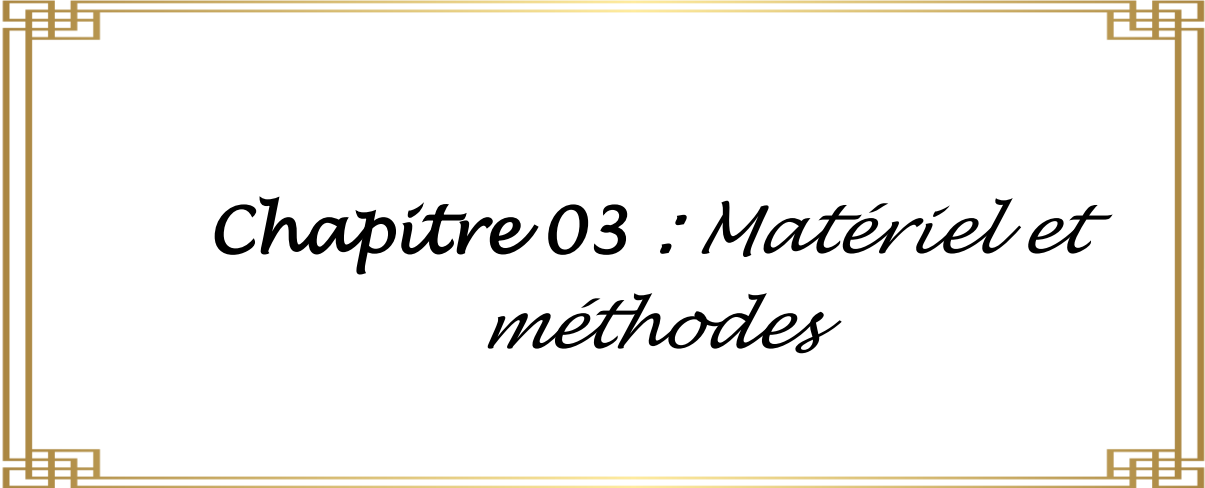
Le système de vidange des rejets de la station de dessalement comprend un canal équipé de diffuseurs sous-marins. La saumure est récupérée par un collecteur après avoir été traitée par les récupérateurs de pression, puis dirigée vers un réservoir enterré dédié au lavage des filtres. Le rejet final de saumure se fait dans un exutoire marin relié à un canal d'évacuation pouvant s'étendre jusqu'à 550 mètres en mer, afin d'assurer une dilution optimale et de prévenir toute incidence néfaste sur l'environnement. Les rejets sont constitués de liquides issus de différentes étapes du traitement (Tabouche & Bouazni, 2020) , notamment :

- le nettoyage des membranes,
- le lavage du filtre à sable,
- le système de lavage des lits de calcite,
- ainsi que de produits chimiques injectés pendant le processus de traitement.

### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé les résultats de notre observation et apprentissage lors de notre période de stage. Nous avons détaillé le processus de fonctionnement de la station de dessalement d'eau de mer d'El Marsa afin de diagnostiquer les différentes étapes, notamment la prise de l'eau de mer, le prétraitement, l'osmose inverse, la reminéralisation et la distribution. Nous avons également examiné le système de rejet de cette station.

Il convient de noter que la station traite un débit quotidien d'environ 130 000m<sup>3</sup>/j unités provenant de la mer, produisant ainsi un débit de 60 000m<sup>3</sup>/j unités, tandis que les 70 000m<sup>3</sup>/j unités restantes sont rejetées dans la mer.

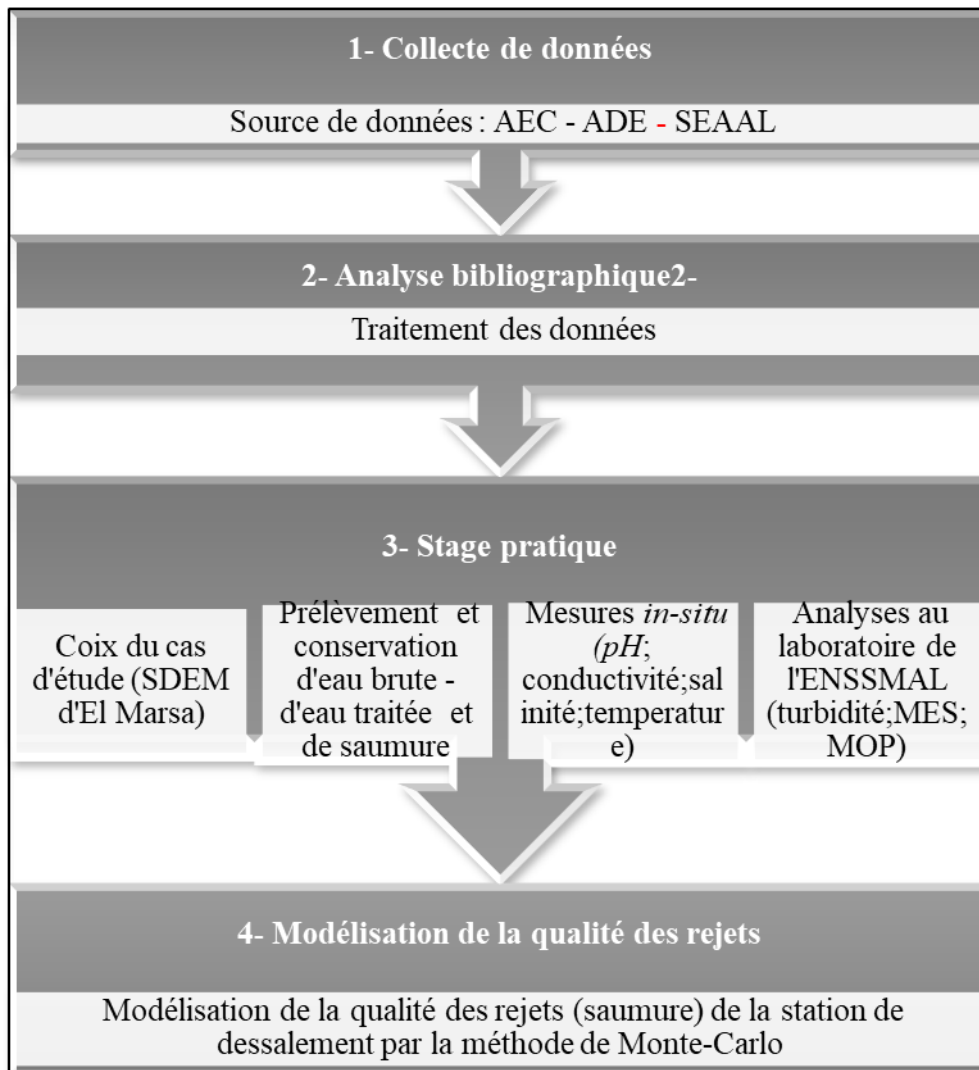


*Chapitre 03 : Matériel et  
méthodes*

## Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons la méthodologie de travail suivi pour évaluer la qualité de l'eau brute, de l'eau traitée et celle des rejets de saumure de la station de dessalement d'El Marsa. La première partie consiste à décrire les données recueillies au niveau d'AEC et de l'ADE, ainsi que les travaux effectués durant le stage pratique. Nous décrirons les conditions d'échantillonnage, les mesures physico-chimiques effectuées sur le terrain et au laboratoire de ENSSMAL. La deuxième partie concerne la simulation de la qualité des rejets de saumure. Celle-ci est basée sur la méthode de Monte Carlo.

L'approche méthodologique décrite dans la figure (20.) Va nous permettre à fournir d'estimer de manière précise l'évaluation de la qualité de l'eau de mer, de l'eau traitée et celle des rejets, de ses implications pour l'environnement.



**Figure 20 :** Schéma descriptif de la méthodologie de travail

### 3.1 Caractérisation de la qualité des eaux (brute et produite) et des rejets :

#### 3.1.1 Données fournies :

Les données recueillies auprès de l'ADE et de l'AEC sur la qualité de l'eau de mer, l'eau traitée de la station de dessalement EL-Marsa. Ces données couvrent à la fois la période de la mise en service de la station et celle pendant son fonctionnement. Un récapitulatif de ces données est présenté dans le tableau (5)

**Tableau 5 :** Sources de données recueillies.

Type de données	Paramètres	Période	Source
Qualité d'eau brute (eau de mer) avant la réalisation de la station	Les paramètres physico-chimiques	Novembre 2021	AEC
Qualité d'eau brute (eau de mer)	pH	De 22/01/2023 jusqu'à 10/05/2023	AEC
	Conductivité	De 13/01/2023 jusqu'à 10/05/2023	
Qualité d'eau produite	pH	13-14/05/2023	AEC
	Conductivité	De 13/01/2023 jusqu'à 10/05/2023	
	ORP	13-14/05/2023	
Qualité de l'eau produite	Les paramètres physico-chimiques.	De 07/02/2023 jusqu'à 09/05/2023	ADE

### 3.2 Travaux effectués sur le terrain :

#### 3.2.1 Échantillonnage et mesures in-situ :

Des prélèvements d'échantillons d'eau brute, d'eau traitée et de saumure ont été effectués le 04/06/2023 au niveau de la station de dessalement d'EL-Marsa ;

- les prélèvements d'eau de mer ont été réalisés au niveau du bassin de captage ;
- les prélèvements d'eau traitée ont été réalisés au niveau du réservoir de distribution d'eau produite ;
- les prélèvements de la saumure ont été réalisés au niveau de la conduite des rejets.

En utilisant directement un bécher de 500ml pour mesurer paramètres physico-chimiques tels que la salinité, le pH, la température et la conductivité, et des flacons en polyéthylène de 1000ml préalablement rincés à l'eau du milieu pour les analyses de la Turbidité, matière en

suspension (MES) et de la matière organique (MO) L'ensemble de ces flacons ont été conservés dans une glacière pour être acheminés au laboratoire de ENSSMAL.

**Tableau 6 :** *Instruments de mesure utilisés sur le terrain.*

Paramètre	Instrument de mesure	Figure
<b>Salinité</b>	conductimètre de la marque (WTW 7310)	Figure (55) (Annexe III)
<b>pH</b>	pH-mètre de la marque (WTW7110)	Figure (63) (Annexe III)
<b>Température</b>	conductimètre de la marque (WTW 7310)	Figure (61) (Annexe III)
<b>Conductivité</b>	conductimètre de la marque (WTW 7310)	Figure (61) (Annexe III)

### 3.2.2 Analyses de laboratoire

Après notre retour de la sortie, nous avons immédiatement procédé à la mesure de la turbidité à l'aide d'un turbidimètre, en suite nous avons effectué la filtration à l'aide d'une rompe de filtration équipée de filtres pré-conditionnés dans le but de quantifier les matières en suspension (MES) et les matières organiques particulières (MOP).

**Tableau 7:** *Matériel et méthodes utilisées en fonction du type d'analyse.*

Type d'analyse	Matériel utilisé	Protocole
Mesure de la turbidité	Turbidimètre	Figure(60) (Annexe III)
Mesure de la matière en suspension (MES)	Rampe de filtration Pompe à vide Filtres Whatman. Eprouvette graduée de 500 ml. Eau distillé Port à filtre Etuve. Dessiccateur. Pince. Balance de précision	Aminot, A et Chaussepied, M. (1983) (Annexe III)
Mesure de la matière organique (MOP)	Pince Creusés en porcelaine. Four à moufle Dessiccateur Balance de précision	Aminot, A et Chaussepied, M. (1983) (Annexe III)

### 3.3 Modélisation de la qualité des rejets :

La modélisation de la qualité des rejets est un processus analytique visant à évaluer et prédire la qualité des effluents produits par les installations de dessalement. Son objectif est de développer des modèles mathématiques et statistiques pour estimer les concentrations ou les niveaux de divers polluants, contaminants ou substances indésirables présents dans ces rejets. Visant l'absence de données des rejets concrètes sur terrain donnée Ces modèles intègrent des variables telles que les caractéristiques de l'activité, les conditions météorologiques, la géographie, les caractéristiques du site (Sbayou, 2019).

#### 3.3.2 Objectif de la modélisation :

L'objectif principal de la modélisation de la qualité des rejets consiste à évaluer les impacts potentiels sur l'environnement et à prendre des mesures préventives ou correctives pour garantir la conformité aux normes et réglementations en vigueur en matière de qualité de l'eau. Cette approche permet aux stations de mieux comprendre les conséquences de leurs activités sur l'environnement et de mettre en place des mesures de contrôle appropriées pour minimiser les risques pour la santé humaine et les écosystèmes (Delyon, 2010).

#### 3.3.3 Choix de la méthode Monte Carlo :

Dans ce contexte, la méthode de Monte Carlo a été choisie pour la modélisation de la qualité des rejets. Elle permet de prendre en compte l'incertitude et la variabilité inhérentes à de nombreux facteurs, tels que les caractéristiques de l'eau brute, les performances des équipements de dessalement, les variations saisonnières et les conditions météorologiques. En utilisant cette méthode, il est possible de générer des ensembles de scénarios réalistes qui capturent la gamme complète des résultats possibles, offrant ainsi une meilleure compréhension des risques potentiels et des mesures d'atténuation nécessaires (Hayoun, 2002).


#### 3.3.4 Description de la méthode de Monte Carlo :

La méthode de Monte Carlo est une technique qui utilise des nombres aléatoires pour estimer des solutions probabilistes à des problèmes complexes. Elle consiste à générer des échantillons de données à partir d'une distribution statistique donnée, puis à les utiliser pour évaluer des fonctions non linéaires ou des équations différentielles difficiles à résoudre analytiquement. En calculant la moyenne et l'écart-type des résultats obtenus à partir de ces

échantillons, la méthode fournit une estimation probabiliste de la solution du problème. La méthode de Monte Carlo trouve des applications dans divers domaines tels que la finance, la physique, la chimie et l'informatique. Cependant, elle présente des limitations, notamment en termes de temps et de ressources de calcul nécessaires, ainsi que des erreurs d'estimation potentielles si le nombre d'échantillons est insuffisant. Une bonne connaissance du modèle à simuler est également essentielle pour garantir la validité des résultats obtenus (Kroese, 2011).

### **Conclusion :**

À la conclusion de cette étude, et après avoir analysé différentes données sur lesquelles nous nous sommes accordés, nous avons conclu que la méthode de Monte Carlo est la plus appropriée pour compléter les données manquantes nécessaires de la qualité de rejets dans notre prochain chapitre.



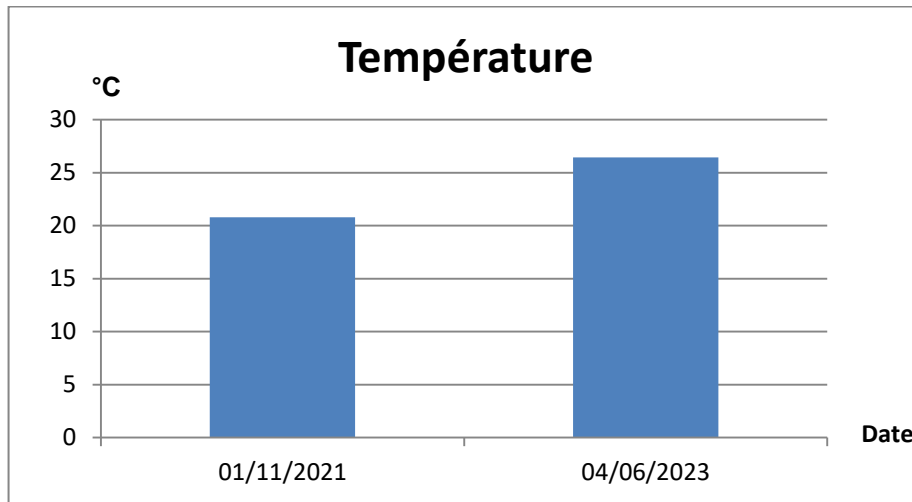
*Chapitre 04 : Résultats et  
discussion*

## 4.1 Caractérisation de la qualité de l'eau brute, eau produite et des rejets

### 4.1.1. Qualité de l'eau brute (eau de mer)

#### 4.1.1.1 Température

La figure 21 présente la variation de la température de l'eau brute avant et durant le fonctionnement de la station.



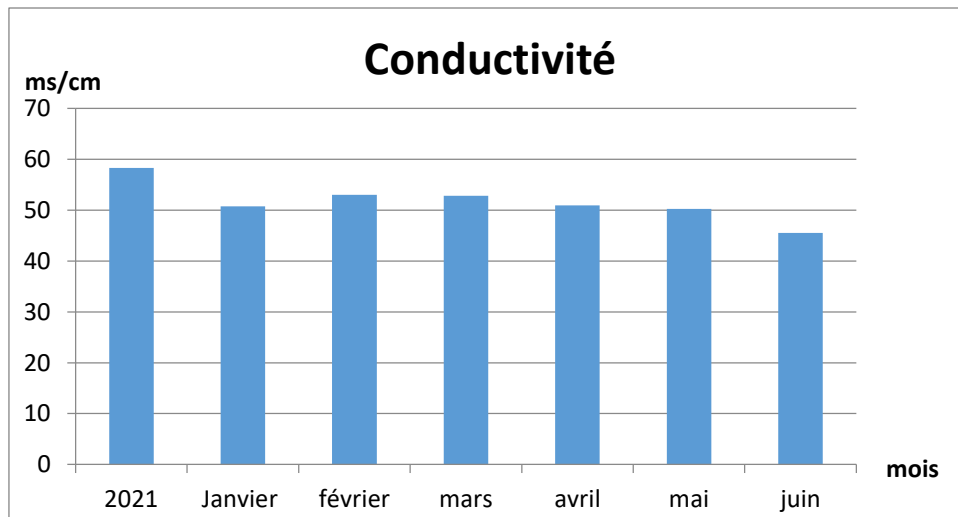
**Figure 21** : Variation de la Température de l'eau brute avant après la mise en service de SDEM d'El Marsa

La température de l'eau est une qualité importante dans les paramètres environnementaux. D'après les résultats, nous remarquons que la température est variable, elle varie entre [21° ; 26°]. Ces valeurs varient selon la saison.

#### 4.1.1.2 Conductivité

La figure 22 présente la variation de la conductivité de l'eau de mer en fonction du temps.

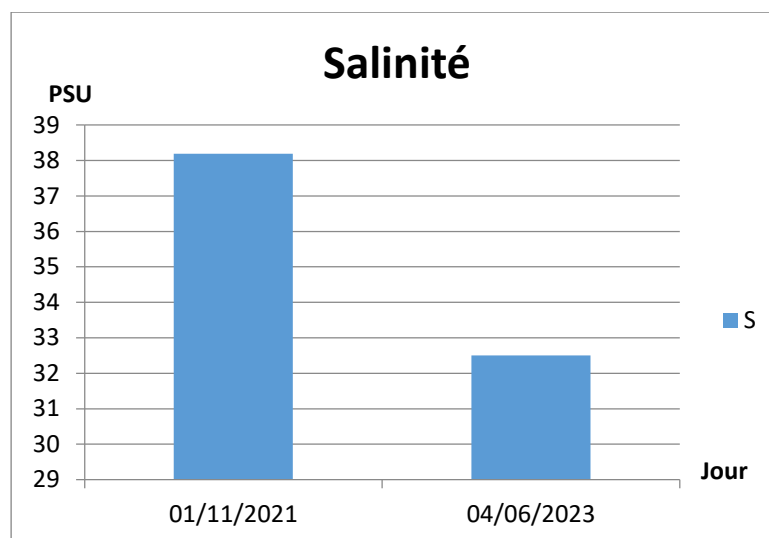
D'après les résultats, nous observons une légère diminution de la conductivité de l'eau mer a été observée compris entre (45-57) ms/cm. Cette diminution peut être attribuée à des précipitations abondantes que nous avons enregistrées ces derniers mois par rapport aux autres mois d'hiver et aux premiers mois de printemps.



**Figure 22 :** Variation de la conductivité de l'eau de brute avant et après la mise en service de SDEM d'El Marsa

#### 4.1.1.3 Salinité :

La figure 23 présente la variation de la salinité de l'eau de mer en fonction du temps

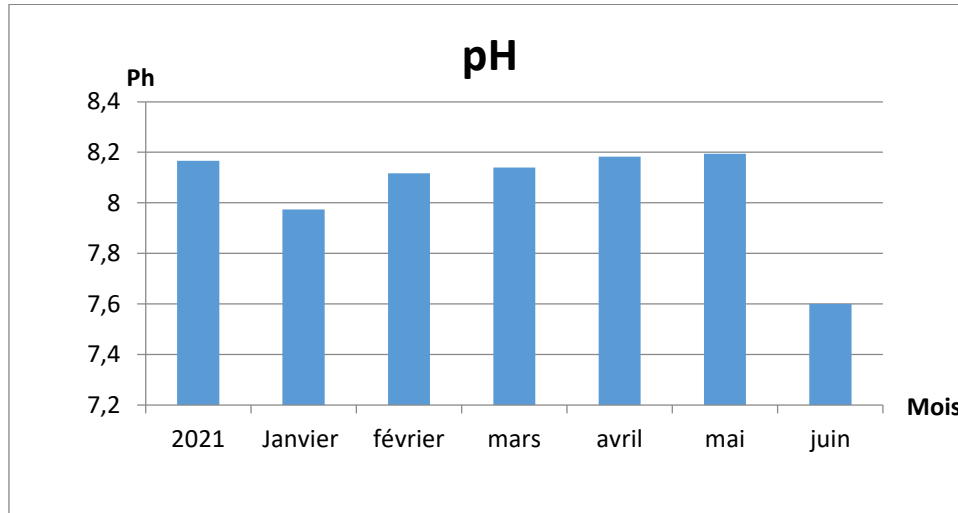


**Figure 23 :** Variation de la salinité de l'eau brute avant et après la mise en service de SDEM d'El Marsa

Les résultats de la salinité de l'eau brute ont donné une valeur minimale de 32.5 PSU, Cette valeur de salinité présentée ne correspond pas à la valeur directe mesurée in-situ et cela en raison de la défaillance de la sonde de salinité survenue le jour de la sortie, de ce fait, nous avons procédé à un ajustement des valeurs mesurées à partir de la formule d'Aminot et Kérouel (Aminot & Chaussepied, 1983) en utilisant la température et la conductivité. Ainsi, la valeur maximale calculée est de l'ordre de 39.1 PSU.

#### 4.1.1.4 Potentiel hydrogène :

La figure 24 présente la variation de PH de l'eau brute en fonction du temps avant et durant le fonctionnement de la station en fonction du temps.

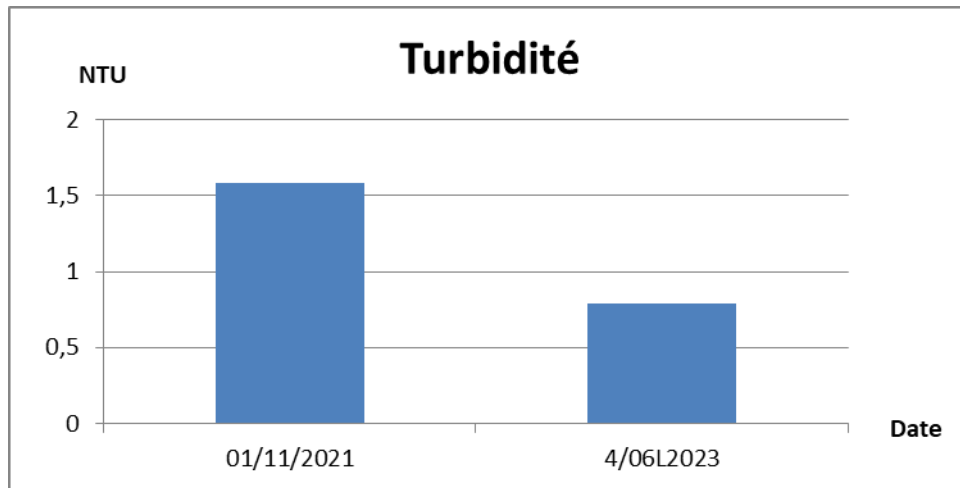


**Figure 24** : Variation du pH de l'eau brute avant et après la mise en service de SDEM d'El Marsa

Les résultats des mesures de pH des eaux brutes ont révélé une valeur minimale de pH de 7,6. (. Cette valeur peut être attribuée à deux facteurs distincts : Le premier concerne la défaillance de la sonde de pH-mètre utilisée le jour de l'échantillonnage, ce qui a potentiellement affecté les mesures de pH. Le deuxième facteur, est en relation avec le point de prélèvement. Il convient de souligner que les échantillons ont été prélevés au niveau du bassin de captage plutôt qu'à la source directe dans la mer, ce qui peut avoir influencé les niveaux de pH observé. Les valeurs de pH varient entre un minimum de ... et un maximum de 8.19.

#### 4.1.1.5 Turbidité

La figure 25 présente la variation de la turbidité de l'eau brute en fonction du temps. Avant et durant le fonctionnement de la station



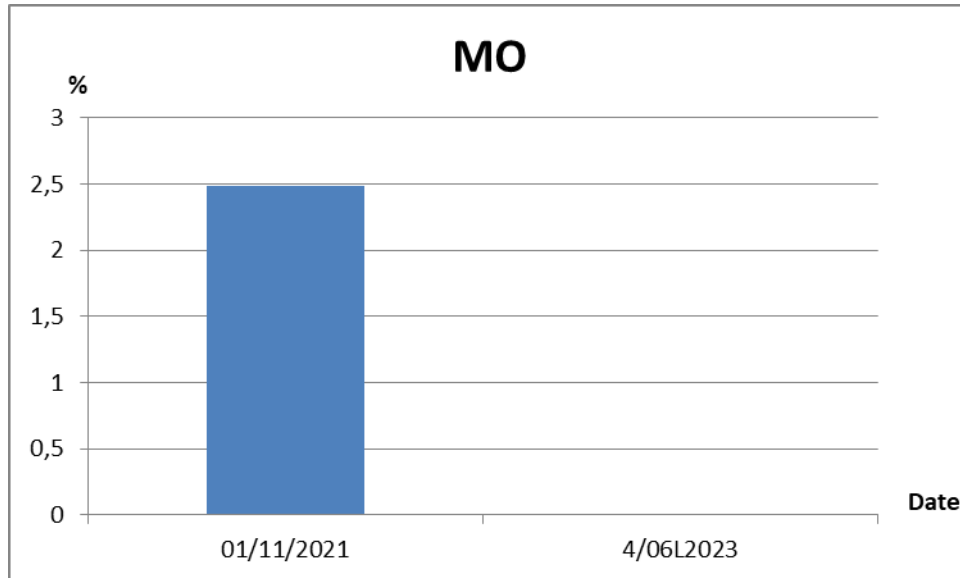
**Figure 25 : Variation de la turbidité de l'eau de brute avant et après la mise en service de SDEM d'El Marsa**

Les résultats de la turbidité des eaux brutes ont révélé une variation significative, avec une valeur minimale de 0,8NTU et une valeur maximale de 1,58NTU. Cette variation peut être attribuée à plusieurs facteurs :

- Le choix du point de prélèvement (au niveau de bassin de captage).
- le choix de site (230m de la cote)
- La présence d'une zone rocheuse : La présence de roches dans les environs peut contribuer à la diminution de la turbidité de l'eau brute. Les particules en suspension provenant de ces roches peuvent rendre l'eau plus trouble.
- L'absence d'influentes : La non-présence d'influentes, tels que des ruisseaux ou des rivières, qui apportent des apports supplémentaires d'eau dans le bassin de captage, peut également jouer un rôle dans la variation de la turbidité

#### 4.1.1.6 Matière organique

La figure 26 présente la variation de la matière organique de l'eau brute avant et durant le fonctionnement de la station.



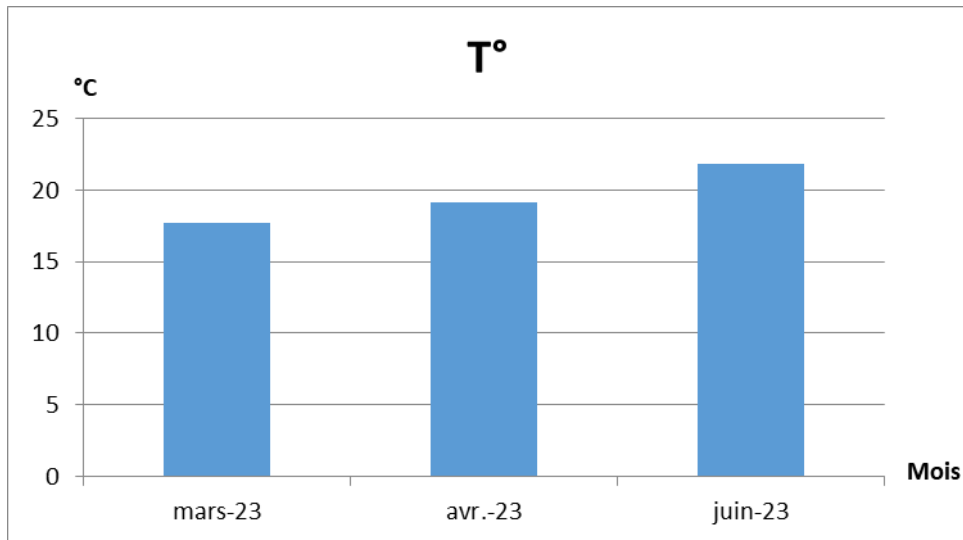
**Figure 26** : Variation de la M.O de l'eau brute avant et après la mise en service de SDEM d'El Marsa

Les résultats de la MO des eaux brutes ont révélé une variation significative, avec une valeur minimale de 0.008 et une valeur maximale de 2.4 Cette variation peut être attribuée à l'impact des rejets de la station.

#### 4.1.2 Qualité de l'eau traitée

##### 4.1.2.1 Température

La figure 27 présente la variation de la température de l'eau traitée.

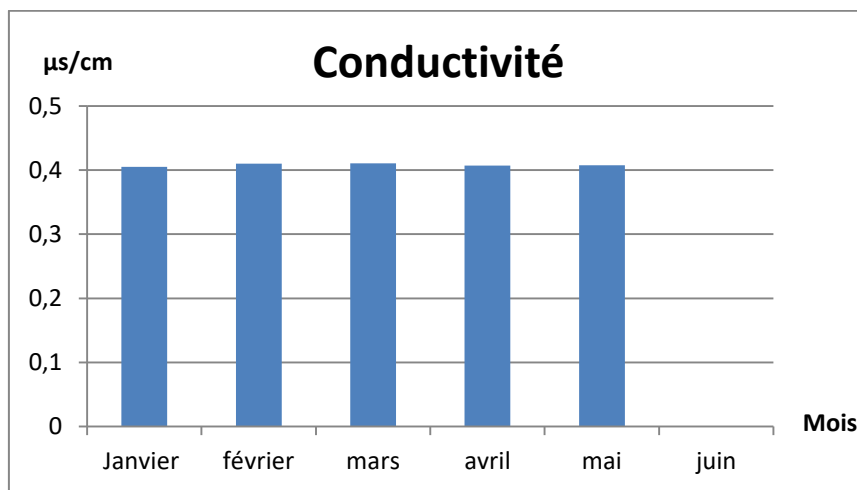


**Figure 27 :** Variatoin de la température de l'eau traitée après la mise en service de SDEM d'El Marsa

D'après les résultats, Nous observons une légère élévation de la température de l'eau traitée a été observée compris entre [17,7- 21,8] C°. Cette augmentation peut être attribuée à la variation de l'eau alimentée et l'agitation des particules d'eau pendant le processus de prétraitement, ce qui entraîne une augmentation progressive en fin de prétraitement. Ces résultats sont conformes aux valeurs limites des normes Algériennes qui fixent une valeur maximale de la température pour l'eau potable 25°C.

#### 4.1.2.2 Conductivité :

La figure 28 présente la variation de la Conductivité de l'eau traitée en fonction du temps.

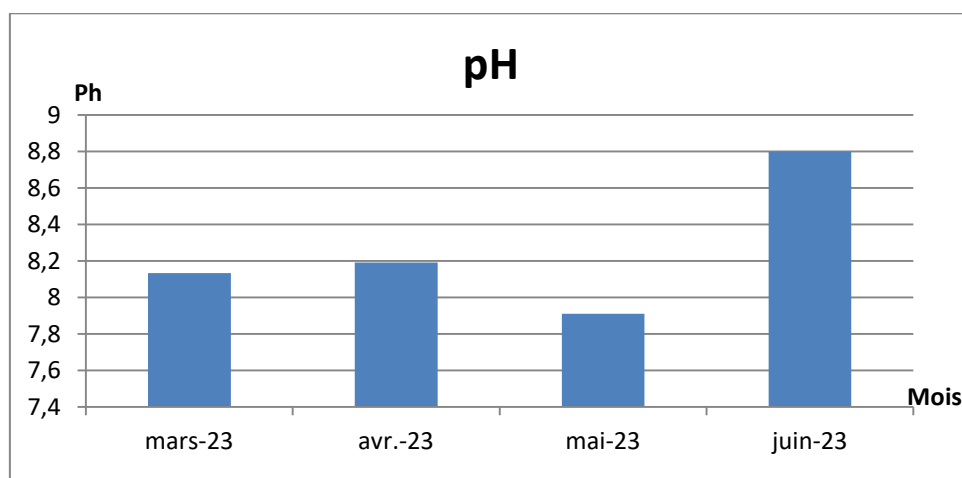


**Figure 28 :** Variation de la Conductivité d'eau traitée. Après la mise en service de SDEM d'El Marsa

Les mesures de conductivité de l'eau traitée se situent entre 0.4 et 0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ces valeurs ont maintenu une stabilité presque constante au cours des cinq premiers mois, avec une conductivité moyenne de 0,4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cependant, en juin (le jour de la sortie), la conductivité a atteint une valeur proche de zéro (0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Cette observation peut être attribuée au fait que la station n'a pas effectué le processus de calcination ce jour-là, où l'eau traitée est pratiquement identique à l'eau perméat. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne. Selon cette norme, la concentration maximale autorisée est inférieure à 2.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$

#### 4.1.2.3 Potentiel hydrogène

La figure 29 présente la variation du PH de l'eau traitée en fonction du temps.



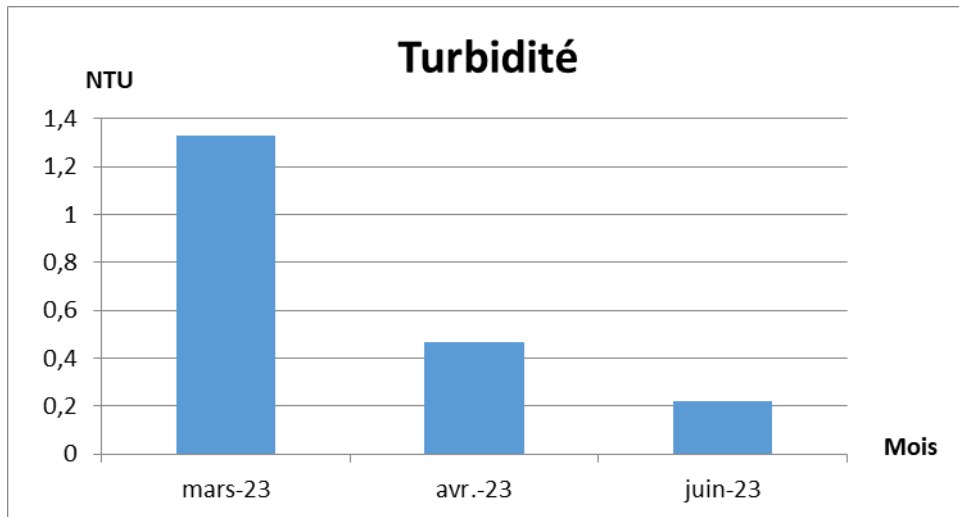
**Figure 29** : Variation du pH d'eau traitée durant la mise en service de SDEM d'El Marsa

Le pH joue un rôle crucial dans l'évaluation de l'agressivité d'une eau et dans les processus de désinfection.

Selon le graphique, on remarque une légère variation du pH, avec une valeur minimale de 7,8 (mai 2023) et une valeur maximale de 8,8 (juin 2023). Cette variation peut être attribuée à une défaillance de la sonde du pH-mètre. Ces résultats sont conformes aux valeurs limites des normes Algériennes qui fixent une valeur comprise entre (6.5-8.5).

#### 4.1.2.4 Turbidité

La figure 30 présente la variation de la turbidité de l'eau traitée en fonction du temps.

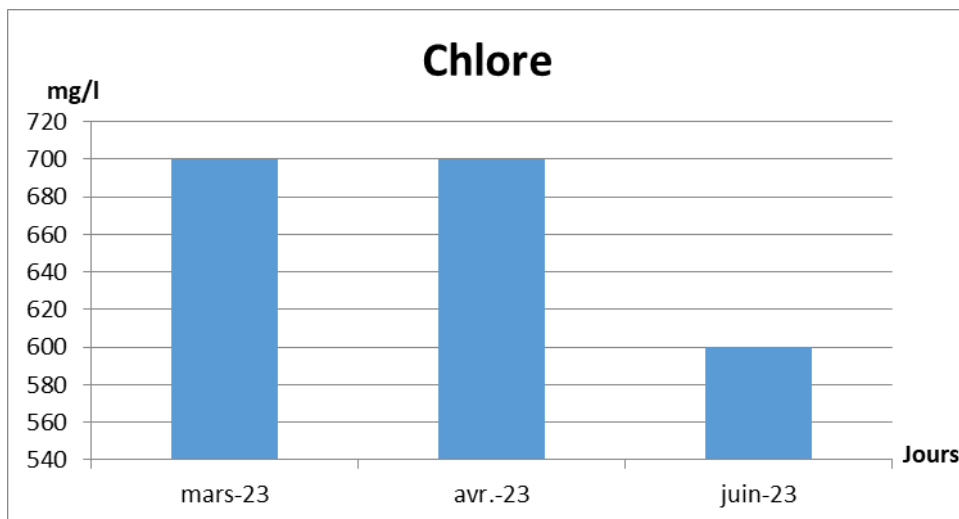


**Figure 30 :** *Variation de la turbidité d'eau traitée durant la mise en service de SDEM d'El Marsa*

D'après les résultats, Nous observons une légère diminution de la turbidité de l'eau traitée avec une valeur maximale de 1.35NTU (mars 2023) et une valeur minimale 0.22 NTU (juin 2023) Cette diminution de la turbidité peut être attribuée à un fonctionnement efficace de la station. Les résultats obtenus sont conformes aux valeurs limites des normes Algériennes qui fixent une valeur inférieure de 5 NTU.

#### 4.1.2.5 Chlore

La figure 31 présente la variation du chlore de l'eau traitée en fonction du temps.



**Figure 31 :** *Variation du chlore d'eau traitée durant la mise en service de SDEM d'El Marsa*

Les résultats du Cl des eaux brute ont donnés des valeurs de  $Cl_{\min} = 600 \text{ mg/l}$  et  $Cl_{\max} = 700 \text{ mg/l}$ .

Les résultats indiquent une période de stabilité observée en mars et avril de valeur de  $700 \text{ mg/l}$ , et une valeur de  $600 \text{ mg/l}$  le moins de juin, où les niveaux mesurés dépassent les limites fixées par les normes algériennes ( $\leq 500 \text{ mg/l}$ ). Cependant, cette situation peut être attribuée aux quantités de chlore ajoutées lors de la phase de post-traitement, qui sont nécessaires pour assurer une distribution de l'eau à une distance considérable tout en maintenant une bonne qualité.

#### 4.1.2.6 Matière organique et matière en suspension

**Tableau 8** : M.O et M.E.S de l'eau traitée

Matières	Valeurs
Matière organique	0.003%
Matière en suspension	0.6 mg/l

D'après le tableau, nous observons une concentration relativement basse de matière organique ainsi que de matière en suspension. Cette faible concentration peut être attribuée à une efficacité opérationnelle de la station

#### 4.1.3 Qualité de l'eau de rejet

**Tableau 9** : Mesure In-situ des paramètres physico-chimiques des rejets.

Les paramètres	Les valeurs	Les normes
Température	21.7 °C	30°
Salinité	56.8PSU	Dépendra de la salinité de l'eau brute
Conductivité	86.6ms/cm	49ms/cm
PH	8.43	5,5 à 8,5
Turbidité	0.18NTU	Dépendra de la salinité de l'eau brute
chlore	0.22	1
MES	9.7mg/l	$\leq 30 \text{ mg/l}$
MO	0.008%	/

Les résultats indiquent une salinité et une conductivité significativement élevées, atteignant presque le double de celles de l'eau brute. Cette augmentation de salinité entraîne une mortalité accrue et perturbe de nombreux habitats marins, impactant la flore et la faune

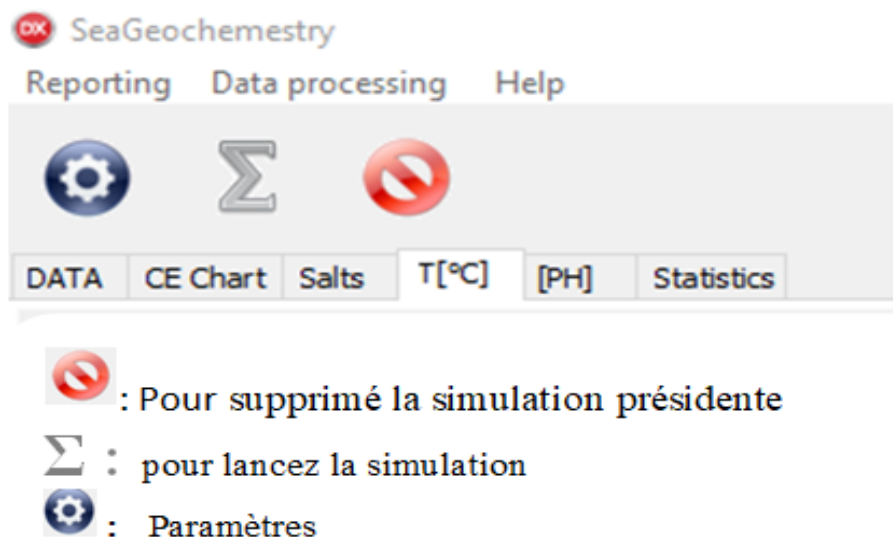
qui ne peuvent survivre dans un environnement dont la salinité dépasse de 40 g/l. De plus, ces conditions altèrent les fonctions physiologiques telles que la reproduction et la croissance.

## 4.2 Modélisation de la qualité des eaux de rejets

### 4.2.1 Le principe :

Le logiciel SEAGEO est une plateforme développée en langage Pascal dans l'environnement Delphi, qui est un langage de programmation impératif de haut niveau (Langfield, 2003) . Conçu comme un langage d'usage général dans les années 1960 (Ali Rahmani & Chibane, 2022), il s'agit d'un outil de programmation visuelle contenant un environnement de développement intégré (EDI) permettant le développement de programmes et de logiciels avec des interfaces utilisateur graphiques (GUI).

SEAGEO (Figure32) a été développé par le laboratoire géo-environnemental du département des sciences de la terre (Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene) et le laboratoire des écosystèmes marins et côtiers (École nationale supérieure des sciences de la mer et de la gestion côtière). L'interface utilisateur est conçue pour fonctionner avec le système d'exploitation Windows (Figure 33) et comprend une base de données principale ainsi qu'une fenêtre utilisateur graphique permettant d'illustrer les résultats graphiques de la simulation exécutée.



**Figure 32** : Présentation de l'application.

**CE in** : la moyenne de la conductivité de l'eau brute  
**SdvCE** : l'écart type de la **CE in**  
**PH** : la moyenne de Ph de l'eau brute  
**SdvpH** : l'écart type de Ph  
**T** : la moyenne de la Température de l'eau Brute  
**SdvT** : l'écart type de la Température  
**CE\_clean** : la moyenne de la conductivité de l'eau traitée  
**Sdv\_clean** : l'écart type de **CE\_clean**  
**Observed CE** : la conductivité da la saumure qui on a mesuré  
**Volume In** : le début de entré (l'eau brute)  
**Vout** : le début de la production de la SDEM (l'eau traité)  
**Volume reject** : le début de la saumure

**Figure 33** : Interface utilisateur

#### 4.2.2 Les données :

**Tableau 10** : les moyenne et les 'écart types des paramètres en fonctions des saisons.

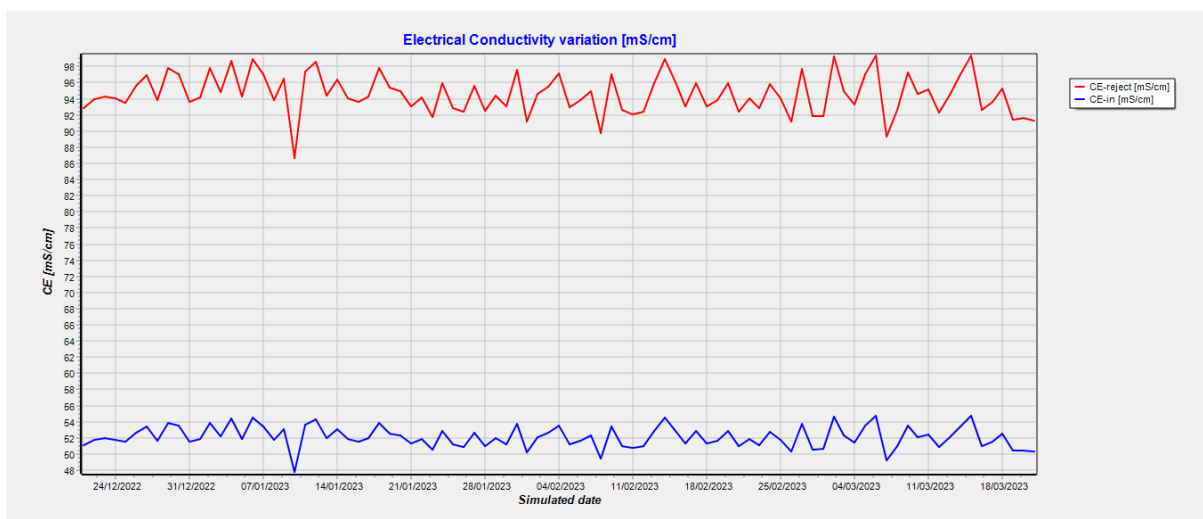
Saison	Eau Bute			Eau Traitée		
	conductivité	pH	T°	conductivité	pH	T°
Hiver	52,186 ± 1,270	8,077 ±	20,45 ±	0,409 ± 0,003	8,133 ±	18,14
		1,270	0,495		0,643	±1,397
Printemps	48,909 ± 2,973	7,992 ±	20,95 ±	0,407 ± 0,0004	8,3 ±	20,45 ±
		0,340	0,212		0,455	1,909

#### 4.2.3 Les résultats de la modélisation des rejets :

##### 4.2.3.1 Saison hivernale :

###### ➤ La conductivité

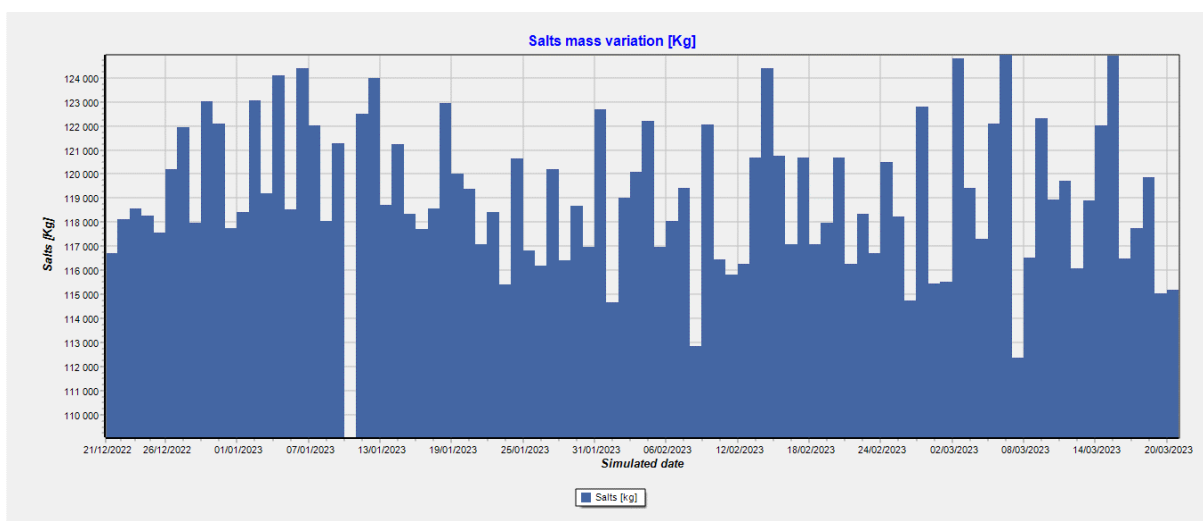
La conductivité de la saumure dans la saison hivernale (**figure 34**) varie entre une valeur maximale de 100 mS/cm et une valeur minimale de 87.8 mS/cm avec une moyenne de 92.8 mS/cm. Cette conductivité relativement élevée représente environ le double de celle de l'eau de mer, elle est liée à la concentration de l'eau de mer en sels dissous (Aminot & Chaussepied, 1983).



**Figure 34 :** *Variation de la conductivité de l'eau brute et de la saumure durant la saison hivernale*

➤ **La masse des sels**

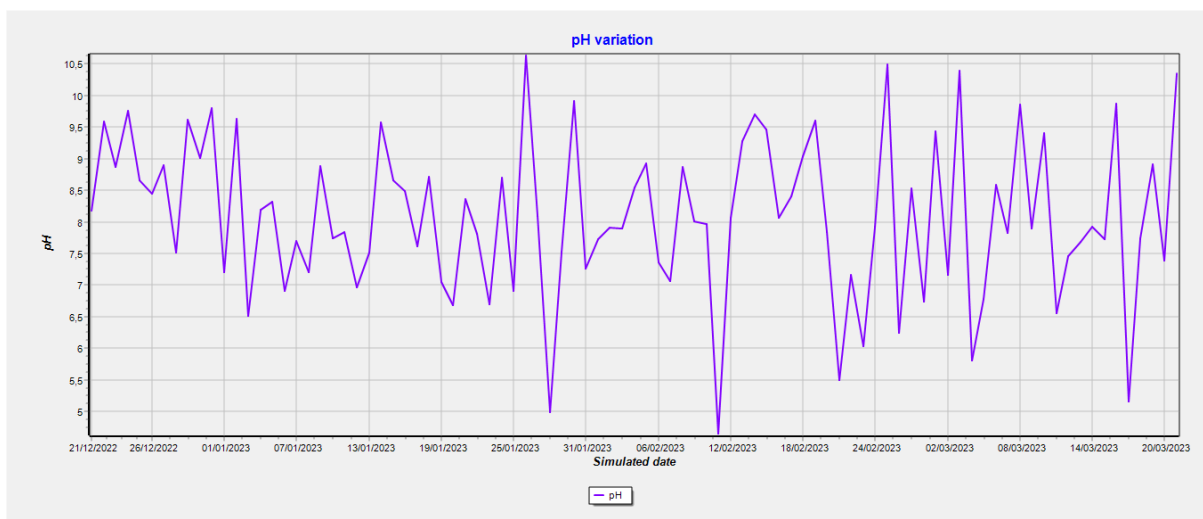
L'estimation de la masse des sels dans la saumure (**Figure 35**) varie entre une valeur minimale de 114000 kg et une valeur maximale de 125000 kg avec une moyenne de 116721kg. ces valeurs représente des quantités énormes par rapport la quantité des sels de l'eau de mer.



**Figure 35 :** *Variation de la masse des sels en (Kg) de la saumure durant la saison hivernale*

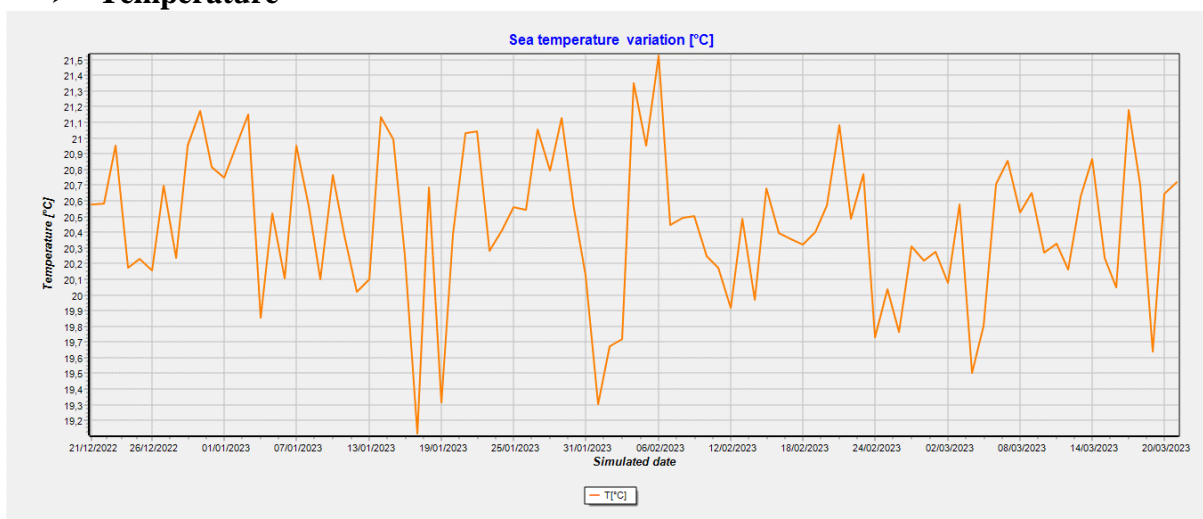
➤ **pH**

L'estimation du pH dans l'eau brute (**Figure 36**) varie entre une valeur minimale de 4.5 et une valeur maximale de 10.7 avec une moyenne de 7.6. Ces valeurs, sont lion au pH de l'eau de mer.



**Figure 36** : la variation du PH de l'eau brute durant la saison hivernale

➤ **Température**



**Figure 37** : la variation de la Température de l'eau brute durant la saison hivernale.

L'estimation de la température de l'eau brute (**Figure37**) varie entre une valeur minimale de 19.1 et une valeur maximale de de 21.6 avec une moyenne de 20.36. Elles sont conformes aux normes des rejets.

➤ **Les statistiques**

Les statistiques de la saison hivernale (tableau 11) des rejets donnent des valeurs importantes des rejets et de leur masse des Seles.

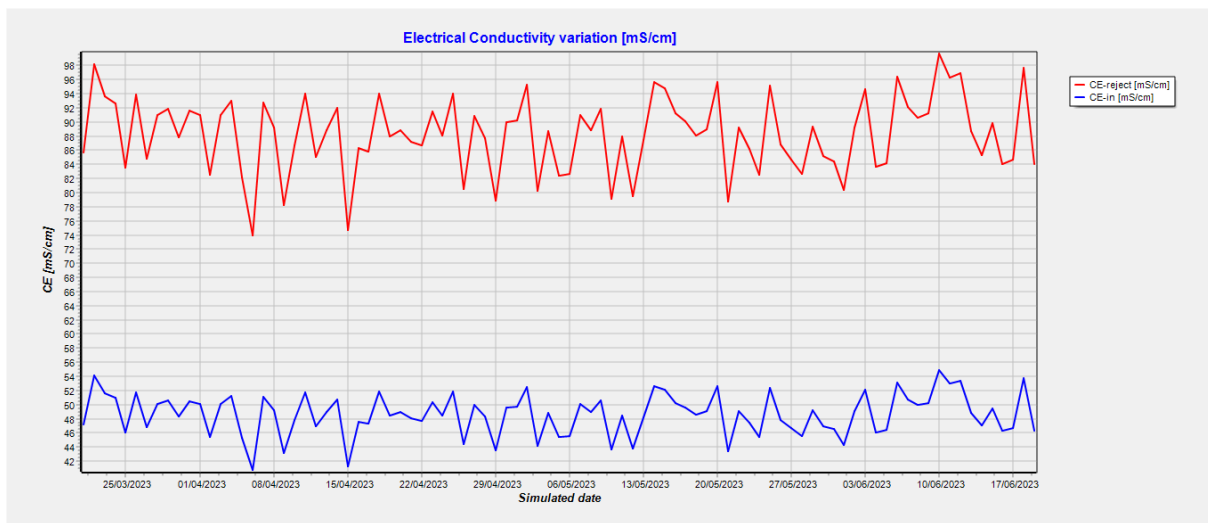
**Tableau 11** : les statistique de la saison hivernale

L'opération statistique	Valeur
$\sum C E_{rejet}$ ( La somme de la conductivité du rejet)	8445,769 ms/cm

Avg-CEreject (La moyenne de la conductivité du rejet)	92,810 ms/cm
Var-CEreject (Variance de la conductivité du rejet)	0,0001 ms/cm
Sdv-CEreject (L'écart type de la conductivité du rejet)	0,011 ms/cm
CV-CE-reject (Coefficient de variation de la conductivité du rejet)	0,0001 ms/cm
Avg-Rejectsalt (La moyenne des sels)	116721,890 Kg
Var-Rejectsalt (Variance des sels)	212,370 Kg
Sdv-Rejectsalt (L'écart type des sels)	14,5729 Kg
CV-Rejectsalt (Coefficient de variation des sels)	0,0001 Kg
RMSE (L'erreur)	6,210

#### 4.2.3.2 Saison printanière

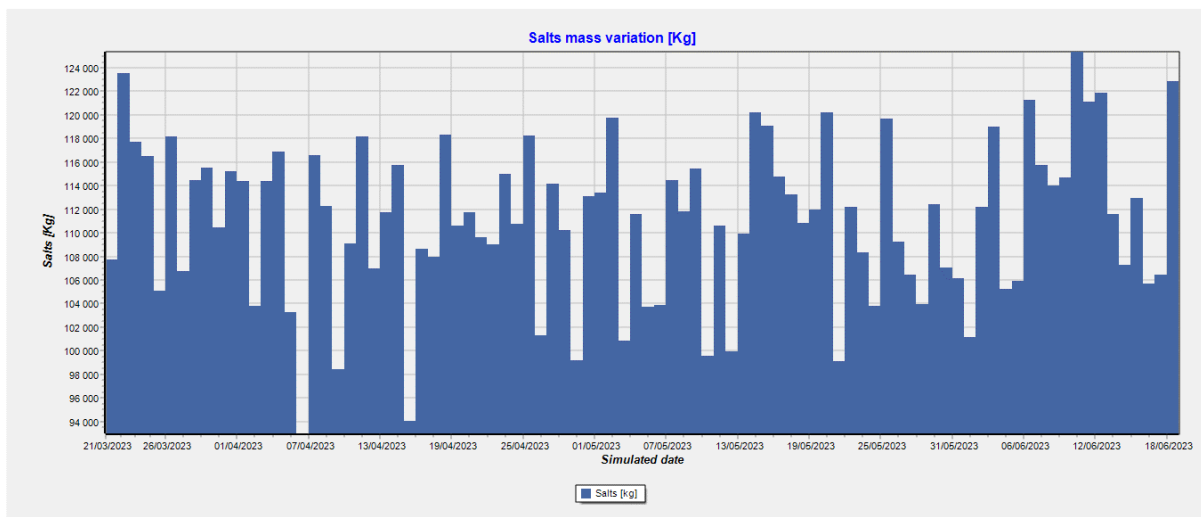
##### ➤ Conductivité



**Figure 38** : la variation de la conductivité de l'eau brute et de la saumure durant la saison printanière.

L'estimation de la conductivité de la saumure dans la saison printemps(**Figure38**) est relativement élevée varie entre une valeur maximale de 99mS/cm et une valeur minimale de 74,26mS/cm avec une moyenne de 84.45mS/cm. Cette conductivité est très élevée mais moins de celle de la saison hivernale en raison d'une précipitation plus abondante, ce qui a entraîné une dilution plus importante par rapport à la saison hivernale habituelle.

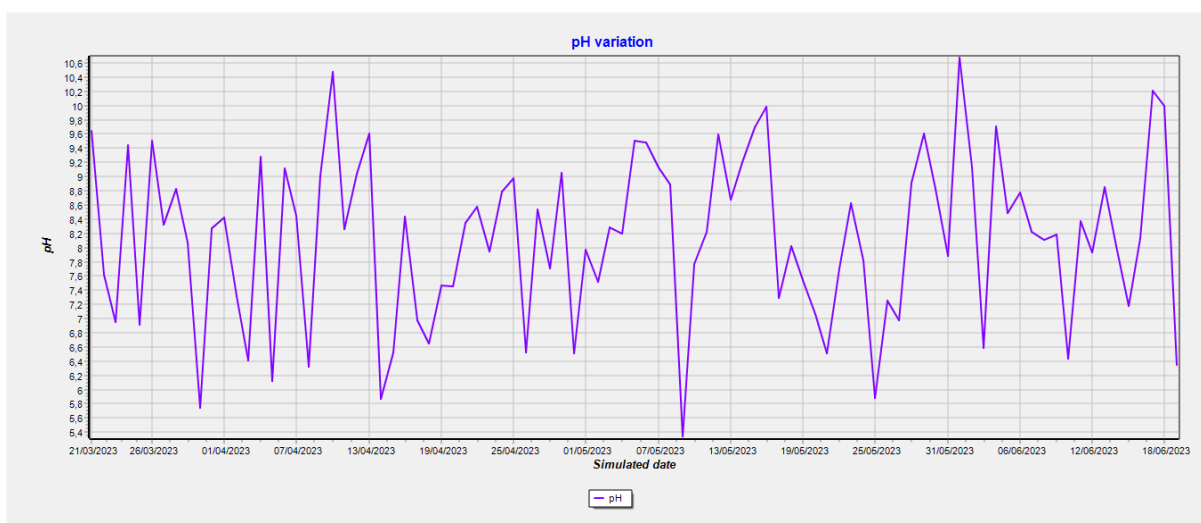
##### ➤ La masse des sels



**Figure 39 :** Variation de la masse de sels en (Kg) dans la saumure dans la saison printanière

L'estimation de la masse des sels dans la saumure(**Figure39**) varie entre une valeur minimale de 93000kg et une valeur maximale de de 125000kg avec une moyenne de 105716kg.

➤ **pH**

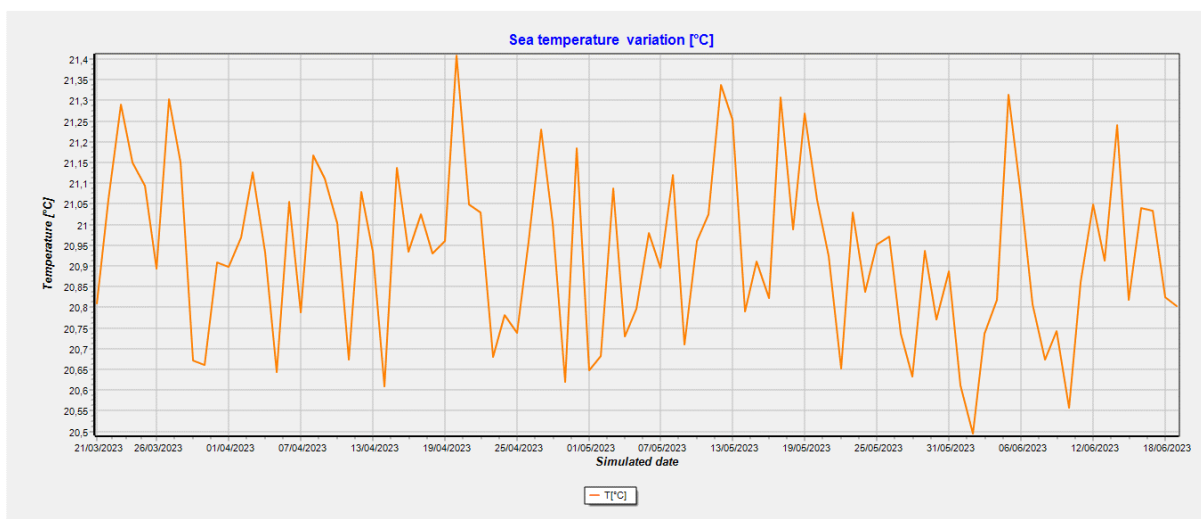


**Figure 40 :** Variation du PH de l'eau brute durant la saison printanière.

L'estimation du pH de l'eau brute (Figure40) varie entre une valeur minimale de 6.2 valeur maximale de 10.5 avec une moyenne de 8.3 conforme à la norme des rejets.

➤ **Température**

L'estimation de la température de l'eau brute (Figure41) varie entre une valeur minimale de 19.1 et une valeur maximale de 21.7avec une moyenne de 20.4 conforme à la norme



**Figure 41** : la variation de la  $T^{\circ}$  de l'eau brute durant la saison printanière

➤ **Les statistiques :**

Les statistiques de la saison *printanière* (tableau 12) des rejets donnent des valeurs importantes des rejets et de leur masse des Seles

**Tableau 12** : les statistique de la saison *printanière*

L'opération statistique	Valeur
$\sum C E_{\text{reject}}$ (La somme de la conductivité du rejet)	7648,162 ms/cm
Avg- $C E_{\text{reject}}$ (La moyenne de la conductivité du rejet)	84,045 ms/cm
Var- $C E_{\text{reject}}$ (Variance de la conductivité du rejet)	0,0001 ms/cm
Sdv- $C E_{\text{reject}}$ (L'écart type de la conductivité du rejet)	0,0104 ms/cm
CV- $C E_{\text{reject}}$ (Coefficient de variation de la conductivité du rejet)	0,0001 ms/cm
Avg-Rejectsalt (La moyenne des sels)	105716,671 Kg
Var-Rejectsalt (Variance des sels)	174,210 Kg
Sdv-Rejectsalt (L'écart type des sels)	13,198 Kg
CV-Rejectsalt (Coefficient de variation des sels)	0,0001 Kg
RMSE (L'erreur)	2,554



*Conclusion générale*

### **Conclusion :**

L'étude portant sur le dessalement en Algérie, en mettant particulièrement l'accent sur la station de dessalement EL-Marsa, a souligné la pertinence cruciale de cette technologie pour répondre à la demande croissante en eau du pays. Le dessalement offre incontestablement des avantages majeurs en termes de disponibilité d'eau potable, mais il est essentiel de souligner que sa viabilité à long terme dépend d'une gestion adéquate de ses impacts environnementaux. Pour cela, nous avons effectué des recherches bibliographiques auprès de plusieurs auteurs spécialisés dans ce domaine tels que, ( BENAÏSSA -2020 BESSANESSE-2018 et BELATOUI 2017 Une modélisation a été tentée pour caractériser les rejets de la station de dessalement d'El Marsa en vue de fournir d'avantages de données.

L'utilisation d'un logiciel de modélisation pour estimer la qualité des rejets de la station et évaluer ces derniers s'est révélée essentielle dans le processus de surveillance environnementale. Ce logiciel offre une approche scientifique et prédictive, permettant de mieux comprendre les effets potentiels des rejets sur l'écosystème marin local. Il facilite également la mise en place de mesures d'atténuation pour minimiser les impacts néfastes.

Les résultats de cette étude soulignent la nécessité d'une réglementation stricte en matière de dessalement, tant au niveau national que local, afin de garantir une exploitation durable des installations de dessalement. Il est crucial de mettre en place des mécanismes de contrôle et de suivi continus pour prévenir toute détérioration de la qualité de l'eau environnante et assurer la préservation de la biodiversité marine.

De plus, il est recommandé de promouvoir la recherche et le développement de technologies de dessalement plus respectueuses de l'environnement, qui réduisent les impacts des rejets et améliorent l'efficacité énergétique. Ces avancées technologiques pourraient contribuer à rendre le dessalement plus durable et économiquement viable à long terme

## Références

- AEC, L. N. 1. (2021).** *Rapport de la qualite de l'eau et sediment marins.*document non publié .Alger :AEC
- Akli, S., Bedrani, S. (2011).** *Produire de l'eau par le dessalement ou en l'economisant grace à l'adoption de l'irrigation localisée.* P.P.51–70.
- Algérie, P. (2015).** *Profil de Pays – Algérie.*
- Ali Rahmani, S. E., Chibane, B. (2022).** New software to analyze hydraulic incidents in Algeria. *Applied Water Science*, P.12.
- Aminot, A., Chaussepied, M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* Centre national pour l'exploitation des océans. France : Cnexo.P.P. 93–150.  
[https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as\\_sdt=0%2C5&q=Aminot%2CA+et+Chaussepied%2CM&btnG=#d=gs\\_qabs&t=1687275729134&u=%23p%3DSd-dUV868S0J](https://scholar.google.com/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Aminot%2CA+et+Chaussepied%2CM&btnG=#d=gs_qabs&t=1687275729134&u=%23p%3DSd-dUV868S0J)
- Amitouche, M., et al., (2017).** *Rejets chimiques des stations de dessalement en Algérie.*P.P. 199–211.
- Amokrane, M., Salmi, A. (2021).** *Surface spreading of the brine discharge from the seawater reverse osmosis plants : Hamma Water Desalination plant in Algeria.* P.P.222, 81–91. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27103>
- Atalayar. (2023).** *Publication.* <https://atalayar.com/fr/content/lalgerie-prend-des-mesures-contre-la-secheresse-et-reactive-un-plan-durgence%0A%0A>
- Bahri, Z. (2018).** *Étude comparative des caractéristiques de performance pour le deux système de dessalement MEE-FF et MEE-FF-TCV. Mémoire Master.*Génie chimique.,Oum el bouaghi. Larbi ben m'hidi.
- Belatoui, A.,et al . (2017).** *Environmental effects of brine discharge from two desalination plants in Algeria ( South Western Mediterranean ).* (May 2016),P.P. 311–318.  
<https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20812>
- Belhout, D., et al ., (2018).** Approaches and Processes for Recovering Reverse Osmosis Discharges from Desalination Plants. *2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*,P.P. 1–6. <https://doi.org/10.1109/IRSEC.2018.8702276>

- Belkacem, Y., et al ., (2017).** *Evaluation of the impact of the desalination plant on the marine environment : cas study in Algeria.*P.P. 317–331.
- Belkacem, Y., et al ., (2019).** *Impact of Desalination Discharges on the Benthic Macrofauna Case Study : ALGERIA.* 9(2),P.P. 11–17.
- Benaissa, M.,et al., (2017).** *Ecotoxicological impact assessment of the brine discharges from a desalination plant in the marine waters of the Algerian west coast , using a multibiomarker approach in a limpet , Patella rustica.* <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0081-4>
- Benaissa, M., et al.,(2020).** Ecotoxicological effects assessment of brine discharge from desalination reverse osmosis plant in Algeria (South Western Mediterranean). *Regional Studies in Marine Science*, P.P.39,. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101407>
- Bessenasse, M., et al., (2010).** *Seawater desalination : Study of three coastal stations in Algiers region* ☆,P.P. 423–427. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.069>
- Bouchakour, N., et Sadol, A. (2017).***Impact environnemental de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès (wilaya de Chlef). mémoire Master .Geologie.Bejaia, Abderrahmane Mira.*
- Bouزيد-lagha, S., et Matrouh, Y. (2018).** *Optimization of Energy Cost Seawater Desalinization by Reverse Osmosis : Case of Bousmail Station in Algeria.* P.P.739–749.
- Cder. (2023).** *La sécheresse s'installe en Algérie : Le dessalement de l'eau de mer comme solution.* EL WATAN. [Consulté le 11 février 2023]. Disponible sur le web : <https://portail.cder.dz/2023/01/08/la-secheresse-sinstalle-en-algerie-le-dessalement-de-leau-de-mer-comme-solution/>
- Cosider, E. M. (2022).** *Dossier technique aec algerian energy company spa* (Issue 943), document non publié. Alger :AEC
- Darre, N. C., Toor, G. S. (2018).** Desalination of water :a review. *Curr. Pollut. Rep.*, P.P.104–111. <http://dx.doi.org/10.1007/s40726-018-0085-9>.
- Drouiche, N., et al. (2011).** *Reasons for the Fast Growing Seawater Desalination Capacity in Algeria.* P.P. 2743–2754. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9836-8>

- Ecofin. (2023).** *SITE*. Algérie : l'exécutif annonce des formations universitaires et professionnelles sur le dessalement de l'eau de mer  
[Consulté le 11 février 2023]. Disponible sur le web :  
<https://www.agenceecofin.com/formation/0201-104184-algerie-l-executif-annonce-des-formations-universitaires-et-professionnelles-sur-le-dessalement-de-l-eau-de-mer>
- Etude de panache 2, C. (2022).** *Etude de panache2* (issue 213)., document non publié ., Alger : AEC
- Fekih, W., et Hedjine, A. (2019).** *Valorisation des saumures et réduction de la salinité de eaux de la SDEM de Chatt El Hilal (BWC). Mémoire Master ., Hydrolique hurbain., Ain Témouchent.,Centre Universitaire .*
- Hamiche, A. M., et al. (2020).** *Desalination in Algeria : Photovoltaic Power Plant for TMM ( Tahlyat Myah Magtaa ) of Oran as a Case Study.* <https://doi.org/10.1007/698>
- Hella, B. (2021).** *Fonctionnement de la station de dessalement de l'eau de mer de Cap Djinet (W. Boumerdès) Mémoire Licence .,Hydrolique ., Bouira .,Ré. Akli Mohand Oulhadj.*
- Keddar, M., et Adla, Y. (2020).** *Étude de l'automatisation d'une station de dessalement Présenté. Mémoire :Master., instrumentation., Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaib.*
- Kroese, D. P. (2011).** *Monte Carlo Methods.* 176.
- L'expression. (2022).** *site.* Six nouvelles stations d'ici 2030  
[Consulté le 11 février 2023]. Disponible sur le web :  
<https://www.lexpressiondz.com/economie/six-nouvelles-stations-d-ici-2030-358551>
- L'expression. (2023).** *SITE.* Un plan Orsec «eau potable »  
[Consulté le 23 février 2023]. Disponible sur le web :  
<https://www.lexpressiondz.com/nationale/un-plan-orsec-eau-potable-364963>
- Langfield, S. (2003).** *Learning to program in pascal & delphi . PAYNE-GALLWAY PUBLISHERS. LTD, UGK.*
- Larbi, N., et Saadaoui, S. (2019).** *Impact environnemental de la station de Dessalement de l'eau de mer de Sonachter (wilaya de Mostaganem) Mémoire: Master., environnement ., Mostaganem .,p. Abdel-hamid ibn badis de.*

- Le guern, C. (2003).** *BRGM/RP :Dessalement et recharge artificielle Mots.* 80.
- Lefkir, A. (2018).** *Chemical discharge on the marine environment from. December 2017.*
- Livet, F. (2007).** *Besoins et procédés pour le dessalement de l 'eau de mer.* 5.
- Madji, F., et Benaïcha, I. (2022).** *Automatisation et supervision d'une station de dessalement Présentée. Mémoire :Master ., hydrolique .,Alger .,Ecole Nationale Polytechnique.*
- Meddi, H., et Meddi, M. (2009).** Variabilité des précipitations annuelles du Nord-Ouest de l'Algérie. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, 20(1),P.P. 57–65.
- Mehtougui, M. (2015).** *Impacts du dessalement d'eau de mer sur les ecosystèmes littoraux de l'ouest algérien.* Doctorat ., Environnement .,Sidi bel abbes., djillali liabes.
- Mehtougyui, M., et Kerfouf, A. (2018).** *Assessment of the Quality of Water Discharges from a Desalination Plant : International Journal of Sciences : Assessment of the Quality of Water Discharges from a Desalination Plant : Case of Honaine Station ( Western Algeria ). July.*
- Mehtougui, M. S.,et al. (2015).** *Impact of Desalination of Sea Water on a Coastal Environment of Chatt El Hillal ( Beni Saf – Western Northern Alg ... Related papers Impact of Desalination of Sea Water on a Coastal Environment of Chatt El Hillal ( Beni Saf – Western. P.P.327–333.*
- Melgarejo, J.,et al. (2021).** *The financial and legal feasibility of a desalination project.* P:517. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115238>
- Ministre, P. (2021).** *Plan d'action du gouvernement pour la mise en œuvre du programme du président de la république.* P .96. <https://premier-ministre.gov.dz/fr/category/plans-d-actions-du-gouvernement>
- Mohammedi, K., rt al. (2013).** *Environmental impact of seawater desalination plants : case study in Algeria.* 2(6), P.P.141–148. <https://doi.org/10.11648/j.ajep.20130206.14>
- Moudjeber, D.-E. (2015).** *Utilisation des énergies renouvelables dans le dessalement : Cas de l'Algérie. Thèse de doctorat : génie de mécanique . Mostaganem, Abdelhamid Ibn Badis de.*

- PNUE. (2001).** *Plan d'action pour la méditerranée dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens :évaluation des impact sur l'environnement et lignes directrices proposées pour la gestion de la saumure.* P.P.11–14.
- Sbayou, M. (2019).** *Modélisation et simulation des systèmes de production de services : application à un système de sante Mariem Sbayou To cite this version : HAL Id : tel-02129659 Docteur de l ' université de bordeaux production de services : application a un systeme.* P.156.
- Sdem, L. O. T. N., et Marsa, E. L. (2021).** *Rapport des mesures de courants.*document non publié ., Alger :AEC .
- Tabouche, F., et Bouazni, R. (2020).***Evaluation de l'impact des rejets en mer des Produits chimiques antitartre utilisés dans les Station de dessalement sur la production primaire. Mémoire : Master .,génie de procédé .,Khemis Miliana .,Djilali Bounaama Faculté.*
- Tahar, M., et Chebki, M. (2020).***Etude des performances de fonctionnement d'un ouvrage hydraulique: cas de la station de dessalement d'eau de Chatt El Hilal de Beni Saf. Tlemcen ., Mémoire :Master ., Hydrolique hurbain .,Aboubakr Belkaïd– Faculté.*
- Zeghidi, A. A. (2020).** *Suivi de la performance de la station de déminéralisation des eaux souterraines El Meghaier – W-El Oued-. Mémoire : Master.,Hydrolique hurbain Biskra., Mohamed khider .*

## Annexes I

Station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Technique	Mise en service	longitude	latitude
Hamma	200 000	Osmose inverse	2008	3°04'46''E	36°45'05''N
Skikda	100 000	Osmose inverse	2009	6°58'40''E	36°52'31''N
Beni saf	200 000	Osmose inverse	2009	1°15'10''W	35°21'12''N
Kahrama	90 000	MFS	2005	0°14'48''W	35°48'26''N

SDEM	Capacité(m <sup>3</sup> /j)	Mise en service	longitud e	latitude
Hamma	200 000	2008	3°04'46" E	36°45'05" N
Skikda	100 000	2009	6°58'40" E	36°52'31" N
Béni saf	200 000	2009	1°15'10" W	35°21'12" N
Souk tleta	200 000	2011	2°00'04" W	35°04'12" N
Cap djinet	100 000	2012	3°41'24" E	36°50'41" N
Fouka	120 000	2011	2°45'46" E	36°40'32" N
Honaine	200 000	2012	1°38'41" W	35°10'48" N
Mostagane m	200 000	2011	0°07'45" E	36°00'47" N
Ténes	200 000	2015	1°13'40" E	36°30'10" N

## Annexes I

<b>Magtaa</b>	500 000	2016	0°09'00" W	35°47'10" N
<b>Kahrama</b>	90 000	2005	0°14'48" W	35°48'26" N

<b>Méga-station</b>			
<b>Station</b>	<b>Capacité (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>longitude</b>	<b>latitude</b>
<b>Kahrama</b>	90 000	0°14'48"W	35°48'26"N
<b>Hamma</b>	200 000	3°04'46"E	36°45'05"N
<b>skikda</b>	100 000	6°58'40"E	36°52'31"N
<b>Béni –saf</b>	200 000	1°15'10"W	35°21'12"N
<b>Mostaganem</b>	200 000	0°07'45"E	36°00'47"N
<b>Douaouda</b>	120 000	2°44'26"E	36°41'00"N
<b>Cap-djinet</b>	100 000	3°41'24"E	36°50'41"N
<b>Souk-tleta</b>	200 000	2°00'04"W	35°04'12"N
<b>honaine</b>	200 000	1°38'41"W	35°10'48"N
<b>Mactaa</b>	500 000	0°09'00"W	35°47'10"N
<b>El tarf</b>	50 000	8°05'11"E	36°53'06"N
<b>Tenés</b>	200 000	1°13'40"E	36°30'10"N
<b>Oued sebt</b>	200 000		
<b>Fouka</b>	120 000	2°45'46"E	36°40'32"N
<b>Bateau-cassé</b>	10 000	3°13'51"E	36°45'32"N
<b>El marsa</b>	60 000	3°15'32"E	36°48'13"N

## Annexes I

Mono-bloc			
station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	longitude	latitude
Champ de tir	5 000		
Palm beach	5 000	2°50'40"E	36°44'40"N
La fontaine	5 000	6°51'33"E	33°20'03"N
Ghazaouat	5 000	1°52'23"W	35°05'33"N
Bou-ismail	5 000	2°42'19"E	36°39'19"N
L .Ben mhidi	7 000		
Tigzirt	2 500	4°06'59"E	36°53'23"N
Bou-sfer	5 500	0°50'13"W	35°44'25"N
Les dunes	5 000		
Bou-zdjer	5 000	1°08'58"W	35°34'50"N
Chat el ward	5 000		
Corso	5 000	3°27'25"E	36°45'29"N
Mainis	5 000		
Béni haoua	5 000		

station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	longitude	latitude
Champ de tir	5 000	2°49'51"E	36°43'12"N
Palm beach	5 000	2°50'40"E	36°44'40"N
La fontaine	5 000	2°54'12"E	36°47'13"N
Ghazaouat	5 000	1°52'23"W	35°05'33"N
Bou-ismail	5 000	2°42'19"E	36°39'19"N
L .Ben mhidi	7 000	6°59'51"E	36°53'24"N
Tigzirt	2 500	4°06'59"E	36°53'23"N
Bou-sfer	5 500	0°50'13"W	35°44'25"N
Les dunes	5 000	0°47'28"W	35°45'28"N
Bou-zdjer	5 000	1°08'58"W	35°34'50"N
Chat el ward	5 000	1°17'14"W	35°21'16"N
Corso	5 000	3°27'25"E	36°45'29"N
Mainis	5 000	1°13'29"E	36°30'07"N
Béni haoua	5 000	1°34'42"E	36°32'01"N

wilaya	station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	longitude	latitude
--------	---------	------------------------------	-----------	----------

## Annexes I

Ouargla	Gharbouz	3 000	5°18'57"E	31°57'32" N
	Ain el kheir	9 000	5°19'16"E	31°57'23" N
	Hai bouzid	4 500	5°20'35"E	31°56'46" N
	Mekhadma	3 000	5°18'20"E	31°57'32" N
	Ifri gara	105 000	5°20'31"E	31°57'45" N
	Zyayna	3 000	5°20'24"E	31°55'49" N
	El khafdi	7 500	5°15'52"E	31°57'20" N
	Bamendil	3 000	5°17'21"E	31°57'21" N
	El hadeb	27 000	5°21'44"E	31°55'23" N
Tindouf	Tindouf	20 000	8°08'16" W	27°40'09" N
Ilizi	Ilizi	10 000	8°28'05"E	26°28'47" N
Tamanrass et	ain saleh	50 000	2°29'31"E	27°12'09" N
	Hassi massoud	1 000	6°02'40"E	31°43'33" N
El oued	E el maghaier	14 200	5°55'27"E	33°27'02" N
	Djamaa	12 000	5°58'00"E	33°25'22" N
Béchar	beni ounif	30 000	0°58'55" W	31°49'36" N
Tougourt	Ain sahra	34 500	6°02'41"E	33°04'41"

## Annexes I

				N
Souk ahras	Sidi fredj	226	8°13'34"E	36°04'32" N

**Tableau 13** : Principaux problèmes responsables de l'arrêt des SDEM en Algérie

STATION	Problème	La cause	Remarque	La date
Skikda	une réduction de la livraison à cause à cause	la dégradation de la qualité d'eau de mer.	Arrêt partielle	Le 06 au 07Mai 2018
	Arrêt total	la persistance des mauvaises conditions de référence du site	Arrêt partielle	Le 08 Mai2018
	Maintenance programmée de l'année 2018.		Arrêt total de la SDEM	du 06 au 11 Mai 2018
	Fin de l'opération de maintenance et reprise de la livraison progressivement		Arrêt total de la ISDEM	Du 12 au 13 Mai 2018
➤ SDEM Souk Tlata	toute la production a été rejetée à cause de	Non-conformité des paramètres de qualité (indice de TDS non conforme aux normes contractuel).		le Mois de mai 2018
➤ SDEM MEGTAA	Les arrêts : ✓ pour intervention au niveau sous station électrique. .		, arrêt partiel de (13 heures)	Le 27 mai 2018
	une demande de réduction de la livraison faite par l'acheteur pour			Du 27 au 30 mai 2018

## Annexes I

	Réparer les fuites au niveau du réseau aval, ce qui a engendré une PRD de 15 000 m <sup>3</sup>			
--	---	--	--	--

## Annexes I

**Tableau 14** : Études réalisés sur les stations de dessalement d'eau de mer en Algérie.

station	région	procédé	Mise en service	L'auteur	Année de publication	Analyse faite	conclusion
Boufser	Oran	Osmose inverse	19/05/2007	Mehtougui	2015	-Analyse physico-chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur) -analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	-la salinité et TDS des rejet dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne calcium, magnésium, chlorures, résultat de rejet dépassées les normes -• Détérioration de la valeur récréative des sites, • Obstruction de l'accès visuelle de la mer et la transformation d'un lieu de tourisme et de bien-être en zone industrielle due à nuisance sonore -une diminution de la biodiversité dans les sites de pompage par rapport à d'autres sites témoins de la même côte. (étude concrète)
Bouzder	Ain témouchent	Osmose inverse	19/05/2007	mehtougui	2015	-Analyse physico-chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur) -analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	-la salinité et TDS de rejet dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne -calcium, magnésium, chlorures, de rejet dépassées les normes - • Détérioration de la valeur récréative des sites, • Obstruction de l'accès visuelle de la mer et la transformation d'un lieu de tourisme et de bien-être en zone industrielle due à nuisance sonore -une diminution de la biodiversité dans les sites de pompage par rapport à d'autres sites témoins de la même côte (étude concrète).
Chattel	Ain témou	Osmose	19/05/20	Mehtoug	2015	-Analyse physico-	- la salinité et TDS de rejet dépasse la concentration établie par l'OMS et

## Annexes I

Hilal	chent	inverse	07	ui		chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur) -analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	la législation Algérienne -calcium, magnésium, chlorures, de rejet dépassées les normes -on à un taux élevé des tous les paramètres durant la période estivale par rapport à la période hivernale cela est justifié par l'augmentations de la production durant la période estivale
Honaine	Ain témouchent	Osmose inverse	18/07/2012	mehtougui	2015	-Analyse physico-chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur) -analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	- la salinité et TDS de rejet dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne -calcium, magnésium, chlorures, dépassées les normes -on à un taux élevé des tous les paramètres durant la période estivale par rapport à la période hivernale cela est justifié par l'augmentations de la production durant la période estivale
Ghazouat	Tlemcen	Osmose inverse		Mehtougui	2015	-Analyse physico-chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur) -analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	-la salinité et TDS des rejets dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne -calcium, magnésium, chlorures, des rejets dépassées les normes
Souk tleta	Tlemcen	Osmose inverse	13/04/2011	mehtougui	2015	-Analyse physico-chimique -analyse organoleptique (odeur, gout, couleur)	- la salinité et TDS des rejets dépasse la concentration établie par l'OMS et la législation Algérienne -calcium, magnésium, chlorures, des rejets dépassées les normes -on à un taux élevé des tous les paramètres durant la

## Annexes I

						-analyse bactériologique -prélèvement d'eau rejet	période estivale par rapport à la période hivernale cela est justifié par l'augmentations de la production durant la période estivale
Souk tleta	Tlemcen	Osmose inverse	13/04/2011	Zouag Bilal	2017	-paramètre physico-chimique, organoleptiques, et bactériologique d'eau dessalée	- tous sont aux normes -l'eau est de bonne qualité
macta a	Oran	Osmose inverse	30/07/2016	Aissaoui	2016	-étudié l'influence de chaque paramètre de dimensionnement d'un diffuseur sur la dilution de la saumure	-affirmer que la configuration adoptée par l'usine est la plus complète (le dimensionnement général de diffuseur de cette station est quasi-optimal) -respect les normes de rejet en mer
Hamma	Alger	Osmose inverse	10/10/2008	Bounifa	2015	-Analyse physico-chimique -analyse de la variance à un facteur (ANOVA) -analyse en composantes principale (APC) -	- les valeurs physico-chimiques des rejet de saumure sont des paramètres de pollution -la forte teneur des saumures conduisant une perturbation de la vie aquatique -transformation des sulfates en sulfures -le dessalement par filtration membranaire est plus bruyant -danger sensoriel (constat réel)
Cap Djinet	boumerdes	Osmose inverse	04/07/2012	Bounifa	2015	-Analyse physico-chimique -analyse de la variance à un facteur (ANOVA) -analyse en composantes	- les valeurs physico-chimiques des rejet de saumure sont des paramètres de pollution -la forte teneur des saumures conduisant une perturbation de la vie aquatique -transformation des sulfates en sulfures

## Annexes I

						principale (APC) -	-le dessalement par filtration membranaire est plus bruyant -danger sensoriel
Cap	Boumerdes	Osmose inverse	04/07/2012	Amitouche	2016	-analyse d'eau de mer -analyse d'eau dessalée -analyse de la saumure	-deux processus de dilution de saumure (jet /turbulence de la mer) - grand effet sur la faune et la flore qui sont liés à l'augmentation de la concentration du sel au point de rejet.(sont mesurés) -proposition de diriger la décharges de la saumure pour une valorisation industrielle (usines de sel ou de javel...)
Fouka	Tipaza	Osmose inverse	12/07/2011	bounifa	2015	-Analyse physico-chimique -analyse de la variance à un facteur (ANOVA) -analyse en composantes principale (APC) -	- les valeurs physico-chimiques des rejet de saumure sont des paramètres de pollution -la forte teneur des saumures conduisant une perturbation de la vie aquatique -transformation des sulfates en sulfures -le dessalement par filtration membranaire est plus bruyant -danger sensoriel (constat réel)
Fouka	Tipaza	Osmose inverse	12/07/2011	Setiti	2015	-analyse ACV	-besoin d'affiner l'analyse et améliorer les caractéristiques des impacts
Arzew		Osmose inverse		Daho	2015	—DCo -DBO5 -température -ph -MES -huiles et hydrocarbures -azote kheldhal -chlore résiduaire -phosphore	L'eau usées est Selon les normes, ISO4409 -respect la loi (par à port les déchets)

## Annexes I

						<ul style="list-style-type: none"> <li>-métaux lourds</li> <li>Analyse physico-chimique</li> <li>-humidité</li> <li>-analyse la boue</li> </ul>	
Tenes	chlief	Osmose inverse	11/02/2015	Bouchakour	2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>-analyse physico-chimique d'eau de mer, la saumure, d'eau dessalés</li> <li>-étudier les implant causés par la station</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-les analyse d'eau produite est aux normes de portabilités de l'OMS et normes Algériennes</li> <li>-modifications du s'il en changement leur topographie, la circulation des engins, difficulté de la visibilité par la suspension de poussière dans l'aire</li> <li>-salinité très élevée</li> <li>-la station appliquée les directives environnementaux</li> <li>-la situations de station est contre la réglementation (300m) la norme est 2km</li> </ul>
Kahrama	Arziw	MSF	16/02/2006	Abadyounes	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>-comparaison entre la technique MSF et de la osmose inverse</li> <li>-analyse physico-chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-de point de vue économique, énergétique et investissement le procédé d'osmose inverse est moins coûteux, et pour la capacité maximale la distillation Multi-flash est plus avantagee</li> <li>-l'eau produite est une eau équilibrée d'après l'indice de langelier</li> </ul>
Fouka	Tipaza	Osmose inverse	12/07/2011	Abadyounes	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>-comparaison entre la technique MSF et de la osmose inverse</li> <li>-analyse physico-chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-de point de vue économique, énergétique et investissement le procédé d'osmose inverse est moins coûteux, et pour la capacité maximale la distillation Multi-flash est plus avantagee</li> <li>-l'eau produite est une eau équilibrée d'après l'indice de langelier</li> </ul>
Mostaganem	Mostaganem	Osmose inverse	28/09/2011	Larbinourelhouda	2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>-étude générales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bon entretien de l'équipement de la station</li> <li>-bonne qualité d'eau et selon les normes OMS</li> </ul>

## Annexes I

							La station située 300m à côté des habitants (contre les règles)
Béni saf	Ain-Temouchent	Osmose inverse	2009	Fekih wefaa	2019	-les paramètres évalués pour l'eau saumâtre	-les valeurs de saumure sont très élevées par rapport à la norme

Annexes II

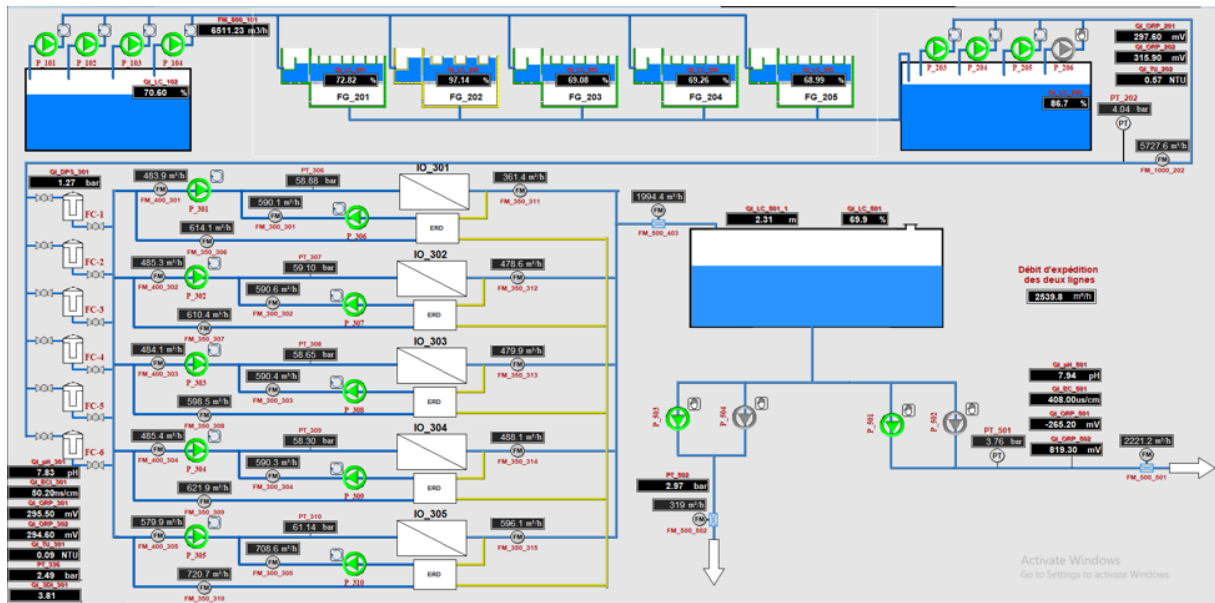


Figure 42: schémas synoptique de SDEM EL-Marsa.

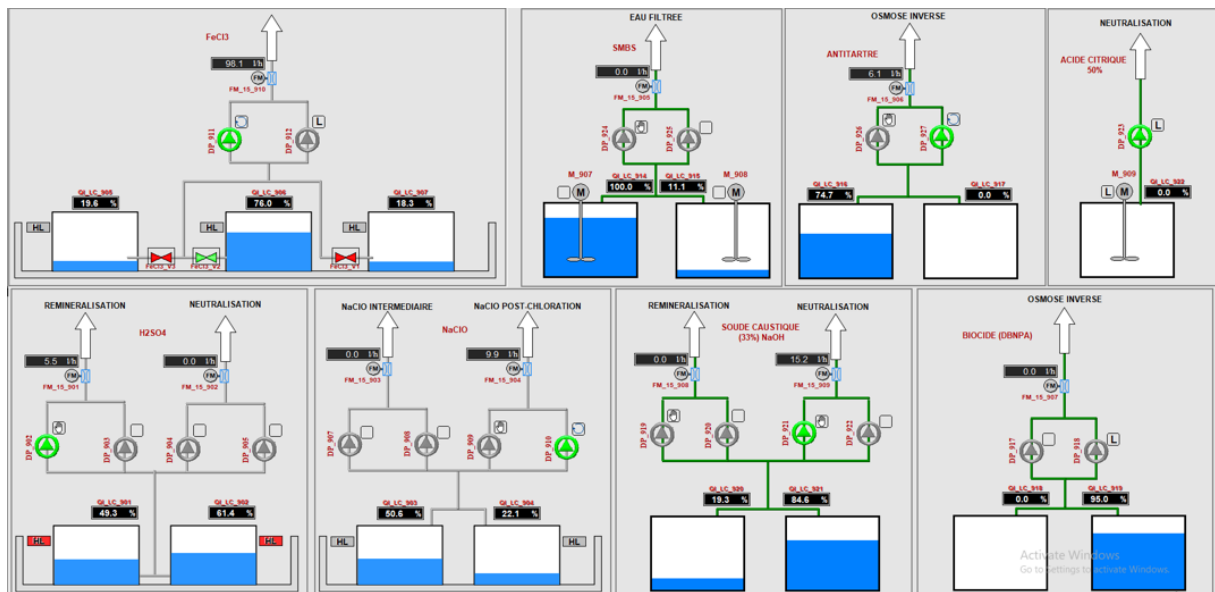


Figure 43 : schémas synoptique du produit chimique de SDEM EL-Marsa

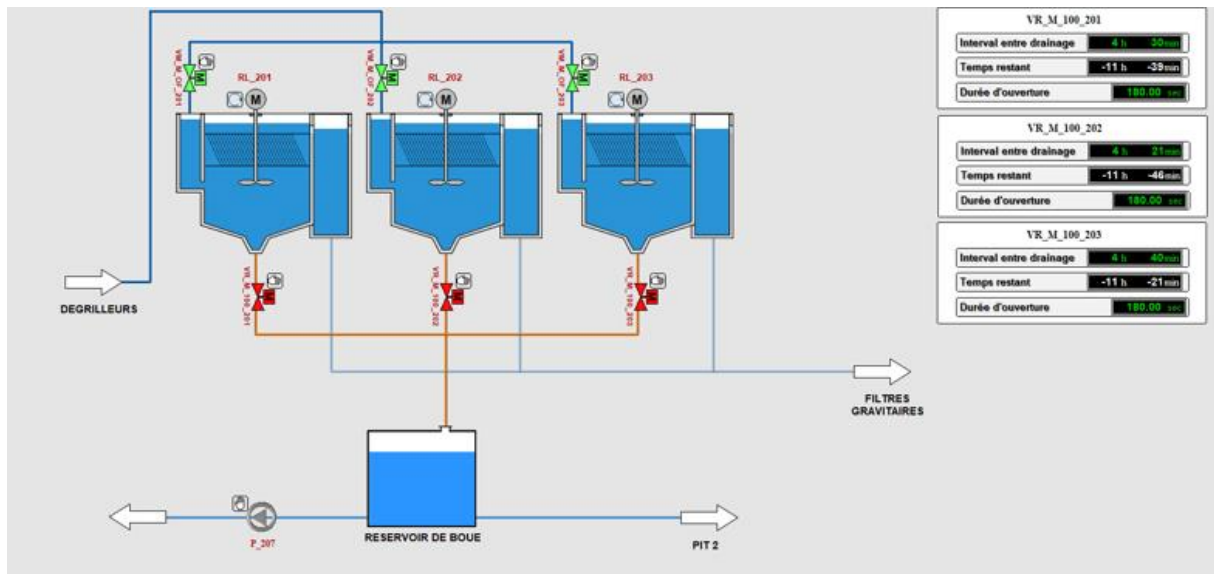


Figure 44 : schémas synoptique du décanteurs lamellaires de SDEM EL-Marsa

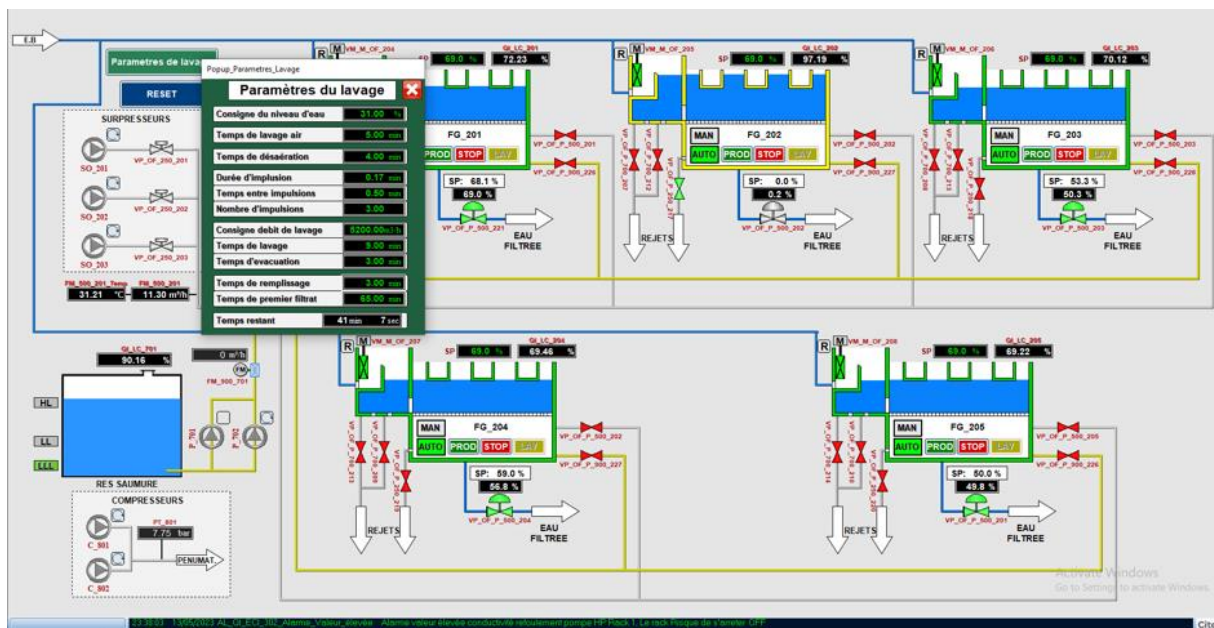


Figure 45 : schémas synoptique du filtres a sables + lavage de SDEM EL-Marsa

## Annexes II

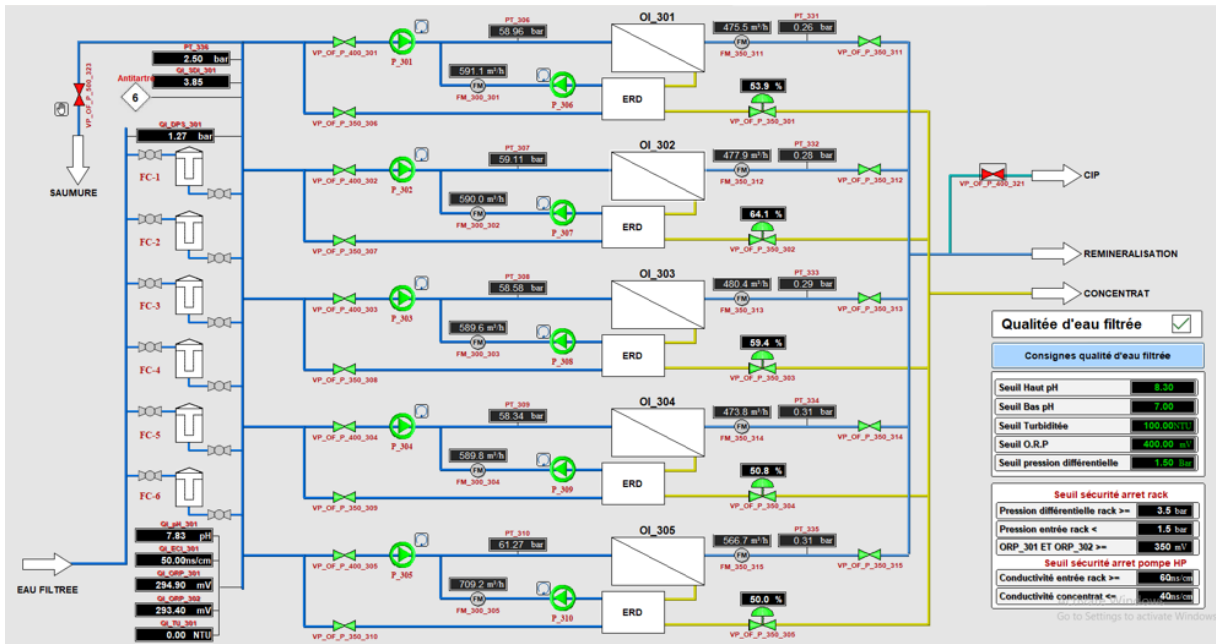


Figure 46 : schémas synoptique du OI de SDEM EL-Marsa

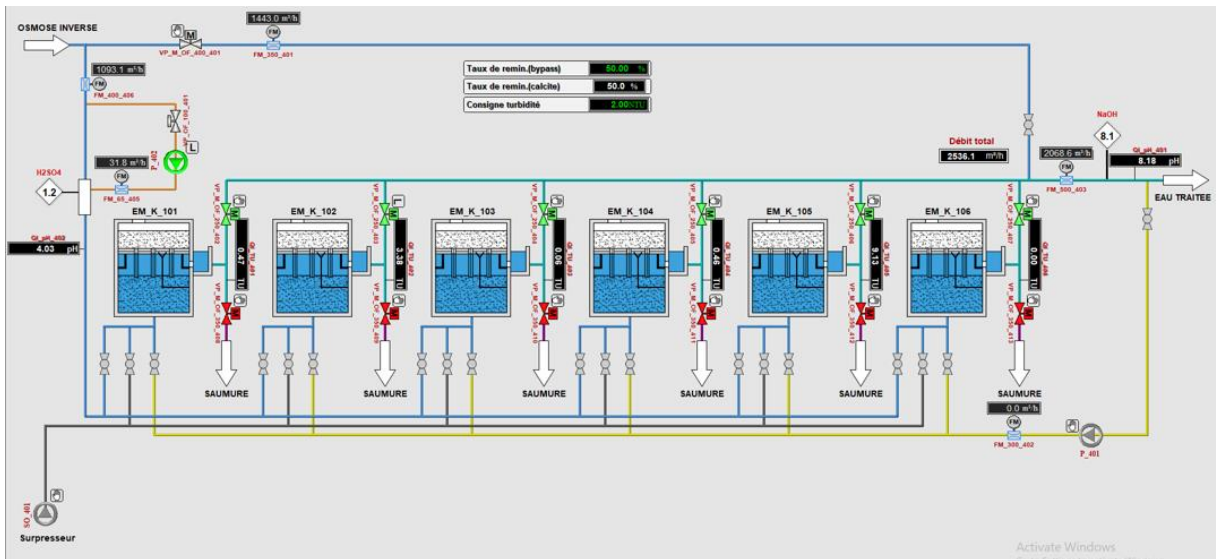


Figure 47 : schémas synoptique du reminéralisation de SDEM EL-Marsa

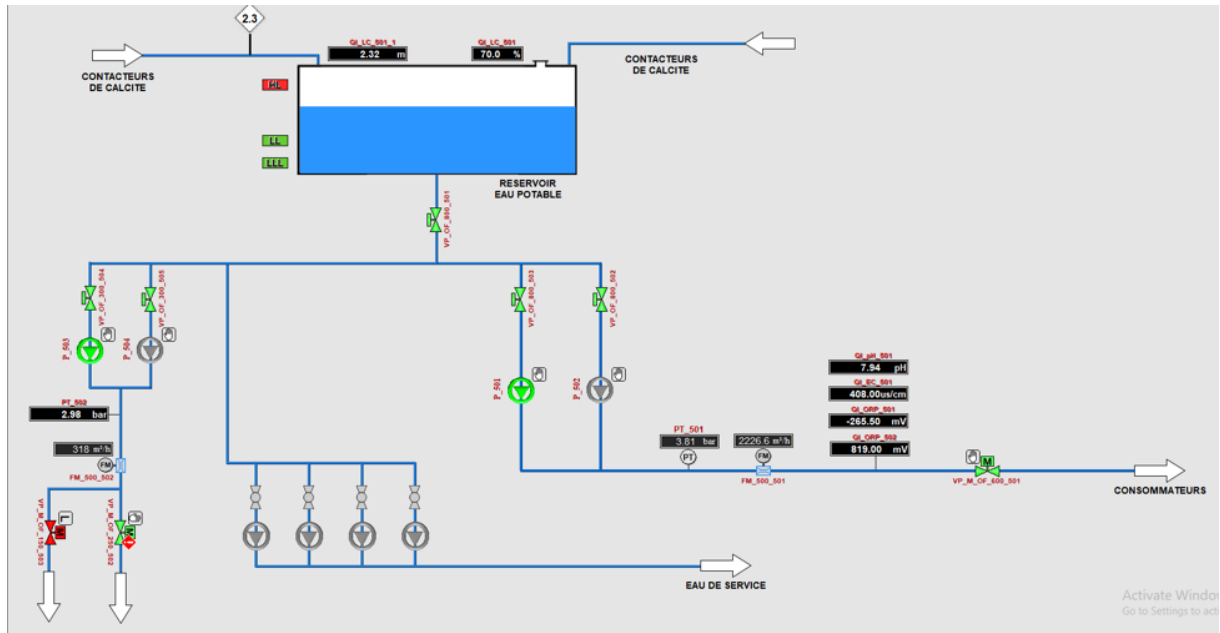


Figure 48 : schémas synoptique du réservoir d'eau traitée de SDEM EL-Marsa

## Annexes II

### Lavage du filtre à sable :

Après plusieurs heures de filtration nous constatons une diminution du débit de filtration due à un colmatage de filtre où il est procédé dans ce cas à un nettoyage.

Le nettoyage se fait par le lavage à contre -courant : le lavage contre -courant constitue l'une des opérations les plus simples. Il consiste à inverser le flux pendant des temps très courts et sous une forte pression, en utilisant de l'eau saumure pour éliminer les solutions adsorbées à la surface ou à l'intérieur des pores (Mellal, 2011) .

### . Équipements de lavage

#### a) Pompes de lavage

- Débit de lavage à contre -courant et  $30 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  pour bicouche
- HMT d'environ 2 à 3 bars

#### b) Compresseur de détassage

- Débit d'air de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  par  $\text{m}^2$  de surface
- HMT d'environ 0.5 bars

#### c) Contrôle

- Pertes de charge à travers le filtre
- Débit d'air de lavage
- Débit d'eau de lavage

#### d) Instruments :

- appareil de mesure des débits d'air et d'eau de lavage, pression différentielle du filtre

### Avant la membrane OI :

Avant l'entrée dans les membranes d'OI, l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression, dont la valeur est en fonction de la température et de la salinité. La mise en pression est assurée, soit par des pompes volumétriques (à pistons -à membranes), soit par des pompes centrifuges multi-étages, les premières étant plutôt adaptées aux faibles débits.

Pour maintenir des conditions optimales d'écoulement hydraulique dans les éléments d'Osmose Inverse, un certain débit de déconcentration doit être maintenu.

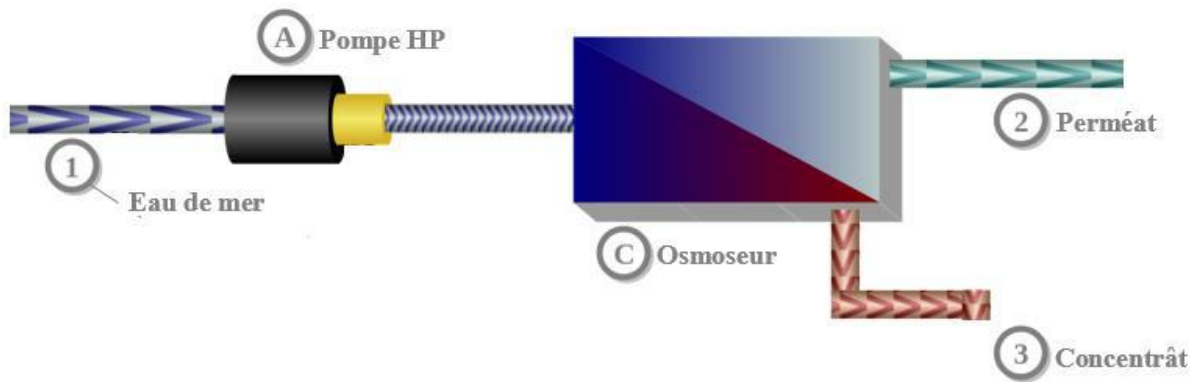


Figure 49 : Etapes d'Osmose inverse

### Dans la membrane OI

➤ **La membrane :**

La membrane agit comme un filtre très spécifique qui laisse passer l'eau tout en retenant les solides en suspension et les autres substances dissoutes (Bouzid-lagha & Matrouh, 2018).

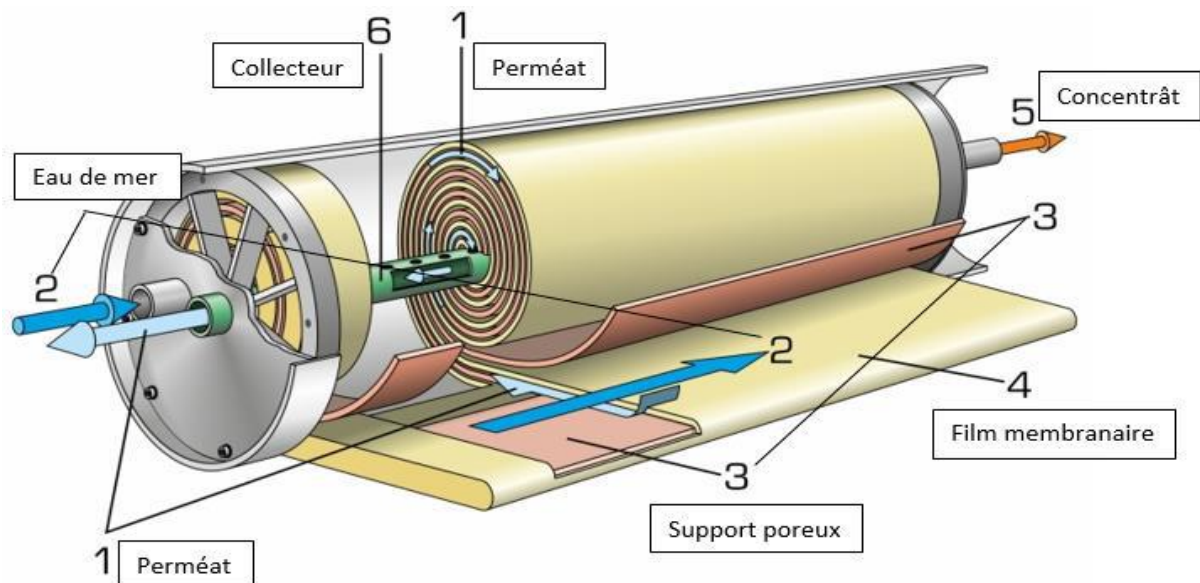


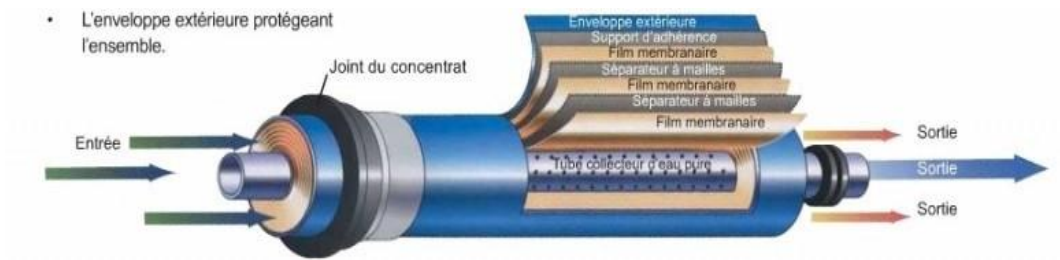
Figure 50 : conception d'une membrane OI

La membrane est composée de plusieurs couches enroulée en spirale :

- 1- Le film membranaire qui arrête 98% des TDS.
- 2- Le support d'adhérence et le renfort de membrane donnant la solidité au film.
- 3- Le tissu collecteur qui achemine l'eau pur jusqu'au tube collecteur central, lequel oriente l'eau ainsi filtrée vers l'extérieur.

## Annexes II

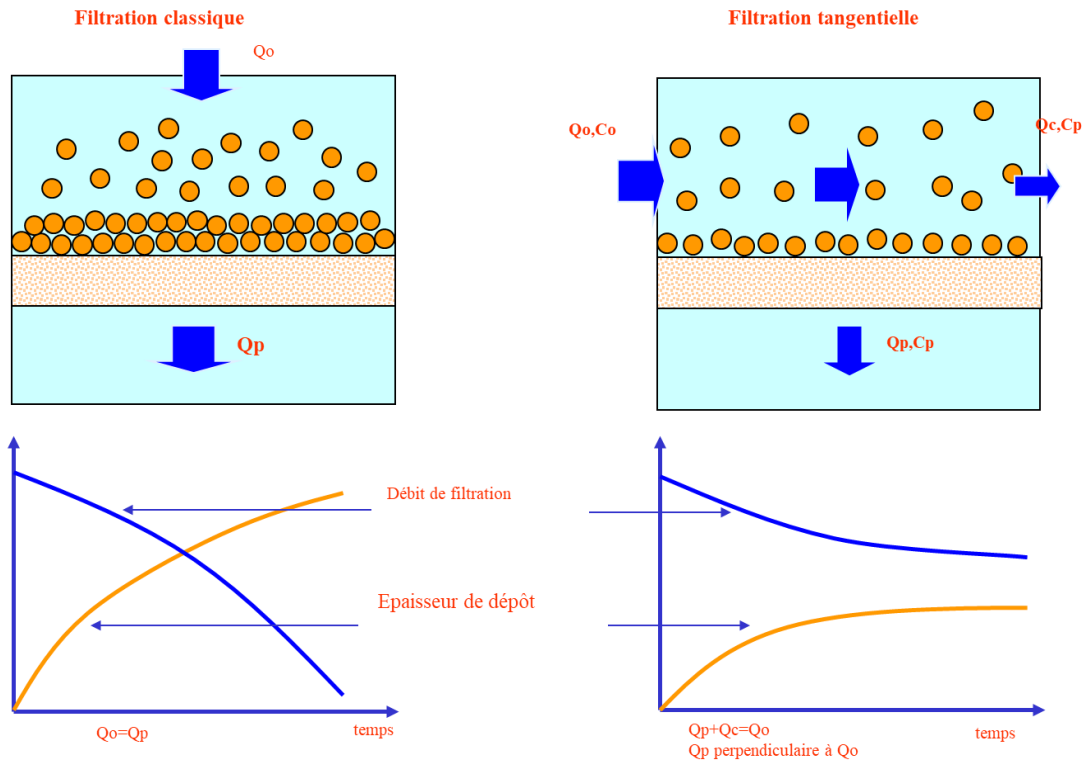
- 4- L'enveloppe extérieure protégeant l'ensemble.
- 5- Séparateur à mailles



### ***Le type de membrane :***

### ***Les types d'écoulement***

Sur la membrane, on distingue deux écoulements, le premier perpendiculaire à la membrane et qui constitue la production d'eau dessalée et le second tangentiel à la membrane et qui constitue le rejet (voir figure suivante). Ceci permet de minimiser le dépôt sur la membrane et l'atténuation du phénomène de polarisation au voisinage immédiat de la membrane.



**Figure 51** : type d'écoulement dans la membrane OI

**A la sortie de la membrane OI**

A la sortie des membranes, 55 % de l'eau est rejetée. Le concentrât possède donc une énergie hydraulique importante qu'il convient de récupérer afin de réduire les consommations en énergie électrique. Le taux d'énergie économisée dépend du système mis en place,

La récupération d'énergie de saumure produite pendant le procédé d'osmose se fait grâce à des échangeurs de pression

Le dispositif concerne un échangeur de pression permettant de transférer l'énergie de pression d'un flux de fluide à relativement haute pression à un autre flux de fluide à relativement basse pression.

Il se compose d'un rotor en céramique positionné sur un axe central entre deux capuchons d'extrémité

À l'intérieur d'un récipient sous pression, avec une paire d'entrées et de sorties coaxiales en communication avec une paire d'orifices :

- Un orifice bas pression.

## Annexes II

- une paire d'orifices haute pression. Le rotor tourne dans le revêtement en céramique ; c'est la seule pièce mobile pendant le fonctionnement (Bouزيد lagha 2018)



Figure 52: système de récupérations d'énergie (HAMA ET KAAB mai 2023)

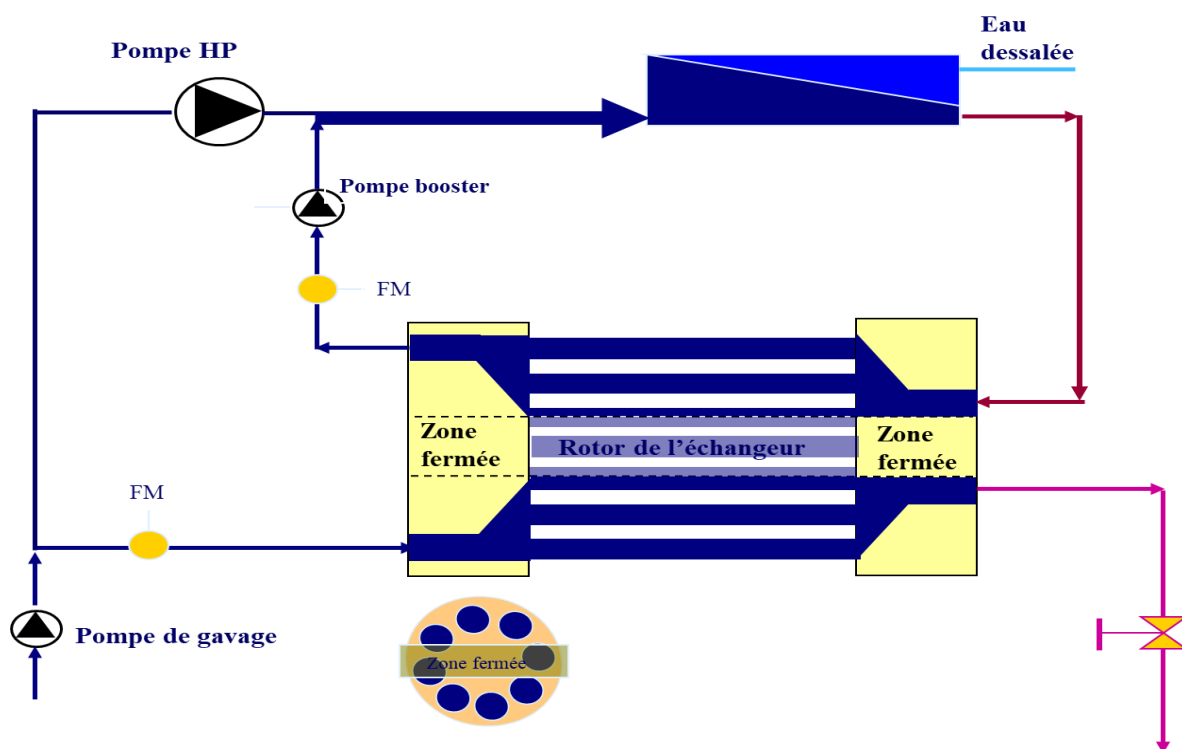


Figure 53 : Etapes d'OI avec le système de récupération d'énergie.

### Le nettoyage des membranes :

Périodiquement les membranes doivent être nettoyées pour les débarrasser de tous les dépôts qui tendent à diminuer la performance qualitative et quantitative du système.

## Annexes II

On utilise des solutions contenant des agents chimiques adaptés aux produits colmatant. Suivant la nature des dépôts on utilisera généralement :

- Des solutions de soude plus ou moins concentrées, à chaud ou à froid pour éliminer les matières organiques.
- Des solutions acides , pour enlever les produits minéraux.
- Des solutions d'hypochlorite, lorsqu'une action bactéricide est nécessaire ; mais on peut mettre en œuvre des détergents, des enzymes,...ou combiner les différents méthodes.
- Des procédés physiques de nettoyages, comme les ultrasons, peuvent aussi être utilisés quel que soit le moyen choisi, son effet peut être estimé en mesurant la perméabilité à l'eau après traitement et en comparant le résultat obtenu aux performances de la membrane neuve. (Mellal 2011)

Annexes III



Figure 54 : Réactif de chlore



Figure 55: photomètre



Figure 56 : les flacon des échantionnage



Figure 57 : rampe de filtration

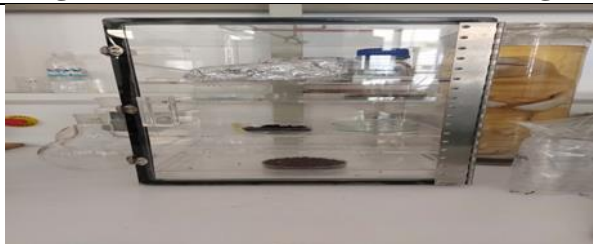


Figure 58 : dessiccateur



Figure 59: balance de précision

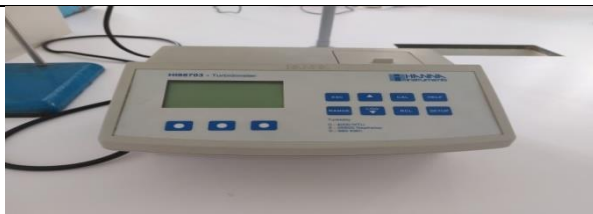


Figure 60 : turbidimètre



Figure 61 : conductimètre



Figure 62 : four à moufle



Figure 63 : pH mètre



Figure 64 : l'étuve

## Les protocoles des analyses effectuées au laboratoire :

### 1. Mesure de la température, la conductivité électrique et la salinité, TDS :

#### a. Principes :

- Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et leur origine (Rodier J, 1996) .
- La mesure de la conductivité permet de connaître la proportion de sels sous forme d'ions dissous. La conductivité est également fonction de la température de l'eau ; elle est importante lorsque la température augmente [03].
- La salinité est un facteur écologique propre aux biotope aquatique (mais aussi au sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autre sel dissous dans les eaux (Ramade ,2011

#### b. Matériel :

- Eau à analyser,
- Bécher à 250 ml,
- Eau distillée
- Appareil de mesure Multi paramètre

#### c. Mode opératoire :

- Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser
- Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée
- Plonger l'électrode dans le bécher et cliquer sur le bouton : On
- L'Appareil affiche directement les résultats
- cliquer sur le bouton (x) pour changer le paramètre,
- Laisser un moment jusqu'à l'affichage de la valeur de conductivité électrique, puis la température, et ensuite la salinité.
- Noter les résultats (Atamenia & Ziaya, 2020)

#### d. Appareillage :

- Appareil de mesure Multi-paramètre

### 2. Mesure du pH :

#### a. Matériel :

- Eau à analyser

## Annexes III

- Bécher à 250 ml
- Eau distillée
- pH-mètre à électrode en verre .

### **b. Mode opératoire :**

- Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser,
- Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée,
- Plonger l'électrode dans le bécher,
- Cliquer sur le bouton AR ensuite sur ENTRER,
- Attendez quelques secondes que le résultat apparaisse,
- Noter le résultat du pH. (NA751) et classer les eaux selon le tableau 03.

### **c. Appareillage :**

- PH-mètre à électrode en verre

## **3. Mesure de la turbidité :**

### **a. Matériels :**

- L'eau à analyser
- Bécher à 250 ml
- L'eau distillée
- Turbidimètre (HACH 2100 N) et une cuvette de mesure

### **b. Mode opératoire :**

- Rincer bien la cuvette avec de l'eau distillée
- Remplissez la cuvette avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jaugé
- Vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure
- Mettez la cuvette dans l'appareil de mesure et cliquer sur ENTRER
- L'appareil affiche directement le résultat en NTU
- Noter le résultat de la turbidité (ISO 7027 ,1999(F) ; Norme ISO5667 ,2004(F)).

### **c. Appareillage :**

- Turbidimètre (HACH 2100 N) et une cuvette de mesure

## **4 .Analyse de la matière en suspension :**

### **a. matériel:**

- Flacons de prélèvement.
- Glacières (moyen pour conservation des échantillons).
- Filtres Whatman GF/C de diamètre 47 mm.

### Annexes III

- Boîtes à filtres.
- Four à moufle.
- Balance de précision au 0.1 milligramme.
- Dessiccateur.
- Rampe de filtration.
- Pompe à vide pour filtration.
- Eprouvette graduée de 250 ml.
- Etuve.
- Pinces à bouts plats.

#### b. Réactif :

Solution isotonique a l'eau de mer :

Formiate d'ammonium  $\text{HCOONH}_4$ .....68 g.

Eau distillée .....1000 mL.

#### c. Mode opératoire:

##### ➤ Préparation des filtres au laboratoire:

- Calciner les filtres GF/C au four à moufle à 450-500 °C pendant 1h dans un papier aluminium.
- Rincer les filtres à l'eau distillée en les plaçant sur le support-filtre, sans l'entonnoir sous un vide très léger.
- Placer les filtres dans leurs boites numérotées et les laisser sécher dans une étuve à 70°C pendant au moins 2h avec le couvercle des boites entre-ouvert.
- Après séchage, refermer les boîtes.
- Laisser revenir à température ambiante, dans un dessiccateur jusqu'au moment de la pesée.
- Peser chaque filtre P1 (poids du filtre vide) et le replacer dans sa boîte à l'abri de la poussière.

##### ➤ Filtration de l'eau de mer

- Homogénéiser l'échantillon par une agitation.
- Placer le filtre sur la base de filtration à l'aide d'une pince à bouts plats.
- Placer l'entonnoir de filtration et fixer bien le dispositif de filtration.
- Mesurer le volume à filtrer (**VF**= 250 ml) à l'aide d'une éprouvette.
- Filtrer le volume de l'échantillon mesuré à l'éprouvette (**VF**)

### Annexes III

- Replacer le filtre dans sa boîte identifiée aux caractéristiques de l'échantillon (date, numéro, noms ...).
- Rincer le système de filtration, l'éprouvette et les bouteilles de prélèvement à l'eau douce.
- Effectuer un dernier rinçage à l'eau distillée.
  - **Séchage et pesée des filtres:**
- Placer la boîte dans une étuve entre à 70°C pendant au moins 2h avec le couvercle entrouvert.
- Retirer les filtres de l'étuve, remettre les couvercles et les placer dans un dessiccateur le temps de les laisser se stabiliser à la température ambiante.
- Peser chaque filtre **P2** (poids sec après filtration) une seconde fois dans les mêmes conditions que la première (même balance, idéalement même taux d'humidité...).

#### **d. Calcul de la concentration en MES:**

La concentration en MES est donnée par l'expression :

$$[M.E.S](mg/l) = (P1 - P2)/VF$$

**P1** : Poids du filtre sec avant filtration (mg).

**P2** : Poids du filtre sec après filtration (mg).

**VF** : volume de l'eau de mer filtré (L)

### **5. Analyse de la matière organique :**

#### **a. Matériel:**

- Four à moufle.
- Des creusés en porcelaine.
- La balance de précision.

#### **b. Mode opératoire:**

Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés afin de déterminer le charge des eaux en MOP dans un dessiccateur, dans la but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'aire.

- Numéroter les creusés après nettoyage pour leur enlever toute la poussière,
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide de deux pinces et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre **P1**.

### Annexes III

- Placer les creusés dans le four à moufle et programmer la Température à 450°C pendant 2 heures.
- Ouvrir le four à moufle et le laisser refroidir.
- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur.
- Une fois refroidis, pesé les filtres calcinés **P2**.

#### C. Calcul de la concentration en MOP

Le calcul de la matière organique particulaire se fait comme suit :

$$[M.O.P](\%) = ((P1 - P2)/P1) \times 100$$

**P1** : Poids du creuset et du filtre avant séchage en (mg).

**P2** : Poids du creuset et du filtre après séchage en (mg). (**Aminot & Chaussepied, 1983**)

## Annexes IV

## Les Normes Algérienne (référence)

Tableau 15: la norme Algérienne de l'eau potable et des rejets industriels .

Paramètres	Paramètre	Unités	Valeur limites d'eau traitée
<b>Paramètres chimique</b>	Aluminium	Mg/l	0.2
	Amonium	Mg/l	0.5
	Baryum	Mg/l	0.7
	Bore	Mg/l	1
	Fluorures	Mg/l	1.5
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
	Oxydabilité	Mg/l O <sub>2</sub>	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
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
Zinc	Mg/l	5	
<b>Paramètres physico-chimique</b>	Ph		6.5 ET 9
	Alcalinité	Mg/l en CaCO <sub>3</sub>	65
	Dureté totale		
	Conductivité	µs/cm	2800
	Température	°C	25
	MES	Mg/l	
	MOP	%	
	Fer total	Mg/l	0.3
	Manganèse	µg/l	50
	Potassium	Mg/l	12
<b>Paramètre organoleptique</b>	Phosphore	Mg/l	5
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfate	Mg/l	400
	Couleur	Mg/l platine	15
<b>Paramètre organoleptique</b>	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 °C	Taux de dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux de dilution	4

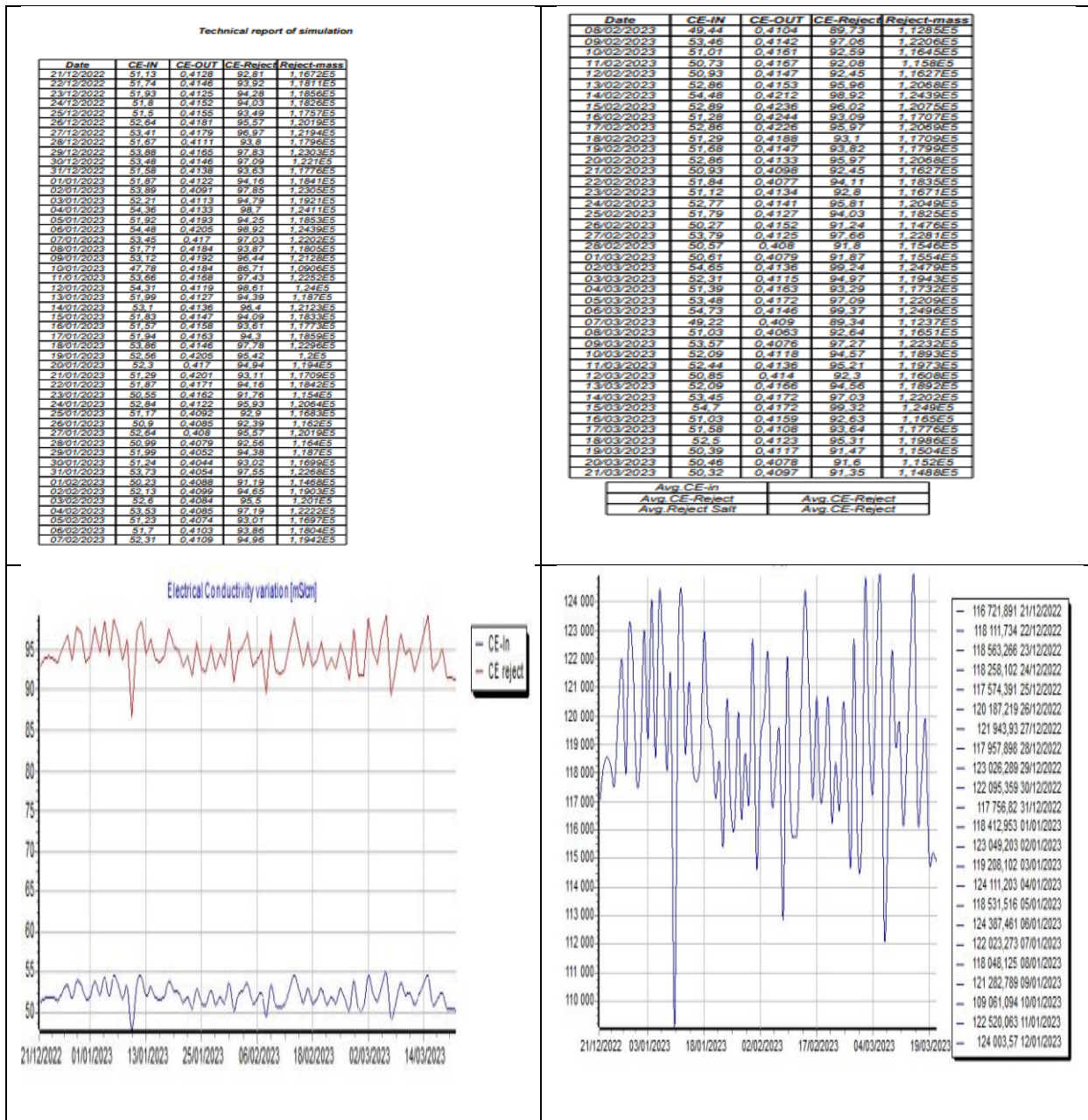


Figure 65: le rapport technique de la simulation qui nous été remis par l'application

Annexes V

**BMC**

<b>Partenaires clés</b>	<b>Activités clés</b>	<b>Proposition de valeur</b>	<b>Relation avec les clients</b>	<b>Segments de clients</b>
<p>Fournisseurs</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- de l'eau brute</li> <li>2- d'équipements de distillation .</li> <li>3- producteurs d'emballage</li> <li>4- D'emballage et de distribution</li> <li>5- La banque</li> </ol>	<p>L'eau distillée. L'eau pure L'eau ultra pure</p> <hr/> <p><b>Ressources clés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La ressource humaine</li> <li>- Station dessalement</li> <li>Equipement d'emballage</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Fourniture d'eau distillée de haute qualité</li> <li>2- Livraison pratique à domicile</li> <li>3- Abonnement personnalisé</li> <li>4- Support client expert</li> <li>5- Sensibilisation à l'eau distillée</li> <li>6- Emballage écologique ou recyclable</li> <li><b>7-</b> La disponibilité de l'eau distillée.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Service client</li> <li>2- Contrats et accords</li> <li>3- Fourniture régulière</li> <li>4- Communication</li> </ol> <hr/> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Segments de marché</li> <li>2- Publicité traditionnelle</li> <li>3- Marketing digitale</li> <li>4- Evènements et partenariats</li> <li>5- Services clients de qualité</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- Les laboratoires et les centres de recherche : les laboratoires scientifiques les centres de recherche médicale les universités et les établissements d'enseignement supérieur</li> <li>2- Professionnelles de la santé.</li> <li>3- Industries et fabricant : les entreprises de cosmétiques ; les industries chimiques ; industries Pharmaceutiques</li> <li>4- Particuliers</li> </ol>
<p><b>Structure des couts</b></p> <p>Le cout principal du projet est l'installation de l'unité de production son cout avoisine les 5 millions de dinars</p> <p>De plus de ce cout il y'a le cout de l'emballage de produit qui représente plus de 70% des charges d'exploitation</p>		<p><b>Flux de revenus</b></p> <p>Le produit est de forte consommation dans son domaine d'activité les clients sont prêts à payer son juste prix si la qualité selon leur attente est respectée</p> <p>Ils peuvent avoir un contrat moyen ou long durée pour une meilleure fidélisation avec un paiement mensuel et des prix plus attractifs</p> <p>Le paiement peut être électronique de préférence pour une bonne traçabilité Et facilité</p>		

### **1 . Pourquoi je veux faire ce projet ?**

#### **Ma motivation et mes qualifications :**

Je souhaite réaliser ce projet pour deux raisons principales :

En premier lieu, le projet s'inscrit dans la stratégie de l'état de la promotion des projets d'entrepreneuriat qui incite et aide les jeunes entrepreneurs à promouvoir leurs idées de projets afin de les concrétiser en projets permettant de renforcer l'industrie Algérienne.

En deuxième lieu, le projet est intéressant du point de vue économique suite à une demande accrue de cette substance (eau déminéralisée) pour différents secteurs industriels (pharmaceutique, cosmétique, laboratoires, industries chimiques ... etc.)

### **2. Mon offre : produit/ service + valeur proposée**

#### **à quel prix je vais le proposer ?**

Avant de répondre à cette question, il y'a lieu d'apporter les informations nécessaires pour ce projet ;

Le projet consiste à une unité de production d'eau déminéralisée de qualité supérieure destinée aux secteurs cités ci-dessus à travers l'utilisation d'eau du premeat (eau qui sort des racks d'osmose inverse avant reminéralisation d'une station de dessalement) ; l'usage de ce produit à plusieurs avantages qui sont :

- La ressource utilisée est illimitée (eau de mer)
- Le prétraitement a été déjà fait (réduction de process pour notre installation)
- La qualité du produit est meilleure en termes de TDS (Total Dissolved Solide) < 200 mg/l, nous permettant d'avoir notre produit (eau déminéralisée) à très faible coût avec une qualité supérieure

De ce qui précède, notre produit consiste à la fabrication d'une eau déminéralisée (distillée) avec un TDS < 5 l'emballage que nous proposons est de 1l, 5l et 20l qui est un emballage standard dans les secteurs ciblés

Aussi pour un départ nous allons faire une unité de production d'une capacité de 5000 litres par jour avec une possibilité d'extension selon les besoins (demande).

## Annexes V

### 3. Processus de production

#### aspects techniques :

Notre unité de production se compose de :

- Une unité de déminéralisation par osmose inverse d'une capacité de 5000l/jour
  - Cette unité nous permettra d'avoir une eau avec les caractéristiques voulues
- Une unité de remplissage
  - Cette unité peut travailler avec les emballages définis à savoir 1l, 5l et 20l ; elle sera automatique pour la 1l et 5l et manuelle pour la 20 litres vu la quantité à produire
- Une unité d'étiquetage,
  - Elle sera mise en ligne après l'unité de remplissage et elle sera aussi automatique
- Une fardeleuse
  - C'est la dernière machine de la chaîne de production
- Une zone de stockage

### 4. Qui est mes clients ? Ciblage

#### Qu'est ce qu'il gagne ?

En ce qui concerne les clients ciblés de mon projet, nous citons :

- **Les Laboratoires et les centres de recherche** : Les laboratoires scientifiques, les centres de recherche médicale, les universités et les établissements, l'enseignement supérieur utilisent régulièrement de l'eau distillée pour leurs travaux, Elle est souvent utilisée pour préparer des solutions chimiques, nettoyer des équipements de laboratoire et garantir des résultats de recherche précis.
- **Professionnels de la santé** : Les hôpitaux, les cliniques et les cabinets médicaux utilisent de eau distillée pour diverses applications, notamment la stérilisation d'équipements médicaux, la préparation de solutions médicales, la dilution de médicaments et utilisation en chirurgie.
- **Industries et fabricants** : utilisent souvent d'eau distillée dans leurs processus de production. Elle est utilisée dans les industries pharmaceutiques, les entreprises de fabrication de produits cosmétiques, les industries de produits chimiques, etc.

## **Annexes V**

Les clients cités ci-dessus peuvent avoir un produit de très haute qualité avec un prix intéressant qui peut être justifié par une diminution de phases de process (prétraitement)

### **5. Comment je vais atteindre ce client ? Et comment le fidéliser ?**

Les clients peuvent être atteints avec une approche directe via un carnet d'adresse, la majorité des clients sont déjà répertoriés sur des plateformes (les laboratoires sont répertoriés au niveau de la direction de la santé de chaque wilaya et les industriels au niveau de la direction de l'industrie...)

Aussi une présence sur les réseaux sociaux avec un sponsoring afin d'atteindre un maximum de clients possible

Notre approche consiste au premier lieu de faire de proposition directe au niveau clients situés dans notre secteur d'activité avec possibilité de livraison pour une fidélisation aussi une approche d'agressivité de prix (prix bas) avec une haute qualité.

### **6. Qui sont mes concurrents ? Et comment je vais prendre ma part de marché ?**

D'après nos investigations le prix de vente de ce produit est excessif et peut être revu à la baisse d'une manière significative

Au premier lieu nous avons constaté que les opérateurs dans ce domaine ne sont pas nombreux et qui travaillent localement, donc notre approche sera de cibler au premier lieu les zones non couvertes

Au deuxième lieu ; nous avons constaté que les clients ne cherchent pas un emballage de qualité et visent beaucoup plus pour un produit de haute qualité, chose qui peut être à notre faveur afin de diminuer d'avantage les coûts de production avec un emballage en bouteille en PET

### **7. Ma stratégie de prix ? De distribution ? De communication ?**

#### **Mon innovation ? Mon atout et mon point fort**

Le problème majeur dans ce projet est de pouvoir écouler la quantité produite et de prendre rapidement des parts du marché, à cet effet un prix de vente bas avec une haute qualité peut nous faire accéder rapidement au marché afin d'écouler cette quantité produite et pouvoir augmenter la capacité de production, cette stratégie doit être accompagnée avec un bon réseau de distribution réalisé au premier lieu avec des démarcheurs et sous-traitants.

## **Annexes V**

En faisant une étude économique de notre projet nous constatons que le prix de revient de notre produit est aux alentours de 16 da/litre toutes charges de productions incluses

Le prix exécuté en Algérie est aux alentours de 40 da/litre chose qui permet d'avoir un prix très compétitif avec prise en charge de la distribution ;

L'innovation dans ce projet consiste à l'usage d'un produit de haute qualité (permeat) qui ne contient ni de chlore ni de taux élevé de sel réduisant ainsi les couts de production de cette eau déminéralisée aussi permette d'avoir une haute qualité d'eau déminéralisée

### **8. Pour réaliser ce projet il me faut :**

**matériel – technologie – compétences - ...**

#### **Coût total du projet ?**

Pour atteindre nos objectifs dans ce projet il est nécessaire d'avoir les équipements suivants :

- Une unité de déminéralisation par osmose inverse d'une capacité de 5000l/jour
- Une unité de remplissage
- Une unité d'étiquetage,
- Une fardeleuse

Par rapport aux compétences requises ; il est a noté que nous sommes spécialistes dans le domaine à travers notre cursus universitaire

L'estimation initiale de ce projet est aux alentours de 5 000 000 da

### **9. Comment je compte financer mon projet :**

**prêt bancaire – prêt particulier – autres ...**

De notre point de vue le projet peut être réaliser avec un prêt bancaire avec un apport propre ne dépassant pas les 10% avec une espérance d'avoir un taux bonifié aux alentours de 3% remboursable sur une durée de 05 ans

### **10.Le coût de revient (charges)**

**Le résultat attendu (par année)**

**la rentabilité**

**le délai de remboursement des dettes**

Nous avons fait une simulation avec ces hypothèses et le résultat donné est :

## Annexes V

Une charge financière de l'ordre de 80.000 da/mois pour le remboursement de crédit qui représente 4 à 5% des charges mensuelles

Avec une hypothèse d'avoir :

Charge mensuelles	Montant(DA)
Eau (370 da/m <sup>3</sup> )	<b>44 880</b>
Électricité	<b>5 000</b>
Location	<b>50 000</b>
Salaire brute (04 salarié)	<b>240 000</b>
Consommable (bouteilles en grande partie)	<b>1 452 000</b>
Crédit	<b>80 000</b>
Total	<b>1 871 880</b>

- PRODUCTION MENSUELLE 110.000 litres

Avec la charge mensuelle affichée sur le tableau nous pouvons afficher un cout de revient de l'ordre de **16,88 da/litre**

Aussi le produit sera embouteillé de la façon suivante :

- 20% bouteilles 1 litre
- 60% bouteilles 5 litres
- 20% bouteilles 20 litres

L'unité produira une quantité journalière de 5000 litres sur 22 jours du mois avec la disposition suivante :

bouteilles	Quantité d'eau mensuelle	NB de bouteille mensuelle	Prix unitaire du litres DA	Total en DA
1litre	22000	22000	35	770 000
20 litres	22000	1100	25	550 000

## Annexes V

5 litres	66000	13200	30	1	980 000	
<b>Chiffre d'affaires mensuel</b>					3	300 000

Le prix qui sera appliqué est un prix très compétitif sur le marché sachant qu'il reste très rentable avec une marge brute moyenne de 14 DA/litre

La marge brute annuelle moyenne est de  $14 * 110000 * 12 = 21\ 560\ 000$  da

### 11. Le niveau des ventes prévisionnel – le Chiffre d'affaires –

L'objectif principal de notre travail reste la vente totale de la production et avec cette stratégie de baisser les prix. Cette mission est facilement atteinte ; il est a noté que l'unité reste rentable même avec une production de 50% de capacité nominale

- Le chiffre d'affaires mensuel de l'unité est de l'ordre de **3 300 000 DA** qui donne un chiffre d'affaires annuel de **39 600 000 000 DA**
- Les charges fixes mensuelles estimés dans ce projet sont de **1 871 880 Da** qui donne un total de charges annuelles de **22 462 560 Da**
- Le bénéfice brut annuel est de **17 134 440 Da**

### 12. Les perspectives de développement de mon projet à moyen et à long terme

Vu la rentabilité du projet la mission principale reste le développement du notre réseau de distribution afin de toucher le maximum de clients possible en Algérie et avec cette optique nous pouvons agrandir notre capacité de production et mettre en place un autre investissement de fabrication de bouteille afin de réduire d'avantage le cout de revient car nous pouvons constater que le cout de l'emballage représente plus de 75 % du prix de revient de notre produit.

### 13. Les risques possibles et comment les contourner :

Le risque majeur dans ce projet est la vente car le produit peut être disponible mais le risque de sa vente est présent il peut être contourner par notre prix compétitif et une stratégie de distribution efficace avec une fidélisation de nos clients à travers des contrats moyenne et longue durée avec des prix encore plus bas avec un système de récupération d'emballage et sa réutilisation qui peut engendrer une baisse de prix pour le client et plus de profil pour nous .