



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي



عنوان المشروع:

Conception et réalisation d'une installation de traitement de l'eau
saumâtre

مشروع لنيل شهادة مؤسسة ناشئة في اطار القرار الوزاري 1275

صورة العلامة التجارية



الاسم التجاري

نقاء-PURE

السنة الجامعية

2023 _ 2022

حول فريق الاشراف وفريق العمل

1- فريق الاشراف:

فريق الاشراف	
المشرف الرئيسي (01): عولمي زوبير	التخصص: مناجم - الكترولوميكانيك
المشرف الرئيسي (01): لخضر منصور	التخصص: كيمياء
المشرف المساعد: مقراني رضوان	التخصص: الكترولوميكانيك

2- فريق العمل:

فريق المشروع	التخصص	الكلية
زمال خديجة	صيانة صناعية	معهد المناجم
فضل الدين مروى	صيانة صناعية	معهد المناجم
طايبى ايمان	صيانة صناعية	معهد المناجم

الاسم واللقب	الرتبة	الصفة	المؤسسة	الامضاء
زعموش فارس	MCA	رئيس اللجنة	ج- تبسة	
عولمي زويير	MCA	المشرف الرئيسي الاول	ج- تبسة	
منصوري لخضر	MCB	المشرف الرئيسي الثاني	ج- تبسة	
/	/	المشرف الرئيسي الثالث	ج- تبسة	
مغراني رضوان	MAA	مشرف مساعد	ج- تبسة	
ليفة السعيد	MAA	ممتحن	ج- تبسة	
/	/	ممثل الحاضنة	ج- تبسة	
صابر خلف الله	/	ممثل للشريك الاقتصادي	مدير مديره البيئه	
فيلالي محمد الصالح	/	ممثل للشريك الاقتصادي	ممثل عن ديوان التطهير وحده تبسة	
سوداني محمد الصالح	استاذ مساعد - أ-	عضو بمركز دعم التكنولوجيا و الابتكار	ج- تبسة	

Remerciement

Ce mémoire est l'aboutissement d'un parcours accompli en dix-sept ans que nous n'aurions pas pu accomplir seuls.

Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de commencer et de terminer cette mission.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas riche et ne pourrait être achevé sans l'aide et l'encadrement de **Mr. Aoulmi Zoubir, Moghrani Redouane, Lakhdar Mansouri**, nous les remercions pour la qualité exceptionnelle de leur encadrement et pour leur patience et disponibilité alors que nous préparé cette mémoire.

Nous remercions également tous nos professeurs de **l'Institut des Mines** pour leur générosité et la grande patience dont ils ont fait preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nous adressons nos remerciements à tout le personnel administratif et les ouvriers du Partenariat Eau pour leur accueil chaleureux et leur agréable ambiance de travail, en particulier un merci tout particulier au chef de service, aux ingénieurs et techniciens du service maintenance et travaux neufs qui ont beaucoup appris au cours de notre Un grand merci à nos familles,

Enfin merci à nos chers amis toujours présents et fidèles.

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à rendre ce voyage possible.

Dédicace

"À notre chère famille,

Nous souhaitons vous dédier notre mémoire de fin d'études sur le traitement de l'eau.

Votre soutien constant, votre amour inconditionnel et vos encouragements nous ont permis d'atteindre cette étape importante dans nos vies académiques. Chaque étape de ce parcours a été guidée par votre présence bienveillante.

Votre soutien nous a donné la force de poursuivre nos rêves et de nous consacrer à cette passion qui est devenue notre mémoire de fin d'études. Vos conseils avisés et votre confiance en nous ont été des piliers essentiels tout au long de cette expérience. Nous ne pourrons jamais assez-vous remercier pour tout ce que vous avez fait.

Cette réalisation est autant la vôtre que la nôtre, car vous avez été nos piliers et notre source d'inspiration. Nous sommes honorés de vous avoir à nos côtés et nous sommes reconnaissants pour tout l'amour et le soutien que vous nous avez apportés.

Que cette dédicace témoigne de notre gratitude éternelle envers vous, notre chère famille. Ensemble, nous avons célébré les hauts et les bas de ce voyage, et nous sommes impatients de partager de nombreux autres moments de joie et de réussite avec vous.

Avec tout notre amour,

Nous : [**Fadel Eddine Maroua taibi imene Zemmal Khadîdja**]"

Merci!

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste de figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction générale	
I L'EAU ET SES PROPRIETES	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Définition de l'eau	4
I.3. Importance de l'eau	4
I.3.1. L'eau dans l'organisme humain.....	4
I.3.2. L'eau et alimentation	5
I.4. Sources d'eau.....	6
I.4.1. Traitement de l'eau de source.....	6
I.4.2. Eaux souterraines.....	6
I.4.3. Eaux de mer.....	7
I.4.3.1. Composition minérale de l'eau de mer.....	8
I.4.4. Eaux superficielles.....	9
I.4.5. Eaux saumâtres.....	9
I.4.5.1. Salinité des eaux saumâtres.....	10
I.4.5.2. Norme de potabilité sur les sels.....	10
I.5. Catégories d'eau douée.....	11
I.5.1. Définition d'une eau potable	11
I.5.2. Normes de potabilité.....	11
I.5.3. Caractéristiques d'une eau potable	11
I.5.4. Paramètres organoleptiques	12
I.6. Eaux minérales naturelles (EMN).....	13
I.6.1. Traitement des eaux minérales naturelles.....	14
I.6.2. Classifications des eaux minérales naturelles.....	14
I.7. Eaux de source (ES)	15
I.8. Consultations.....	16

SOMMAIRE

II GENERALITE SUR DESSALEMENT

II .1. Introduction.....	18
II.2. Historique de Dessalement.....	18
II.3. Historique du dessalement en Algérie.....	20
II.4. Unités existantes et en projet.....	21
II .5. Définition et classification des procédés industriels de dessalement.....	22
II.5.1. processuce de dessalement (système de dessalement).....	22
II.5.2. Classification des procédés industriele de dessalement.....	22
II.5.2.1. Captation de l'eau de mer.....	22
II.5.2.2. le prétraitement.....	22
II.5.2.2.a. coagulation –floculation	23
II5.2.2.b. filtration.....	24
II5.2.2.c. le traitement chimique.....	24
II.5.2.2.d. la filtration des sécurité ou microfiltration.....	25
II.5.2.3.les d'efférents procédés de dessalement.....	25
II.5.2.3.2. Précèdes membranaires.....	28
II.5.2.4. le poste de traitement ou minéralisation.....	32
II.6 Méthode de dessalement de l'eau.....	33
II.6.1. Anciens processuce.....	33
II6.2. Nouvelles technologies de dessalement et distillation.....	35
II.7.les avantages de dessalement.....	39
II.8. les inconvénients de dessalement	39
II.9 conclusion.....	41

III LES ENERGIES RENOUVELABLES ET LE DESSALEMENT

III -1 Introduction.....	43
III-2 développement des énergies renouvelables.....	44
III 2.1. Le développement des énergies renouvelables en Algérie.....	45
III -3. Les réalisations se énergies renouvelables pour l'eau en Algérie.....	46
III.3. a. Les énergies renouvelables dans les stations d'épuration (STEP.....	47
III-3. b. Les énergies renouvelables dans le DEM.....	48

SOMMAIRE

III - 4. Formes d'énergies utilisées dans le dessalement de l'eau marine et saumâtre.....	50
III.5. Conclusion.....	55
PARTIE PRATIQUE	
I. Présentation de Project.....	57
I.1. L'idée et la genèse du projet.....	57
I.2. Clarifier et définir la technologie utilisée	58
I.3. Domaines d'application de la technologie de distillation membranaire.....	59
I.4. Objectif de projet.....	60
I.5. Valeurs suggérées.....	62
I.7. L'équipe de travail.....	62
I.8. Calendrier historique des TRAVAUX.....	63
II. Aspects innovantes.....	65
III. Analyse du marché	69
III.1. ANALYSE DE PROJECT DU MARCHE..... ;;	70
III.2. ANALYSE SWOT D'UN PROJET DE DESSALEMENT D'EAU.....	71
III.3. ANALYSE DU MARCHE CIBLE.....	72
IV .1. plan de production et organisation.....	76
IV.2. Les ressources requises.....	77
IV.3. Tableau de matériaux utilisée dans les projet et leur prix.....	81
IIV-PLAN FINANCIER.....	84
VI – PROTOTYPE.....	95
VII. ANALYSE D'ECHANTILLON D'EAU DU ROBINET	104
Conclusion Général	
Bibliographie	

LISTE DE FIGURE

Chapitre I : L'eau et ses propriétés

Figure I.1 : La répartition de l'eau sur terre	4
Figure I.2 : Répartition de la masse hydrique totale du corps entre les compartiments	5
Figure I.3 : Les eaux souterraines	7
Figure I.4: Paramètres organoleptiques	12
Figure I.5 : Classifications des eaux minérales naturelles	14

Chapitre II : Généralité sur dessalement

Figure II.6 : le petit cycle de dessalement de l'eau	19
Figure II.7: Epuration de l'eau	20
Figure II.8: Système de dessalement	22
Figure II.9 : Prétraitement de l'eau	23
Figure II.10 : coagulation -floculation de colloïde	23
Figure II.11: la filtration sur le sable	24
Figure II.12 : le traitement chimique	25
Figure II.13 : La filtration de l'écriteau micro filtration	25
Figure II.14 : distillation simple effet	26
Figure II.15 : Distillation à multiples effets	26
Figure II.16: Distillation avec compresseur de vapeur	27
Figure II.17 : Distillation par détente successive ou procédé Flash	27
Figure II.18: procédé membrenaire	28
Figure II.19: L'électrodialyse	28
Figure II.20 : L'électrodialyse à membrane bipolaire	29
Figure II.21 : L'électrolyse à membranes	30
Figure II.22 : zoom sur l'osmose inverse	31
Figure II.23 : Pompe à haute pression HP	32
Figure II.24 : la chloration de l'eau	33
Figure II.25 : schéma d'évaporation de l'eau	35
Figure II.26 : la filtration à travers les membranes	35
Figure II.27 : dessalement par évaporation sous vide (VED)	35
Figure II.28 : Dessalement par osmose inverse à membrane	36
Figure II.29: Dessalement par vapeur de membrane	36
Figure II.30 : Dessalement par échange d'ions	37
Figure II.31 : distillation à membrane Solaire	38
Figure II.32 : Schéma pour distillation à membrane solaire	39

LISTE DE FIGURE

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

Figure III.33: Répartition de la puissance installée par application	46
Figure III.34: Un système éolien/OI	51
Figure III.35 : Schéma de conception générale simplifié d'une usine de dessalement PV-OI...	51
Figure III.36 : Exemple simple d'un système PV-OI	52
Figure III.37: Structure d'un système hybride (PV-Eolien)	54

Prototype

Figure 38 : prototype	96
Figure 39 : représenté etape1 de système	95
Figure 40 : represente etape 2 de système	95
Figure 41 : représenté etape3 de système	99
Figure 42: Module Detailed Design and Dimensions	99
Figure43 : Analyses physicochimiques de l'eau avant distillation	101
Figure 44 : Analyses physicochimiques de l'eau après distillation	102
Figure 45 : Les résultats d'analyse physicochimiques de l'eau avant et après distillation	103
Figure 46 : Les résultats d'analyse physicochimiques de l'eau avant et après distillation	104

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : L'eau et ses propriétés

Tableau I.1 : Norme de potabilité décrite par l'OMS sur les sels	6
Tableau I.2 : Répartition en volume et en pourcentage des différentes Sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur Terre	8
Tableau I.3 : Norme de potabilité décrite par l'OMS sur les sels	10
Tableau I.4 : Comparaison entre différents types d'eaux. (CSEM, 2008)	13

Chapitre II : Généralité sur dessalement

Tableau II.5 : Quelques projets existants en Algérie	21
--	----

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

Tableau III.6: Systèmes d'énergie renouvelable utilisés dans le dessalement	43
Tableau III.7: Coût du mettre cube dessalé en Algérie en dollars	48

Résumé

L'objectif essentiel de ce mémoire est de présenter une vue d'ensemble sur désalinisation de l'eau avec la proposition d'un nouveau modèle pratique.

Nous insistons sur la les caractéristiques de l'eau et son importance pour la vie et la santé publique d'une part.

Et d'autre part, nous présentons un aperçu des propriétés de l'eau et son rôle dans l'écosystème.

Dans cette étude, nous présentons les différentes technologies désalinisation.

Ces technologies comprennent la distillation par membrane, par flash et l'osmose inverse.

Les énergies renouvelables, et leurs rôles dans le traitement de l'eau sont considérés.

Nous proposons un nouveau prototype, pour la désalinisation.

Ce prototype est justifié par : la présentation du projet, les aspects novateurs, l'analyse du marché, l'étude financière et le modèle pratique.

Ainsi qu'une étude de l'analyse du marché, des prévisions de la demande et des rendements financiers prévus.

Mots-clés : énergie solaire, membrane, eau saumâtre, buvant, Dessalement

Abstract

The main objective of this work is to provide a comprehensive account of water desalination and introducing a new practical model.

We emphasize the significance of water and its crucial role in sustaining life and public health, alongside elucidating its properties and ecological importance.

The study delves into various desalination technologies, including reverse osmosis, flash distillation, and membrane distillation. Additionally, we scrutinize the employment of renewable energies in water treatment.

Our proposal entails a novel prototype for desalination, which is supported by the project's introduction, innovative features, market analysis, financial evaluation, and practical model. Furthermore, we conduct a market analysis, predict demand, and anticipate financial returns.

Key words: Desalination, drinking water, brackish, membrane, solar energy.

الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو تقديم لمحة عامة عن تحلية المياه و اقتراح نموذجاً تطبيقياً. أكدنا من خلاله على خصائص الماء وأهميته للحياة والصحة العامة من جهة. ومن ناحية أخرى ، نقدم لمحة عامة عن خصائص المياه ودورها في النظام البيئي.

في هذه الدراسة ، تناولنا تقنيات تحلية المياه المختلفة. تشمل هذه التقنيات التقطير الغشائي والتقطير الومضي والتناضح العكسي.

كما تطرقنا إلى الطاقات المتجددة ودورها في معالجة المياه.

توج هذا العمل باقتراح نموذج أولي جديد لتحلية المياه. هذا المجسم الأولي له ما يبرره: عرض المشروع، الجوانب المبتكرة، تحليل السوق، الدراسة المالية والنموذج العملي.

فضلاً عن دراسة السوق وتوقعات الطلب والعوائد المالية المتوقعة.

الكلمات المفتاحية : تحلية ، مياه شرب ، ماء قليل الملوحة ، غشاء ، طاقة شمسية

Introduction

Général

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie, comme de nombreux autres pays, souffre de défis majeurs liés à la disponibilité limitée d'eau douce et polluée.

Des facteurs tels que la croissance continue de la population et les changements climatiques aggravent ce problème, ce qui rend nécessaire de travailler à la recherche de solutions durables pour fournir de l'eau propre et potable.

Dans ce contexte, le projet de dessalement membranaire se présente comme une solution innovante et efficace pour répondre à ce problème urgent en Algérie.

Le dessalement de l'eau par distillation membranaire repose sur la technologie de séparation des polluants et du sel de l'eau douce à l'aide d'une fine membrane qui ne laisse passer que l'eau pure.

Ce projet est basé sur une analyse minutieuse du marché et une étude de la demande en Algérie. Il a été constaté qu'il existe un besoin urgent de fournir de l'eau potable propre et sûre à la société algérienne.

Sur cette base, nous pensons que c'est le bon moment pour se lancer dans le projet de dessalement membranaire en Algérie.

Ce projet présente plusieurs caractéristiques innovantes qui en font un excellent choix pour répondre aux besoins en eau pure de l'Algérie.

Outre la technologie avancée des membranes de distillation, le projet se caractérise par son utilisation efficace des ressources et la fourniture d'eau douce de manière durable et au coût le plus bas possible.

Le projet est également conforme aux orientations générales

L'eau vers la préservation de l'environnement et le développement durable.

Grâce à la taille importante du marché et à la demande croissante d'eau potable en Algérie, nous sommes confiants dans le succès de ce projet.

Nous nous engageons à fournir une technologie de dessalement par membrane avec les normes de qualité et d'efficacité les plus élevées, répondant aux besoins des clients à travers le pays.

En bref, le projet de dessalement membranaire en Algérie vise à apporter une solution durable et innovante à la crise de l'eau dans le pays.

Nous sommes convaincus que ce projet contribuera à améliorer la qualité de vie de la société algérienne et à répondre à ses besoins urgents dans le domaine de l'eau potable.

Neuf chapitres sont consacrés à l'étude :

INTRODUCTION

Le premier chapitre : met l'accent sur les caractéristiques de l'eau et leur importance pour la vie et la santé publique.

Les propriétés de l'eau et son rôle dans l'écosystème sont examinés.

Dans le deuxième chapitre : une présentation générale de la désalinisation et des différentes technologies utilisées pour convertir l'eau salée en eau potable à l'aide de membranes est proposée.

Ces technologies comprennent la distillation par membrane, la distillation flash et l'osmose inverse.

Dans le troisième chapitre : les énergies renouvelables et leur rôle dans la désalinisation de l'eau sont examinées.

L'accent est mis sur l'utilisation de l'énergie solaire, de l'énergie thermique et de l'énergie biologique pour faire fonctionner les systèmes de désalinisation de l'eau et améliorer leur efficacité.

Les chapitres quatre, cinq, six, sept, huit et neuf comprennent une étude complète du projet, y compris la présentation du projet, les aspects novateurs, l'analyse du marché, l'étude financière et le prototype, ainsi qu'une étude de l'analyse du marché, des prévisions de la demande et des rendements financiers prévus.

Notre mémoire se termine par une conclusion générale qui clos se travail

Chapitre I :

L'eau et ses propriétés

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

I.1. Introduction

L'eau est une source indispensable à la vie. Elle est utilisée pour boire mais, les activités domestiques (alimentation, lessive, linge...), l'industrie (agroalimentaire, papiers, automobile...), l'agriculture (irrigation), la production d'énergie, etc.

L'eau est très abondante à la surface du globe terrestre, cependant 97% des ressources en eau de la planète sont salées (océans) et les calottes polaires qui constituent les $\frac{3}{4}$ de l'eau douce de la planète sont malheureusement inaccessibles [1].

La majorité de l'eau utilisée provient surtout des lacs, des fleuves, des circulations d'eau, des puits et des forages, soit 3% du réservoir d'eau douce. La répartition de cette quantité d'eau, est inégale.

La ressource est relativement abondante dans des régions, par contre dans d'autres parties elle est presque rare.

Dans les régions où les ressources en eau sont assez suffisantes, des problèmes de potabilité de l'eau liés la pollution (naturelle ou humaine) des ressources sont parfois notés [2].

I.2. Définition de l'eau

L'eau (en Latin aqua, qui a donné aquatique et en grec hydro qui a donné hydrique, hydrologie), est un élément incolore, inodore et sans saveur, sous forme liquide en condition standards, composés ou sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène, de formule chimique H_2O .

Elle est cependant le composant principal de tout être vivant [3].



Figure I.1: La répartition de l'eau sur terre.

I.3. Importance de l'eau

I.3.1. L'eau dans l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain.

La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65%.

L'organisme élimine en permanence de l'eau.

En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

reins, la peau et les poumons, elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup.

Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports.

La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme « avertit » qu'il est en état de déshydratation [4].

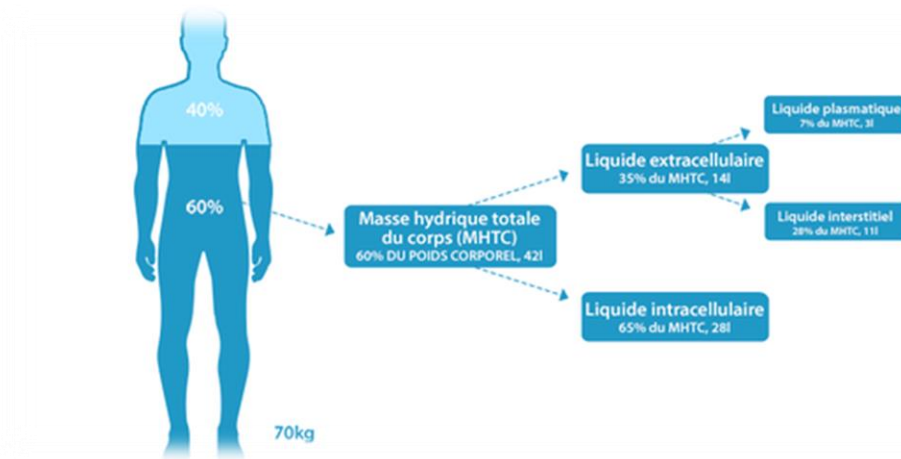


Figure I.2 : Répartition de la masse hydrique totale du corps entre les compartiments.

I.3.2. L'eau et alimentation

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment.

Elle ne fournit pas d'énergie brute.

Par contre, l'eau est essentielle à la vie, C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments [4].

Au moment de la digestion, outre l'eau apportée par les boissons et les aliments ingérés, l'organisme fournit lui-même plusieurs litres d'eau à l'estomac et à l'intestin grêle pour faciliter la circulation et la digestion des aliments.

En fin de digestion, une faible proportion de toute cette eau descend dans l'intestin qui l'élimine avec les résidus de la digestion.

Mais la plus grande part traverse les parois de l'intestin grêle et du colon pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons [5].

I.4.Sources d'eau

Les sources d'eau naturelles se subdivisent en groupes :

I.4.1. Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine.

Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, fer et manganèse) sont : l'aération, la décantation et la filtration (Lunc et Lagradette, 2004) [6].

➤ Classification Des eaux

Il existe une classification des eaux naturelles selon certains paramètres tels que : le pH, la conductivité électrique et la turbidité.

➤ Classification selon le pH

Des classes de pH ont été dégagées (Rodier, 2009) pour les eaux naturelles afin de qualifier une eau en fonction de son pH (tableau1).

Tableau I.1: Norme de potabilité décrite par l'OMS sur les sels.

PH<5	Acidité forte =>présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
PH=7	PH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface.
5,5<pH<8	Majorité des eaux souterraines.

I.4.2. Eaux Souterraines

Lorsque l'eau superficielle pénètre dans le sol, une partie est retenue à la surface des grains ou dans les micro-interstices.

Cette quantité d'eau retenue est caractéristique d'un sol donné et se définit comme sa capacité de rétention (Vilagines, 2010) [7].

L'autre partie de cette eau superficielle, percole en direction de sous-sol sous l'action de l'apesanteur.

Ce sont les eaux des nappes phréatiques, qui correspondent à 22% des.

Réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliards de m³.

Leur origine est représentée par.

L'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol.

Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (Aissaoui, 2013) [8].

Cependant, elles ne sont pas toujours consommables.

Leur consommation dépend de leurs teneurs en éléments chimiques et minéraux qui doivent respecter les normes de potabilisation.

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

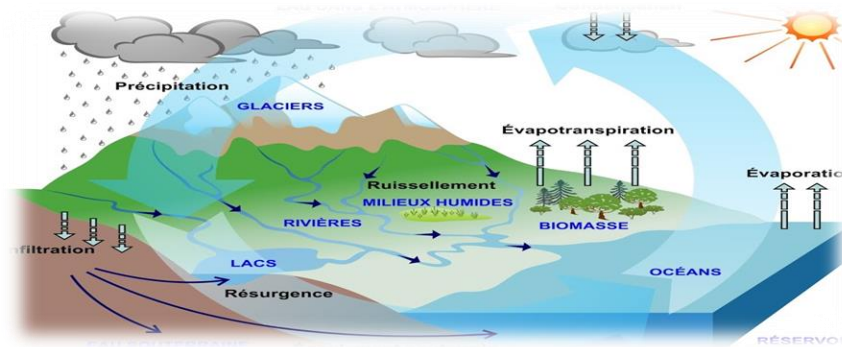


Figure I.3 : Les eaux souterraines.

I.4.3. Eaux de mer

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre.

On dit qu'elle est salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions, principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium.

On trouve 30 à 40g de sels dissous pour 1kg d'eau de mer.

L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins de 1g de sels dissous par kilogramme.

La masse volumique de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025g/ml, supérieure de 2,5% à celle de l'eau douce (1 g/ml) à cause de la masse du sel et de l'électrostriction [9].

Le tableau I.1 représente la répartition en volume et en pourcentage des différentes sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur terre.

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

Tableau I.2 : Répartition en volume et en pourcentage des différentes Sources d'eau salée et d'eau douce présentes sur Terre.

	Volume (10 KM)	Pourcentage De l'eau totale (%)	Pourcentage De l'eau douce (%)
Eau totale	1,386 millions	100	-
Eau douce totale	35 000	2,53	100
Océans mondiaux	1,340 millions	96,5	-
Eau salée souterraine	13 000	1	-
Eau douce souterraine	10 500	0,76	30
Glaciers antarctiques	21 600	1,56	61,7
Glaciers du Groenland	2 340	0,17	6,7
Lies arctiques	84	0,006	0,24
Glaciers montagneux	40,6	0,003	0,12
Pergélisol et glace	300	0,022	0,86
Souterraine	85,4	0,006	-
Lacs salins	91	0,0012	0,26
Lacs d'eau douce	16,5	0,0008	0,047
Humidité du sol	11,5	0,0002	0,03
Tourbières	2,12		0,006
Rivières (flux moyen)	1,12	0,0001	0,0003
Dans la matière biologique	12,9	0,0001	0,04
Dans l'atmosphère (en moyenne)			

I.4.3. Composition minérale de l'eau de mer

L'eau de mer est composée d'eau et de sels, ainsi que de diverses substances en faible quantité.

Si plus des deux tiers des 92 éléments chimiques naturels sont présents dans l'eau de mer, la plupart le sont en faible quantité et difficilement décelables.

La salinité est un des paramètres les plus importants de l'eau de mer, et désigne la teneur en sels dissous.

La salinité moyenne des océans est de 35 g/l, et reste généralement comprise entre 30 g/l (Atlantique nord) et 40 g/l (mer Rouge).

Les mers intérieures ou assimilées ont une salinité supérieure, parce que l'évaporation y concentre le sel.

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

Les exceptions concernent donc des mers fermées ou semi-fermées, comme pour les valeurs extrêmes de 6 g/l dans les eaux de surface de la mer Baltique et 275 g/l dans la mer Morte. La mer ouverte la plus salée est la mer Rouge [10].

La grande particularité de l'eau de mer est que les proportions relatives des constituants sont sensiblement constantes, (c'est-à-dire indépendantes de la salinité), cette propriété a été établie par le chimiste allemand William Dittman.

Elle permet de considérer l'eau de mer comme une solution de onze constituants majeurs dans de l'eau pure, à savoir, par ordre décroissant d'importance, le chlorure, l'ion sodium, le sulfate, l'ion magnésium, l'ion calcium, l'ion potassium, le bicarbonate, le bromure, l'acide borique.

La loi de dit permet ainsi de déterminer la salinité de l'eau de mer par une seule mesure : de la concentration d'un de ces constituants (par exemple, Cl^-) ou d'une des propriétés physiques de l'eau de mer à une température donnée (comme la densité relative, l'indice de réfraction ou la conductivité).

Les deux principaux ions sont Na^+ et Cl^- , qui en s'associant forment le chlorure de sodium principal constituant du « sel marin », que l'on extrait dans les marais salants pour obtenir du sel alimentaire [11].

I.4.4. Eaux superficielles

Il s'agit des masses d'eaux bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement.

Elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté. Leur origine est l'eau des précipitations.

Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs et glaciers.

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.) et des événements météorologiques.

Leur capacité d'adsorption très limitée et l'absence d'un mécanisme de filtration permettent aux solides, dissous ou non, de propager rapidement : d'où la qualité très fluctuante des eaux superficielles.

Leur pollution microbiologique est généralement très importante.

Les dangers proviennent des eaux de ruissellement sur les surfaces d'exploitation agricole et forestière pesticides, fertilisants, engrais de ferme), des déversements des eaux usées, de la sédimentation des polluants de l'air (Arab et Oudafel, 2015) [12].

I.4.5. Eaux saumâtres

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre.

Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés.

Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols [13].

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

I.4.5.1. Salinité des eaux saumâtres

La composition chimique des eaux saumâtres varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre.

Ces variations de composition chimique dépendent de plusieurs paramètres : l'eau qui pénètre dans le sol dissout les sels qui composent l'écorce terrestre.

Les principaux sels qui peuvent être dissous en assez grandes quantités sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le Na Cl .

Indépendamment de la composition chimique et de la structure physique des roches, d'autres facteurs interviennent également parmi lesquels nous citerons

- La vitesse de circulation de l'eau et par conséquence.
- Le temps de contact.
- Les matières déjà dissoutes (la solubilité variant avec la force ionique) : ainsi des eaux chlorurées et gypseuses peuvent contenir en solution des quantités de sulfate de calcium supérieures à la solubilité du sulfate de calcium dans l'eau pure.
- Le phénomène d'évaporation (évaporation directe ou évapotranspiration), paramètre principalement lié aux conditions climatiques mais aussi à la profondeur du niveau piézométrique des nappes souterraines (influence des irrigations) [21].

I.4.5.2. Norme de potabilité sur les sels

Les normes de potabilité d'une eau diffèrent selon la législation des pays.

Le Tableau I.6 : ci-dessous présente les normes définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (l'Organisation mondiale de la santé 2008) concernant la salinité totale et les différents sels présents dans l'eau [6].

Tableau I.3 : Norme de potabilité décrite par l'OMS sur les sels.

Paramètres	Normes
Turbidité (NTU)	<1
PH	6,5-9.5
Conductivité ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	1801000à 20°C
Dureté totale ($\text{Mg}\cdot\text{l}^{-1}\text{ CaCO}_3$)	200
Calcium ($\text{Mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	-
Magnésium ($\text{Mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,4
Sodium ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	200
Chlore ($\text{Mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	250
Aluminium ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,2
Fer ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,3
Cuivre ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	1,0
Zinc ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	3,0
Manganèse ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,1
Chlorite résiduel($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,6-1,0
Sulfates ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	250
Bore ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,5

I.5. Catégories d'eau douce

I.5.1. Définition d'une eau potable

L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques en vue de la préserver, contenir une certaine quantité de sels minéraux et de microorganismes saprophytes.

Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (O.M.S, 1986) [14].

L'eau potable est toute eau qui ne porte pas atteinte à la santé du consommateur, quelques soit son âge ou son état physiologique, et ce à court terme et à long terme.

Les caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques doivent être conformes à des normes de potabilité (Rambandet Dellatre, 1992) [15].

I.5.2. Normes de potabilité

L'eau doit répondre à des normes pré- établies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) publie, régulièrement, des directives de qualité pour l'eau de boisson, dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales.

Ces Directives représentent une appréciation scientifique des risques sanitaires associés aux substances biologiques et chimiques de l'eau de boisson et de l'efficacité des mesures déployées pour y remédier.

L'OMS recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils s'adaptent ces directives aux normes nationales [16].

I.5.3. Caractéristiques d'une eau potable

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

I.5.4. Paramètres organoleptiques

Paramètre	Limite acceptable	Observations
Couleur	≤ 15 mg/L échelle Pt/Co	
Turbidité	\leq valeur équivalente à 2 unités Jackson	
Odeur	Aucune	} Pour un taux de dilution de 2 à 12 °C } Pour un taux de dilution de 3 à 25 °C
Saveur	Aucune	

Figure I.4: Paramètres organoleptiques

➤ Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter une couleur, cependant la coloration de celle-ci est due généralement à la présence de substances colorées provenant essentiellement : de la nature présence de substances minérales en particulier le fer le manganèse.

- De l'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) ainsi la décomposition des matières végétales.
- De l'industrie chimique (teinture et l'industrie textile).

Une coloration de l'eau est indésirable, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité. Elle doit être éliminée pour la rendre agréable à boire (Degremont, 1989) [17].

➤ Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (Rodier, 2005) [18].

Goût et saveur:

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie, comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005) [18].

Chapitre I : l'eau et ses propriétés

I.6.Eaux minérales naturelles (emn)

Sont des eaux à l'état naturel d'origine souterraine, microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, et ces compositions physico-chimiques stables.

Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique [19].

Ces eaux minérales naturelles constituent un cas particulier car leurs qualités thérapeutiques favorables à la santé humaine ont été reconnues par l'Académie nationale de médecine :

Qui sont autorisées concernant la teneur parfois élevée en sels minéraux [20].

L'eau minérale naturelle n'est soumise à aucun traitement sauf dans le cas d'interventions autorisées par la réglementation (séparation des ingrédients d'origine naturelle, la purification de l'eau est interdite).

En effet, l'eau se distingue par sa présence à des concentrations différentes selon les régions, c'est pourquoi on trouve de l'eau à haute valeur minérale par rapport à l'autre, ces propriétés sont des véritables médicaments à consommer avec modération reconnus par l'Académie Nationale de Médecine [21].

Tableau I.4 : Comparaison entre différents types d'eaux. (CSEM, 2008).

	Eau de robinet	Eau de source	Eau minérale naturelle
Origine	Multiplés : lacs, Rivières, nappes phréatiques, etc.	Souterraine	Souterraine
Protection Naturelle	/	Obligatoire	Obligatoire
Traitements chimiques	Traitements de potabilisation (plus désinfection chimique pour Transport)	Aucun traitement de potabilisation	Aucun traitement de potabilisation
Composition Minérale	Variable	Pas nécessairement Stable	Obligatoirement Stable
Effet reconnu sur la santé	/	/	Effet favorable à la santé, reconnu par l'Académie de Médecine.

I.6.1. Traitement des eaux minérales naturelles

Les traitements autorisés pour l'eau minérale naturelles ont les mêmes que pour les eaux de source embouteillées.

L'eau minérale naturelle ne peut faire l'objet d'aucun traitement ou adjonction autres que :

- La séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration.
- L'incorporation de gaz carbonique ou la regazéification [22].
- L'élimination de gaz carbonique libre par des procédés exclusivement physiques.
- La séparation des composés du fer, du manganèse, du soufre et de l'arsenic, à l'aide d'air enrichi en ozone.
- La séparation de constituants indésirables.

Ces traitements ou adjonctions ne doivent pas modifier la composition de l'eau minérale naturelle dans ses constituants essentiels ni avoir pour but de modifier les caractéristiques microbiologiques de l'eau minérale ou de l'eau de source.

Elles doivent être fixées par un arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé, du commerce et de la normalisation.

I.6.2. Classifications des eaux minérales naturelles

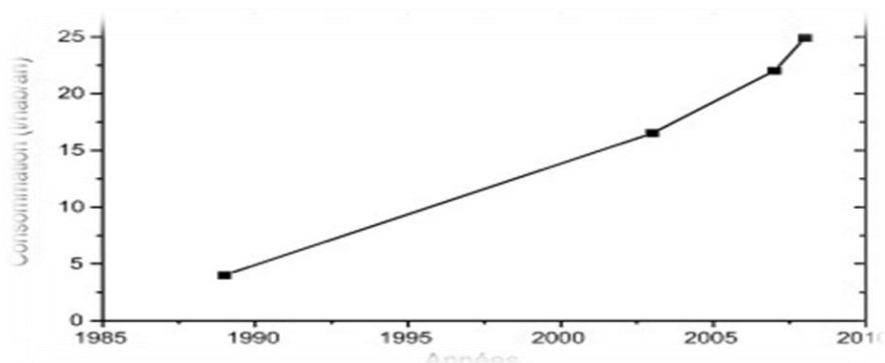


Figure I.5 : Classifications des eaux minérales naturelles

❖ Eau minérale naturelle non gazeuse

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau [23].

❖ Eau minérale naturelle naturellement gazeuse

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz est, après traitement éventuel autorisé, la même qu'à l'émergence compte tenu des tolérances techniques usuelles.

❖ Eau minérale naturelle dégazéifiée:

L'eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence [12].

❖ Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source :

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé.

I.7.Eaux de source (es)

Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution. [24].

Elle répond aux mêmes exigences de qualité physicochimique et radiologique que l'eau de robinet.

Les seuls traitements autorisés par la réglementation (séparation des constituants naturellement présents, la désinfection de l'eau est interdite) [25].

L'eau de source se distingue de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit être conforme à la norme de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation d'avoir une composition minérale constante et caractéristique, et qu'elle ne prétend pas avoir d'effet bénéfique pour la santé [26].

I.8.Consultions

L'eau est la source de vie, elle est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme, indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne.

Elle est non seulement nécessaire en quantité suffisante mais sa qualité est aussi un paramètre très important.

L'eau, lorsqu'elle est pure, est incolore, inodore et insipide.

D'un point de vue biologique, c'est dans l'eau que la vie est apparue et c'est grâce à elle qu'elle se maintient.

En effet, l'organisme humain peut vivre pendant près d'un mois sans manger mais ne peut survivre que quelques jours sans boire.

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut contenir des substances polluantes, c'est pour ça, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

Chapitre II :
Généralités sur le
dessalement

II.1. Introduction

Le dessalement de l'eau est le processus de conversion de l'eau salée en eau douce potable en éliminant les sels dissous et les impuretés.

Cette technologie est devenue de plus en plus importante dans les régions côtières et les pays confrontés à une pénurie d'eau douce.

Le dessalement offre une solution viable pour augmenter les sources d'eau potable et répondre aux besoins croissants en eau. [27]

Il existe différentes méthodes de dessalement utilisées pour convertir l'eau salée en eau douce.

Les deux méthodes les plus couramment utilisées sont la distillation et l'osmose inverse.

La distillation consiste à faire bouillir l'eau de mer pour produire de la vapeur d'eau, qui est ensuite condensée pour former de l'eau douce. [28]

L'osmose inverse utilise une membrane semi-perméable pour séparer les sels et les impuretés de l'eau, permettant à l'eau douce de passer à travers. [29]

Chaque méthode de dessalement présente ses propres avantages et inconvénients.

La distillation est une méthode éprouvée et fiable, mais elle est coûteuse en énergie et génère des déchets en raison de la production de vapeur. [30]

L'osmose inverse est une méthode plus économe en énergie et moins coûteuse, mais elle nécessite une maintenance régulière et peut produire des déchets en raison des impuretés retenues par la membrane. [31]

II.2. Historique de Dessalement

L'idée d'extraire de l'eau potable à partir de la mer n'est d'ailleurs pas nouvelle.

La nature le fait de puis toujours à travers le cycle naturel de l'eau. Sous l'effet du soleil, les océans s'évaporent, la vapeur d'eau forme des nuages qui provoquent des précipitations de pluie ou de neige lorsque les masses d'air humide atteignent des régions plus froides.

L'eau des précipitations est pure car le sel contenu dans la mer n'étant pas volatil, seule l'eau s'évapore.

Les marins de l'antiquité confrontés à l'approvisionnement en eau à bord des bateaux avaient déjà imité la nature en faisant bouillir de l'eau de mer pour en extraire de l'eau non salée par condensation de la vapeur produite.

Dans *Météorologique*, Aristote (384-322av. J.C.), écrit : « J'ai prouvé expérimentalement que l'eau salée qui s'évapore 'adoucit et que la vapeur Condensée ne réforme pas de l'eau de mer. ».

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

Pline l'Ancien (23-79, Histoire Naturelle), Alexandre d'Aphrodisie (150-215) et St Basile (329-379, Homélie) semblent avoir été les premiers à décrire des procédés pour rendre l'eau de mer potable. [32]

Mais il a fallu attendre le 18^{ième} siècle pour qu'on évoque des procédés permettant d'augmenter la production, améliorer la pureté de l'eau ou économiser l'énergie.

Et ce n'est qu'au début du 20^{ième} siècle que sont apparus les premiers procédés vraiment industriels de distillation, c'est-à-dire de concentration des solutions et de production d'eau douce par vaporisation puis condensation.

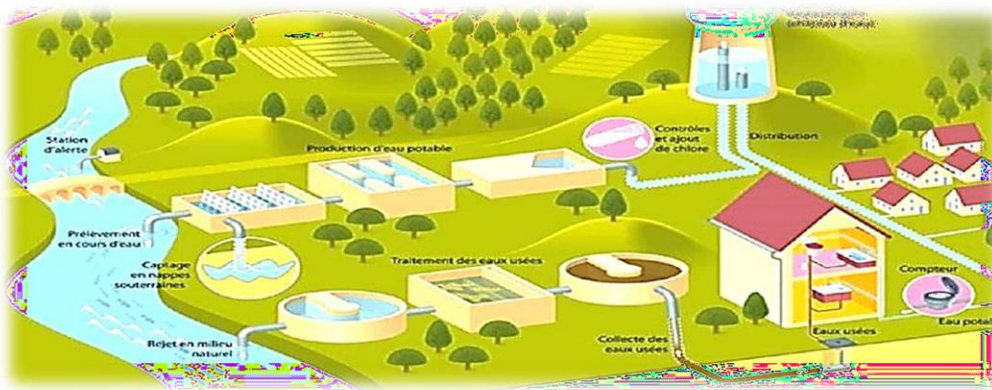


Figure II.6 : le petit cycle de dessalement de l'eau

Puis, autour de 1959, un procédé appelé osmose inverse a été mis au point à l'Université De Californie [33] dans le prolongement de la méthode plus ancienne de séparation des sels contenus dans les mélasses (Dubrunfaut, 1853) [34] et des colloïdes (Graham 1854, à l'origine Du terme osmose. [35]) Il s'agit d'un procédé membranaire : l'eau douce est extraite de l'eau Salée à travers une membrane semi-poreuse, en appliquant une pression.

Les premières membranes commerciales datent de 1970.

Au cours de la Seconde Guerre mondiale, on pensait que la technologie de dessalement, Appelée « dessalement », devait être développée pour transformer l'eau saline en eau Utilisable, où l'approvisionnement en eau douce était limité.

Par la suite, "Le Saline Water Acta "a été adopté par le Congrès en 1952 pour fournir un soutien pour le dessalement.

Le département de l'intérieur des États-Unis, par l'intermédiaire de l'Office of Saline Water (OSW), a financé pendant les années 50 et 60 le développement initial de la technologie de dessalement et la construction d'usines de démonstration.

Le dessalement est une science Relativement nouvelle qui s'est largement développée au cours de la seconde moitié du XXe Siècle et qui continue de subir des améliorations technologiques même à l'heure actuelle.

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

Il est intéressant de noter que l'une des premières usines de démonstration de dessalement d'eau de mer à être construite aux Etats-Unis était à Freeport, au Texas, en 1961.

Dow, en coopération avec le Département américain de l'Intérieur, a construit 1 million de gallons par jour une usine de distillation verticale à tube long (LTV) d'un coût de 1,2 million de dollars, qui produisait de l'eau pour la ville de Free port et pour les opérations de Dow.

Ces déclarations sont vraies es même aujourd'hui, plus de 40 ans plus tard. [36]

II.3. Historique du dessalement en Alegria

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au Développement de l'industrie pétrolière et sidérurgique.

Le recours au dessalement en vue d'un usage exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi inexistant.

Néanmoins une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution.

Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Oued Djallal dans la wilaya de Biskra (sud-est Algérien).

Dans l'industrie, la déminéralisation et le dessalement sont utilisés pour assurer la fourniture de l'eau :

De Chaudière

De refroidissement

De trématent



Figure II.7: Epuration de l'eau

En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun a été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays).

Le procédé utilisé est « à tubes submergés » travaillant à basse Pression.

Et en 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j.

Le procédé utilisé est MSF.

Dés lors de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mise en Place en parallèle avec les nouveaux complexes d'autre installations ont été mise en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté Nécessaire au procès des complexes de production d'électricité (Cap Djanet à D'Alger) et L'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda).

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

Également quelques installations sont destinées, principalement dans le Sud, à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine dans les bases pétrolières.

II.4. Unités existantes et en projet :

Quelques stations de dessalement qui existent ou qui sont en cours de réalisation sont citées ci-après :

- Mostaganem- Unité de dessalement d'eau saumâtre par osmose inverse utilisée pour les besoins d'une papeterie (52000m³/j-1994);
- Annaba- Unité de dessalement d'eau de mer par osmose inverse de 5184m³/j utilisée par ASMIDAL (1996)
- Unités monobloc-Dans le cadre du programme d'urgence des unités d'osmose inverse ont été installé en 2002 à Gazaouite, Skikda et dans le Grand Alger.
La capacité totale est d'environ 55.000m³/j.
- Arzew– La construction d'une usine de dessalement par distillation (Capacité 88.000m³/j) a débuté récemment;
- Breda– La construction d'une unité de déminéralisation d'eau saumâtre par osmose Inverse (capacité 34.000m³/j) a aussi débuté récemment.
- Hamma (Alger)–Usine de dessalement, de capacité de 200.000m³/j par distillation à proximité de la nouvelle station de production d'électricité, est en cours de construction.
- Les usines de production d'électricité de SONELGAZ sont pour vues de petites unités De dessalement pour les besoins internes au site.

Tableau II.5 : Quelques projets existants en Algérie. [37]

Site	Number dunnites	Debit (m ³ /j)	Procédé	Mises en Service
Skikda	1	1440	Flash	1971
Skikda	2	720	Flash	1971
Skikda	/	1440	Exchanger Dion's	1971
Hassi Messaoud	2	110	Electrodialysis	1997
Annaba	3	14180	Multiflash	1978
Bel abbés	/	1500	Echangeur D'ions	1978

II.5. Définition et classification des procédés industriels de dessalement

II.5.1 Processus de dessalement (système de dessalement)

Le processus qui s'appelle dessalage il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale,[38] bien qu'il existe un certain nombre de façons de convertir l'eau de mer en eau douce, un processus global commun s'applique à tous les systèmes.

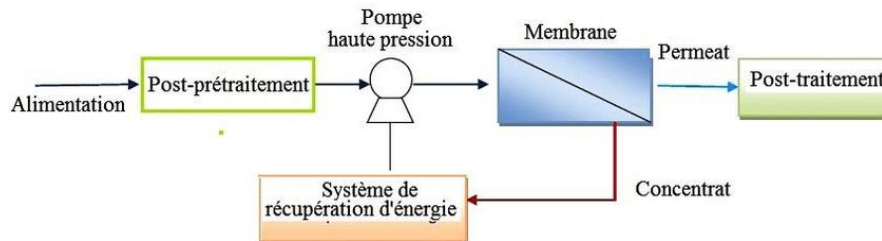


Figure II.8: Système de dessalement

La nature réelle de chaque étape dépend de la méthode de dessalement utilisée. [39]

5.2. Classification des procédés industriels de dessalement

Le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes :

- La captation de l'eau de mer
- Le preretirement
- Les différents procédés de dessalement
- Le post traitement ou minéralisation

II.5.2.1. Captation de l'eau de mer

La première étape du processus de dessalement consiste à acheminer l'eau de mer vers la station de traitement.

Pour ce faire, deux types de technologies sont utilisés : les forages côtiers, qu'ils soient verticaux ou sous forme de galeries horizontales, permettant d'obtenir une eau de qualité supérieure et stable, et la prise d'eau de surface, qui peut être effectuée en pleine mer.

Idéalement, la prise d'eau de surface devrait être réalisée en zone profonde, loin des côtes, afin de protéger l'eau contre les pollutions et les forts courants. [40]

II.5.2.2. Le prétraitement

Il est nécessaire de prétraiter l'eau de mer avant d'utiliser les technologies de dessalement pour garantir des performances stables à long terme, car les membranes des machines de dessalement sont sujettes au colmatage.

La qualité de l'eau est cruciale.

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

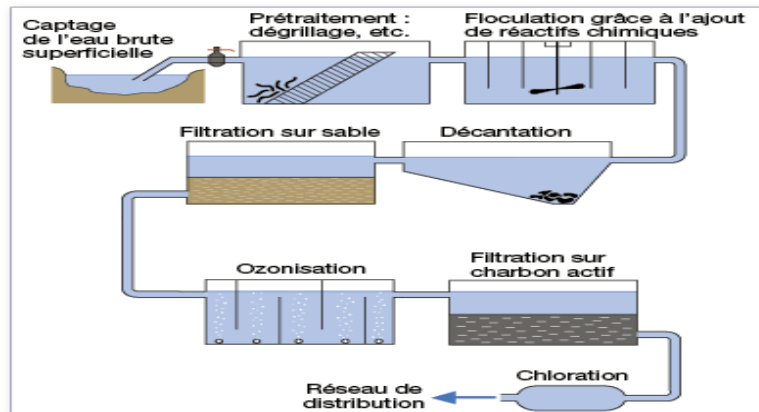


Figure II.9 : Prétraitement de l'eau

Les procédés de prétraitement sont divisés en deux catégories : les traitements physiques tels que les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration sur sable, la filtration membranaire, et les prétraitements chimiques qui incluent l'addition.

Inhibiteurs de desquamation, coagulants, antiseptiques et poly électrolytes [41].

II.a. Coagulation-floculation :

La coagulation favorise l'agglomération des colloïdes en réduisant les forces de répulsion électrostatique résultant des charges superficielles.

La floculation implique la formation de micro floes puis plus facilement décanales en regroupant ces particules

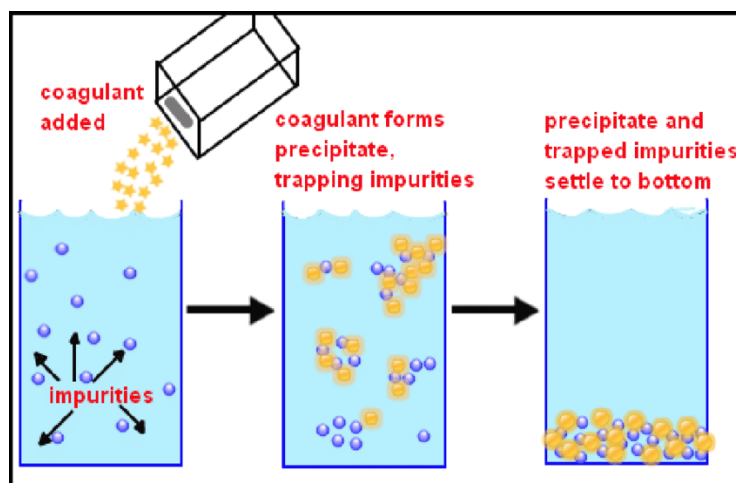


Figure II.10 : coagulation -floculation de colloïde

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

Les substances les plus couramment utilisées sont :

- ✓ Pour la coagulation : la chaux, l'alun, le sulfate ferrique et le chlorure ferrique,
- ✓ Pour la floculation: les polymères organiques à longues chaînes de masse molaire élevée [42].

II.a. La filtration

Dans le cas de la filtration sur sable, la séparation se produit à travers un milieu poreux (le sable) qui peut être plus ou moins tortueux, et qui se colmate en profondeur à mesure que les particules en suspension s'accumulent lors du passage du fluide.

Ce principe est également utilisé dans plusieurs autres types de filtres tels que les filtres à cartouche, les filtres à disque, etc.

Un milieu poreux est constitué de grains ou d'agrégats entourés par des espaces vides, également connus sous le nom de pores, qui peuvent être interconnectés ou non.

Ce matériau doit permettre le passage d'un fluide [43].

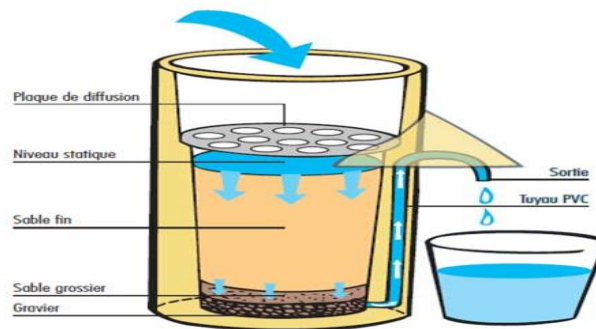


Figure II.11 : la filtration sur le sable

II.b. Le Traitement chimique

Après avoir été filtrée à travers du sable, l'eau de mer subit un traitement préliminaire à base de produits chimiques, qui comprend l'acidification, l'ajout de bisulfite de sodium et le dosage d'agents anti-incrustants.

Ces opérations sont effectuées avant que l'eau ne soit introduite dans les membranes grâce à l'utilisation d'équipements de dosages appropriés.[44]

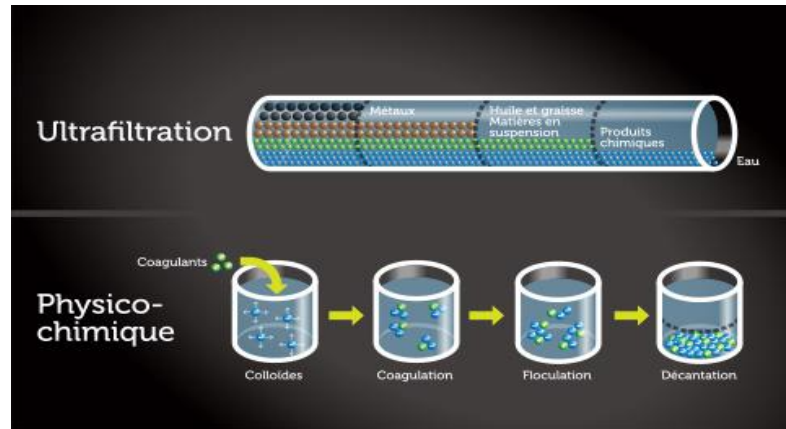


Figure II.12 : le traitement chimique

II.c. La filtration des écritéau micro filtration

Le processus de micro filtration est effectué à l'aide d'un filtre à cartouche bobiné.

Un manomètre différentiel, équipé d'un contact électrique d'alarme, est installé entre le collecteur d'entrée et le collecteur de sortie pour signaler le moment où il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes.[44]

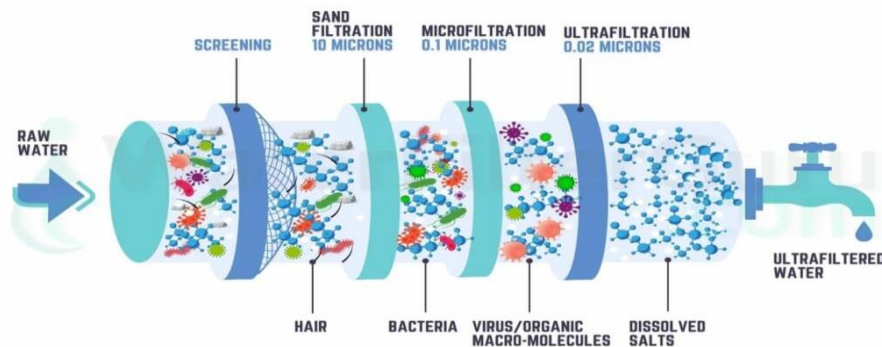


Figure II.13 : La filtration des écritéau micro filtration

ii .5.2.3. Les différents procédés de dessalement

Il existe plusieurs méthodes pour séparer l'eau de mer en une eau douce avec une faible concentration de sels dissous et une solution concentrée en sels.

Parmi ces méthodes, on peut. Citer la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse.

Cependant, les deux technologies les plus couramment utilisées à grande échelle sont la distillation et l'osmose inverse.[44]

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

II.5.2.3.1. Procédé de la distillation

L'eau de mer chauffée produit et de la vapeur d'eau qu'il suffit de condenser pour obtenir de l'eau pure:

II.a. Distillation à simple effet

Ce procédé permet de recréer le cycle naturel de l'eau.

Dans une enceinte close, l'eau de mer est chauffée jusqu'à ébullition par un serpentin de chauffage.

La vapeur produite se condense au contact d'un second serpentin alimenté par de l'eau de mer froide.

Un groupe électropompe est utilisé pour extraire la vapeur condensée et obtenir de l'eau douce.

L'eau condensée, un deuxième, l'eau de mer concentrée [45].

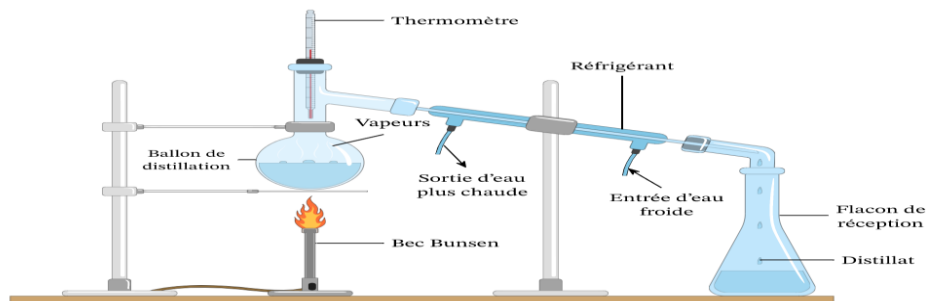


Figure II.14 : distillation simple effet

II.b. Distillation à multiples effets

Son objectif est d'améliorer la consommation spécifique de l'évaporateur, simple Effet.

On sait que la température d'ébullition de l'eau varie avec la pression.

On peut donc Utiliser la chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre.

Pression et température plus faible et ainsi de suite [40]

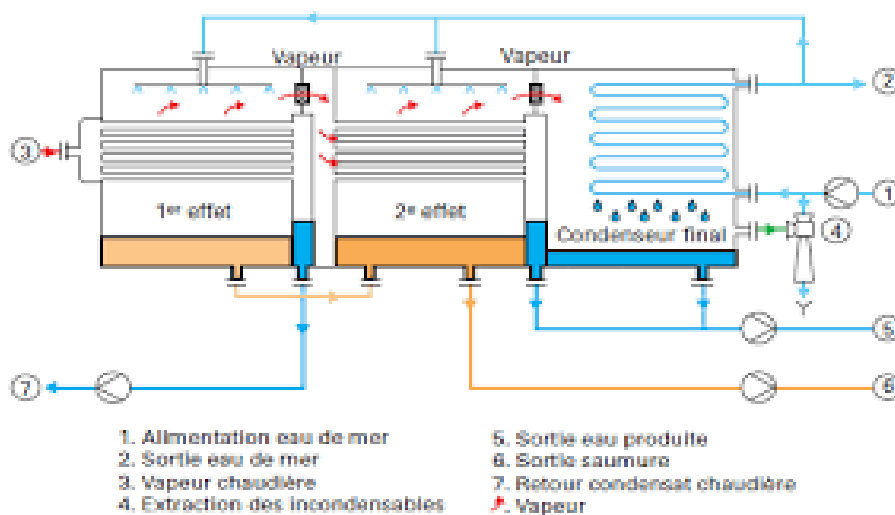


Figure II.15 : Distillation à multiples effets

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

II.c. Distillation avec compresseur de vapeur

La technique de la thermo compression consiste à revaloriser le vapeur d'eau du dernier effet en le comprimant à l'aide soit d'un compresseur mécanique, soit d'une pompe à éjecteur.

Dans le cas de l'utilisation d'une pompe à éjecteur, une vapeur motrice est également nécessaire [46].

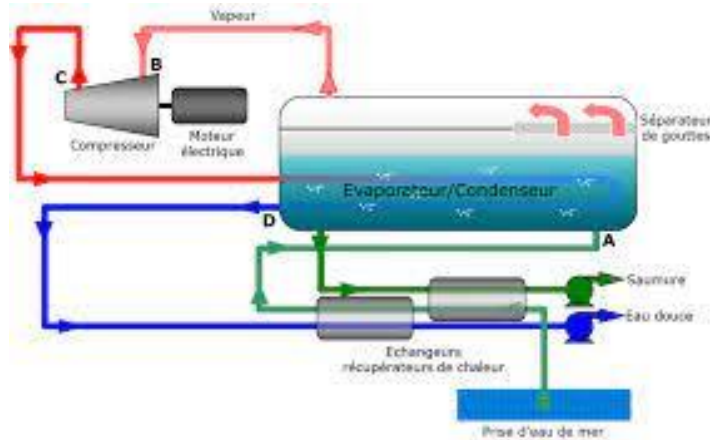


Figure II.16 : Distillation avec compresseur de vapeur

II.d. Distillation par détente successive ou procédé « Flash »

Le processus consiste à utiliser une enceinte sous vide qui est isolée et ne contient que de l'eau de mer. Cette enceinte est maintenue en équilibre avec sa vapeur à une température "t" et une pression "p".

Lorsqu'on introduit de l'eau chaude dans l'enceinte et que la pression est inférieure à la pression de saturation, il se produit une vaporisation instantanée par détente.

La chaleur de la vapeur est transférée à l'eau froide qui circule dans des tubes de condenseur.

La vapeur est ensuite condensée sur un faisceau tubulaire situé dans la partie supérieure de l'enceinte, produisant de l'eau distillée pure que l'on peut récupérer.[47]

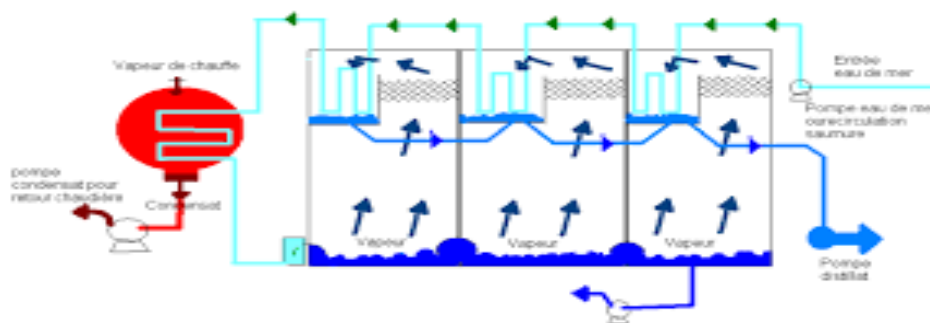


Figure II.17 : Distillation par détente successive ou procédé Flash

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

II.5.2.3.2. Procède membranaires

Au lieu d'extraire par évaporation l'eau douce de l'eau de mer, on peut envisager une Séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives.

Deux procédés utilisant de telles membranes sont actuellement commercialisés.

Ce sont l'électrodialyse et l'osmose inverse

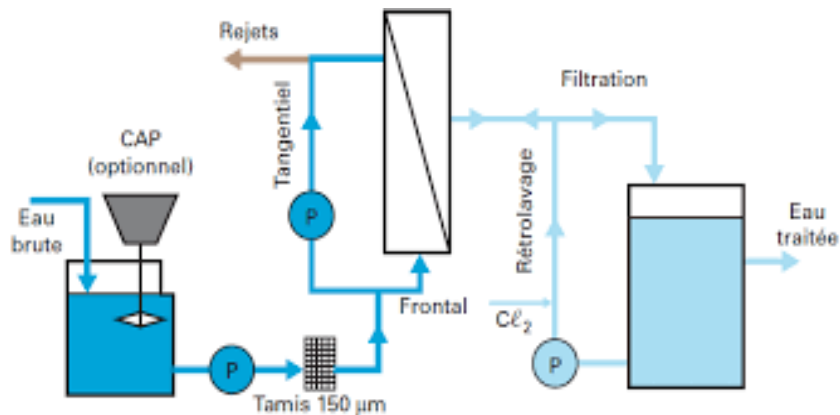


Figure II.18: procédé membranaire

✓ L'électrodialyse

L'électrodialyse fonctionne sur le principe du rejet d'ions grâce à leur charge. Les Techniques de l'électrodialyse sont : la dialyse et l'électrodéionisation.

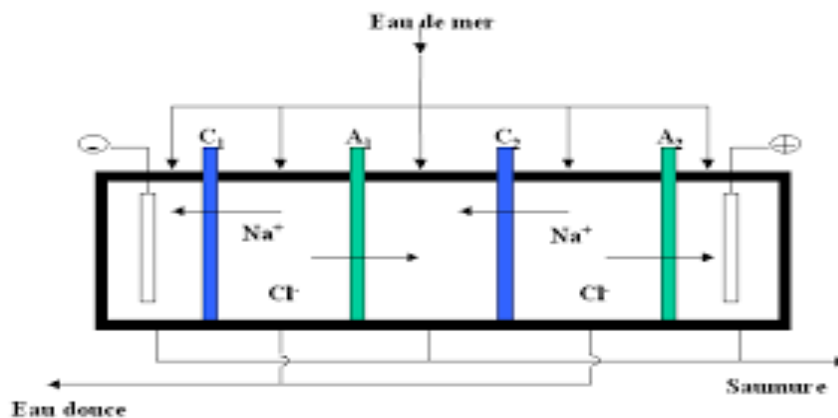


Figure II.19: L'électrodialyse

On distingue trois types d'électrodialyse :

- Electrodialysis dite conventionally (ED)

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

- L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB)
- Electrolyse à membranes (EM)
- Le point commun de ces techniques est la mise en œuvre de membranes échangeuses d'ions permettant de transférer des ions de façon sélective ou sous l'effet d'un champ électrique.
- ✓ **L'électrodialyse à membrane bipolaire**

La membrane bipolaire se compose de deux parties, dont l'une est perméable aux anions et l'autre aux cations. L'eau située au centre de la membrane est dissociée en ions H^+ et OH^- qui sont générés respectivement par les parties cationiques et anioniques de la membrane.

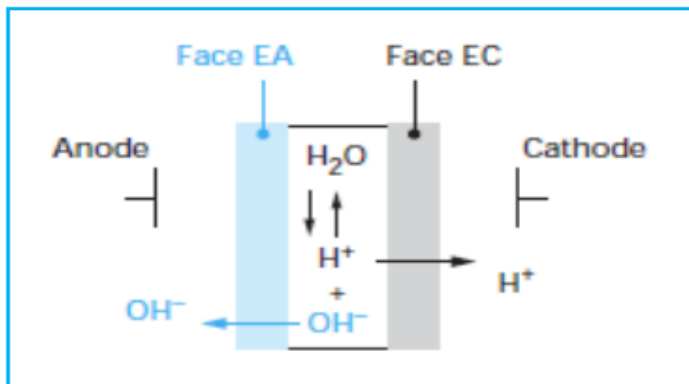


Figure II.20 : L'électrodialyse à membrane bipolaire

Cations. Lorsque la membrane est soumise à un champ électrique

✓ L'électrolyse à membranes:

L'électrolyse à membranes est une technique électro-membranaire qui consiste à coupler les effets de l'électrodialyse (migration d'ions à travers une membrane semi-perméable) à ceux de l'électrolyse (réaction aux électrodes).[44]

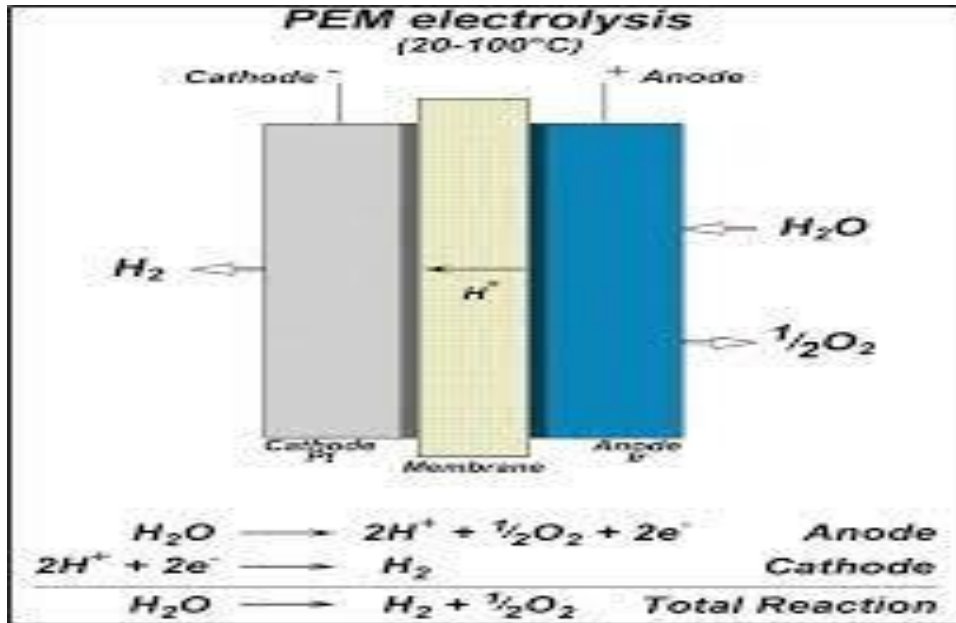


Figure II.21 : L'électrolyse à membranes

✓ L'osmose inverse :

L'osmose est un phénomène naturel qui vise à équilibrer la concentration en soluté départ et d'autre d'une membrane semi-perméable, tel que celui qui se produit à travers les membranes cellulaires [44].

Ce phénomène entraîne un flux d'eau de la solution diluée vers la solution concentrée.

En appliquant une pression sur la solution concentrée, on peut réduire la quantité d'eau transférée par osmose. Finalement, il y aura une pression d'équilibre au-delà de laquelle le flux d'eau sera annulé.

Cette pression d'équilibre, appelée pression osmotique, est calculée en supposant que la solution diluée est de l'eau pure pour simplifier.

Le phénomène d'osmose inverse se produit lorsqu'on augmente la pression au-delà de la pression osmotique, ce qui entraîne un flux d'eau dans le sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée [40].

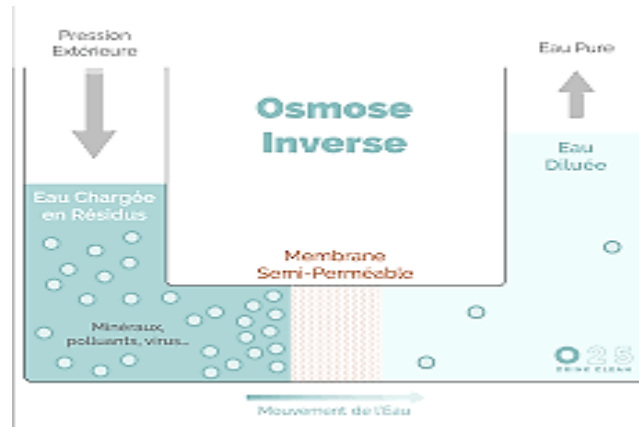


Figure II.22 : zoom sur l'osmose inverse

✓ Installation d'osmose inverse

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont les suivants :

- La membrane propre menilite
- Le module
- La pompe haute pression (HP)
- Le système de récupération d'énergie

✓ Membrane d'osmose inverse

Une membrane est une fine interface physique qui régule le transfert d'espèces chimiques entre deux milieux distincts.

Cette interface peut être uniforme en termes de composition et de structure au niveau moléculaire, ou au contraire hétérogène, comportant des pores de dimensions précises ou encore des couches superposées qui lui confèrent des propriétés spécifiques [48].

• Module d'osmose inverse

Pour être mise en œuvre, les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules. Une enceinte résistant à la pression est toujours nécessaire.

Il existe quatre types de modules.

➤ Modules plans

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en mille-feuilles séparées par des cadres internes qui assurent la circulation des fluides [49].

➤ Modules tubulaires

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle.

L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes.

Les tubes constituent des canaux d'écoulement tangentiel [49].

➤ Modules spiralés

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

C'est un module particulier de membranes planes qui sont enroulées autour d'un axe Creux collecteur de perméat.

L'ensemble est introduit dans une enveloppe cylindrique dont les Sections donnent accès à l'entrée de l'alimentation et à la sortie du retentât [50]

➤ Modules à fibres creuses

Les modules de fibres creuses sont composés de milliers de fibres ayant un diamètre d'environ 1mm. Ces fibres sont ensuite regroupées et collées aux extrémités pour assurer l'étanchéité entre le compartiment (perméat) et l'alimentation.

Selon la position de la peau active, qui est la partie de la membrane qui est sélective aux espèces chimiques, l'alimentation peut être effectuée à l'intérieur(interne-externe) ou à l'extérieur(externe-interne) des fibres creuses [44]

• Pompe à haute-pression HP et système de récupération d'énergie

Les pompes haute-pression utilisées pour alimenter les modules d'osmose inverse dans le processus de dessalement de l'eau de mer ainsi que les dispositifs de récupération de l'énergie hydraulique du concentrât associés, représentent une part très importante de la Conception des usines de dessalement.

Cela est vrai à la fois en termes d'investissement et d'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement.

Ces pompes doivent fournir un débit d'eau à une pression spécifique tout en consommant le moins d'énergie possible [51].



Figure II.23 : Pompe à haute pression HP

II.5.2.4. Le post de traitement ou minéralisation

En général, l'étape de poste traitement comporte

Deux phases principales:

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

L'ajustement de pH et la chloration.

➤ L'ajustement de pH

La production d'eau par l'un des procédés de dessalement conduit à l'obtention d'une eau agressive, ayant un pH inférieur à celui de saturation. Pour corriger cette acidité, une solution alcaline est nécessaire, et cela peut être effectué automatiquement par une fonction de régulation du pH[44].

➤ La chloration

Il est essentiel de réaliser une étape de désinfection pour prévenir toute contamination et croissance bactérienne.

Plusieurs techniques de désinfection de l'eau existent, mais la méthode la plus couramment.

Utilisée est la chloration de l'eau, qui utilise une solution d'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

Cette méthode permet d'éliminer les organismes pathogènes dans l'eau et de protéger contre les futures contaminations lors de son transport ou de son stockage [52].

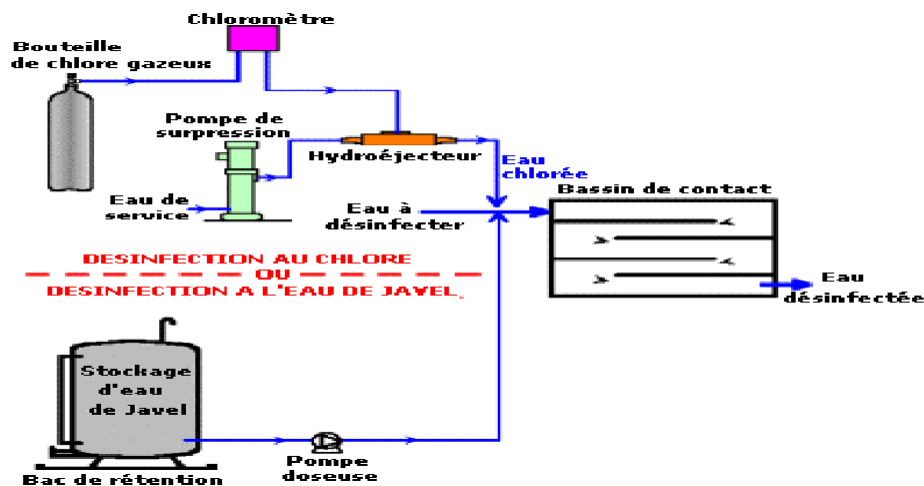


Figure II.24 : la chloration de l'eau

II.6. Méthodes de dessalement de l'eau

II.6.1 Anciens processus

Les anciennes méthodes de dessalement de l'eau étaient simples et basées sur des Techniques éprouvées telles que l'évaporation, la distillation et la filtration à travers les Membranes.

➤ L'évaporation

Implique de faire bouillir l'eau pour évaporer les sels et autres contaminants, laissant derrière elle de l'eau potable.

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

Cependant, cette méthode n'est pas très efficace et nécessite beaucoup d'énergie pour fonctionner. Elle n'est donc plus utilisée comme méthode principale de dessalement de l'eau.

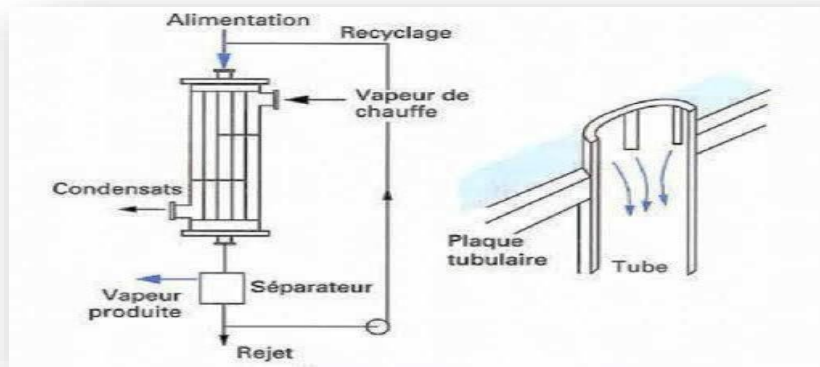


Figure II.25 : schéma d'évaporation de l'eau

➤ La distillation

Est une méthode plus efficace que l'évaporation, mais qui nécessite également beaucoup d'énergie pour fonctionner.

La distillation implique de faire

La vapeur est ensuite condensée en un liquide purifié qui peut être consommé.

Cette méthode a été largement utilisée pour produire de l'eau potable dans les situations d'urgence telles que sur les navires et les installations offshore, mais a été largement remplacée par des méthodes plus modernes et plus efficaces ; De dessalement de l'eau. [53]

➤ La filtration à travers les membranes

Est une méthode plus efficace que les deux premières méthodes, mais qui nécessite également une énergie considérable et peut être coûteuse en termes de coût de fonctionnement.

Cette méthode implique de forcer l'eau salée à travers une membrane fine qui retient les sels et autres contaminants, laissant de l'eau potable à l'autre côté.

Bien que cette méthode soit encore utilisée dans certaines régions du monde, elle a été largement remplacée par des méthodes plus modernes et plus efficaces de dessalement de l'eau.

Au fil du temps, les techniques de dessalement de l'eau ont connu d'importants progrès grâce à l'utilisation de nouvelles technologies telles que l'osmose inverse, la déshydratation thermique et la nanofiltration. [54]

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

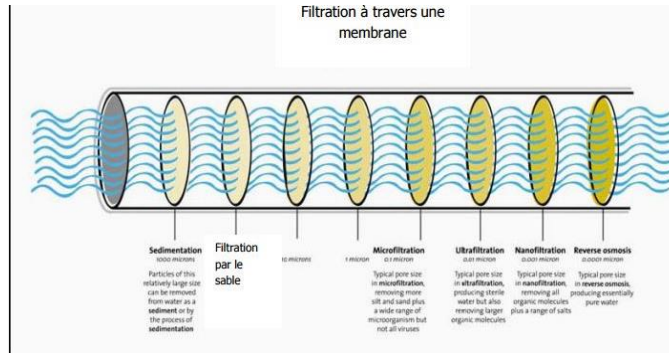


Figure II.26 : la filtration à travers les membranes

II.6.2. Nouvelles technologies de dessalement et distillation

Il existe plusieurs nouvelles méthodes de dessalement de l'eau qui ont été développées pour améliorer l'efficacité et la durabilité des processus de dessalement.

Certains de ces processus incluent

➤ **Dessalement par évaporation sous vide (VED)**

Cette méthode utilise une évaporation à vide pour produire de l'eau douce à partir de l'eau salée. Le VED est souvent utilisé pour traiter de l'eau salée à haute teneur en sel.

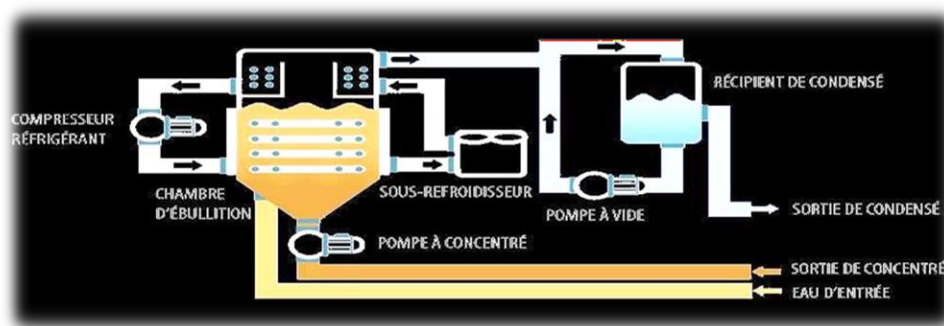


Figure II.27 : dessalement par évaporation sous vide (VED). [55]

➤ **Dessalement par osmose inverse à membrane (RO)**

Cette méthode utilise une membrane perméable à la pression pour séparer les sels de l'eau. L'RO est souvent utilisé pour traiter de l'eau salée à haute teneur en sel

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

L'eau salée est transportée à travers une résine qui échange les ions de sodium contenus dans l'eau pour des ions plus doux tels que le potassium ou le lithium.

L'eau douce est alors produite en laissant les ions plus doux derrière.

Il est important de noter que ces nouvelles méthodes sont en constante évolution et que de nouveaux développements continuent d'être effectués pour améliorer leur efficacité et leur durabilité.

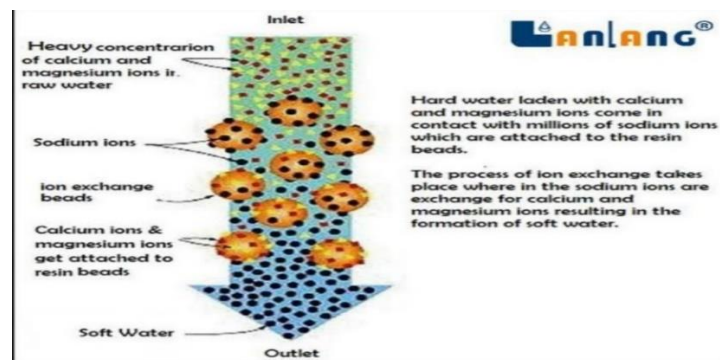


Figure II.30 : Dessalement par échange d'ions

➤ Distillation à membrane solaire

La distillation à membrane solaire est un processus de purification de l'eau qui utilise l'énergie solaire pour produire de l'eau potable à partir d'eau salée ou contaminée.

Elle utilise des membranes spéciales pour filtrer les impuretés de l'eau et produire de l'eau propre et potable.

Le processus de distillation à membrane solaire implique l'utilisation de membranes semi-perméables qui ont des pores très petits.

L'eau salée ou contaminée est placée sur un côté de la membrane et exposée à la lumière solaire.

L'énergie solaire chauffe l'eau, créant de la vapeur qui passe à travers les pores de la membrane.

La vapeur est ensuite recueillie et condensée pour produire de l'eau pure.[57]

Les membranes utilisées dans la distillation à membrane solaire peuvent être de différents types, tels que les membranes à fibres creuses, les membranes tubulaires et les membranes plates.

Ces membranes ont des pores de différentes tailles, ce qui permet de filtrer différents types d'impuretés de l'eau.

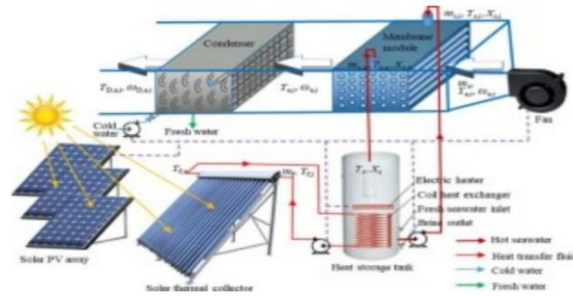


Figure II. 31 : distillation à membrane Solaire [58]

La distillation à membrane solaire présente plusieurs avantages par rapport à d'autres méthodes de purification de l'eau.

Tout d'abord, elle ne nécessite pas d'énergie électrique ni de combustibles fossiles, ce qui la rend écologique et économique.

En outre, elle peut être utilisée dans des zones éloignées où l'accès à l'électricité est limité, ce qui peut aider à fournir de l'eau potable à des communautés qui en ont besoin.

De plus, elle peut être utilisée pour purifier l'eau de mer, ce qui est particulièrement utile dans les régions côtières où l'eau douce est rare

Cependant, la distillation à membrane solaire présente également quelques inconvénients.

Tout d'abord, elle peut être coûteuse à mettre en place et à entretenir.

De plus, elle nécessite une exposition solaire suffisante pour fonctionner efficacement, ce qui peut être un problème dans les régions nuageuses ou lors de journées courtes.

Enfin, elle ne peut pas éliminer complètement tous les contaminants de l'eau, comme les produits chimiques toxiques.

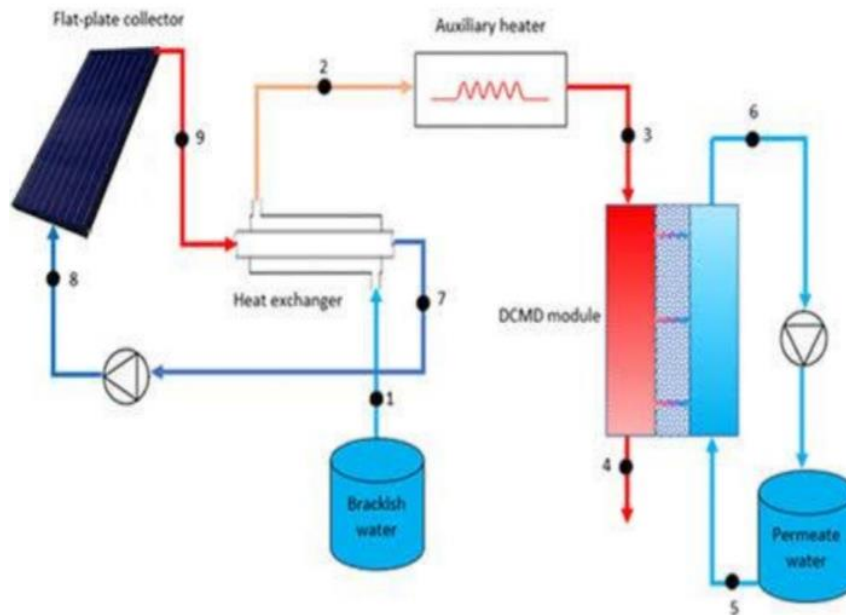


Figure II.32 : Schéma pour distillation à membrane solaire

En résumé, la distillation à membrane solaire est une méthode de purification de l'eau prometteuse pour les régions où l'eau douce est rare et l'accès à l'électricité est limité.

Cependant, elle doit être utilisée en conjonction avec d'autres méthodes de purification de l'eau pour garantir la sécurité de l'eau potable.[58]

II .7. Les avantages de dessalement

Le dessalement permet d'assurer la disponibilité de l'eau dans les localités côtières où les ressources en eaux douces sont rares.

Pour la région de Dakar, il constitue une alternative aux transferts d'eau sur des distances de près de 200 km et le captage et le pompage d'eau sur des profondeurs de plus de 200 à 300 m. [59]

II.8. Les inconvénients de dessalement

- Rejet des saumures concentrées au double de la salinité naturelle en mer ou injectées dans le sol
- Rejet d'eaux chaudes en mer dans le cas de la distillation ;
- Emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes (chlore),
- Traces de cuivre échappées des installations,
- Aucune législation spécifique concernant la potabilité de l'eau issue de ces traitements. [59]

Impact environnemental : Les opérations de dessalement posent un défi environnemental majeur.

De nombreuses usines de dessalement utilisent des techniques qui consomment de grandes quantités

Chapitre II : Généralités sur le dessalement

d'eau énergie et produisent des déchets polluants qui affectent l'eau environnement environnant.

De plus, l'eau élimination du sel extrait peut avoir des conséquences environnementales négatives sur les terres et les eaux souterraines.[60]

Consommation énergétique élevée : Les opérations de dessalement nécessitent une quantité

Importante d'eau, énergie, en particulier avec les techniques traditionnelles telles que l'osmose inverse.

La consommation élevée d'eau, énergie entraîne des émissions de carbone accrues et une dépendance aux

Sources d'eau, énergie non durable.[61]

II.9. Conclusion

En concluant le chapitre sur les méthodes de dessalement en général, nous pouvons conclure que le dessalement est un processus critique pour convertir l'eau salée ou polluée en eau potable ou d'autres utilisations industrielles.

Il existe plusieurs méthodes utilisées dans les processus de dessalement, notamment le dessalement par osmose inverse, le dessalement par évaporation et par condensation, le dessalement par échange d'ions, le dessalement par échange de chaleur, le dessalement par captage solaire, etc.

Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, et diffère par son coût, son efficacité et sa durabilité.

Le choix de la méthode appropriée nécessite une étude approfondie des facteurs environnants, économiques, environnementaux et sociaux.

Avec le développement technologique et l'innovation continue, les méthodes de dessalement évoluent constamment pour devenir plus efficaces, économiques et respectueuses de l'environnement. Cependant, les processus de dessalement doivent encore relever des défis, tels que le coût élevé et l'impact environnemental de certaines méthodes.

Par conséquent, la stratégie de dessalement doit être globale et intégrée, en tenant compte de la durabilité environnementale, économique et sociale.

Cela nécessite une collaboration entre les gouvernements, les instituts de recherche, les ingénieurs et les experts en dessalement pour développer des solutions innovantes et efficaces pour répondre aux futurs besoins en eau.

Chapitre III :

Les énergies renouvelables
de dessalement

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

III.1. Introduction

Les sources d'énergies renouvelables telles le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, l'éolienne celles qui nous parviennent directement ou indirectement du Soleil.

Il est la principale source des différentes formes d'énergies renouvelables:

Son rayonnement est le vecteur de transport de l'énergie utilisable (directement ou indirectement) lors de la photosynthèse, ou lors du cycle de l'eau (qui permet l'hydroélectricité), le vent (énergie éolienne), l'énergie des vagues (énergie oculomotrice) et des courants sous-marins (énergie et la géothermie sont actuellement utilisées pour alimenter les systèmes de dessalement.

Ces sources renouvelables sont exploitées grâce à des technologies éprouvées, de plus en plus maîtrisées et économiquement prometteuses pour la région si saulées, où la connexion au réseau électrique public n'est pas rentable ou irréalisable, et où la pénurie d'eau est sévère.

Le choix de la source d'énergie appropriée pour les technologies de dessalement dépend d'un certain nombre de facteurs.

Il s'agit notamment de la taille de l'usine, de la salinité de l'eau, de la disponibilité de l'électricité au réseau électrique, de l'infra structure technique et du type et potentiel de la source locale d'énergie renouvelable.

Parmi les nombreuses combinaisons possibles de technologies de dessalement et d'énergie renouvelable, certaines semblent être plus prometteuses en termes de faisabilité économique et technologique que d'autres.

Cependant, leur application dépend fortement de la disponibilité locale des ressources énergétiques renouvelables et de la qualité de l'eau à dessaler.

Le Tableau ci-après présente une combinaison entre les systèmes d'énergie renouvelable et les techniques de dessalement adéquat à chaque technique [62]

Tableau III.6 : Systèmes d'énergie renouvelable utilisés dans le dessalement *Source:*[63].

Système d'énergie Renouvelable	Eau d'alimentation	Technologie de dessalement
Solaire thermique	Eau de mer	MSF
	Eau de mer	MSD
Solaire Photovoltaïque	Eau de mer	Osmose Inverse (OI)
	Eau saumâtre	Osmose Inverse (OI)
	Eau saumâtre	Electrodialyse (ED)
Energie éolienne	Eau de mer	Osmose Inverse (OI)
	Eau saumâtre	Osmose Inverse (OI)
	Eau de mer	Compression Mécanique de la Vapeur (MVC)
Energie géothermique	Eau de mer	MED

III.2. Développement des énergies renouvelables

La demande croissante en énergie électrique dans le pays impose une orientation des politiques et des pratiques vers un usage toujours plus rationnel des services énergétiques : l'énergie non consommée restera toujours la moins polluante.

Le réchauffement climatique et la question de l'indépendance énergétique rendent incontournables la promotion des énergies renouvelables en Algérie.

La croissance impressionnante du marché mondial des énergies éolienne, solaire ou tirée de la biomasse et le développement de ces secteurs en Algérie offre des alternatives sûres de développement durable pour le secteur de l'eau

La recherche et développement s'entrouvre également stimulée Le réchauffement climatique et la question de l'indépendance énergétique rendent incontournables la promotion des énergies renouvelables en Algérie. La croissance impressionnante du marché mondial des énergies éolienne,

Solaire ou tirée de la biomasse et le développement de ces secteurs en Algérie offre des alternatives sûres de développement durable de l'eau. La recherche et développement s'entrouvre également stimulée

III.1. a .Définition et typologie

Les énergies renouvelables sont de formes d'énergies dont la consommation ne diminue pas {la ressource {l'échelle humaine.

L'énergie étant une grandeur physique, on parlera en théorie de sources d'énergies renouvelables ou d'énergie d'origine renouvelable.

Elles présentent l'avantage d'être disponibles en quantité illimitée. Leur exploitation est un moyen de réponse aux besoins en énergie tout en préservant l'environnement [64].

Les principales formes d'énergie renouvelables sont : l'énergie solaire,

'Énergie éolienne, l'énergie issue de la biomasse, l'énergie géothermique,...

Les énergies renouvelables solaire hydrolienne), la différence de température entre les eaux superficielles et les eaux profondes des océans (énergie thermique des mers) ou encore la diffusion ionique provoquée par l'arrivée d'eau douce dans l'eau salées de la mer (énergie osmotique).

La chaleur interne de la terre (géothermie) est assimilée une forme d'énergie renouvelable, et le système terre-lune engendre des mouvements d'eau à la surface des mers et océans qui permettent la génération d'énergie marémotrice.

Le développement à grande échelle des énergies renouvelables et la prise en charge de la problématique de l'efficacité énergétique exigent un encadrement de qualité en ressources humaines à la hauteur des objectifs et des ambitions du programme tracé.

La coopération scientifique étant considéré et comme une part essentielle pour le développement de toutes activités de recherche, l'Algérie encourager ales échanges entre les entreprises et les différents centres de recherches dans le monde, notamment les réseaux spécialisés dans les énergies renouvelables [65].

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

III.1. b. Les énergies renouvelables dans le monde

Selon les chiffres rendus publics par l'Agence internationale pour les Energies renouvelables (IRENA), la production mondiale d'électricité Renouvelable a atteint 1.700 GW en 2013 représentant 30% de la Production globale.

Dans son rapport intitulé « repenser l'énergie », L'agence indique que « la capacité mondiale de production de l'électricité A augmenté de 85% au cours des dernières années, atteignant 1.700 GW En 2013, ce qui représente aujourd'hui 30% de la capacité totale Installée».

Les technologies des énergies renouvelables ont gagné en fiabilité et en Efficacité et peuvent aujourd'hui générer de l'électricité même dans les Conditions sous-optimales comme par exemple en cas de faible vitesse De vent ou de faible ensoleillement.

Les prix de l'énergie solaire photovoltaïque ont chuté de 80% depuis 2008 et devraient continuer à baisser, prévoit l'agence IRENA.

En 2013, L'électricité solaire commerciale a atteint la parité réseau en Italie en Allemagne et en Espagne et y parviendra bientôt au Mexique et en France.

Le solaire photovoltaïque rivalise de plus en plus avec les autres Ressources sans recourir à des subventions de l'état.

Le coût de L'électricité éolienne terrestre a chuté de 18% depuis 2009.

Avec une Baisse des coûts des turbines de près de 30% depuis 2008, cette énergie Est devenue la source d'électricité nouvelle la moins chère sur un Eventail de marchés large et qui ne cesse de s'étendre, selon l'IRENA (2014).

Ainsi, le développement des énergies renouvelables va Considérablement participer aux efforts de limitation du réchauffement Climatique à moins de 2° (seuil critique cité par les experts) [66].

III.1. c. Le développement des énergies renouvelables en Algérie

En conformité avec ses engagements internationaux, l'Algérie a intégré La dimension de durabilité dans sa politique nationale de Développement à travers les instruments de planification, et ce, dans un Souci de maintenir l'équilibre entre les impératifs de son Développement socio-économique et l'utilisation rationnelle de ses Ressources naturelles (notamment l'eau et l'énergie) [67].

Depuis le sommet de Johannesburg en 2002, l'État a intensifié ses Actions dans le domaine de la protection de l'environnement et du Développement durable, donnant ainsi une place très importante aux Aspects écologiques dans ses politiques publiques [68].

Un Fond National de Maîtrise de l'Énergie (FNME) a été également Institué pour financer ces projets et octroyer des prêts non rémunérés Et des garanties pour les emprunts effectués auprès des banques et Etablissements financiers, pour les investissements porteurs d'efficacité Energétique [69].

L'Algérie connaît la réalisation d'un certain nombre d'installations en Energies renouvelables comme : les chauffe-eaux solaires, le pompage à L'aide de l'énergie solaire ou éolienne, une vingtaine de villages solaires (Tamanrasset, Illizi, Tindouf et Adrar),

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

Près de 2000 kits solaires Photovoltaïques pour l'éclairage et 200 pompes fonctionnant avec L'énergie solaire photovoltaïque pour le pompage d'eau potable et D'irrigation ont pu être installés à ce jour dans les zones les plus Reculées du pays [70] (Illizi, Tamanrasset, Adrar).

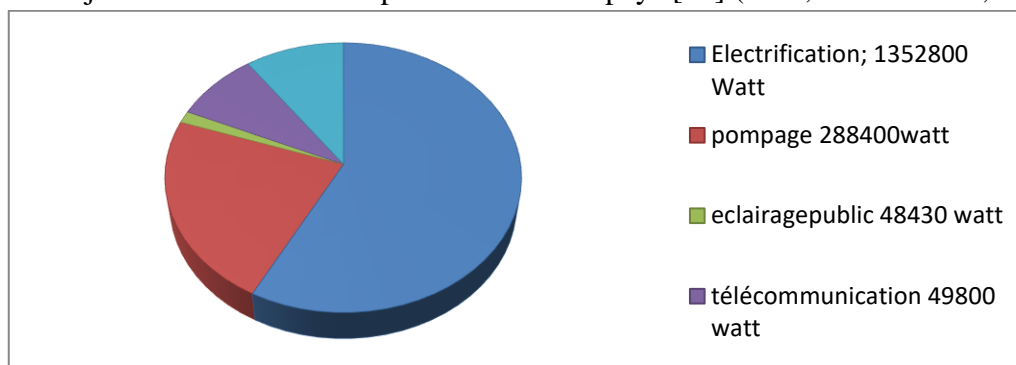


Figure III.33: Répartition de la puissance installée par application.

L'Algérie a adopté un programme de développement des énergies Renouvelables et de l'efficacité énergétique qui vise à produire une Capacité d'origine renouvelable de 12 000 MW, ce qui couvrira 40% de La consommation énergétique du pays à l'horizon 2030.

Pris en charge m Principalement par le Ministère de l'énergie, ce programme est entré Dans sa phase d'opérations pilotes, notamment avec la mise en service En 2014 d'une centrale photovoltaïque de 1.1 MW à Ghardaïa et d'une Centrale éolienne de 10 MW à Adrar en plus de la centrale hybride gaz-Solaire de Hassi R'mel d'une capacité de 250 MW dont 25 MW en solaire Déjà opérationnelle depuis juin 2011.

D'autres centrales Photovoltaïques, éoliennes et solaires à concentration seront installées Progressivement d'ici 2030 pour atteindre les objectifs fixés dans le Programme.

D'autres actions, en faveur de la promotion des énergies renouvelables Dans les régions désertiques et dans les hauts plateaux, ont été engagées Par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rurale pour L'éclairage solaire et pour le pompage d'eau potable et d'irrigation à L'aide de l'énergie solaire [71].

Ces actions ont permis de développer L'agriculture dans des régions enclavées, de créer des emplois durables Et d'améliorer les conditions de vie des populations locales.

III.3. Les réalisations se énergies renouvelables pour l'eau en Algérie

Vue l'insuffisance des ressources en eau conventionnelles et la croissance démographique induisant des besoins en eau potable en constantes croissance, l'Algérie a retenue comme alternatives le recours au dessalement d'eau de mer, et ressemant, la réutilisation des eaux usées épurées pour les besoins d'agricultures : des techniques consommatrices d'électricité donc d'énergie [67].

L'optimisation des ressources en, Algérie (eau et énergie) recèle un énorme potentiel de réduction des coûts de production d'eau non conventionnelle (dessalement et épuration).

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

À titre d'exemple et d'après un calcul de l'Union Européenne, une meilleure utilisation des ressources permettrait à l'industrie européenne d'économiser globalement 630 milliards d'euros par an [72].

Pour assurer l'autonomie des ouvrages hydrauliques en énergie électrique et réduire leur coût d'utilisation, l'entreprise SEOR s'est investie dans l'acquisition des panneaux photovoltaïques pour assurer l'éclairage et le chauffage.

Une première expérience a été réalisée au niveau du réservoir 2x1500 situé à Hassi Ameur dans la commune de Hassi Bounif en Mars 2014 [73].

Cette solution économique pour l'exploitation de l'énergie solaire au profit des ouvrages SEOR sera bientôt généralisée pour l'ensemble des stations se servant afin d'assurer une autonomie de production énergétique pour chaque ouvrage.

III.3. a. Les énergies renouvelables dans les stations d'épuration (STEP)

L'Algérie compte aujourd'hui **140 stations de traitement** d'eau pour une capacité de production globale atteignant **800 M³/Jour** [74].

Les systèmes d'assainissement, notamment les stations d'épuration, sont de petites industries grandes consommatrices d'énergies.

À cet effet, un programme d'optimisation de la consommation d'énergie a été tracé afin de diminuer la consommation d'électricité sans compromettre le processus épuratoire.

Ce processus a permis de réaliser des économies d'énergie { hauteur de 1 908 937 KW sur quatre années d'exploitation [75].

Réduisant par la même occasion les coûts d'exploitation et de fonctionnement des STEP.

L'introduction de modes de consommation propres tels que les systèmes photovoltaïques et les systèmes hybrides avec l'utilisation de l'énergie éolienne a également permis de réaliser d'autres économies.

L'utilisation des systèmes de consommation propres a donc été planifiée dans les cahiers des charges de certains nouveaux projets de réalisation de STEP (cas de Ain Sefra) [74] et mis en œuvre au niveau des stations isolées non desservies par le réseau électrique tel que la STEP de N'Goussa (Ouargla), mise en service en 2010 [76] et alimentées exclusivement par l'énergie solaire [74].

D'une capacité d'épuration de 10914 EQ, la STEP de N'Goussa utilise le procédé d'épuration constitué de filtres plantés de roseaux.

Elle a été réalisée en 2007 pour le traitement des eaux usées urbaines de la daïra de N'Goussa. Cette STEP est située dans une zone qui ne permet pas le raccordement au réseau électrique, elle par conséquent alimentée par l'énergie photovoltaïque [76].

Pour la période 2010-2013, un partenariat stratégique a été signé avec l'Unité de Développement des Énergies Solaires (UDES) pour une collaboration scientifique dans le cadre du Plan National de Recherche [75]

(PNR) dont les axes de recherches sont [77]

La distillation solaire des eaux usées épurées de la STEP d'Ouargla par le traitement des eaux par UV solaire .

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

Le traitement des eaux par ultra filtration pour le traitement tertiaire des eaux épurées.

Le traitement et la valorisation des boues résiduelles.

Un programme d'optimisation de la consommation d'énergie {été tracé afin de diminuer la consommation d'électricité sans compromettre le processus épuratoire.

Ce programme a permis de réaliser des économies d'énergie {hauteur de 14 534 872 KWH, ce qui correspond à 43 732 863,21DA sur les sept années depuis l'engagement dans la démarche du système de Management environnemental, réduisant ainsi les coûts, d'exploitation et de fonctionnement des STEP [77].

L'introduction de modes de consommation propres tels que les systèmes, photovoltaïque et systèmes hybrides avec l'utilisation de l'énergie éolienne a également permis de réaliser d'autres économies.

Parmi les nouveaux projets des STEP en cours de réalisation ceux de

[77] : Mecheria et Ain Sefra dans la wilaya de Naâma ,le projet de réalisation de la STEP de Timimoune dans la Wilaya d'Adrar,le projet de réalisation de la STEP de Djanet dans la wilaya d'Illizi et la STEP par filtres planté de roseaux de N'Goussa dans la wilaya d'Ouargla.

III.3.b.les énergies renouvelables dans le dém

2007 l'Algérie produisait **1million de m³/jour** d'eau dessalée, consommant ainsi **4KWh par mètre cube** [78].

Aujourd'hui et avec **13 grandes stations** de dessalement d'eau de mer (dont 9 seulement sont opérationnelles), le pays produit plus de **2millions** de m³/Jour

Tableau III.7 : Coût du mètre cube dessalé en Algérie en dollars.

Stations	Wilaya	Coûten \$/m ³
Kahrama	Oran	0.87
ElHamma	Alger	0.82
Skikda	Skikda	0.74
BenSaf	Aintimouchent	0.69
Mostaganem	Mostaganem	0.72
CapDjinet	Boumerdes	0.72
Honain	Tlemcen	0.76
Fouka	Tipaza	0.75
Maktaa	Oran	0.5577
Ténès	Chleff	0.5885
Echoutt	ElTaraf	/

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

SoukTelata	Tlemcen	0.7645
OuedSept	Tipaza	0.6794
	Moyenne	0.72

(Source : établi par l'auteur selon les données du MRE, Alger, 2015).

L'Algérie possède des ressources considérables en eaux salines (eau de mer et eaux saumâtres). Afin de bénéficier de cette richesse in exploitable, le CDER a entrepris une étude expérimentale de dessalement d'eau saumâtre dans la localité de HASSI KHEBI (Wilaya de Tindouf).

Cette petite unité d'osmose inverse alimentée par un générateur solaire produit de l'eau potable pour les quelques 1000 habitants de ce village.

L'unité de HASSI-KHEBI produit approximativement 950L/h d'eau potable à partir des eaux saumâtres provenant d'un forage avec une salinité de 3,2 g/L [79].

Le coût du mètre cube d'eau traitée sur la base d'un amortissement sur 20 ans [80] a été estimé à 6 \$/m³, ce qui reste très élevé comparé au coût de l'eau produite par les systèmes de dessalement conventionnels et qui s'élève à 0.72\$/m³ (tableau 2).

L'installation expérimentale en fonctionnement dans le village de Hassi-Khebi a fonctionné plus au moins régulièrement pendant 12 années et a donné entière satisfaction du point de vue technique.

Cependant, son degré d'automatisme n'était pas compatible avec la qualité de main d'œuvre qui a causé des périodes d'arrêts en raison de mauvaises manipulations de l'opérateur.

Il serait bénéfique d'entreprendre une étude complète du système qui consiste à investiguer sur les différents éléments : générateur photo voltaïque, stockage, régulation et osmoseur.

La plus grande part d'eau dessalée en Algérie est produite par de grandes stations de dessalement d'eau de mer du fait de leur capacité et de leur continuels fonctionnements [67] (qui sont un nombre de neuf opérationnelles).

Or, les différentes applications à travers le monde ont montré que le dessalement solaire est beaucoup plus approprié pour les installations de petites capacités, et que leur champ d'application est très vaste (au usage domestique, santé, industrie, tourisme..).

Le recours à l'énergie éolienne couplée aux unités de dessalement peut constituer une alternative potentielle pour pallier le déficit en ressources conventionnelles, comme c'est le cas pour certaines régions si solées possédant un gisement éolien important.

Il est souligné qu'aujourd'hui, les technologies des énergies renouvelables ont gagné en fiabilité et en efficacité et peuvent aujourd'hui générer de l'électricité même dans les conditions sous-optimales comme par exemple en cas de faible vitesse de vent ou de faible ensoleillement, ce qui offre des possibilités de développement de ces énergies en faveur des petites stations de dessalement installées dans le Sud du pays en premier lieu, puis d'envisager le développement de ces technologies (éolienne et solaire) pour une généralisation d'un service de dessalement pour échapper à la dépendance énergétique des énergies fossiles mais surtout pour un développement durable.

III.4. Formes d'énergies utilisées dans le dessalement de l'eau marine et saumâtre

Pour éviter les problématiques mise en place par les sources d'énergie fossiles, les sources d'énergie renouvelable se présente une solution technologique aura sans doute une incidence profitable sur la production de l'énergie électrique, en termes de coût, de disponibilité et de la protection de l'environnement.

Parmi toutes les sources d'énergie renouvelable, l'énergie éolienne est l'énergie solaire photovoltaïque sont les plus prometteuse [80].

III.4.a. Energie éolienne

Le vent est une SER, économique, exploitable avec un bon niveau de sécurité et respectueuse de l'environnement.

Dans le monde entier, les ressources d'énergie éolienne sont pratiquement illimitées.

Les récents développements technologiques dans les domaines des turbines éoliennes à vitesse variable, par le biais de l'électronique de puissance et de la commande de machines électriques tendent à rendre l'énergie éolienne aussi compétitive que l'énergie d'origine fossile [81].

Il existe deux approches pour le choix des systèmes éoliens pour le dessalement:

La première dans laquelle les turbines éoliennes ainsi que le système de dessalement sont reliés au réseau.

Dans ce cas, la taille optimale de l'installation éolienne et l'optimisation du système de dessalement nous permet d'éviter les coûts de combustible, et c'est là un intérêt certain;

La seconde option est basée sur un couplage, plus ou moins direct, de l'éolienne et le système de dessalement.

Dans ce cas, le système de dessalement est affecté par les variations de puissance et les interruptions causées par la source d'alimentation que constitue le vent.

Ces variations de puissance, ont un effet négatif certain sur la performance et la durée de vie des composants des équipements de dessalement [82].

Par conséquent, des systèmes de compensation, comme les batteries, des générateurs de sel ou des volants d'inertie pour raient être intégrés dans le système.

L'utilisation des turbines éoliennes pour alimenter les unités d'OI est techniquement faisable.

L'inconvénient majeur de la combinaison des procédés de dessalement avec l'énergie éolienne est la fluctuation de l'alimentation électrique générée par les éoliennes [83].

Un système éolien/OI autonome se compose des équipements suivants :

- Générateur éolien
- Contrôleur de charge
- Banque de batteries
- Convertisseur



Figure III.34 : Un système éolien/OI

III.4.2. Energie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire est propre, n'émet aucun gaz à effet de serre et sa matière première, le soleil bien que distant de plus de 150 millions de kilomètres de nous, est gratuite, inépuisable et disponible partout dans le monde.

La technologie PV-OI a été mise en œuvre pour le dessalement de l'eau saumâtre et de l'eau de mer.

La figure 5 montre un schéma général simplifié de conception pour les systèmes de dessalement PV-OI (figure 5)[84]

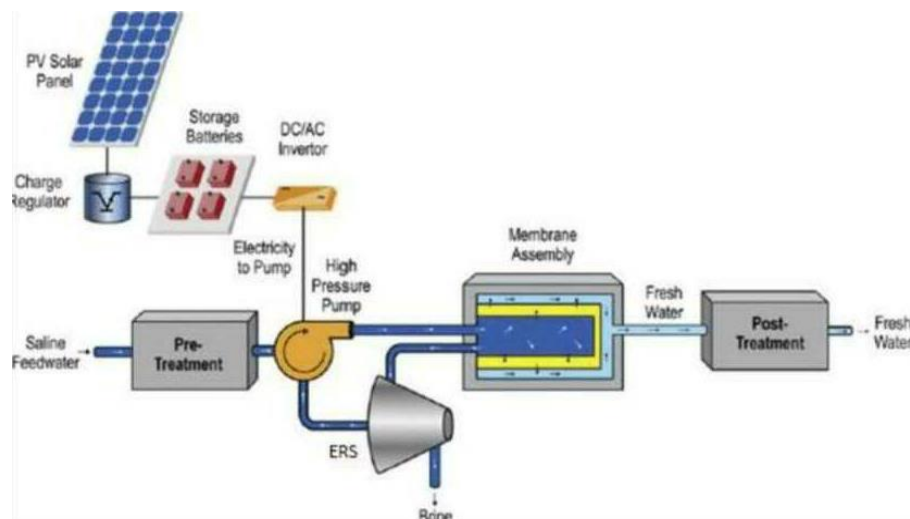


Figure III.35 : Schéma de conception générale simplifié d'une usine de dessalement PV-OI.

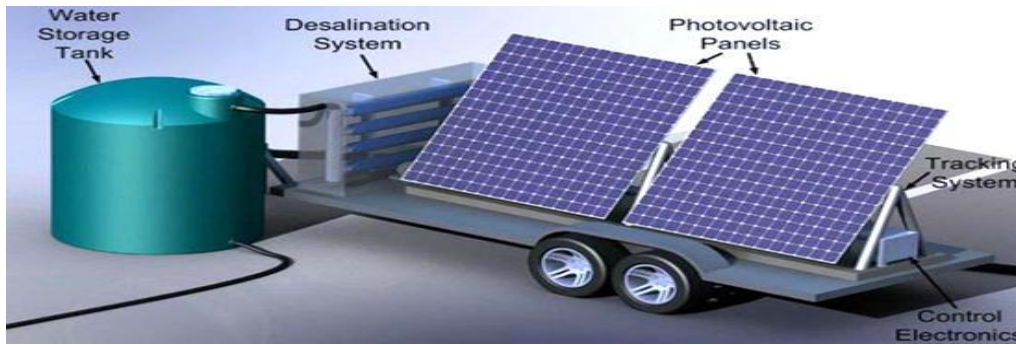


Figure III.36 : Exemple simple d'un système PV-OI.

Ces types d'énergies produites par les systèmes de capteurs solaires peuvent être utilisés pour exécuter des processus de dessalement conventionnels tels que :

- L'osmose inverse (RO),
- L'électrodialyse (ED),
- La détente étagée de distillation (MSF),
- La distillation multi-effet (MED),
- Le processus d'humidification et de dés humidification (H/D).

Bien d'autres processus, aussi prometteurs les uns que les autres, sont en cours de développement tels que la distillation membranaire (MD) et le dessalement par d'adsorption (AD).

Le choix n'est pas toujours facile mais les facteurs qui doivent être considérés lorsqu'on opte pour un système de dessalement et le type spécifique d'énergie solaire qui l'accompagne sont

La qualité requise de l'eau douce produite

La qualité de l'eau d'alimentation,

La taille de l'unité,

Les exigences en matière de puissance disponible,

Le coté économique, et enfin,

L'exploitation et la maintenance. [85]

III.4.3. Dessalement par Géothermie

L'énergie géothermique est largement distribuée à travers le monde (Dorn, 2008, White et Williams, 1975 ; Wright, 1998).

Cette énergie peut être utilisée pour le chauffage, la climatisation et pour la production d'électricité.

Son utilisation potentielle s'adapte aux procédés de dessalement, qu'ils soient thermiques (MED, MSF, MD, VC) ou membranaires (RO, EDR).

Les réservoirs géothermiques peuvent produire de la vapeur et de l'eau chaude.

Cette vapeur sèche surchauffée est le plus souvent facilement convertie en énergie utile pour produire de l'électricité à moindres coûts que celle provenant des ressources classiques.

Vu que les besoins en énergie pour le dessalement continuent d'être hautement influencés par les coûts du système, l'intégration des énergies renouvelables semble être un

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

accompagnement naturel et stratégique pour piloter les usines de dessalement (*Tzen et al., 2004*).

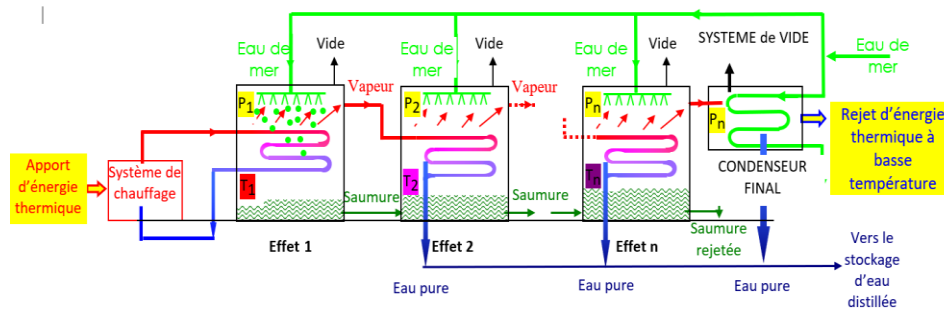


Figure III. 36 : système de dessalement par énergie géothermie

Lors de l'utilisation de l'énergie géothermique pour l'alimentation des usines de dessalement, la nécessité du stockage thermique ne se fait pas sentir.

En effet, la production d'énergie géothermique est globalement stable par rapport à d'autres ressources renouvelables comme le solaire et l'énergie éolienne (*Bourouni et Chaibi, 2005*).

Kalogirou (2005) a montré que la température du sol en dessous d'une certaine profondeur reste relativement constante tout au long de l'année. *Popiel et al.*

(2001) ont signalés qu'on peut classer les sources d'énergie géothermiques en trois catégories, celles de surface, celles peu profondes et celles profondes avec des températures mesurées, faibles (<100°C), moyennes (100 à 150°C) et hautes températures (>150°C), respectivement.

Les sources géothermiques avec des puits de plus de 100 m peuvent, raisonnablement, être utilisées pour fournir la puissance nécessaire aux usines de dessalement (*Kalogirou, 2005*). On peut également envisager l'utilisation de l'énergie géothermique, directement, en tant que puissant flux dans les usines de dessalement thermiques.

En outre, avec les progrès récents des technologies de distillation membranaires, l'utilisation directe de la saumure géothermique, à des températures supérieures à 60°C, est devenue une solution prometteuse (*Houcine et al., 1999*).

D'autre part, *Fridleifsson et al. (2008)* ont rapportés que l'électricité produite par des moyens géothermiques est utilisée dans 24 pays, dont cinq ont couvert jusqu'à 22% de leurs besoins à partir de cette source.

En outre, l'application directe de l'énergie géothermique pour le chauffage, les thermes et la baignade a été observée dans 72 pays à travers le monde.

Et à *Fridleifsson et al (2008)* de poursuivre en disant: «la capacité mondiale installée d'électricité géothermique est de 10 GW à 70 GW avec la technologie actuelle, il est possible de l'augmenter à 140 GW avec de nouvelles technologies.»

4.4. Par système hybride) PV-Eolien)

Le couplage de plusieurs sources d'énergies renouvelables complémentaires permet d'augmenter la disponibilité des systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique.

L'avantage d'un système hybride, par rapport à un système mono-source éolien ou photovoltaïque (PV), dépend de plusieurs facteurs fondamentaux:

Chapitre III : les énergies renouvelables et le dessalement

La forme et le type de la charge, le régime du vent, le rayonnement solaire, la disponibilité de l'énergie, le coût relatif du dispositif éolien, du champ photovoltaïque et surtout le choix de la configuration du système couplé incluant ou non un organe de stockage.

Les sources d'énergie comme le soleil et le vent ne délivrent pas une puissance constante, et leur combinaison peut permettre de parvenir à une production électrique plus continue.

En effet, les journées ensoleillées sont en général caractérisées par une activité éolienne faible alors que les vents forts sont observés plutôt lors de journées nuageuses ou pendant la nuit. Le couplage d'une charge à un système hybride est facile à mettre en œuvre mais génère des problèmes dans le cas d'une mauvaise adaptation entre ces éléments.

Le système hybride ainsi choisi est illustré par la figure 6.

La puissance nominale de ces deux sources est de 1,8KW (1000W pour l'éolienne et 800W pour le PV).

Le système photovoltaïque est composé de deux panneaux.

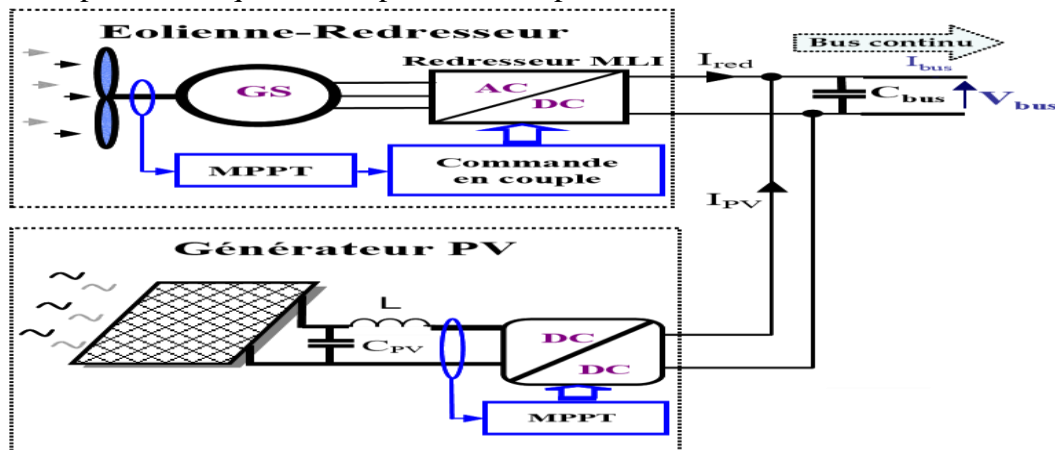


Figure III.37: Structure d'un système hybride (PV-Eolien)

La chaîne de conversion éolienne se compose d'une turbine éolienne entraînant directement une Génératrice Synchrone (GS) triphasée à aimants permanents.

L'éolienne est raccordée à un redresseur MLI (Modulation de la Largeur d'Impulsion) muni d'une commande en couple et d'un algorithme MPPT (Maximum Power Point Tracking) qui établit une consigne de couple optimale pour toute vitesse de rotation de la turbine.

Etant donné que le système photovoltaïque fonctionne pour des conditions météorologiques Variables, il faut adapter le point de fonctionnement de la charge à la caractéristique du générateur photovoltaïque de façon à extraire la puissance maximale.

La maximisation de puissance peut être assurée par un hacheur commandé d'une façon dynamique en jouant sur le rapport cyclique.

La commande peut se faire en mode MPPT ayant pour objet de chercher instantanément la puissance optimale fournie par le générateur PV [86].

III.5. conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé des types d'énergies renouvelables les plus importants utilisés dans le dessalement de l'eau comme source d'énergie au lieu de l'énergie électrique.

Cette dernière peut être utilisée et incluse dans un système intégré et des technologies innovantes pour résoudre le problème du manque d'eau appropriée à usage humain et industriel

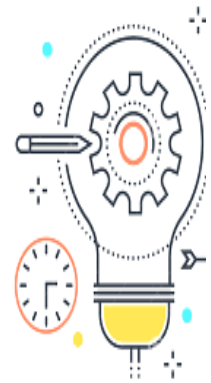
Notre pays, l'Algérie, se caractérise par son climat (vents les plus forts en hiver, rayonnement solaire le plus fort en été).

De plus, la construction d'un système utilisant des sources d'énergie photovoltaïque et éolienne peut répondre aux besoins énergétiques tout au long de l'année et être un système respectueux de l'environnement



Partie
Pratique

PRESANTATION DE PROJET



Présentation de Project

1-L'idée et la genèse du projet

Jusqu'à 75% de notre corps est composé d'eau. Si nous ne buvons pas suffisamment d'eau propre pour que notre système fonctionne correctement, nous pourrions faire face à des conséquences sur notre santé. Malheureusement, une grande partie de notre planète est inondée d'eau salée qui, si elle est consommée directement, contribue aux pénuries d'eau. En outre, l'hypertension artérielle est un autre problème de santé qui peut survenir. Selon les statistiques, une soif extrême, des lésions cérébrales, une fréquence cardiaque élevée et une perte de conscience font partie des changements physiologiques pouvant entraîner une insuffisance rénale et éventuellement la mort.

- 43 pays souffrent de pénurie d'eau, laissant environ 700 millions de personnes dans un besoin urgent d'eau.
- La rareté de l'eau affectera 1,8 milliard de personnes vivant dans certaines parties du monde d'ici 2025, tandis que les deux tiers de la population mondiale pourraient être confrontés à des problèmes de pénurie d'eau.
- La pénurie d'eau due au changement climatique devrait affecter de manière significative la population mondiale d'ici 2030.
- Plus précisément, environ 50% des régions seront habitées par un stress hydrique élevé.
- En Afrique, cela signifie que jusqu'à 250 millions d'individus sont à risque, tandis qu'ailleurs 24 à 700 millions de personnes pourraient être déplacées en raison de la pénurie dans les régions arides et semi-arides.
- Plus de pays d'Afrique subsaharienne sont confrontés à la pénurie d'eau que d'autres régions.

Les technologies de dessalement sont devenues nécessaires car l'approvisionnement limité en eau douce sur Terre ne peut pas soutenir la vie.

La rareté de l'eau en Algérie nous a incités à recourir à la technique de distillation membranaire comme solution pratique, Cette méthode n'est qu'une des nombreuses avancées technologiques dont nous disposons.

2-Clarifier et définir la technologie utilisée

La distillation membranaire (MD) est une technologie de dessalement membranaire thermique. La distillation membranaire est composée d'une chambre d'alimentation chaude et d'une chambre de refroidissement séparées par une feuille de membrane hydrophobe. Dans la distillation membranaire, la solution saline d'alimentation chaude est passée sur une feuille de membrane hydrophobe. La différence de température entre les deux faces de la membrane entraîne une différence de pression de vapeur qui provoque l'évaporation de l'eau, sa diffusion par les pores de la membrane et sa condensation sur la face opposée de la membrane. Étant donné que le MD a la capacité théorique d'atteindre 100 % de rejet de sel et peut fonctionner à basse température (400 C - 90 oC) et à pression atmosphérique, une énergie de faible qualité comme l'énergie solaire et les déchets peut être utilisée pour le dessalement .(M. Khayet, and T. Matsuura, "Membrane distillation principles and applications," Elsevier, B.V., Ch. 1, 2, 6, 8, 10-13, 2011)

Avec ses facteurs de rejet élevés, cette technologie s'avère très utile dans le traitement de l'eau salée et des eaux usées, un exploit que les procédés de séparation traditionnels ne semblent pas pouvoir gérer .

Fonctionnant à de basses pressions et températures, MD est équipé d'un avantage d'économie d'énergie qui fait tout simplement défaut aux autres procédés de séparation. Cela se traduit par une baisse des coûts d'énergie et d'exploitation.

Le rendant utile pour l'industrie alimentaire et des boissons ainsi que pour l'industrie pharmaceutique, le MD peut être utilisé pour concentrer ou purifier des solutions.

Les industries de divers domaines pourraient certainement intégrer la technologie prometteuse de la distillation membranaire.

a) Certains avantages de la distillation membranaire sont :

procédé MD consommé peu d'énergie

L'encrassement des membranes est moins problématique que les processus de dessalement sous pression tels que l'osmose inverse.

PRESANTATION DE PROJET

Capacité à fonctionner à des températures de fonctionnement plus basses que la distillation conventionnelle. Le procédé peut fonctionner à des températures d'alimentation bien inférieures au point d'ébullition de l'eau (c'est-à-dire en utilisant des températures aussi basses que 30°C). Une rétention de sel très élevée peut être obtenue lors de l'utilisation d'aliments contenant des solutés non volatils (sels, colloïdes, etc.). Cela rend le MD plus attractif que d'autres procédés de séparation courants tels que l'osmose inverse dans le domaine du dessalement de l'eau de mer et du dessalement nucléaire.

Pas besoin de prétraitement chronophage tel que l'osmose inverse.

Pression de fonctionnement hydrostatique inférieure à celle des procédés à pression.

Des équipements en plastique peuvent être utilisés. Cela atténue les problèmes d'érosion.

La possibilité d'utiliser la chaleur résiduelle et les sources de chaleur renouvelables permet d'utiliser la technologie MD en conjonction avec d'autres procédés à l'échelle industrielle.

b) Cependant, la distillation membranaire présente les inconvénients suivants

Manque de membranes et de modules spécifiquement conçus pour MD.

Le flux de perméat diminue avec le temps en raison de l'encrassement, de la dégradation de la membrane, etc.

Risque de mouiller les pores de la membrane.

Coûts énergétiques et économiques incertains et « élevés ». Pour RO, une consommation d'énergie plus élevée est nécessaire pour établir le fonctionnement du film chaud.

Faible productivité (c.-à-d. flux de perméat).

Les modules commerciaux sont encore chers.

1-Domains d'application de la technologie de distillation membranaire

La technologie de distillation membranaire, également connue sous le nom de MD (Membrane Distillation), trouve des applications dans plusieurs domaines. Voici quelques exemples :

1. Dessalement de l'eau de mer : L'une des applications les plus courantes de la distillation membranaire est le dessalement de l'eau de mer. Les membranes de distillation sont utilisées pour éliminer le sel et les autres impuretés de l'eau de mer afin de la rendre potable.

PRESANTATION DE PROJET

2. Traitement des eaux usées : La distillation membranaire peut être utilisée pour traiter les eaux usées et les eaux de processus. Les membranes de distillation sont utilisées pour éliminer les contaminants organiques et inorganiques, les virus et les bactéries de l'eau, laissant une eau propre et claire.

3. Production d'eau ultra-pure : La distillation membranaire peut être utilisée pour produire de l'eau ultra-pure pour les applications industrielles et de laboratoire. Les membranes de distillation sont capables d'éliminer même les impuretés les plus petites et les plus fines, produisant ainsi une eau d'une pureté extrême.

4. Production de boissons alcoolisées : La distillation membranaire est utilisée dans la production de boissons alcoolisées pour séparer l'alcool de l'eau. Cette technique est particulièrement utile dans la production d'alcools de haute qualité.

5. Production d'huiles essentielles : La distillation membranaire peut être utilisée pour extraire les huiles essentielles des plantes et des fleurs. Cette technique est plus douce que les méthodes traditionnelles de distillation, ce qui permet de préserver les composés aromatiques délicats des plantes.

6. Industrie pharmaceutique : La distillation membranaire est utilisée dans la production de médicaments pour purifier l'eau utilisée dans les processus de fabrication.

7. Industrie agroalimentaire : La distillation membranaire est utilisée dans la production d'aliments et de boissons pour éliminer les impuretés et les contaminants de l'eau utilisée dans le processus de production.

2-Objectif de projet

Le dessalement consiste à transformer une eau salée ou polluée en eau potable, agricole ou industrielle.

Les objectifs de notre projet s'articulent autour des points suivants :

1. Fournir une source nouvelle et durable d'eau propre, en particulier dans les zones souffrant d'une grave pénurie d'eau douce.
2. Maintenir la santé publique, car le dessalement de l'eau permet d'accéder à une eau salubre pour la consommation et l'utilisation quotidienne.


PRESANTATION DE PROJET

3. Améliorer la santé environnementale, car la pollution et les déchets résultant du rejet d'eaux usées non traitées dans les océans et les rivières sont réduits.
4. Répondre à la demande croissante d'eau potable à l'avenir et améliorer la durabilité environnementale.
5. Sensibiliser le public à l'importance de préserver l'eau et l'environnement et de fournir des sources d'eau durables .
6. Offrir des opportunités d'emploi aux jeunes en développant la production et la distribution dans l'ingénierie et la maintenance par exemple
7. Fournir des services distingués en améliorant les performances du système et en utilisant des technologies modernes.


3-Valeurs snuggeries


 fournir :

1. Eau pure, filtrée et stérilisée pour boire et cuisiner.
2. Eau dessalée à 98% pour les patients insuffisants rénaux.
3. 98% d'eau dessalée pour le radiateur de la voiture afin de le protéger de la corrosion.
4. Eau distillée pour batteries, exempte de sels à 100%, ainsi que pour d'autres industries, dont la cosmétique par exemple.
5. Un dispositif de dessalement de l'eau facile à utiliser et sûr à compléter dans les maisons.
6. Membranes organiques hydrofuges utilisées dans plusieurs domaines, y compris : dans la période de l'eau, les industries textiles et médicales également.

 Améliorer la qualité de l'eau .

 Préserver l'environnement en améliorant l'utilisation des ressources locales.

 Soutenir l'économie locale en offrant des opportunités d'emploi et en fournissant des services.

 Trouver des solutions à la rareté de l'eau dans les zones reculées et désertiques et dans notre région également.

PRESANTATION DE PROJET

- ✚ Économies de coûts : la conversion de l'eau inutilisable en eau propre à la consommation humaine peut réduire les coûts associés à l'achat d'eau propre provenant de sources extérieures et à la fourniture d'eau douce pour d'autres usages.
- ✚ Création d'emplois : le projet de dessalement peut créer de nouvelles opportunités d'emploi pour la région et promouvoir le développement économique et social de la région.

4-L'équipe de travail

Notre projet est d'ouvrir une start-up de dessalement d'eau qui vend un système de distillation membranaire avec énergie solaire et eau potable à tous les segments de la société.

Notre équipe de direction, composée de Notre équipe a de l'expérience dans:

- La préparation de la conception et l'incorporation dans la simulation programme, conception par Zemmal Khedidja sous la supervision du professeur Mograni Radwan "Électromécanique"
- Fabrication et installation des parties du système et assurer son fonctionnement : Ceci est fait par Zemmal Khedidja, Faedl eddine Marwa et Iman Taibi sous la supervision du Dr et du professeur Aoulmi zoubir spécialisé en« Électromécanique et Mines »
- Réalisation d'analyses et de production de membrane de distillation par Zammal Khadija, Fadel eddine Marwa et Iman Taibi sous la supervision du Dr Mansouri Lakhdar "Spécialisation Chimie (Science et Technologie)"
- Elaboration d'un plan d'affaire et d'un business model: Par Zemmal Khedidja, Taibi Imen et Fadel eddine Marwa;

C'est pour le développement de ce produit

PRESANTATION DE PROJET

5-Calendrier histories des travaux

Le durée	Le travail
3jours" Janvier 2023"	Préparation de l'idée et vérification de sa validité.
20jours" fierier 2023"	Début de la finalisation de la conception et de son intégration dans le programme SolidWorks.
Semaine" mars 2023"	Choisir les équipements et les matières premières appropriés pour fabriquer le système de dessalement et l'incarner au niveau de la réalité.
Mars2023-12may2023	Préparation du prototype et vérification de son parfait fonctionnement.
16 juin 2023	D'analyses et de production de membrane de distillation.
Avril2023-may2023	Elaboration d'un plan d'affaire et d'un business model

CHAPITRE 2 : aspects innovants



ASPECTS INOUVANTES

L'inventivité et la pensée créative sont des facteurs clés qui déterminent le succès de tout projet.

L'innovation est la manière dont des solutions nouvelles et innovantes peuvent être développées pour relever les défis auxquels le monde est confronté aujourd'hui.

L'un des défis les plus importants auxquels le monde est confronté est de fournir des sources d'eau potable et propres. Pour cette raison, le projet de dessalement de l'eau par membranes de distillation est l'un des projets les plus innovants à l'heure actuelle.

Le principal problème auquel le monde est actuellement confronté est la rareté de l'eau potable, et le projet de dessalement de l'eau est une solution nouvelle et innovante à ce problème, car il permet la conversion de l'eau polluée ou salée en eau potable et à d'autres usages.

Étant donné que ce projet nécessite de la créativité et une réflexion créative, cela peut être réalisé en appliquant plusieurs aspects innovants aux différentes étapes du projet, de la conception du système et de l'utilisation de la biotechnologie à l'utilisation d'énergies renouvelables et de matériaux avancés dans la fabrication de membranes de distillation.

Nous aborderons ces aspects plus en détail dans ce chapitre.

II.Aspects inouvantes

1-Haute efficacité : le système de dessalement de l'eau utilisant des membranes de distillation est l'un des systèmes les plus efficaces pour le dessalement de l'eau saumâtre, car environ 95 % de l'eau est convertie en eau potable et autres utilisations.

2-Dessalement facile : Le système de dessalement à membrane est facile à utiliser et à entretenir, nécessitant peu d'équipement et de produits chimiques pour fonctionner.

3-Conversion de l'énergie solaire : L'énergie solaire peut être utilisée pour alimenter un système de dessalement à membrane, ce qui réduit les coûts et rend le système plus durable.

4-Utilisations multiples : Le système de dessalement de l'eau par distillation à membrane peut être utilisé dans de nombreuses applications industrielles et agricoles, en plus de ses utilisations dans le dessalement de l'eau potable.

5-Processus de dessalement sans produits chimiques : Le système de dessalement à membrane est un processus de dessalement sans produits chimiques nocifs

ASPECTS INOUVANTES

1. **Dessalement de l'eau dans les régions éloignées** : Un système de dessalement de l'eau utilisant des membranes de distillation peut être utilisé dans les régions éloignées qui manquent de sources d'eau potable, ce qui contribue à fournir de l'eau propre aux résidents de ces régions.
2. **Utilisation dans le domaine médical** : Le système de dessalement de l'eau par distillation membranaire peut être utilisé dans le domaine médical pour produire de l'eau utilisée dans les médicaments, les détergents et les désinfectants.
3. **Amélioration de la qualité de l'eau** : un système de dessalement de l'eau utilisant des membranes de distillation peut être utilisé pour améliorer la qualité de l'eau utilisée dans les domaines industriels et agricoles, ce qui contribue à réduire la pollution de l'environnement et à améliorer la qualité des produits agricoles.
4. **Contrôle intelligent** : Un contrôle intelligent peut être appliqué au système de dessalement à l'aide de membranes de distillation pour améliorer l'efficacité du système et réduire les coûts, car des capteurs et l'automatisation peuvent être utilisés pour analyser les données et déterminer les meilleurs paramètres pour le système.
5. **Nanotechnologie** : Utilisation de la nanotechnologie pour concevoir des membranes de distillation à haut rendement.
6. **Entretien simple** : Le système de dessalement à membrane nécessite un entretien simple et peu coûteux, car les membranes sont remplacées régulièrement et un entretien de base est effectué sur l'équipement.
7. **Durabilité environnementale** : Le système de dessalement de l'eau utilisant des membranes de distillation permet une durabilité environnementale, car il peut être utilisé pour dessaler l'eau de façon permanente sans ajouter de produits chimiques nocifs pour l'environnement.
8. **Conversion des déchets en richesse** : Un système de dessalement à membrane peut être utilisé pour convertir les déchets contenant des polluants en matériaux précieux tels que les sels et les minéraux, réduisant ainsi l'impact des déchets sur l'environnement et les transformant en une nouvelle source de revenus.

ASPECTS INOUVANTES

9. **Économie d'énergie** : Un système de dessalement à membrane utilise une très petite quantité d'énergie pour convertir l'eau en eau potable, ce qui en fait un système économe en énergie.

Analyse stratégique du marché



ANALYSE DU MARCHÉ

L'analyse du marché et de la concurrence est un processus essentiel dans le développement de toute nouvelle entreprise. Il vise à comprendre le marché, ses concurrents, les besoins et les attentes des clients, afin d'identifier les opportunités et les défis potentiels de croissance.

Dans le cas du projet de dessalement membranaire en Algérie, l'analyse stratégique du marché est essentielle pour assurer le succès du projet et maintenir sa position sur le marché.

Cette analyse comprend l'évaluation de la taille et de la croissance du marché, l'identification des opportunités de croissance potentiel

les et des menaces, l'analyse des facteurs économiques, sociaux, techniques, politiques et juridiques susceptibles d'affecter le projet, l'analyse des concurrents et de leurs produits, les méthodes marketing et technologiques.

En effectuant une analyse du marché et de la concurrence, l'équipe de projet peut identifier les opportunités et les défis de croissance potentiels, localiser le projet sur le marché et se concentrer sur les opportunités prometteuses pour atteindre un succès durable.

ANALYSE DU MARCHÉ

Analyse du marché

1. ANALYSE DE PESTEL DU MARCHÉ

a) FACTURES POLITIQUES

L'Algérie est connue comme un pays avec un système politique stable et fort, et le gouvernement algérien est un partenaire important dans l'économie et promeut les investissements dans le pays. Cependant, les réformes politiques et les changements gouvernementaux dans les politiques réglementaires, fiscales et commerciales pourraient affecter le marché des projets de dessalement par membrane en Algérie.

b) FACTURES ÉCONOMIQUES

L'Algérie est l'un des pays pétroliers les plus importants au monde et son économie dépend fortement des exportations de pétrole et de gaz. Cependant, l'Algérie est confrontée à des défis économiques tels que le ralentissement de la croissance économique et la chute des prix du pétrole, qui pourraient affecter le marché des projets de dessalement par membrane en Algérie.

c) - TECHNOLOGIES

Le dessalement par membrane est une technologie essentielle pour produire de l'eau potable de manière efficace et à faible coût. Ce type de technologie nécessite des niveaux élevés d'équipement technique et des techniques de production avancées, ce qui augmente les coûts globaux du projet. Ces technologies doivent être constamment renouvelées pour maintenir des niveaux élevés de productivité et de qualité des produits.

d) ENVIRONNEMENT

Le problème de la rareté de l'eau et de la pollution de l'environnement est l'un des plus grands défis auxquels est confronté le projet de dessalement en Algérie. Les effets de ces facteurs environnementaux sur la production et les coûts associés doivent être pris en compte. Par exemple, la durabilité de ce processus doit être maintenue et continuellement améliorée pour préserver l'environnement qui l'entoure.

e) JURIDIQUE

Il convient de tenir compte de la législation et des réglementations locales et nationales de l'Algérie relatives au dessalement, telles que les exigences imposées aux opérations de déchargement et

ANALYSE DU MARCHÉ

d'élimination des déchets. Ces réglementations et législations doivent être respectées et respectées, ce qui entraînera une augmentation des coûts et des défis liés au respect de ces réglementations et législations.

2. ANALYSE SWOT D'UN PROJET DE DESSALEMENT D'EAU

POINTS FORTS:

- Utilisation d'une technologie de pointe dans le processus de dessalement de l'eau
- Disponibilité des matières premières (eau de mer) à faible coût
- Soutien et incitations du gouvernement pour les initiatives d'eau propre
- Une équipe expérimentée dans le domaine du dessalement de l'eau

La capacité du projet à se développer dans de nouveaux domaines et à augmenter la part de marché

- Offrir un service à la clientèle excellent et dévoué.
- Forte demande d'eau potable et disponibilité limitée dans certaines régions

FAIBLESSES

Un investissement initial élevé est nécessaire pour mettre en place le système de dessalement

- Dépendance à la technologie qui peut nécessiter une maintenance et des mises à jour fréquentes
- Manque de sensibilisation et d'éducation du public sur les avantages de l'eau dessalée
- Le coût élevé des produits résultant de l'utilisation de matériaux de haute technologie et de haute qualité dans le processus de dessalement
- Concurrence intense de certaines grandes entreprises internationales et locales

OPPORTUNITÉS

- Augmentation de la demande en eau potable dans les années à venir.
- La tendance de l'Algérie à améliorer ses infrastructures dans le secteur de l'eau.
- L'orientation du gouvernement vers l'encouragement des entreprises locales dans le domaine du dessalement de l'eau et la fourniture d'eau potable

ANALYSE DU MARCHÉ

- Utiliser une technologie moderne et innovante pour améliorer le processus de dessalement, réduire les coûts et améliorer l'efficacité.

DES MENACES:

- Concurrence d'acteurs majeurs du marché du dessalement de l'eau qui ont l'avantage de la technologie et des marques reconnues
- Nouvelle législation gouvernementale
- L'impact des variations de prix sur le marché mondial des prix des matières premières

3. ANALYSE DU MARCHÉ CIBLE

Après avoir analysé le marché et étudié la demande pour le dessalement de l'eau par membrane de distillation en Algérie, nous avons déterminé que c'est un moment opportun pour pénétrer le marché en raison de la grave pénurie d'eau douce dans le pays. L'Algérie est confrontée à un déficit en eau potable, avec des régions entières dépendant de l'approvisionnement en eau de la pluie. Selon les statistiques, la demande en eau devrait doubler d'ici 2030 en Algérie.

Notre taille de marché est assez importante pour justifier notre présence en Algérie. Les segments de marché cibles pour notre système de dessalement par membrane de distillation peuvent être décrits comme suit :

1) Démographique

- a) Tous les âges et genres
- b) Tous les revenus
- c) Tous les niveaux d'éducation
- d) Familles et entreprises qui ont besoin d'un approvisionnement fiable en eau

2) Géographique

- a) Toutes les régions d'Algérie où l'eau douce est rare ou inexistante

EN PARTICULIER

- **INDIVIDUS ET FAMILLES** : Nous leur fournissons une eau propre, potable et domestique, qui répond à leurs besoins essentiels et améliore leur qualité de vie.

ANALYSE DU MARCHÉ

- **INSTITUTIONS ET ENTREPRISES** : Nous leur fournissons une eau propre adaptée à des usages industriels et commerciaux, ce qui renforce leur capacité de production et améliore la qualité de leurs produits et services.
- **LE SECTEUR DE LA SANTE**, en particulier les unités de filtration pour les insuffisants rénaux et les insuffisants rénaux eux-mêmes.
- **AGENCES GOUVERNEMENTALES** : nous leur fournissons une source durable pour fournir de l'eau propre à la société en général, et elle peut être utilisée dans l'irrigation, l'agriculture et d'autres projets gouvernementaux.
e niche,
- **LES ZONES COTIERES EN ALGERIE**, où il y a une forte demande en eau potable en raison de l'augmentation de la population et de l'expansion urbaine et industrielle

Nous avons déterminé qu'il y a suffisamment de demande pour notre système de dessalement par membrane de distillation en Algérie en raison de la forte demande en eau douce dans le pays.

De plus, notre technologie de pointe peut fournir une solution fiable et efficace pour fournir de l'eau douce aux régions qui en ont besoin.

4. PLAN DE MARKETING ET DE VENTE

La publicité et la promotion sont essentielles pour faire connaître notre entreprise, et nous prévoyons de mettre en œuvre une stratégie de marketing complète, qui comprendra une analyse approfondie du marché et des clients potentiels, ainsi que des plans d'action pour atteindre nos objectifs de vente. Cette stratégie nous permettra de cibler efficacement les segments de marché qui sont les plus susceptibles de bénéficier de nos offres, en raison de la demande croissante pour des solutions de dessalement de l'eau efficaces et durables.

Nos offres clés incluent des systèmes de dessalement de l'eau à membrane de distillation par évaporation, ainsi que des services de maintenance et de réparation. Nos offres profitent davantage à nos clients cibles que ce qui existe actuellement sur le marché car elles sont plus fiables, plus efficaces et plus rentables à long terme.

Notre proposition de vente unique est la qualité supérieure de nos produits, ainsi que notre engagement envers la satisfaction du client à 100%.

ANALYSE DU MARCHÉ

Le marché devrait être en croissance constante au cours de la prochaine décennie en raison de la demande croissante pour des sources d'eau potable sûres et fiables

Par conséquent, notre stratégie de tarification est de fixer des prix compétitifs qui reflètent la valeur supérieure que nous offrons, tout en restant abordables pour nos clients cibles.

Les différentes méthodes que nous prévoyons d'utiliser pour communiquer nos offres à nos clients cibles sont la publicité en ligne et hors ligne, la participation à des salons professionnels, ainsi que la promotion de bouche à oreille.

De plus, nous visons à promouvoir notre marque et nos offres en utilisant les médias sociaux, les relations publiques et le marketing par courriel.

Nous avons l'intention de distribuer notre système de dessalement de l'eau à membrane de distillation par évaporation aux clients par l'intermédiaire de partenaires de distribution locaux et d'installateurs agréés. Nous vendrons principalement en gros, mais proposerons également des options de vente au détail pour les clients ayant des besoins plus spécifiques.

Nous accepterons les paiements par virement bancaire, chèque et carte de crédit.

plan de production et organisation



PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

La productivité et l'organisation sont l'un des facteurs clés de la réussite de tout projet, car elles aident à déterminer quelles ressources sont nécessaires et comment les utiliser efficacement pour atteindre les objectifs fixés.

Dans le projet de dessalement de l'eau de distillation, un bon plan de production et d'organisation doit être établi qui garantit la disponibilité de toutes les ressources nécessaires, qui peuvent inclure des ressources physiques, humaines et financières.

Ce plan vise à préciser la localisation du projet, la taille de la surface requise, la capacité de production et le temps nécessaire pour atteindre cette capacité de production, ainsi que les ressources nécessaires à l'exploitation du projet, et les modalités de stockage et de livraison des produits aux clients.

La nouvelle proposition comprend également la création d'un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau pour augmenter les revenus et fournir des services supplémentaires aux clients.

En appliquant ce plan de production et d'organisation, le processus de dessalement de l'eau peut être réalisé avec la meilleure qualité, le coût le plus bas et le plus grand avantage économique et environnemental.

IV plan de production et organisation

1. **L'emplacement réel du projet** : Notre projet est prévu pour desservir des clients situés dans des régions arides et semi-arides dont la population souffre de pénurie d'eau et des zones côtières où il y a une grande quantité d'eau salée, et il est préférable d'être à proximité des zones d'extraction des eaux souterraines salines.
2. **Superficie du l'emplacement du projet** : La superficie est moyenne entre 100 m*m et 150 m*m afin de la diviser en lieux de travail et de stockage des équipements et matériaux usagés.
3. **Production:**
4. Capacités de production : 10 litres / jour
5. Le temps nécessaire à la mise en place d'un cycle de production : une heure
6. Le nombre d'ouvriers nécessaires à la production : 3 ouvriers

PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

Les ressources requises

- ✚ RESSOURCES MATERIELLES : Il comprend les matériaux et équipements nécessaires au processus de dessalement, tels que :
 - ✚ Une source d'eau de toute nature facilement accessible ; Eau souterraine ou eau de mer salée, eau polluée issue des industries.
 - ✚ Source d'énergie naturelle (soleil ou vent, rayons ultraviolets).
 - ✚ Polymères et produits chimiques naturels ou synthétiques.
 - ✚ Vider les contenants en plastique de différentes tailles pour remplir le produit
 - ✚ Matériel de nettoyage et de stérilisation pour le lavage et la désinfection des emballages
 - ✚ Moyens de transport pour livrer le produit, qu'il s'agisse d'eau ou de système de dessalement, aux clients.
- Sacs transparents et emballages en carton pour l'emballage des produits.
- 2 Nettoyeur à ultrasons (HB-S-49MHT, KENDAL)
- 2 plasma d'argon
- 2 pousse-seringue (Micro4, World Précision Instruments)
- Appareil photo reflex numérique (EOS Rebel T3, Cannon)
- 2 Séchage au CO2 (CPD, modèle 931, Tousimis).
- 2 spectro photomètre UV-vis-NIR (Cary 5000, Agilent)
- Un intégrateur Sphère (Internal DRA-2500, Agilent)
- Conductimètre avec une précision de 1% de la lecture (Ultrameter III, Myron L Company).
- Un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) (5700, Nicolet) avec une sphère d'intégration IR moyen de Pike Technologies.
- alimentation haute tension 30kv 'DC'
- 3 Seringue
- 2 Les plaques des VerreAR
- 3 Les plaques d'aluminium
- Nylon PA12
- 2 pompepéristaltique


PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION


- Outils de protection Gants, vêtements de travail pour 10 personnes
- Lampes ultra violet UV(4 : 250 nanomètres ; 4 :365 nanomètres)et 2lampe simple(Grand volume)
 - 2 piézoélectrique 100 watt
 - 2 moteur pas en pas
- 2 Arduine
 - 2 consommables FIBRE DE CARBON pour imprimante 3D
 - imprimante 3D
 - Rouleau de tuyaux silicone 6×8 mm et tuyaux plfe6×8 mm
 - 2 Réservoirs plastiques 5 litres
 - Machine de découpe manuelle en verre de petite taille, table CNC .
 - Machine de découpe plasma CNC de petite taille pour l'aluminium et métal.
 - Machine portative et compact de traitement et de soudage de métaux
- Perceuse rotative pour métal et verre
 - les vis et l'écrous
 - Les joints et l'écrous
 - les joints vis
 - rouleau de pongé PVC 50cm× 50 cm
 - un rouleau de wok capillaire 50cm × 50 cm
 - DAC
- PH- mètre
- PH- feuille
 - Compteur de pureté et de salinité de l'eau Tds.
 - Balance pour mesurer le poids de l'eau.
 - Les tournevis.
 - Thermomètre.

PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

Produits chimiques

- Silica aérogel ou n'importe quelle aérogel thermique
- 3kg Le graphite naturel poudre
- revêtement de téflon AF
- 2 Colle industrielle
- L'acétone
- 4 Méthanol
- Polymère PVA
- Ethanol
- Xylène
- Polystyrène liquide
- Silicone
- Catalyseur
- Résine special polystyrene

 **RESSOURCES HUMAINES** : Il comprend des employés formés aux compétences en dessalement, des travailleurs formés à l'entretien et à l'exploitation des équipements, ainsi que des ingénieurs et des experts spécialisés dans la conception, l'exploitation et l'entretien des systèmes de dessalement.

 **RESSOURCES FINANCIERES** : elles comprennent les coûts d'achat de matériel et d'équipement, l'embauche de personnel, les frais d'entretien et de fonctionnement, les frais de publicité et de marketing, ainsi que la recherche et le développement.

1- **Stockage et livraison:**

Entrepôt : Un entrepôt sera utilisé pour stocker l'eau dessalée et les systèmes de dessalement prêts à être livrés.

Transport : Un petit camion sera utilisé pour livrer l'eau dessalée aux clients.

Délai de livraison : Le délai de livraison sera déterminé en fonction de la demande du client

2- **Processus de production**

- Conception et installation du système de dessalement.

- Collecte de l'eau salée à partir d'une source d'eau salée ou de l'eau souterraine salée.

PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

- Pré-traitement de l'eau salée pour éliminer les matières solides en suspension et les sédiments.
- Passage de l'eau salée à travers system de dessalement par membrannedistillation qui sépare l'eau douce de l'eau salée.
- Traitement de l'eau douce obtenue en la filtrant à travers rayon ultra violet pour éliminer les impuretés et les bactéries.
- Stockage de l'eau douce dans des conteneurs en plastique stériles pour la distribution.
- Livraison de l'eau douce aux clients.

3- Planification de la production

- La production aura lieu tous les jours de la semaine, sauf les jours fériés.
- Le nombre d'heures de travail par jour sera de 8 heures.
- Le nombre de cycles de production par jour sera de 8, ce qui signifie que la production quotidienne sera de 80 litres d'eau douce.
- Le planning de production sera établi par le responsable de production en fonction de la demande des clients et des stocks disponibles.

4- Gestion de la qualité

- Des échantillons d'eau douce seront prélevés régulièrement pour effectuer des tests de qualité afin de s'assurer que l'eau est conforme aux normes de qualité requises.
- Les résultats des tests de qualité seront enregistrés et conservés pour toute référence future.
- Les employés seront formés à la gestion de la qualité et à la manipulation des équipements pour garantir une production de haute qualité.

5- Entretien et reparation

- Un programme d'entretien régulier sera établi pour le lavage et le remplacement de la membrane de distillation.
- Toute réparation ou entretien nécessaire sera pris en charge par notre équipe.

6- Gestion

- Le chef de projet sera chargé de gérer les opérations de production, d'entrepasage, de livraison et de maintenance.

PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

- Un plan de travail annuel sera préparé pour évaluer la performance du projet et définir de nouveaux objectifs

7- Coûts

- Le coût total d'investissement pour le projet est estimé à 25000 DZD, y compris les coûts d'achat de matériel et d'équipement, les coûts de personnel, les frais d'entretien et de fonctionnement, les frais de publicité et de marketing, ainsi que la recherche et le développement.

Tableau de matériaux utilisée dans les projet et leur prix

Matériaux d'utilisation		Prix
Cadre en bois		2000 DA
Carbonate de calcium 25kg		3000 DA
Verre		300DA
Aluminium		1000 DA
Siliceaérogel500g		2340 DA
Carbone1Kg		2280 DA
Polymer PVA 1Kg		3829 DA
Teflon		400DA
Source	3 Résistance 15 ohm	200 DA
	3 Résistance 22ohm	200 DA
	3Resistence 200 ohm	300 DA
	3 Diode 4007 UF	300 DA
	Transformateur flyback	700DA

PLAN DE PRODUCTION ET ORGANISATION

ANALYSE		8000 DA
TOTALE		2,5000 DA

- Le prix de vente de l'eau douce sera fixé en fonction des coûts de production et des prix du marché concurrentiel.

- Le chiffre d'affaires mensuel sera calculé en multipliant le nombre de litres d'eau douce vendus par le prix de vente.

AUTRES COÛTS PRÉVUS

- ✚ Les coûts d'investissement en équipements et en infrastructures
- ✚ Les coûts de main-d'œuvre
- ✚ Les coûts d'approvisionnement
- ✚ Les coûts d'installation et de mise en service
- ✚ Les coûts de formation
- ✚ Les coûts pour la maintenance et l'entretien
- ✚ Les coûts de marketing et de publicité

8- revenus

- ✚ Frais d'achat et de vente.
- ✚ Frais d'abonnement mensuels ou annuels.
- ✚ Publicités de l'entreprise.
- ✚ Coûts des services payants.
- ✚ Développer de nouveaux produits et services pour augmenter le flux de revenus
- ✚ Attribution d'une zone de l'emplacement réel du projet pour les travaux d'un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau par toutes les entreprises similaires à notre entreprise afin d'augmenter les revenus

plan financier



PLAN FINANCIER

IIV-plan financier

1-Le coût du projet

- Le coût d'achat des équipements et machines : 700 millions DZD
- Le coût des travaux de génie civil et de construction : 200 millions de DZD
- Le coût des outils et matériaux nécessaires à la production : 300 millions de DZD
- Le coût de la productivité et des salaires : 100 millions de DZD
- Coût marketing et publicité : 50 millions DZD
- Coût de transport et distribution : 50 millions DZD
- Autres frais « agrément, démarches administratives, formation, qualification, assurance, entretien et réparation » : 100 millions DZD

TOTAL: 1500 millions de DZD

2-Financement de projects

- Auto financement: 500 million DZD
- Prêt de la banque : 1000 millions DZD

Le coût total du projet sera couvert sur une période d'un an.

1. Revenu prévu

- Vendre de l'eau dessalée en bouteille au prix de 25 DZD/litre, 90 millions DZD/an
- Vendre un appareil de procédé de dessalement pour 25 000 DZD : 900 millions DZD/an
- Revenus des services du laboratoire d'analyse : 4000 DZD par mois

PLAN FINANCIER

Chiffre d'affaires total : 990 millions DA/an sans bénéfice d'analyse

2. Bénéfice spéré :

Bénéfice net annuel : $1500 - 994,8 = 505,2$ millions DA/an avec bénéfice d'analyse

Produit A destiné Client	REALISATION			PREVISION				
	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit A	-	-	1	-	-	-	-	-
Prix HT produit A	-	-	900 million s DA/an	-	-	-	-	-
<u>Ventes produit A</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL	-	-	-	-	-	-	-	-

Chiffre d'affaires TTC = quantité produit A * prix produit A

Vends d'eau distillée en bouteilles : Chiffre d'affaires annuel : 90 millions de dinars algériens (hors taxes) Valeur ajoutée (9%) : 8,1 millions de dinars algériens

Chiffre d'affaires annuel (TTC) : 98,1 millions de dinars algériens

PLAN FINANCIER

	<u>REALISATION</u>			<u>PREVISION</u>				
Produit A destiné Client	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit B	-	-	1	-	-	-	-	-
Prix HT produit B	-	-	90 million DA/an	-	-	-	-	-
<i>Ventes produit B</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL	-	-	-	-	-	-	-	-

Chiffre d'affaires TTC = quantité produit B * prix produit B

Vends appareil de dessalement d'eau : Chiffre d'affaires annuel : 900 millions de dinars algériens (hors taxes)

Valeur ajoutée (9%) : 81 millions de dinars algériens

Chiffre d'affaires annuel (TTC) : 981 millions de dinars algériens

	<u>REALISATION</u>			<u>PREVISION</u>				
Produit A destiné Client	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Quantité produit C	-	-	1	-	-	-	-	-
Prix HT produit C	-	-	4,8 million DA/an	-	-	-	-	-
<i>Ventes produit C</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIFFRE D'AFFAIRES GLOBAL	-	-	-	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

Chiffre d'affaires total : 994,8 millions DA/an

Chiffre d'affaires TTC = quantité produit C * prix produit C

Revenus des services de laboratoire d'analyse :

Valeur ajoutée = (4,8 millions d'Algériens) x (9 ÷ 100) = 0,432 millions d'Algériens

La valeur ajoutée est ensuite ajoutée au revenu annuel pour obtenir le revenu total après impôt :

Recettes totales = 4,8 millions d'Algériens + 0,432 million d'Algériens = 5,232 millions d'Algériens

Ainsi, le chiffre d'affaires annuel après impôt

(Chiffre d'affaires TTC) du laboratoire est de 5,232 millions d'algériens

الملحق رقم 01 : ميزانية المؤسسة الناشئة

BILANS DE STARTUP:

ACTIF								
Enmilliers DZD	<u>REALISATION</u>			<u>PREVISION</u>				
	N -2	N -1	N	N+ 1	N+ 2	N+ 3	N+ 4	N+5
ImmobilisationIncorporelles	-	-	-	-	-	-	-	-
ImmobilisationCorporelles	-	-	-	-	-	-	-	-
Terrain	0	0	120	-	-	-	-	-
			Million DA					
Bâtiment	0	0	80	-	-	-	-	-
			Million DA					

PLAN FINANCIER

Autres Immobilisations Corporelles	0	0	1200 Milion DA	-	-	-	-	-
Immobilisations en concession	0	0	300 Milion DA	-	-	-	-	-
Immobilisation en cours	-	-	-	-	-	-	-	-
Immobilisations Financières	-	-	-	-	-	-	-	-
Titres mis en équivalence	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres participations et créances rattachées	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres Titres immobilisés	-	-	-	-	-	-	-	-
Prêts et autres titres financiers non courants	-	-	-	-	-	-	-	-
Impôts différés actif	-	-	1000 Milion DA	-	-	-	-	-
ACTIF NON-COURANT	-	-	-	-	-	-	-	-
Stocks et encours	-	-	-	-	-	-	-	-
Créances et emplois assimilés	-	-	-	-	-	-	-	-
Clients	0	0	1	-	-	-	-	-
Autres débiteurs	-	-	500 Milion DA	-	-	-	-	-
Impôts et assimilés	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres créances et emplois assimilés	-	-	-	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

Disponibilités et assimilés	-	-	-	-	-	-	-	-
Placements et autres actifs financiers courants	-	-	-	-	-	-	-	-
Trésorerie	-	-	1500 Milion DA	-	-	-	-	-
ACTIF COURANT	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL ACTIF	-	-	-	-	-	-	-	-
PASSIF								
	<u>REALISATION</u>			<u>PREVISION</u>				
Enmilliers DZD	N - 2	N - 1	N	N+ 1	N+ 2	N+ 3	N+ 4	N+5
<u>CAPITAUX PROPRES</u>	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital émis	-	-	1500 millions de DZD	-	-	-	-	-
Capital non appelé	-	-	-	-	-	-	-	-
Ecart de reevaluation	-	-	-	-	-	-	-	-
Primes et réserves- Réserves Consolidées	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat net- RN part du groupe	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres capitaux propres- report à nouveau	-	-	-	-	-	-	-	-
Part de la société consolidante (1)	-	-	-	-	-	-	-	-
CAPITAUX PROPRES	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>PASSIFS NON-COURANTS</u>	-	-	0	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

Emprunts et dettes financières	-	-	1500 millions de DA	-	-	-	-	-
impôt différé passif	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres dettes non courantes	-	-	-	-	-	-	-	-
Provisions et produits constatés d'avance	-	-	4,8 millions de DA	-	-	-	-	-
PASSIFS NON-COURANTS	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>PASSIFS COURANTS</u>	-	-	1500 millions de DA	-	-	-	-	-
Fournisseurs et comptes rattachés	-	-	100 million de DA	-	-	-	-	-
Impôts	-	-	TVA/VEN T	-	-	-	-	-
Autres dettes	-	-	-	-	-	-	-	-
Trésorerie passif	-	-	1200 million de DA	-	-	-	-	-
PASSIFS COURANTS	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL PASSIF	-	-	-	-	-	-	-	-
Verification de l'équilibre Actif/Passif	-	-	-	-	-	-	-	-
Dotations aux amortissements, Provisions	-	-	-	-	-	-	-	-
Reprise sur pertes de valeurs et provisions	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat opérationnel	-	-	-	-	-	-	-	-
Produits Financiers	-	-	502 million de DA	-	-	-	-	-
Charges financières	-	-	-	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

Résultat financier	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat Ordinaire avantimpôt	-	-	-	-	-	-	-	-
Impôt exigible sur résultat ordinaire	-	-	-	-	-	-	-	-

En Milliers DZD	REALISATION			PREVISION				
	N -2	N -1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Vente et produits annexes	0	0	500 millio n DA	-	-	-	-	-
Variation des stocks produits finis et en cours	-	-	50 millio n DA	-	-	-	-	-
Production immobilisée	-	-	200 millio n de DA	-	-	-	-	-
Subvention d'exploitation	-	-	-	-	-	-	-	-
Production de l'exercice	-	-	-	-	-	-	-	-
Achats consommés	-	-	-	-	-	-	-	-
Services Extérieurs et autres consommations	--	-	--	-	-	-	-	-
Consommation de l'exercice	-	-	-	-	-	-	-	-
Valeur ajoutée d'exploitation	-	-	-	-	-	-	-	-
Charges de personnel	-	-	50 millio n de DA	-	-	-	-	-
Impôts et taxes et versement assimilés	-	-	-	-	-	-	-	-
Excédent Brut d'Exploitation	-	-	-	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

Autres produits opérationnels	-	-	50 millio n de DA	-	-	-	-	-
Autres charges opérationnelles	--	-	60 millio n de DA	-	-	-	-	-
Dotations aux amortissements, Provisions	-	-	40 millio n de DA	-	-	-	-	-
Reprise sur pertes de valeurs et provisions	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat opérationnel	-	-	-	-	-	-	-	-
Produits Financiers	--	-	94,8 millio n de DA	-	-	-	-	-
Charges financières	--	-	200 millio n de DA	-	-	-	-	-
Résultat financier	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat Ordinaire avant impôt	-	-	-	-	-	-	-	-
Impôt exigible sur résultat ordinaire	-	-	-	-	-	-	-	-
Impôt différé (variation) sur résultat ordinaire	--	-	-	-	-	-	-	-
<i>TOTAL DES PRODUITS DES ACTIVITES ORDINAIRES</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>TOTAL DES CHARGES DES ACTIVITES ORDINAIRES</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
RESULTA NET DES ACTIVITES ORDINAIRES	-	-	-	-	-	-	-	-
Eléments extraordinaire (produits)	-	-	994,8 millio n de	-	-	-	-	-

PLAN FINANCIER

			DA					
Eléments extraordinaire (charges)	-	-	-	-	-	-	-	-
Résultat extraordinaire	-	-	-	-	-	-	-	-
RESULTAT NET DE L'EXERCICE	-	-	-	-	-	-	-	-

PROTOTYPE



PROTOTYPE

VI – prototype

1-introduction

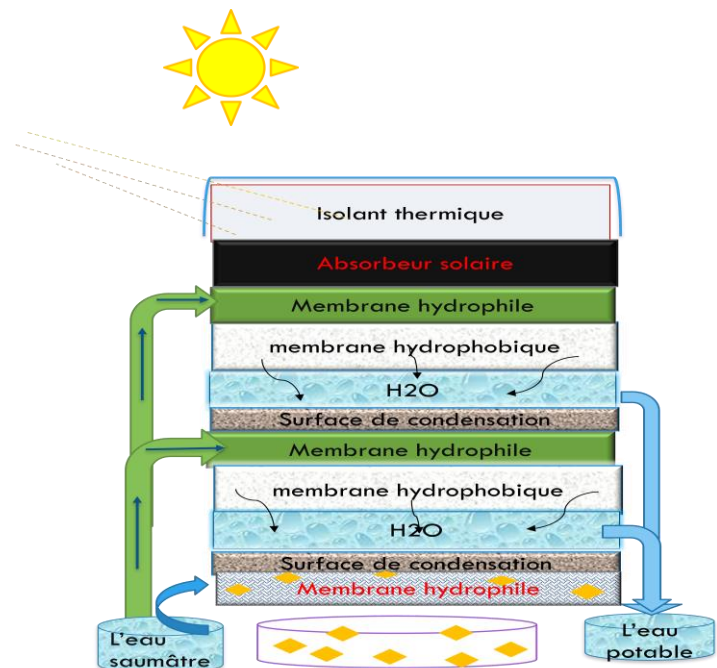
L'eau est la base de la vie, et en raison de l'énorme augmentation de la population et du niveau de vie élevé et du développement industriel et agricole qui a conduit à la pollution de l'eau et à ses sources limitées et à la suite de la rareté des ressources en eau douce sur la planète le problème de pénurie aiguë d'eau douce est apparu et de nombreuses études et recherches ont été menées sur l'avenir. La situation de l'eau et la recherche de nouvelles sources d'eau autres que les traditionnelles, par exemple, le dessalement de l'eau salée. Comme nous le savons, surtout nous les humains, nous dépendons d'une seule source d'eau douce, qui est l'eau souterraine. C'est une source limitée, et donc nous sommes censés mener les études et recherches nécessaires sur la façon de profiter de l'eau de puits et la mer près de chez nous.

Pour résoudre ce problème, nous avons décidé de préparer un modèle expérimental d'un système de dessalement.

Le projet est un dispositif de dessalement de l'eau en trois étapes utilisant la distillation membranaire. Dans l'appareil, l'eau salée est convertie en eau potable en la distillant à chaque

étape.

- **Isolant thermique:** silicate aérogel
- **Absorbeur solaire:** plate en graphite
- **Membrane hydrophile:** capillaire Wick
- **Membrane hydrophobique**
- **Surface de condensation :** plate aluminium
- sel
- Membrane hydrophile utilisée dans le cristalliser par évaporation



PROTOTYPE

2-Descriptif de conception

Le projet est conçu pour le dessalement de l'eau à l'aide de la technologie de distillation membranaire et se compose de trois phases. Une membrane de distillation est placée à chaque étage pour améliorer l'efficacité du système.

La saumure s'écoule dans le premier étage de l'appareil et est convertie en vapeur à l'aide d'un diaphragme.

La vapeur qui en résulte est convertie en eau pure et recueillie dans un récipient spécial.

Le même processus est répété dans les deux autres étapes, en utilisant un diaphragme anti-goutte à chaque étape.

L'eau purifiée produite à chaque étape est collectée dans des conteneurs séparés.

Dans ce type de système, l'eau brute est introduite dans la première étape et distillée à l'aide d'une membrane de distillation, puis la vapeur d'eau formée à partir de cette étape s'écoule vers la deuxième étape, où la vapeur est condensée et recueillie sous forme d'eau distillée. La membrane est utilisée à chaque étape pour la distillation et la filtration.

Ce processus est répété à chaque étape jusqu'à ce qu'un certain pourcentage de dessalement soit atteint. Le taux de dessalement peut être contrôlé en ajustant le nombre d'étapes et le taux d'utilisation pour chaque étape



Figure 38 : prototype pure

PROTOTYPE

2-pièces de conception

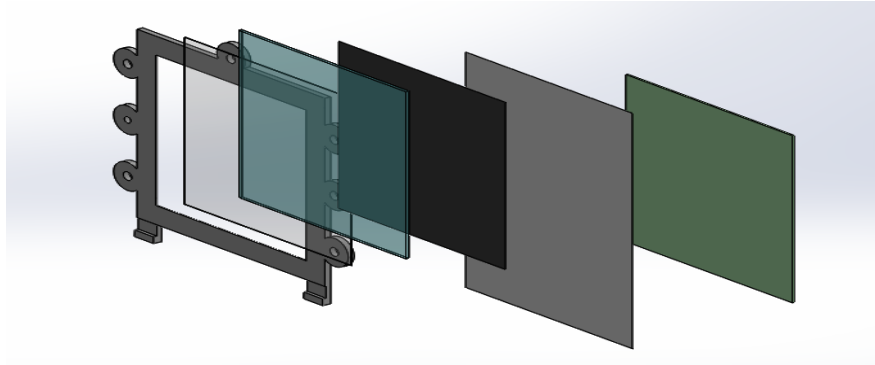
L'appareil se compose des composants suivants :

- verre
- isolant thermique Matériau
- Absorbant le soleil "graphite ou carbone"
- Matériau absorbant l'eau "papier"
- membrane de distillation
- surface de condensation
- "aluminium" couche isolante "nylon"

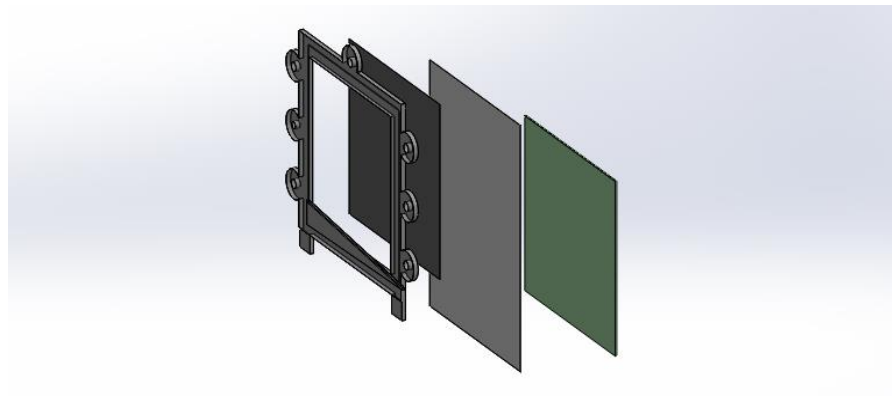
PROTOTYPE

+ Premier etape:

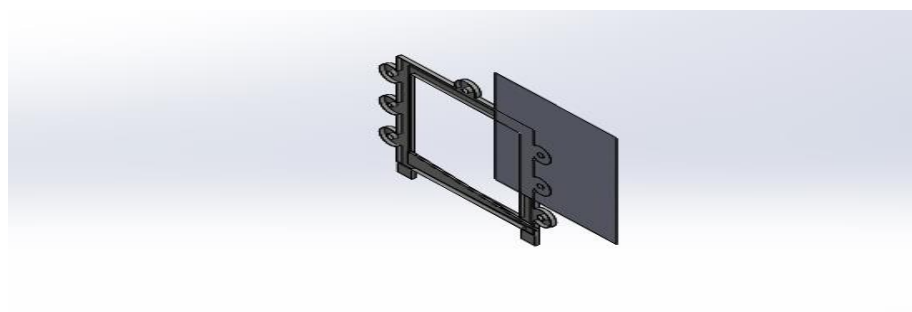
La figure represante etape1 de systeme



+ deuxième étape



La figure39 ; représente étape2 de système



Étape finale La figure 40 : représente etape1 de système

PROTOTYPE

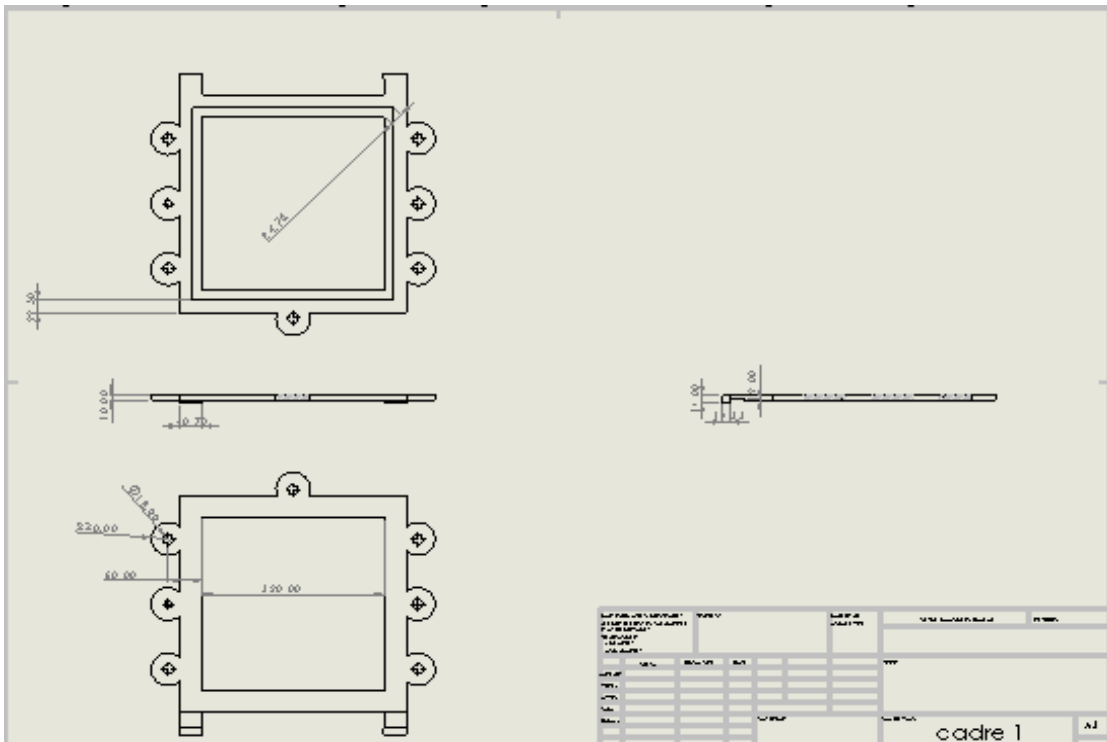


Figure 41: module detailed designand dimensions

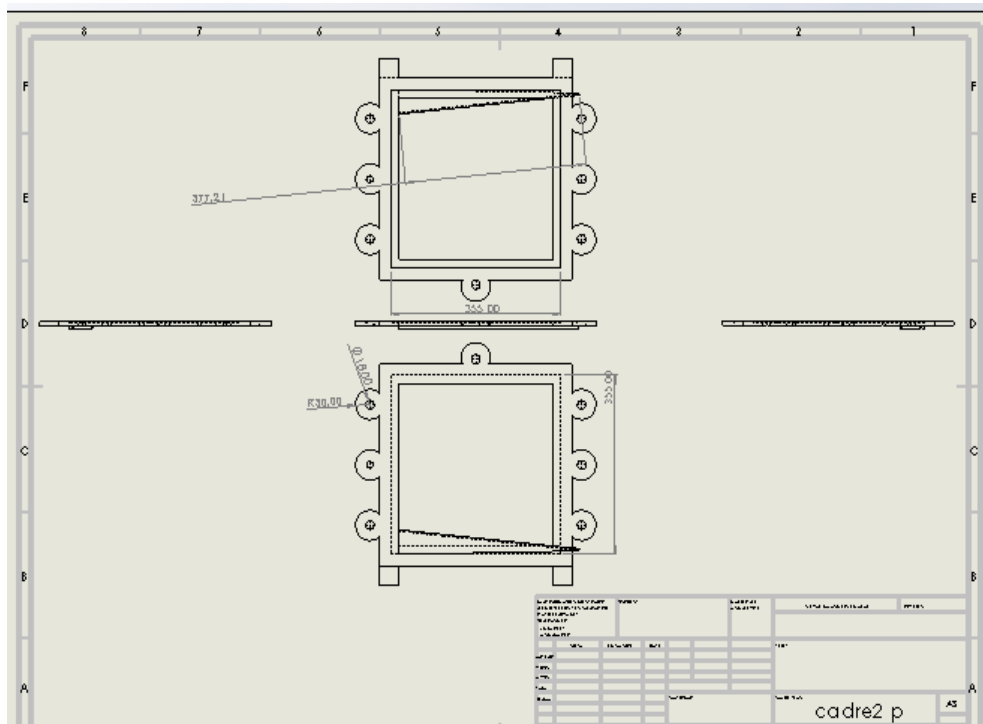


Figure 42 : Module Detailed Designand Dimensions

PROTOTYPE

Avantages de l'appareil

- haute efficacité dans le dessalement de l'eau.

Une technologie durable qui utilise l'énergie solaire.

- améliorer la qualité de l'eau en éliminant les sels et les impuretés.

Fournir de l'eau pure pour diverses utilisations.

Réduire la dépendance aux sources d'eau externes.

- améliorer la vie humaine et répondre aux besoins en eau.

Réduire les émissions nocives pour l'environnement.

- faciliter l'utilisation et l'entretien.

Fournir une solution durable et économique pour le dessalement de l'eau.

- application flexible qui peut être personnalisée pour différentes utilisations.

Promouvoir la durabilité locale et réduire la dépendance aux sources externes.

Résultats et analyses

Sur la base de l'analyse en laboratoire d'échantillons d'eau distillée et d'eau du robinet, nous sommes heureux de vous fournir un résumé des résultats et des analyses qui ont été effectués :

1-Analyse d'échantillon d'eau du robinet

Des échantillons ont été prélevés à partir de sources d'eau du robinet disponibles dans la zone cible. Des analyses complètes de ces échantillons ont été effectuées pour déterminer les paramètres clés, y compris le niveau d'acidité, la teneur en métal et la contamination biologique. Les résultats ont été comparés aux critères standards d'évaluation de la qualité de l'eau et du respect des normes sanitaires.

- pH : La valeur du pH a été mesurée et réglée sur [6.72].

Cette valeur indique [l'état d'acidité normale] dans l'eau analysée.

- Couleur : La couleur de l'eau est spécifiée et décrite comme [nulle].

Cela fait référence à [naturelle] dans l'échantillon.

- Odeur : L'odeur a été évaluée et décrite comme [nulle].

Cela reflète [naturelle] dans l'eau.

- Goût : le goût a été testé et évalué comme [salé].

PROTOTYPE

Cela fait référence à [La présence d'une quantité de sel] dans l'analyte.

- Concentration de chlore : La concentration de chlore a été mesurée et déterminée par [454.4g/L].

PARAMETRE	RESULTATS	NORMES	METHODE/REFERENCE
DURETE	280	100 -500	NA 752
pH à 20°C	6.72	6.5 à 8,5	NA 751
CHLORURE CL ⁻	454.4 g /l	<400 g /l	NA 6362
CONDUCTIVITE A 20°C	3210 μ sm/cm	<2800 μ sm/cm	NA 749
SALINITE	1.6	< 1	/
TDS	1620 ppm	<1000 ppm	/
MAGNISUM	107.65	150 mg/l	NA 1655
CALCIUM	172.34	75à 200mg/l	NA 1655
BICARBONATESHCO ₃	90.28	700 Mg /l	/
RESIDUS SEC	3.39 mg/l	1,500à2.000 Mg /l	NA 356

JO N°27-26/04/2006
JO N° 18DU 23 /03/ 2011

FACTEURS SONSORIELLES		
Paramètre	résultats	Référence
Couleur	nulle	Cac/misc 06 /2013 CCFA 2013 JO N°27-2006
Odeur	nulle	codex alimentaire

Figure 43 : Analyses physicochimiques de l'eau avant distillation

2-Analyse d'échantillon d'eau distillée

Des échantillons d'eau dessalée ont été collectés en utilisant la technique de distillation dans notre dispositif innovant. Des analyses approfondies de ces échantillons ont été réalisées pour évaluer la qualité de l'eau dissoute et le pourcentage de dessalement et de minéraux nocifs. Les résultats ont été comparés aux normes spécifiées pour assurer une évaluation efficace de la performance de la

technologie innovante

- pH : La valeur du pH a été mesurée et réglée sur [6.85]. Cette valeur indique [l'état d'acidité bien] dans l'eau analysée.

- Couleur : La couleur de l'eau est spécifiée et décrite comme [nulle]. Cela fait référence à [normale] dans l'échantillon.

- Odeur : L'odeur a été évaluée et décrite comme [nulle].

PROTOTYPE

Cela reflète [] dans l'eau.

- Goût : le goût a été testé et évalué comme [nulle].

Cela fait référence à [] dans l'analyte.

- Concentration de chlore : La concentration de chlore a été mesurée et déterminée par [227.2 g/L].

PARAMETRE	RESULTATS	NORMES	METHODE/REFERENCE
DURETE	180	100 -500	NA 752
pH à 20°C	6.85	6.5 à 8,5	NA 751
CHLORURE CL ⁻	227.2 g/l	<400 g/l	NA 6362
CONDUCTIVITE A 20°C	1610 μ sm/cm	<2800 μ sm/cm	NA 749
SALINITE	0.08	< 1	/
TDS	802 ppm	<1000 ppm	/
MAGNISUM	99.84	150 mg/l	NA 1655
CALCIUM	80.16	75 à 200mg/l	NA 1655
BICARBONATESHCO ₃	90.28	700 Mg /l	/
RESIDUS SEC	1.07 mg/l	1,500à2.000 Mg /l	NA 356

JO N°27-26/04/2006
JO N° 18DU 23 /03/ 2011

FACTEURS SONSORIELLES		
Paramètre	résultats	Référence
Couleur	nulle	Cac/misc 06 /2013 CCFA 2013 JO N°27-2006
Odeur	nulle	codex alimentaire

Figure 44 : Analyses physicochimiques de l'eau après distillation

PROTOTYPE

Prametre	Eau de rebinet	Eau après destilation	Diminution du pourcentage d'eau (%)
Durte	280	180	35.71
Ph a 20°c	6.72	6.85	-1.93
Chlorure cl	454.4 g/L	227.2 g/L	50
Conductivité a20°c	3210 sm/cm	1610 sm/cm	49.84
Salinité	1.6	0.08	95
tDs	1620 ppm	802 ppm	50.49
Magnisuim	107.65	99.84	7.25
Calsuim	172.34	80.16	4.53
bicarbonateSHCO3	90.28	90.28	0
Residus sec	3.39 mg/L	1.07 mg/L	62.43

Figure 45 : Les résultats d'analyse physicochimiques de l'eau avant et après distillation

 Pour calculer le rapport décroissant à l'aide de la formule suivante :

Rapport décroissant = (concentration de saumure - concentration d'eau distillée) / concentration de saumure

PROTOTYPE

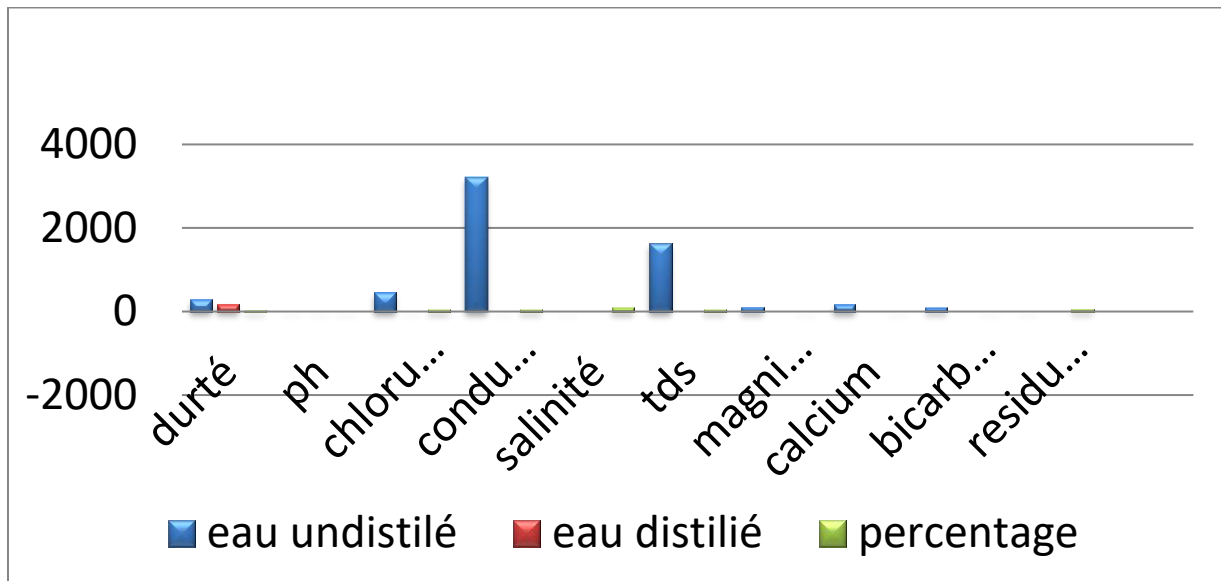


Figure 46 : Les résultats d'analyse physicochimiques de l'eau avant et après distillation

Les résultats liés à la salinité ont été étudiés dans la saumure et l'eau distillée.

Il a été démontré qu'il y a une diminution jusqu'à 95% de l'eau distillée par rapport à l'eau salée.

Cette découverte indique que le processus de dessalement utilisé a considérablement réduit la quantité de salinité, ce qui indique une meilleure qualité de l'eau et une plus grande aptitude à être utilisée dans une variété d'applications.

Ce résultat reflète l'efficacité et le succès du processus de dessalement et renforce la valeur pratique de l'utilisation de cette technologie pour améliorer la qualité de l'eau et répondre aux divers besoins en eau.

1. Perspectives d'avenir :

- Développer l'appareil en utilisant une technologie nouvelle et avancée pour tuer les bactéries et les virus après le processus de dessalement
- Optimiser ou étendre le système selon les besoins et le piloter à distance grâce à une application de simulation
- L'application de cette technologie aux eaux usées générées par le processus de teinture de l'industrie textile, ainsi que le traitement et la récupération de matériaux de valeur dans diverses industries.
- Recycler et récupérer les précieux sous-produits du flux de déchet

Conclusion Général

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'eau salée et distillée a été étudiée et analysée à l'aide d'un dessalement à très haute efficacité via un distillateur solaire à plusieurs étages thermiquement localisé avec la technologie membranaire.

Les propriétés de l'eau telles que la salinité et ses composants chimiques de base ont été analysées.

Les résultats ont montré que le processus de dessalement utilisant la technologie utilisée est capable de réduire significativement le pourcentage de salinité dans l'eau distillée par rapport à l'eau saumâtre.

L'efficacité de la technologie pour améliorer la qualité de l'eau et accroître sa facilité d'utilisation dans diverses applications a été documentée.

Cette technologie peut avoir un impact positif significatif dans le domaine du dessalement de l'eau et répondre aux besoins croissants en eau des communautés locales et des zones qui souffrent de pénurie d'eau.

Sur la base des résultats positifs de l'étude, il est clair qu'il existe une possibilité d'utiliser cette technologie comme une solution durable et efficace pour le dessalement et la fourniture d'eau propre et utilisable dans les communautés locales.

Cette étude pourrait ouvrir des portes à de futures recherches sur l'amélioration et le développement de cette technologie et sur l'exploration de nouvelles façons d'améliorer l'efficacité et la rentabilité du processus de dessalement.

En fin de compte, ce projet est innovant et unique dans le domaine du dessalement de l'eau, car il utilise un système de distillation membranaire pour obtenir des résultats efficaces pour purifier l'eau saumâtre et la rendre potable. De plus, le projet comprend une technologie à plusieurs étapes qui augmente l'efficacité du dessalement et réduit les coûts d'exploitation et de maintenance.

Ce projet est une étape importante vers la fourniture d'une source d'eau propre et sûre pour la communauté, et il peut contribuer à résoudre certains des problèmes mondiaux dans le domaine de l'obtention d'eau potable. Une attention doit être accordée à l'amélioration et au développement de cette technologie et à l'élargissement de son utilisation dans le futur, et la recherche et le développement dans le domaine du dessalement de l'eau doivent être renforcés pour répondre aux besoins croissants en eau potable en Algérie et dans le monde entier.

Bibliographique

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] **A. Maurel**, Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Technique et Documentation, 2ème édition (2006) : 286p.
- [2] **Hisham T. El-Dessouky, Hisham M. Ettouney**, Fundamentals of Salt Water Desalination. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier Science B.V., 2002.
- [3] **BALDERACCHI R**, 2009. L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- [5] Jean-Marie, 2009. Traitement des rejets de dessalements de l'eau de mer cas de « les Dunes ». Thèse de master. Université Larbi Tebssi, faculté des sciences et de la technologie, Oran.
- [6] **LUNC. Et LAGRADETTE., 2004** : l'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes.
- [7] **VILAGINES R., 2010** : Eau, Environnement et Santé publique. Introduction à l'hydrologie. 3ème Edition TEC & DOC, Lavoisier, Paris, 218 p.
- [8] **AISSAOUI A., 2013** : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage « HammamGouzi » de la région d'Oued Athmania (willaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister : Département de biologie végétale et animale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou ,133 p.
- [9] Iver Duedall, Notes de cours Océanographie, Florida Institute of Technologie.
- [10] **ABET, L.**, Contribution à l'étude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement, Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougera Boumerdes, 153pages, 2012.
- [11]. (en) **E. Halley**, « A short account of the cause of the saltiness of the ocean, and of the several lakes that emit no rivers; with a proposal, by help thereof, to discover the age of the world », Phil. Trans., vol. 29, 1715, p.296-300 Paul R. Pinet, Invitation to Oceanography, St. Paul: West Publishing Company, 1996 (ISBN 978-0763740795), p. 133.
- [12] **ARAB L. et OUDAFEL N., 2015** : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Taksebt de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master : Département de sciences agronomiques. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 120p.
- [13] **HAMANI, A.**, Etude des performances du pilote d'électrodialyse dans la déminéralisation des eaux saumâtres, Mémoire de fin d'études, Ecole nationale supérieure de l'hydraulique Abraoui Abdelah, 100 pages, 2013.
- [14] **OMS., 1986** : Directives de qualité pour l'eau de boisson. Volume 2 : 1ere Edition, Genève, 134 p.[15] **RAMBAND. et DELATTRE M., 1992** : Les eaux conditionnées. Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 278 p.
- [16] **Taleb, S.** (2014). Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
- [17] **DEGREMONT G., 1989** : Memento technique de l'eau. Tome 1. 9ème Edition, Cinquantenaire, Paris, 592 p.
- [18] **RODIER J., 2005** : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Edition, Dunod, Paris. 1381 p.

BIBLIOGRAPHIE

- [19] Labadi, A.S., Hammache, H. (2016). *Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en algérie*. Larhyss Journal, N°28, p319-342
- [20] Chocat, B., Levi, Y., Brelot, E. (2015). L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille ? Méli-Mélo. Démêlons les fils de l'eau.
- [21] Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2015). *La qualité des eaux conditionnées en France*.
- [22] Journal officielle de la république Algérienne septembre. (2005).
- [23] Commission du Codex Alimentarius. (2007). *L'Eau*. Première Edition, Rom.
- [24] Journal officiel de la république Algérienne N° 45. (2004).
- [25] Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2015). *La qualité des eaux conditionnées en France*.
- [26] Gerard, G. Philippe, H. (2014). *Eaux et santé*. Hegel .Vol 4, N°3.3p.DOI :10.4267/2042/54108
- [27] Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Marinas, B. J., & Mayes, A. M. (2008). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452(7185), 301-310. (<https://www.nature.com/articles/nature06599>)
- [28] Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717. (<https://science.sciencemag.org/content/333/6043/712>)
- [29] Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water research*, 43(9), 2317-2348.
- (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135409000447>)
- [30] Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717. <https://science.sciencemag.org/content/333/6043/712>
- [31] Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water research*, 43(9), 2317-2348.
- [32] James D. Birkett, The History of Desalination Before Large-Scale Use, in *Desalination and Water Resources - History, Development and Management of Water Resources*, Vol.I. (2012) Paris: Unesco. pp.381-434 I (Encyclopedia of life support systems)
- [33] S. Loeb (1981), The Loeb-Sourirajan Membrane: How It Came About, in Turbak A.F. *Synthetic membranes*. Washington, DC: American Chemical Society. P9. (ACS Symposium Series). doi: 10.1021/bk-1981-0153.ch001
- [34] Mémoire master de : ZAKARIA BAHRI SID AHMED NADJI DJAAFRI , étude comparative des caractéristiques de performance pour les deux systèmes de dessalement

BIBLIOGRAPHIE

MEE-FF et MEE-FF-TVCS, 2017/2018, Département de génie de procédés.

[35] RUMEAU Michel. Membranes, transferts. Encyclopædia Universalis. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/membranes-transferts/> [Consulté le 23/01/2018].

[36] Hari J. Krishna. Introduction to Desalination Technologies

[37] KETTAB Ahmed1 - BESSENASSE Mohamed2 , . Ecole Nationale Polytechnique (Alger) - Laboratoire LRS – EAU (E.N.P) : kettab@yahoo.fr 2. Université SAAD Dahleb (Blida). - Laboratoire LRS – EAU (E.N.P) Alger. Dessalement de l'eau de mer : option incontournable pour l'ALGERIE.

[38] DUNGLAS J. Le dessalement de l'eau de mer, une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau. Groupe eau. Académie d'agriculture de France. (2014).

[39]. Rubina Bahar, Mohammad Nurul Alam Hawlader, Desalination: Conversion of Seawater to Freshwater, July 2013, Kuala Lumpur.

[40] MAUREL A. 2006. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2eme édition, TEC & doc.286p.

[41] TANSAKUL C. 2009. Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Doctorat. Génie des procédés et de l'environnement Université de Toulouse

[42] BRGM. 2010. Quelles techniques pour quels traitement- analyse coûts, bénéfiques. Rapport final.BRGM/ RP-58609-FR.

[43] CASTAING J. B. 2011. Procédés de traitement de l'eau de mer en conchyliculture pour la sauvegarde et le maintien de la qualité des mollusques bivalves.Thèse de doctorat.génie des procédés. Université de Nante.

[44] mémoire , Suivi du procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau de mer dessalée par la station de –TENES-,TABET Maissa, page17, Département de Technologie chimique industrielle,2019/2020.

[45] TATA-DUDRU .F. 2009. Dessalement de l'eau de mer , bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes. Centre de Montpellier.

[46] SAMAKE O. 2013. Analyse thermodynamique d'un multiple effets à thermo-compression alimenté par les pertes énergétiques d'un moteur diesel. université de Sherbrooke.

[47] DAUSSY A., GUERIN M., YAONN A. 2012. Le dessalement de l'eau de mer à Malte.

BIBLIOGRAPHIE

Université de technologie Compiègne.

- [48] BERLAN J M & JUERY C. 2002. le procédé membranaire pour le traitement de l'eau. Office international de l'eau (SNIDE).ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la Pêche et des affaires rurales. Direction de l'espace rurale et de la forêt- France.
- [49] ARZATE A. 2008.
- [52] TAHRAOUI D.N. 2010. Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténés (Chlef) et l'impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique). WATMED5, lille-France.
- [53] Introduction to Desalination Technologies" de M. Elimelech et J. A. Zygmourakis (pages 17-31)
- [54] "Desalination: An Introduction to Current Technology and Future Trends" de K. C. M. Lai et al. (pages 11-22).
- [55] Al-Desouki, Sa Majesté le Roi et Al-Degaither, A.A. (2010). Dessalement sous vide. *Desalination*, 260(1), 28-42.
- [55] Vigneswaran, S., & Jeong, Y. (2010). Membrane-based desalination processes. *Desalination*, 260(1), 13-27.
- [56] "Innovative Desalination Technologies for the 21st Century" de K. C. M. Lai et al. (pages 33-51).
- [57] Solar Membrane Distillation: A Comprehensive Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 80, September 2017, Pages 1830-1848.
- [58] "Solar-Driven Membrane Distillation for Water Purification: A Comprehensive Review." *Desalination*, Volume 356, 1 October 2014, Pages 187-217.
- [59] rapport d'évaluation complet des technologies et plans d'action pour l'adaptation aux changements climatiques fin technologies –sénégal.
- [60] A., & Wilke, A. (2019). L'eau désalinisée : une eau miraculeuse mais pas sans risques, *La Revue de l'eau*, 1, 23-25.)
- [61] : Boulat, P., et al. (2020). L'eau de mer, une ressource encore sous-exploitée. Éclairages de l'Académie de l'eau, *La Houille Blanche*, 2, 21-28.)
- [62]D.Mentise tal., "Desalination using renewable energy source sont heardisl and sof South AegeanSea," *Energy*, vol.94, pp.262-272, 2016/01/01/ 2016.
- [63]V.BelessiotisandE.Delyannis, "Thehistoryofrenewableenergiesforwaterdesalination," *Desalination*, vol.128, no.2, pp.147-159, 2000/04/15/2000 .
- [64] BOUBOU-BOUZIANI Naima, « *Problématique de gestion de l'eau etdéfit énergétique* », In *Revue LJEE*, N°24&25, Blida, Juin-Décembre 2014,P50.
- [65] « Bilatéral », *La revue de la chambre Algéro-Allemande de commerceetd'industrie*, 25^{eme}édition, Algérie, Octobre2012,P30.
- [66] TheIntr national Renewable Energy Agency (IRENA), 2014.

BIBLIOGRAPHIE

- [67] BOUBOU Naima, « Eau, environnement et énergies renouvelables: vers une gestion intégrée de l'eau en Algérie », Thèse de doctorat en sciences de gestion, Université Abou bakr Belkaid de Tlemcen, 2015.
- [68] « *Guided des dispositifs d'appui à l'entrepreneuriat vert* », Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Juillet 2012, P13.
- [69] « Programmes des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique », Ministère de l'Énergie et des Mines, Mars 2011, P28-29.
- [70] Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER), Alger, 2015.
- [71] Y. Himri, A. Boudghene, B. Draoui, S. Himri, "Review of wind energy use in Algeria", *Renewable Sustainable Energy Review*. 13 (2009) 910–914.
- [72] « Entreprises et Industrie », Magazine de la Commission européenne, ISSN 1831-1245, Septembre 2014, P10.
- [73] Société de l'Eau et de l'assainissement d'Oran (SEOR), 2015.
- [74] Ministère des Ressources en Eau (MRE), Alger, 2015.
- [75] « 2001-2011 Rétrospective d'une décennie de progrès », Office National de l'Assainissement, Alger, 2014, P36.
- [76] Office Nationale de l'Assainissement (ONA), Alger, 2015.
- [77] « Le triptyque des industries vertes », *Revue Produire Propre* du Centre national des Technologies de Production Propre, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, N°12, Juin 2014, P 10.
- [78] ROYER Jean-Loup & BEN LANNET ALLAL Houda, « Les besoins en énergie pour l'eau en Méditerranée », In *Atelier Plan Bleu / MEDITEP*
- [79] MAUREL Alain, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », Édition Lavoisier, France, 2006, p 221.
- [80] TRIKI Zakaria, « *Études, Analyses et Optimisation de la Consommation Énergétique des Unités de Dessalement pour les Sites Isolés* », THÈSE pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Spécialité : Génie Climatique, Université Constantine 1-Faculté des Sciences de la Technologie- Département de Génie Climatique, 6/10/2014, P 15
- [81] M. Z. Jacobson. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy and Environment Science*. 2 (2009) 148–173.
- [82] Y. Himri, A. Boudghene, B. Draoui, S. Himri, "Review of wind energy use in Algeria", *Renewable Sustainable Energy Review*. 13 (2009) 910–914.
- [83] T. Zakaria. *Études, Analyses et Optimisation de la Consommation Énergétique des Unités de Dessalement pour les Sites Isolés*. Thèse de doctorat université Costantine1, 2014.
- [84] A. Ghermandi, R. M. Messalem. Solar-driven desalination with reverse osmosis: The state of the art. *Desalination and Water Treatment*. 7 (2009) 285–296.
- [85] Reddy et Ghaffour, 2007.
- [86] M. Dali, J. Belhadj, X. Roboam, "Conception et commande de systèmes hybrides photovoltaïque-éolien", RIGE, 2006, pp.719752.