

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب - عين تموشنت
Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib- Ain-Temouchent



Institut de Technologie
Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

Contribution à l'étude de la montée du niveau de la mer :
Cas de la plage Chatt Elhilal

Soutenu : Le 02 Juin 2018

Par: M^{elle} RAHAL Hadjer Nesrine

Devant le jury composé de

Dr. GUEMOU B	MCB	CU Ain Temouchent	Président
M^r BENMIA K	Ingénieur	DRE Ain Temouchent	Examineur
M^r NEHARI A	MAA	CU Ain Temouchent	Examineur
Dr. BOUGHALEM M	MCA	CU Ain Temouchent	Encadreur

Année Universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Nous remercions tout d'abord, le bon Dieu de nous avoir donné la puissance, le courage ainsi que la volonté pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreuse Madame BOUGHALEM M pour son aide, sa patience et ses précieux conseils.

J'exprime ma gratitude à : Mr GUEMOU B, de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury. Mr NEHARI A et Mr BENMIA K , d'avoir accepté d'examiner ce travail

Je tiens à remercier :

Monsieur le directeur de la station de dessalement de l'eau de mer d'Ain témouchent ainsi qu'à tous les techniciens et les ingénieurs de la station.

*Monsieur le directeur des travaux publique Béni saf
« service maritime »*

*Monsieur le directeur de la société des travaux maritimes
de l'ouest STMO*

***RACHA** Hadjer Nesrine*

Merci



Dédicace

Je dédie ce modeste travail: à mes parentes, école de mon enfance, mes professeurs de toujours qui ont veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger, qui sont sacrifiées pour mon bonheur et ma réussite ... Que dieu les garde les protège. Et bien sûr A mes sœurs, et mes frères sans oublier mes tantes et mes oncles et à mes cousins et mes cousines qui ont été là quoi qu'il arrive.

*A toute la famille « **DIB** », « **RAHAL** ».*

A mes grande parentes qui m'ont toujours soutenu et encouragés à voire loin et ne jamais perdre espoir...

A tous ceux qui ont contribué à l'avancement et la réalisation de ce mémoire





Liste des acronymes



Liste des acronymes

Acronymes	Significations
ADE	Algérienne des eaux
A.EC	Algérienne énergie campany
BWC	Béni SAF water company spa
DCS	Système de contrôle digital
DTP	Déraction des travaux publique
ED	L'électrodialyse dite conventionnelle
EDMB	L'électrodialyse à membrane bipolaire
EM	L'électrolyse à membranes
ENE	De l'est à nord est
FeCl ₃	Chlorure ferrique
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
H ₂ O	Molécule d'eau
HP	Pompe haute pression
MED	Distillation a multiples effets
MSF	Distillation par détente successive
N	Nord
NNE	Du nord à nord est
NNW	Du nord à nord ouest
NTU	Unités nephelométriques de turbidité

OI	Osmose inverse
PB	Pompe de basse pression (booster)
Ph	potentiel d'hydrogène
PX-220	Model de système de récupération d'énergie
SDEM	Station de dessalement
SDI	Indice d'encrassement ou de colmatage des membranes
SEP	Système de récupération d'énergie
Sncc	Système numérique de contrôle et de commande
STMO	Société des travaux maritimes de l'ouest
VC	Distillation avec compresseur de vapeur
W	Ouest
WNW	De l'ouest à nord ouest



Liste des figures



Liste des figures

Fg 01 : Schéma des composants de cycle hydrologique actuel.....	10
Fg 02 : Le totale des ressources en eau dans le monde.....	11
Fg03 : La croissance de la population mondiale.....	12
Fg 04 : Les réserves mondiale en eau (%).....	12
Fg 05 Les ressources en eau renouvelable dans le monde.....	13
Fg 06 : Le pourcentage de la variation d'anthropique.....	15
Fg 07: Evaluation de niveau de mer de puis 1993 d'après les observations des satellites.....	16
Fg 08 : Carte de la distribution géographique vitesses de variations de niveau de mer.....	17
Fg 09: Les composants du gaz à l'effet de serre.....	17
Fg 10 : Variations de température sur terres et océans 2016.....	18
Fg 11 : L'évaluation de la fonte des.....	19
Fg 12 : Les 20 pays les plus exposés à la hausse de niveau de mer.....	19
Fg13 : Saison sèche caractérisant par sa longueur, avec une pluviométrie annuelle faible.....	21
Fg14 : les pays les plus productives.....	22
Fg 15 : Le programme de dessalement.....	23
Fg 16 : les stations de dessalement dans le monde.....	24
Fg 17 : Les capacités de dessalement dans la région méditerranéenne.....	25
Fg 18 : Distillation à simple effet.....	28
Fg 19 : Distillation à multiples effets (MED).....	29
Fg 20 : Distillation par détente successive (MSF).....	30
Fg 21 : Electrodialyse.....	31
Fg 22 : Principe de fonctionnement de l'Osmose Inverse.....	32
Fg 23 : Congélation.....	33
Fg 24 25 26 : Comparaison du coût de l'eau produite et l'utilité dans le mode selon la technique.....	34

Fg 27 : Site géographique de la SDEM de Beni Saf	37
Fg 28 : Les différents auxiliaires de la station BWC	39
Fg 29 : Exposition de la station de BWC	39
Fg 30 : La station de dessalement.....	40
Fg 31 : Territoires desservis.....	41
Fg 32 : Aménagement de l'oued.....	42
Fg 33 : Solidarité.....	43
Fg 34 : Les équipements.....	43
Fg 35 : Equipe de football.....	44
Fg 36 : Sortie pédagogique.....	44
Fg 37 : Le processus de la station.....	47
Fg 38 : La tour de captage.....	48
Fg 39 : Dégrillage.....	48
Fg 40 : Tamisage.....	49
Fg 41 : Les pompes	50
Fg 42 : Bassin de stockage.....	50
Fg 43 : Station des produits chimiques.....	50
Fg 44 : Les pompes d'injection	50
Fg 45 : Les collecteurs des filtres.....	52
Fg 46 : L'antracite (charbon actif).....	53
Fg 47 : Zone des filtres a sable et anthracite.....	54
Fg 48 : Les deux tuyaux de filtrage à sable et à l'antracite.....	54
Fg 49: Les cartouches d'utiliser.....	56
Fg 50: Les filtres à cartouche.....	56
Fg 51 : Unité d'osmose inverse.....	58
Fg 52 : la pompe à haute pression (HP).....	59
Fg 53 : Pompe à basse pression (Booster)	59
Fg 54 : Système de récupération d'énergie.....	60
Fg 55 : Le collecteur de l'eau produit	61
Fg 56 : Les chambres de l'eau produite.....	61
Fg 57 : La calcite.....	62
Fg 58 : Bâtiment d'eau produite.....	63
Fg 59 : Bassin de saumure.....	63

Fg 60 : La citerne d’amortisseur les chocs.....	64
Fg 61 : Les pompes.....	64
Fg 62 : Les compresseurs.....	64
Fg 63 : Les marques de ce système.....	65
Fg 64 : le laboratoire de la SDEM de Béni Saf	66
Fg 65 : la salle de contrôle de la SDEM de Béni Saf.....	68
Fg 66 : La salle d’électricité de la SDEM de Béni Saf.....	69
Fg 67 : Station électrique.....	69
Fg 68 : Evaluation de niveaux élévations a travers les signe.....	70
Fg 69 : Avant, Pendant	71
Fg 70 : Plage Shtti Elhilale 1980.....	72
Fg 71 : Plage Shtti Elhilale 2008.....	72
Fg 72 : Plage Shtti Elhilale 2013.....	73
Fg 73 : Plage Shtti Elhilale 2018.....	73
Fg 74 : Erosion de la plage Shtti Elhilale.....	78
Fg 75 : Plan des émissaires.....	79
Fg 76 : Turbidimètre.....	81
Fg 77 : Membrane.....	83
Fg 78 : filtre sous vide.....	83



Liste des tableaux



Liste des tableaux

	Pages
Tableau 0 1: La salinité de différentes mers.....	14
Tableau 02 : des résultats des analyses.....	67
Tableau 03 : Moyennes mensuelles des vents, maximales et Moyennes.....	74
Tableau 04 : Fréquences par direction.....	74
Tableau 05 : Fréquence relativement élevée des vents.....	75
Tableau 06 : Moyennes mensuelles des températures, maximales, et minimales.	76
Tableau 07 : Hauteur des houles (m) au large associées aux périodes de retour..	77
Tableau 08 : les seuils des analyses.....	80



Table des matières



TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
LISTE DES ACRONYMES	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
RESUME	2
الملخص.....	3
ABSTRACT.....	4
INTRODUCTION GENERALE	6

Chapitre I : Aspects théoriques

Introduction	9
1. Définition de l'eau.....	9
2. Importance de l'eau dans l'organisme humain.....	9
3. Retorse hydrique.....	10
4. Réparation de l'eau dans le monde.....	12
5. Caractéristiques des eaux marines et saumâtres	13
5.1. Eaux saumâtres.....	13
5.2. Eaux de mer.....	14
5.2.1. La salinité.....	14
5.2.2. Le potentiel hydrogène (pH).....	14
5.2.3. La température.....	15
5.2.4. La Densité.....	15
5.2.5. Les impuretés d'eau de mer	15
6. Civilisation repose sur la stabilisation de niveau de mer	15
7. La remontée du niveau.....	16
7.1. La mer ne monte pas aussi vite partout.....	16

8. Réchauffement climatique.....	17
8. 1. La dilatation thermique de l'eau de mer.....	18
8. 2. Fonte des glaciers.....	18
9. Les villes côtières menacées par la montée des eaux	19
10. Dessalement.....	20
10. 1. Historique.....	20
10.2. Définition.....	20
10.3. Nécessité du dessalement de l'eau de mer.....	20
10.4. Tendances de dessalement.....	22
10. 4. 1. Le dessalement en Algérie.....	22
10.5. La répartition des stations de dessalement.....	23
10. 5. 1. Dans le monde.....	23
10. 5. 2. Dans la région méditerranéenne.....	24
10. 6. Le processus de dessalement de l'eau de mer.....	25
10.6.1. La prise de l'eau de mer.....	25
10.6.2. Le prétraitement	26
a- Coagulation-floculation.....	26
b-Filtration.....	26
c- Le traitement chimique.....	27
d- Filtration de sécurité	27
10.6.3. Les différents procédés de dessalement.....	27
10.6.3.1 Procédé de distillation.....	27
a. Distillation à simple effet.....	27
b. Distillation à multiples effets (MED).....	28
c. Procédés de distillation par détente successive (MSF).....	29
d. Distillation avec compresseur de vapeur (VC).....	30
10.6.3.2. Procédés membranaires.....	30
a- Electrodialyse.....	30
b- Osmose inverse.....	31

10.6.3.3. Autres procédés.....	32
a- Echange ionique.....	32
b- Congélation.....	32
10 .6.4. Post traitement.....	33
a- L'ajustement de pH.....	33
b. La chloration.....	33
11. Comparaison du coût de l'eau produite et l'utilité dans le mode selon la technique	34
Conclusion.....	35

Chapitre II : Etude du milieu

1. Introduction	37
2. Situation géographique.....	37
3. Cadre climatique.....	38
4. Le contrat d'achat de l'eau.....	38
5. Présentations de la station de dessalement.....	38
6. La SDEM de Béni saf : une démarche inscrite dans la citoyenneté.....	42
a) Aménagement des oueds	42
b) Solidarités.....	43
c) Education sportive.....	44
d) Mains vertes.....	44
Conclusion	45

Chapitre III : Partie pratique

1. Processus de dessalement appliqué dans la station.....	47
A. Captage.....	48
B. Pompage.....	49
C. Les prétraitements physiques- chimiques	50

1. Coagulation.....	50
2. Acidification.....	51
Les prétraitements physiques.....	52
1) Filtre à sable.....	52
2) Filtre anthracite.....	53
3) Filtre à cartouche.....	55
D. Osmose inverse.....	57
D.1 Pompe à haute pression (HP).....	58
D.2 Pompe à basse pression (Booster).....	59
D.3 Système récupération d'énergie (ERI).....	60
E. Post-traitement.....	61
E .1. La neutralisation (Ajustement du pH).....	61
E.2. Poste chloration.....	62
F. Les rejets de la station.....	63
G. Équipement de nettoyage chimique.....	63
H. Le laboratoire.....	65
I. Salle de contrôle.....	68
J. Autres composants de la station.....	69
2. Evaluation du niveau de la mer (enquête).....	70
i. Inspectassions Civiles.....	71
ii. Inspectassions climatique.....	74
a) le vent.....	74
b) La température.....	76
iii. Inspectassions des gestionnaires et administrateurs	77
3. Les conditions de captage	79
3.1. Les analyses physico-chimiques.....	80
1) La turbidité.....	81
2) La mesure de l'SDI.....	82
3) Solide en suspension.....	83

CONCLUSION GENERALE.....	89
Références Bibliographies.....	91



Résumé



Résumé

L'objectif de la présente étude c'est d'évaluer l'élévation du niveau de la mer dans la région littorale d'Ain Téouchent << plage Chatt EL-Hillal >> à travers les impacts et les causes influés d'une part et d'autre part nous avons démontré les conditions de captage dans la station de dessalement de Béni Saf d'après les analyses spécifiques entamés.

A la lumière des résultats des deux parties, une liaison est envisagé en surface, les conditions climatiques influés sur le niveau de mer, eux les mêmes qu'ils font arrêter la station de dessalement de Béni Saf si non le coût va être exponentiel.

Mots clés : Le niveau de l'élévation, La station de dessalement de Béni Saf, Les analyses spécifiques, Les conditions climatiques

الملخص

الهدف من الدراسة الحالية هو تحديد مستوى ارتفاع منسوب مياه البحر المنطقة الساحلية لعين تموشنت "شاطئ الهلال " من خلال التأثيرات الظاهرية والأسباب المؤثرة من ناحية ومن ناحية أخرى تطرقنا لشروط النقاط المياه البحر بمحطة لتحلية مياه البحر ببني صاف من خلال التحاليل النوعية التي أجريت.

على ضوء النتائج المتحصل عليها في هذان جزأين، تظهر في الواجهة رابط، هي أن أوضاع المناخية مؤثرة على تغيرات في مستوى البحر، هي التي وفي الآن نفسه المتسببة في توقف محطة تحلية المياه ببني صاف وإلا التكلفة ستتضاعف.

الكلمات مفتاحية: محطة لتحلية مياه البحر ببني صاف، ارتفاع منسوب مياه البحر، التحاليل النوعية أوضاع المناخية

Abstract

The objective of This present study is to evaluate the level of elevation region coast Ain Témouchent « Beach EL-HILLAL » from the impacts appeared and the causes affected in the one side and in another side we have to determined the conditions of capture at the desalination station of Beni Saf for the analyses specifics did.

In light of the results of the two parte the liaison argue to the surface ,the conditions climatique affect to the level of sea them the same that they will stopped the desalination station of Beni Saf, if not the affectation go to be geminate.

Keywords: The desalination station of Beni Saf , The conditions climatique ,The level of sea,The analyses specifics



Introduction générale



Introduction Générale

« *L'humanité ne se définit pas par ce qu'elle crée, mais par ce qu'elle choisit de ne pas détruire.* » *Edward Osborne Wilson (Entomologiste et biologiste américain)*

Le changement climatique est en passe de faire disparaître. Il est désormais internationalement connu tant sa situation (environnementale, humaine et politique) est emblématique. En effet, cette situation est symptomatique des problématiques environnementales actuelles – notamment celles concernant la montée des eaux, la recrudescence de cyclones... – mais également des problématiques humaines et politiques – pression humaine sur un territoire archipélagique fragile, problématiques de migrations climatiques... -.

La problématique s'appuie sur cette situation particulière dans la mesure où, face au réchauffement climatique et à la montée des océans qui lui est intimement liée, il devient « urgent » de s'interroger, à court terme, menacé d'ennuiement. De plus, dans l'hypothèse d'une montée suffisamment importante des océans, c'est-à-dire aux pays connaissant le plus de difficultés, qu'elles soient économiques, sanitaires, alimentaires, etc.

Le développement côtier constant et rapide rend la société de plus en plus vulnérable face à l'élévation et à la variabilité du niveau de la mer. D'autres aspects du changement climatique et les affaissement de terrain aggravent beaucoup ce phénomène, encore que leurs contributions relatives varient selon le lieu (NICHOLLS et CAZENAVE, 2010)

Ainsi, entre augmentation du niveau de l'océan et problématique des réfugiés du climat, le monde se situe au carrefour des problématiques géographiques actuelles. Quels impacts aura l'augmentation du niveau de l'océan ? L'augmentation du niveau de l'océan est-il un fait réel ? Quelles conséquences en découlent ? Comment l'Homme s'est-il positionné par rapport à l'ensemble de ces problématiques ? Quelles conséquences pour ce dernier ? Voici autant de questions auxquelles le présent mémoire ambitionne de répondre.

L'Algérie dispose de ressources naturelles limitées, irrégulières et très inégalement réparties. A l'exception des eaux fossiles du Sahara, les ressources hydriques naturelles sont principalement situées dans le Nord du pays. 90 % de la totalité des écoulements superficiels se trouvent sur la région littorale, les 10 % restant se partageant entre les Hauts Plateaux et les bassins sahariens. La demande globale en eau a considérablement et rapidement augmenté. Multipliée par 4 au cours des quarante dernières années

Face à ces défis vitaux, l'Algérie est lancée depuis peu, mais de façon intense, dans le dessalement de l'eau de mer. Cette solution s'est imposée afin de faire face à ces besoins grandissants, mais aussi pour atténuer la pression sur les ressources locales. Par conséquent, l'Algérie s'est fixée un objectif de réaliser 16 stations de dessalement de l'eau de mer, d'une capacité de 2.260.000 m³/jour.

Utilisant les méthodes d'analyse au niveau du laboratoire spécialisé, de la station de dessalement de Béni Saf, les eaux de mer exigent des analyses pour déterminer et envisager le captage.

Notre travail se situe au cœur de la problématique de la détermination de l'élévation du niveau de la mer à travers ses causes, ses effets environnementaux, ainsi que sa relation avec le dessalement

Pour répondre à ces attentes, ce document est réparti de la façon suivante :

- Un premier chapitre, nous avons présentée des généralités sur l'eau, le dessalement et nous avons décrit le niveau d'élévation à l'échelle mondiale .
- Un deuxième chapitre sera entièrement livré à la présentation de la station de dessalement d'eau de mer de Béni Saf et la zone d'étude .
- Un troisième chapitre sera consacré à présenter les différents procédés du dessalement dont une partie sera consacrée à faire une évaluation du niveau de la mer à travers enquête sur le terrain et nous avons identifié les conditions de captage des eaux de mer de la station de dessalement d'eau de mer de Béni Saf.



Chapitre I

◆ *Aspects théoriques*





Introduction

Les mers et les océans sont des amplexes d'eau salée, à la différence des étendues et des cours d'eau douce tels que les lacs, les fleuves et les rivières. Les mers et les océans représentent 71 % de la surface de la Terre et jouent un rôle essentiel dans l'équilibre climatique de l'environnement et par conséquent le réchauffement climatique a une influence morphologique sur les mers et les océans.

Il existe un grand nombre de procédés de traitement et de dessalement dont l'application dépend de la taille de l'installation et de la salinité de l'eau à traiter.

Le choix d'utilisation de chacun d'eux est relatif à la disponibilité de la source d'énergie qui fait fonctionner l'appareillage de dessalement.

1. Définition de l'eau

L'eau c'est la vie (THIELBORGER, 2014). L'or bleu présente dans toutes les traditions et religions du monde, l'eau est un élément primordial du patrimoine culturel de l'humanité à travers les mythes et les symboles. Ceux liés à l'eau entourent la création des formes terrestres, la naissance, la vie, le renouveau et la mort.

Les sciences, l'art et les civilisations même ne sont pas pensables sans la présence de l'eau (OLIVAUX, 2007). L'eau a accompagné la vie des êtres humains. Elle est au cœur de nos pratiques sociales, économiques et sanitaires ; l'eau s'inscrit au cœur même du vivant et conditionne la civilisation humaine (OLIVAUX, 2007).

« H₂O » est la formule chimique de cette molécule, elle est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène

2. Importance de l'eau dans l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau présente dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

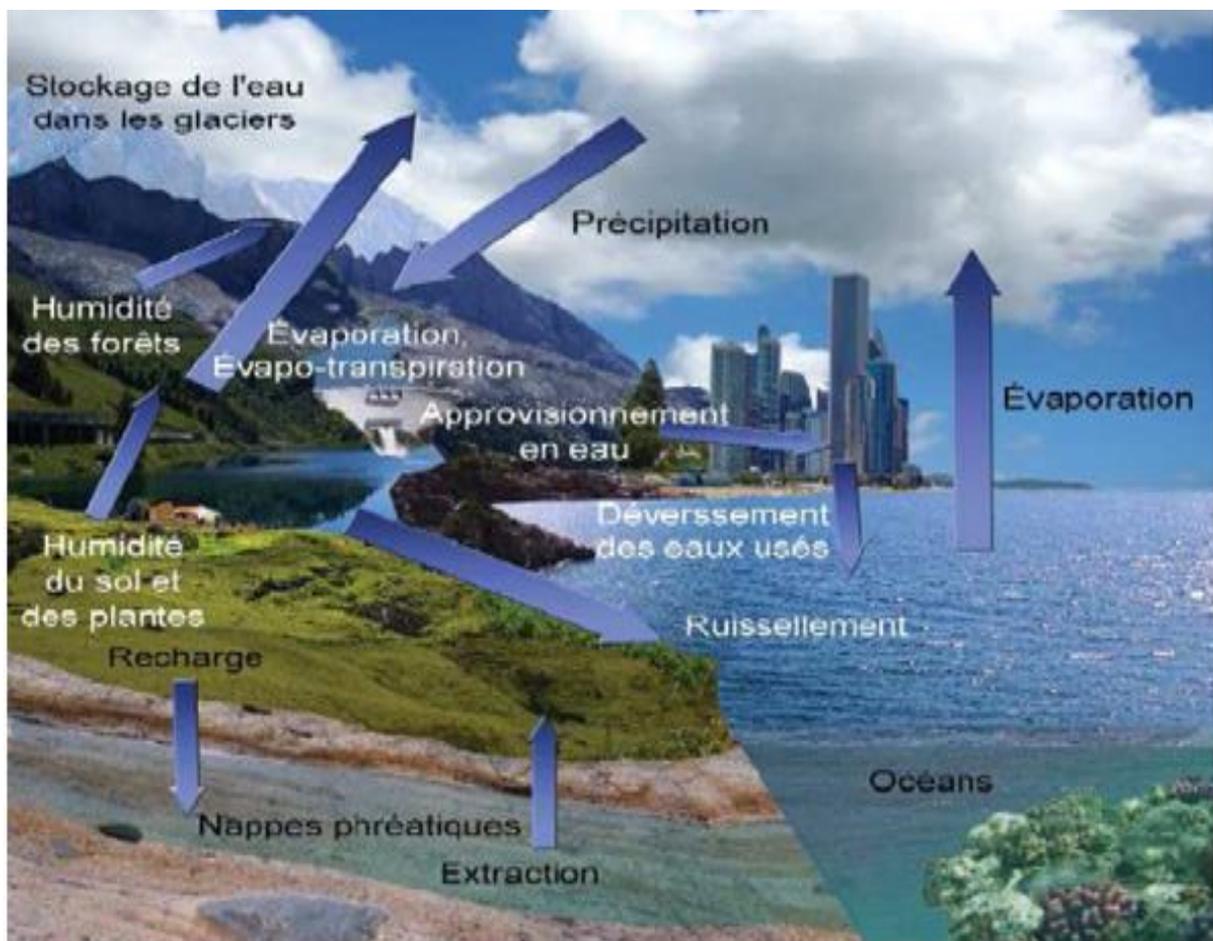
L'organisme élimine en permanence de l'eau. Enfin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ;

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 (BALDERACCHI, 2009).

3. Ressources hydriques

Les ressources en eaux renouvelables offertes par la nature peuvent être estimées à partir des flux du cycle de l'eau et plus particulièrement des flux de circulation des eaux continentales aux environs de 40000 km³ /an.



F g 1 : Schéma des composants de cycle hydrologique actuel (SPELLMAN et FRANK R, 2008)

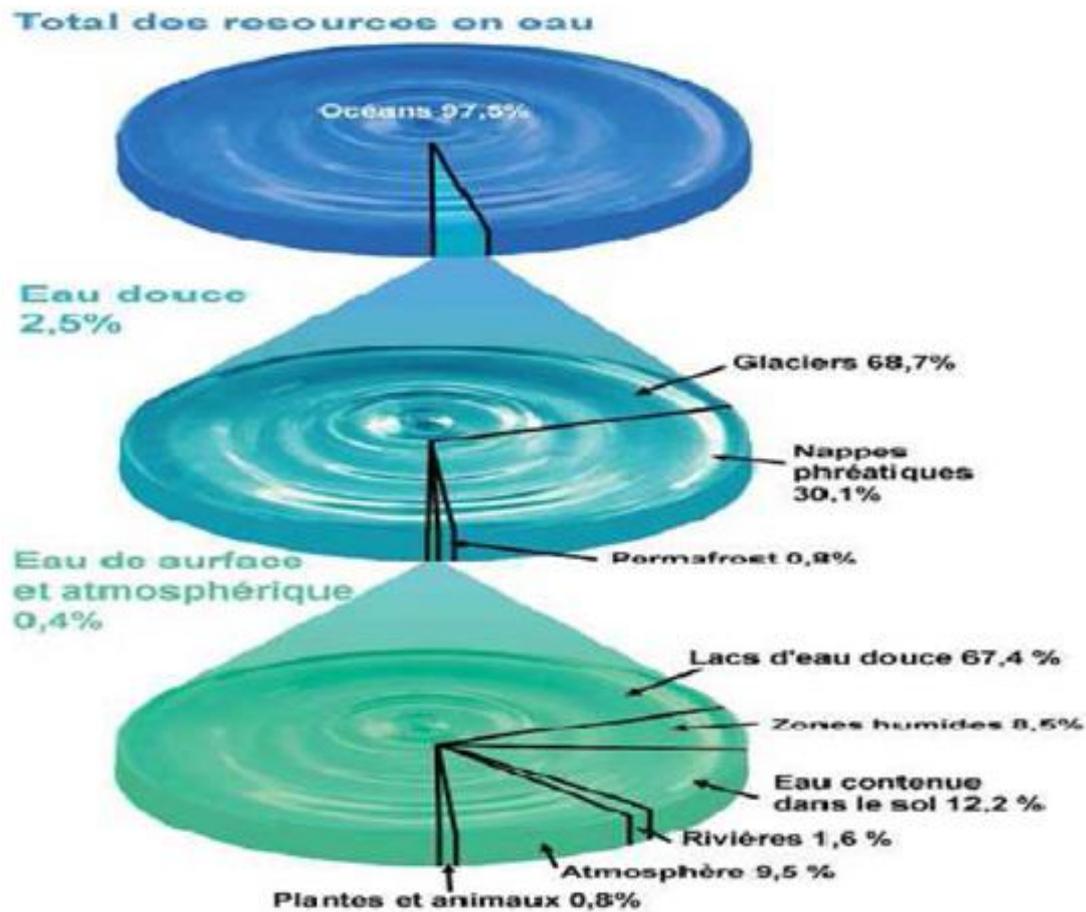


Fig 2 : Le totale des ressources en eau dans le monde (MAUREL A, 2006).

Compte tenu de la population actuelle de la planète qui est d'environ 6 milliards habitants, la quantité moyenne d'eau renouvelable disponible est de l'ordre de 7000 m³/habitant soit 20 m³/jour/habitant, ce qui est très largement supérieur aux besoins. En fait, les problèmes actuels et futurs sont multiples:

- La population ne cesse d'augmenter alors que les ressources restent constantes. Dans certains cas, même ces ressources diminuent par suite des problèmes de pollution



Fig 3 : La croissance de la population mondiale.

(<http://ddc.arte.tv/cartes>)

4. Réparation de l'eau dans le monde

Comme tout le monde le sait, la planète terre est également appelée planète bleue ; ceci provient du fait que sa surface est recouverte à 72% d'eau. , dans le monde nous pouvons en compter 1400millions de Km³. C'est une quantité phénoménale. N'est pas 100% propre à laconsommation.la plus grande partie, 97,5%selon les sources, est de l'eau de mer et le reste, 2,5% à 2,8%, est de l'eau douce.

Réserve	En %	Volume x 1000km ³
Océans	96.5	1'338'000
Eau souterraine salée	0.94	12'870
Eau souterraine douce	0.76	10'530
Humidité du sol	0.001	16.5
Glace et neige	1.766	24'364.1
Lacs d'eau salée	0.006	85.400
Lacs d'eau douce	0.007	91
Marais	0.0008	11.5
Cours d'eau	0.0002	2.1
Organismes vivants	0.0001	1.1
Athmosphère	0.001	12.9
Total	100	1'385'984.6

Fig 4 : Les réserves mondiale en eau (%) (DIOP S, REKACEWICZ P, 2003)

Les ressources en eau sont très inégalement réparties sur la planète. Il y a les déserts et zones subarides (30 % des terres émergées) qui n'ont que peu ou pas d'eau. Il y a aussi certaines zones équatoriales ou tropicales sur la lesquelles tombent chaque année plusieurs mètres de pluie (MAUREL, 2006).

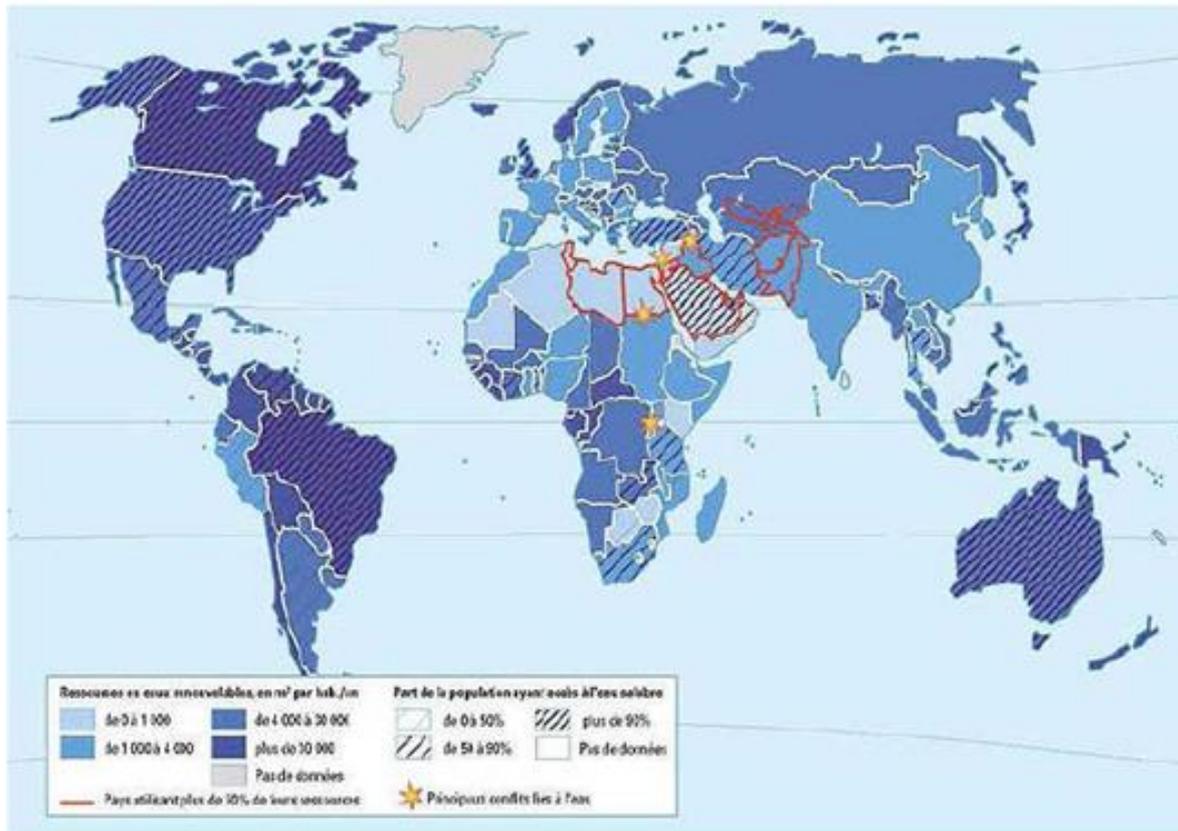


Fig 5 : Les ressources en eau renouvelable dans le monde (GIEC, 2008).

5. Caractéristiques des eaux marines et saumâtre

5.1. Eaux saumâtre

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.

5.2. Eaux de mer

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre. 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 40 grammes de sels dissous pour un kilogramme d'eau de mer. L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins d'un gramme de sels dissous par kilogramme. La masse volumique de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025 g/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. Les océans et mers occupent un volume estimé à 1 340 millions de km³ à la surface de la Terre. Ce volume n'inclut pas les eaux souterraines (aquifères).

5.2.1. La salinité

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité (teneur globale de chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne de l'eau de mer est de l'ordre de 35 g/l, cependant cette valeur varie fortement selon les régions et la saison.

Tableau 2: La salinité de différentes mers (Maurel A, 1990)

l'eau de mer de	La salinité de l'eau de mer
Méditerranée	36 à 39 g/l
Rouge	Aux environ 40 g/l
Caspienne	13 g/l
Morte	270 g/l
Golf arabo-persique	36 à 39 g/l
Golfe Persique	40 à 70 g/l

5.2.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH, autrement dit le potentiel hydrogène est un élément important en chimie des eaux. Son test est souvent recommandé. Il y a toujours dans un bac qui fonctionne bien, une variation du pH dans la journée. (Par exemple 7.8 le matin et 8.4 le soir) Ceci s'explique par le fait que les algues (supérieures et inférieures) produisent du gaz carbonique, ce qui engendre une augmentation de l'acidité, donc une diminution du pH. La baisse du pH intervient la nuit, lorsque les algues n'ont plus d'activité photosynthétique.

5.2.3. La température

La température de l'eau de mer peut varier de quelques degrés sur les côtes sous influences des courants polaires. Une température élevée avantage la distillation, tout en observant que cet avantage est minime du fait de la capacité thermique massique de l'eau très faible comparée à son enthalpie (sa chaleur latente) de vaporisation.

5.2.4. La Densité

La densité de l'eau de mer n'est pas un paramètre analysé. Elle est calculée à partir de la température T de la salinité S et de la pression atmosphérique P. Son unité est le kg/m³.

5.2.5. Les impuretés d'eau de mer

Les impuretés d'eau de mer sont :

- _ Matières solides en suspension.
- _ Matières en émulsion.
- _ Matières colloïdales.
- _ Matières organiques dissout

6. Civilisation repose sur la stabilisation de niveau de mer

La production des émissions des gaz à effet de serre est évoluée à la période 1970, 2010 à cause de la croissance économique et au développement démographique, le rapport daté en 2007 estimait que le lien entre l'anthropique et le changement climatique est extrêmement probable.



Fg 6 : Le pourcentage de la variation d'anthropique (GIEC, 2008).

Ce scénario mène à 2 voies : une eau de mer plus chaude, plus elle occupe un volume important et une mer à un niveau variant à cause de fonte des glaces du pôle.

7. La remontée du niveau de mer

Les marégraphes et les données satellites montrent que la hausse du niveau de mer est sans équivoque.

Sur la période 1980-2009 le niveau de la mer a augmenté de 19cm, de 1.7mm/an mais ce phénomène est de 5 à 6mm/an en ses dernières années et il pourrait s'accélérer à cause du réchauffement climatique (1/3 de la dilatation des océans et pour 2/3 à la fonte des glaciers). (ANNY C, 2008)

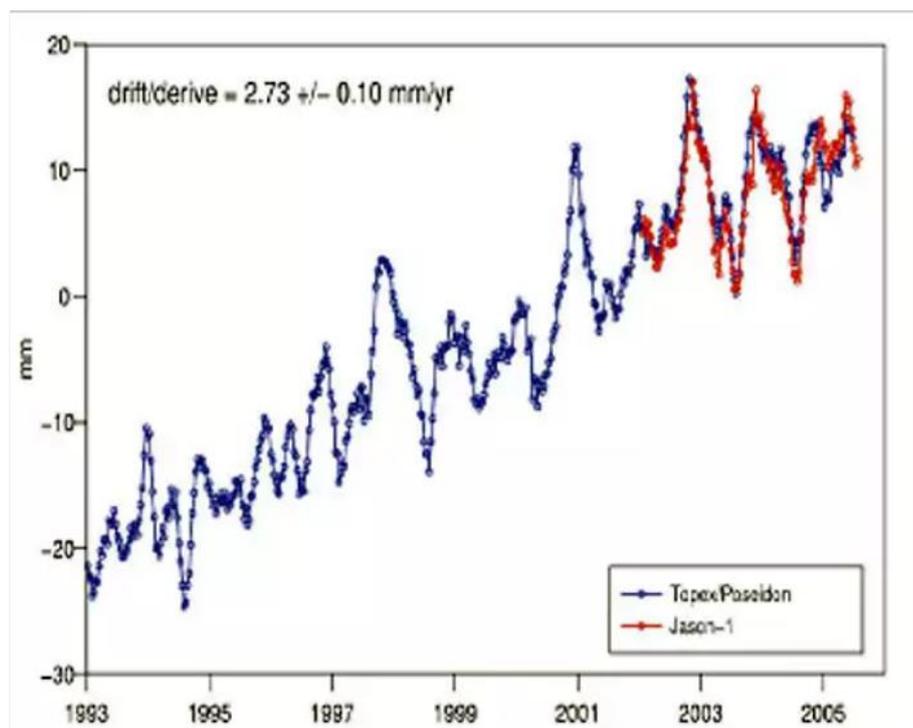


Fig 7 : Evaluation de niveau de mer depuis 1993
d'après les observations des satellites (GIEC, 2008).

7. 1 La mer ne monte pas aussi vite partout

La mer ne grimpe pas aussi vite partout clairement visible et mesurée par altimétrie sur cette carte. Les chercheurs ont été surpris par l'hétérogénéité de cette ascension : alors que la moyenne de la montée des eaux est de 3 mm/an certaines parties de l'océan ont dépassé les 15 mm ! Le danger est particulièrement évident. La principale explication par distribution non uniforme de contenu thermique de l'océan, avec les régions plus chaudes (+ 0.44 °C) coïncidant avec les régions de hausse de niveau de mer, l'océan ne se réchauffe pas à la même vitesse partout. (ANNY C, 2008)

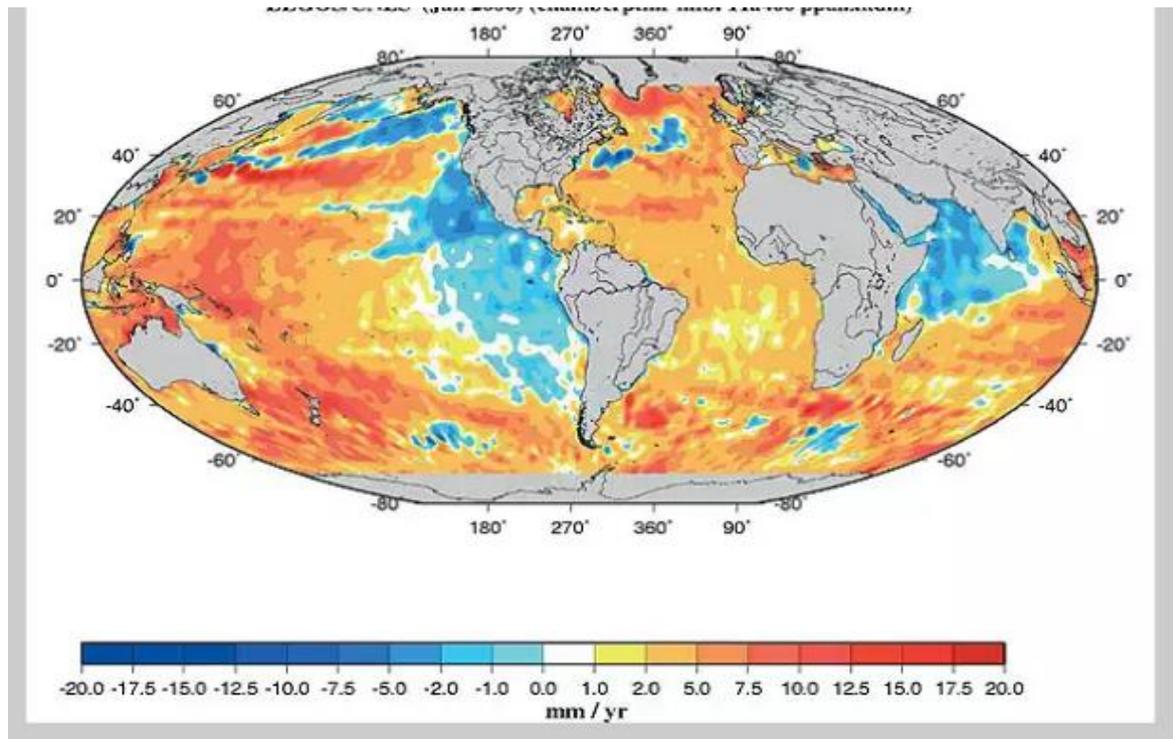


Fig 8 : Carte de la distribution géographique
vitesses de variations de niveau de mer (GIEC, 2008)

8. Réchauffement climatique

Depuis 1950 les variations de température remarquables des régions plus chaudes et autres plus froides ne sont explicables que si on intègre les activités humaines, qui apparaissent comme un principal facteur (CO_2) altérant la composition de l'atmosphère

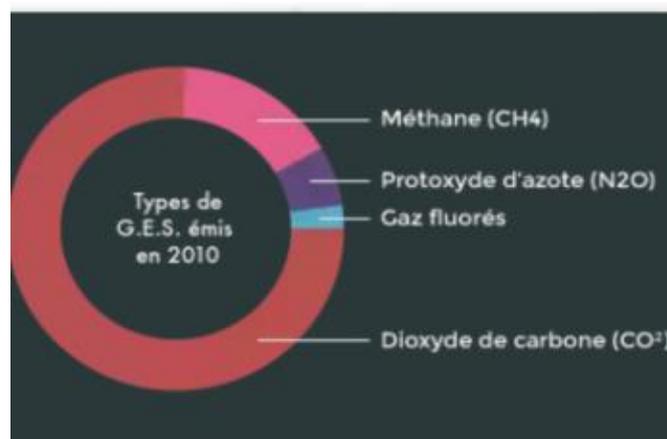


Fig 9 : Les composants des gaz à l'effet de serre (GIEC, 2008).

La commission sur le changement climatique et la santé de la revue scientifique *The Lancet*, regroupant experts européens et chinois, estime que « la lutte contre le changement climatique pourrait être l'enjeu le plus important du XXI^e siècle ».

8. 1. La dilatation thermique de l'eau de mer

Les changements de température de l'eau ont une influence sur la variation du niveau de mer. L'eau se dilate en se chauffant, ce qui provoque une augmentation de son volume, donc une élévation du niveau. La température moyenne mesurée depuis 2000 à la surface de l'océan était de 2 à 3°C. Mais les différentes projections envisagent une augmentation des températures de l'eau de 3 à 5°C. (ANNY C, 2008)

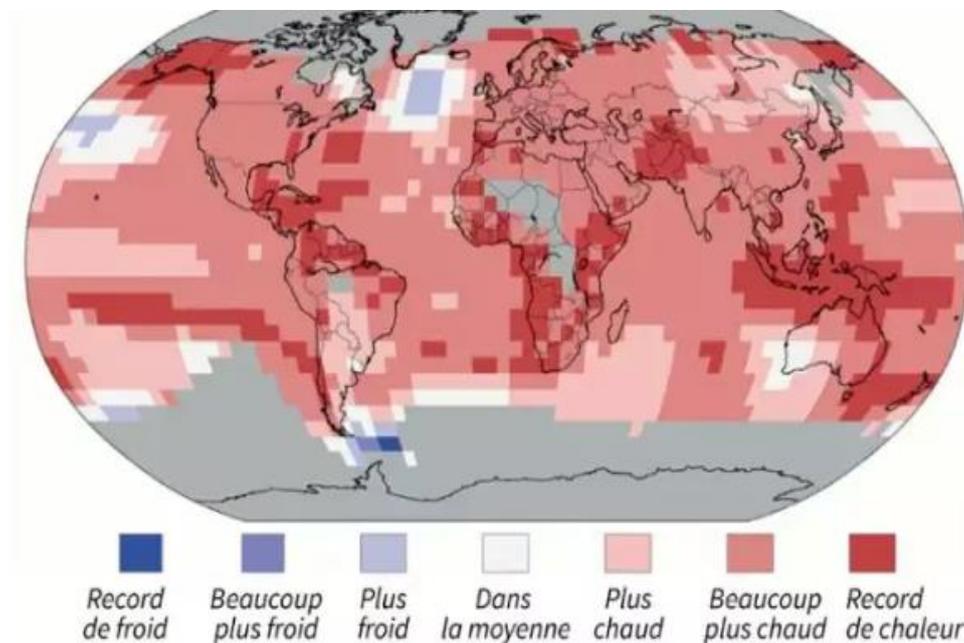


Fig 10 : Variations de température sur terres et océans (GIEC, 2008)

8. 2. Fonte des glaciers

Les calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique sont les glaciers d'eau douce. La fonte de ses glaciers contribue à la montée des eaux de mer, les glaciologues installent des balises qui permettent aux chercheurs d'après GPS et radars de surveiller le relief basal du glacier et de le cartographier. La fonte totale de l'Antarctique équivaldrait à une hausse du niveau de la mer de l'ordre 60m auxquels il faudrait ajouter la fonte du Groenland de l'ordre de 7 m. La calotte glaciaire a perdu en volume depuis les années 1990 et sa fonte est de plus en plus rapide. (ANNY C, 2008)



Fig 11 : L'évaluation de la fonte des glaciers (GIEC, 2008)

9. Les villes côtières menacées par la montée des eaux

Des villes entières sous l'eau. Une nouvelle physionomie pour notre planète terre se dessine. Environ 634 millions de personnes, soit un 8^{ème} de la population mondiale seront concernées par cette nouvelle géographie, ceux que l'on appelle déjà << les réfugiés climatiques >> et les inondations partielles ou totales de certaines des plus grandes villes du monde comme Shanghai, Calcutta, Londres et New-York. Par conséquence la perte de vaste étendues de terres agricoles productives. Cette montée des eaux aura donc forcément des répercussions humaines, économiques et politiques.

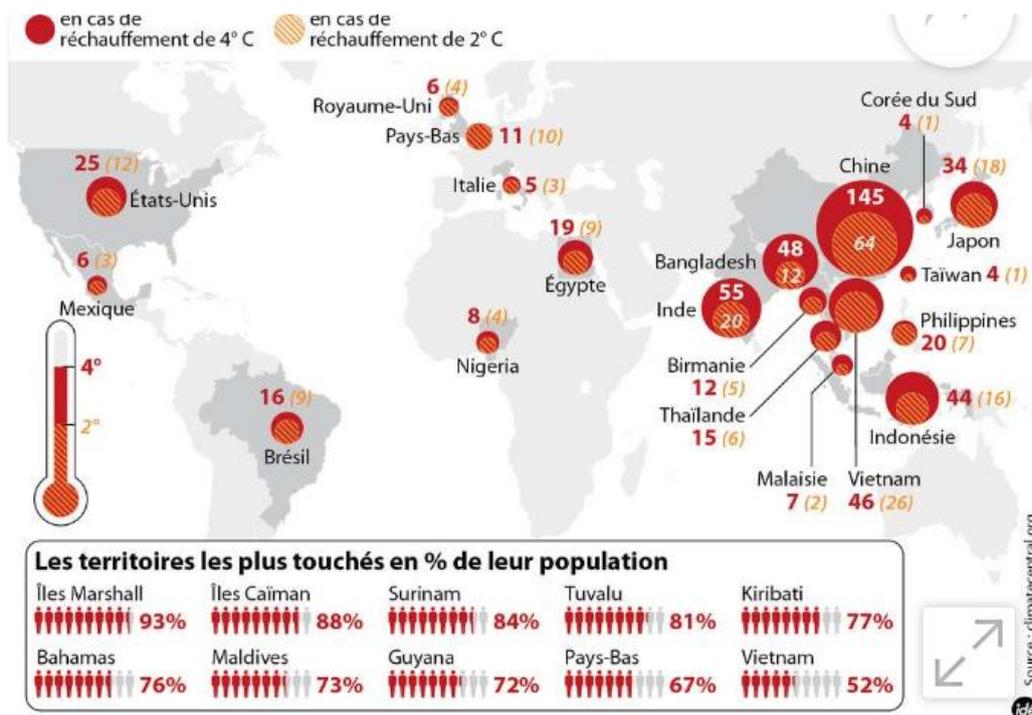


Fig 12: Les 20 pays les plus exposés à la hausse de niveau de mer (GRANAHAN G et al, 2007)

10 Dessalement

10.1 Historique

Dès le IV^{ème} siècle, Aristote observe le principe de la distillation. Au XII^{ème} siècle, Abélard de Bath décrit deux expériences dans les questions naturelles « au soleil, après l'évaporation sur une roche, l'eau de mer se transforme en sel ; lorsque le soleil fait défaut, on chauffe l'eau de mer et sous l'effet de la cuisson, on la voit également se transformer en sel. Cette métamorphose explique que la mer soit plus salée l'été que l'hiver ». Depuis les temps les plus anciens, les marins ont dessalé l'eau de mer à partir de simples bouilleurs sur leurs bateaux, mais l'utilisation à des fins industrielles est récente. Dans les années 60, les procédés thermiques sont mis au point et utilisés pour dessaler l'eau de mer. Par ailleurs, des recherches sont développées sur les procédés de dessalement (HALLOUFI, 2010).

En 1960 apparition dans le golfe Persique des premières usines qui produisent de l'eau douce en distillant l'eau de mer. En 1972 la première usine dans le monde utilisant osmose inverse en Bretagne

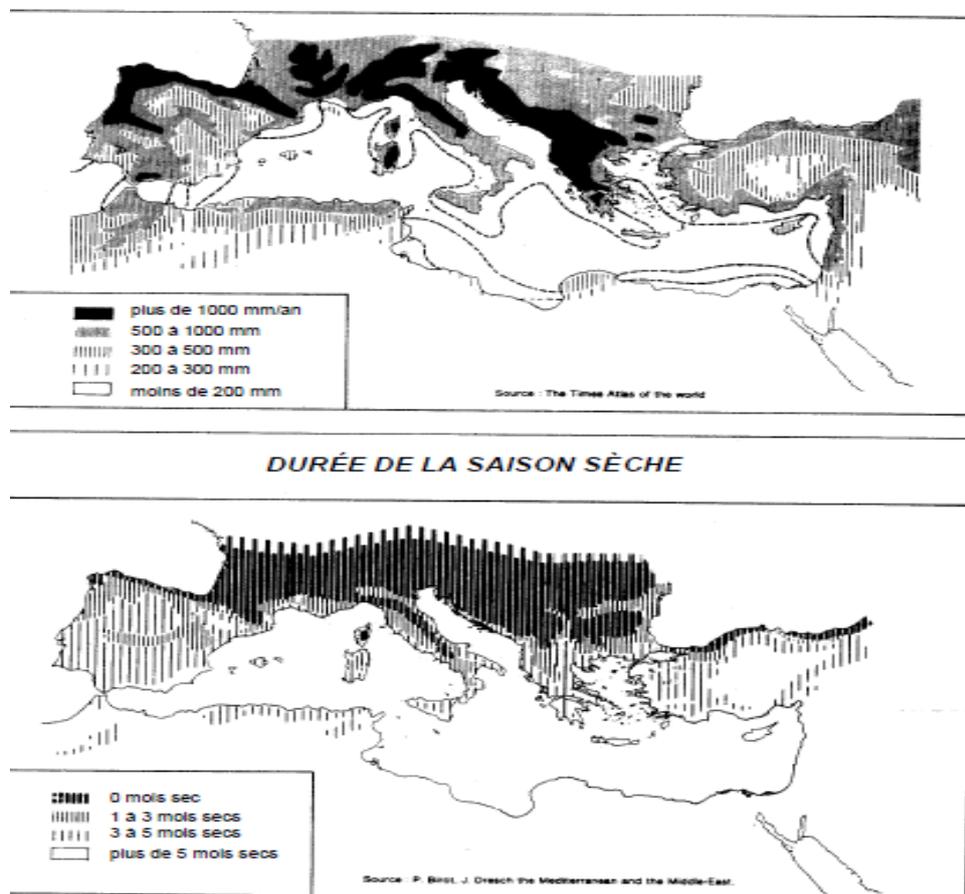
10.2. Définition de dessalement

Le dessalement (désalinisation ou dessalage) consiste à produire de l'eau douce à partir d'une eau salée ou saumâtre, généralement par extraction de l'eau douce et plus rarement par extraction du sel (BOUGIS, 2013).

10.3. La nécessité du dessalement de l'eau de mer

La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde. Au cours des années 1950 - 1990, la consommation mondiale d'eau a triplé, tandis que la population de la planète augmentait de 2,3 milliard d'habitants.

Avant la saison sèche



Fg13 : Saison sèche caractérisant par sa longueur, avec une pluviométrie annuelle faible. (BOYE H, 2008)

En Méditerranée, les besoins en eau présents et futurs accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à l'an 2010, les demandes en eau augmenteront de 32% au moins pour les

pays du sud et de l'est. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être uniquement couverts et satisfaits que si l'on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l'eau.

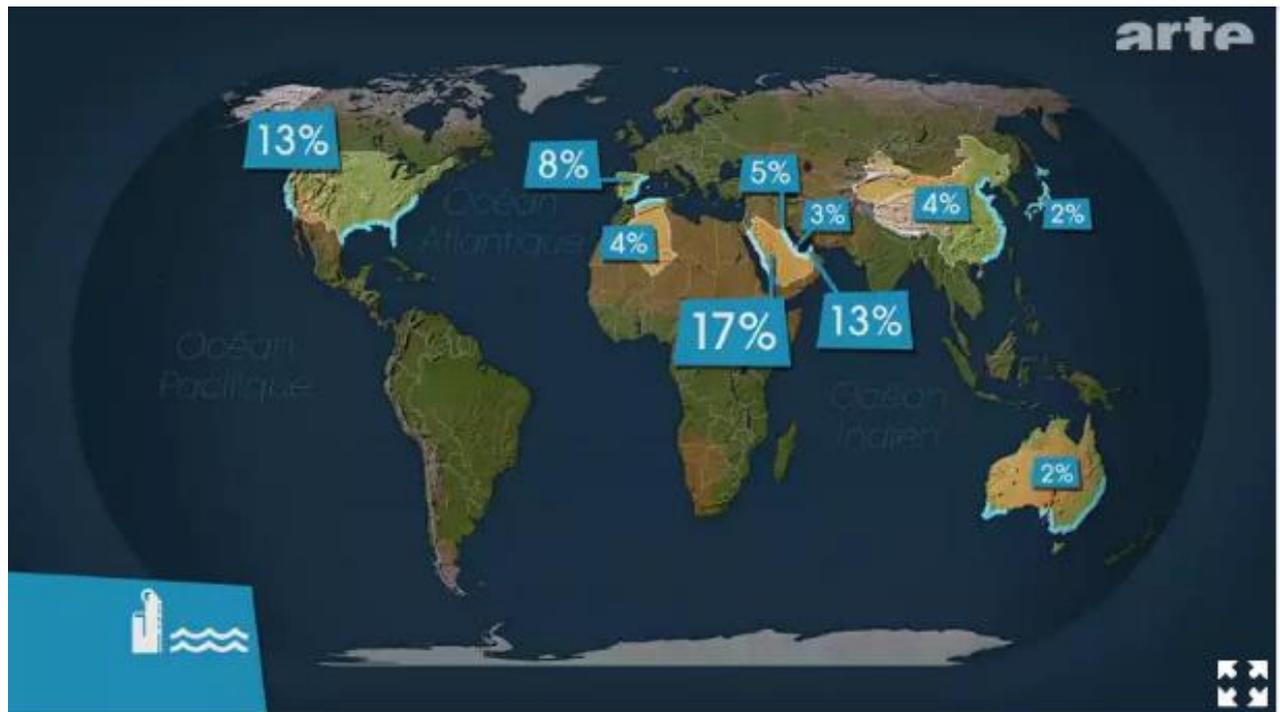
Le dessalement est depuis longtemps une source d'eau importante dans certaines parties de la Méditerranée. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période touristique.

Devant une crise d'eau certaine qui commence à se faire sentir à travers le monde, en plus des contraintes économiques pour un développement durable, des solutions appropriées nécessitent d'être élaborées afin de se préparer à faire face à ce défi qui menace l'existence même de l'homme et à faire éviter les conflits. (BLUE PLAN ,1992).

10.4 Tendances du dessalement de l'eau de mer

La distillation de l'eau de mer est pratiquée depuis plus d'un siècle à bord des navires long-courriers et les usines de dessalement se multiplient en de nombreuses parties du monde, en particulier dans les pays riverains du golfe Arabo-persique où la demande en eau douce est élevée et les ressources en combustibles aisément disponibles.

S'il est vrai que la plupart des très grandes usines de dessalement sont situées dans la péninsule Arabique, il existe un nombre impressionnant d'usines à travers le monde, et certaines en des pays ou des sites que l'on pourrait juger peu enclins à se tourner vers une ressource en eau d'un coût relativement élevé. Au 31 décembre 1999, dans le monde entier, 13 600 usines de dessalement représentant une capacité totale de 25 909 m³/jour avaient été installées ou étaient en cours de construction (WANGNICK, 2000)



Fg14 : les pays les plus productives (<http://ddc.arte.tv/cartes>)

10.4.1 Le dessalement en Algérie

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. En 1964, trois petits blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'Ouest du pays), et en 1969, une autre station a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/J. Dès lors de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mises en place en parallèle avec les nouveaux complexes. D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaires au processus des complexes de production d'électricité et l'industrie de liquéfaction. Il y a également quelques installations même dans le sud dans les bases pétrolières qui sont destinées principalement à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine (KEHAL, 2000)



Fg15 : Le programme de dessalement » (<https://portail.cder.dz/spip.php/article>)

Plus de 30 stations de dessalement (25 000 et 200 000 m³ / j) sont ou seront réalisées d'ici 2020 et qui produiront environ 2 millions m³/j.

10.5. La répartition des stations de dessalement

10.5.1. Dans le mode

Si le dessalement, bien que nécessaire dans certains cas, est si cher et néfaste pour l'environnement, pourquoi d'autres solutions ne sont-elles pas envisagées ? Face à des ressources limitées et à une demande sans cesse croissante, la première solution serait de réduire la consommation ; la seconde, mieux gérer la migration de populations vers les zones mieux dotées ; et la troisième, l'accroissement de l'offre. Par le dessalement, les pays ont fait le choix de la dernière option, option qui apparaît comme une parade, une technique d'éviction à un débat politique sur les deux autres propositions. (SAINT J, 2011)

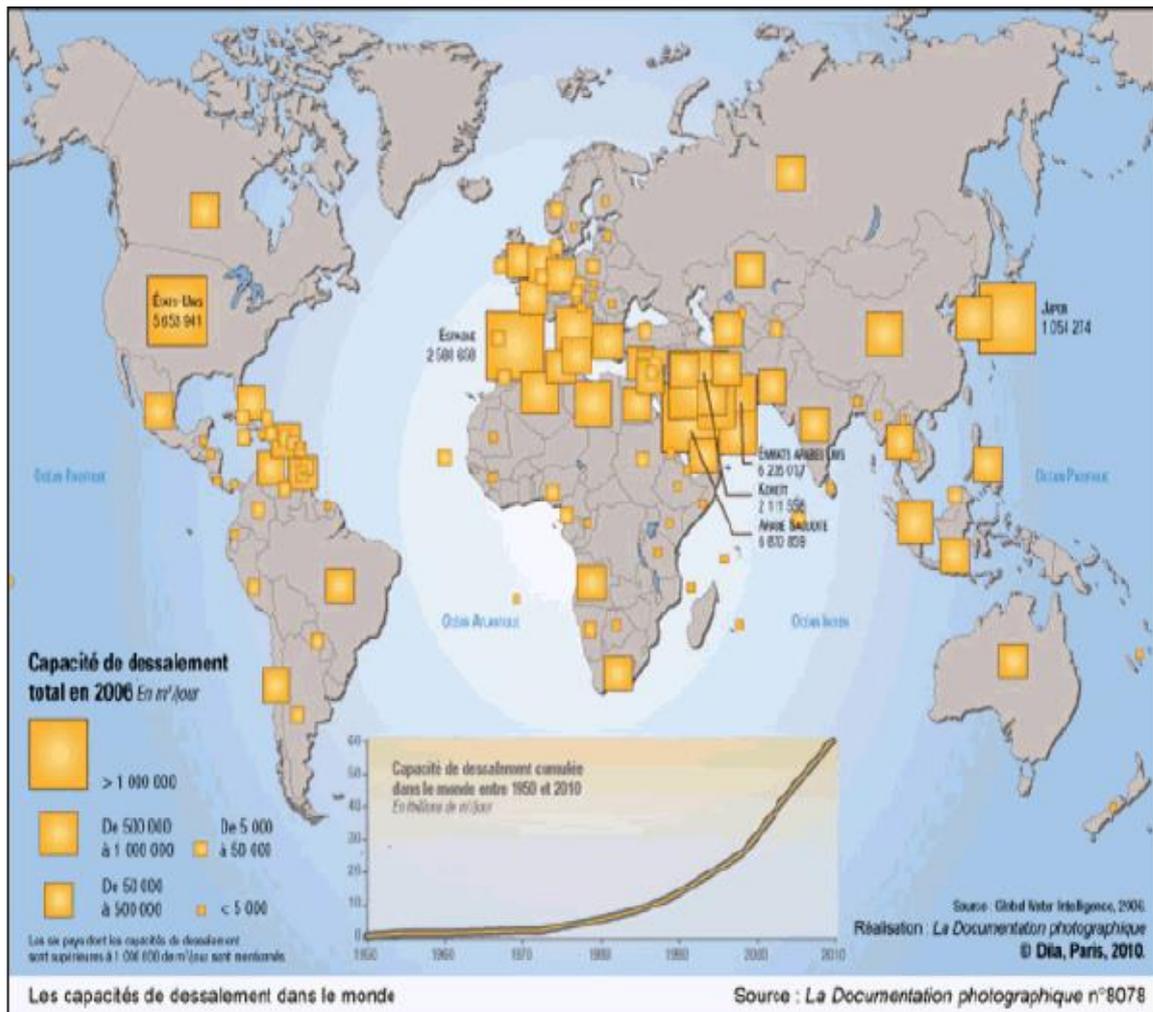


Fig 16 : les stations de dessalement dans le monde (PATIER & BLANCHON, 2010)

9. 5. 2. Dans la région méditerranéenne

Dans la zone méditerranéenne l'aptitude au dessalement est la plus fréquentée, l'Espagne est le plus gros producteur avec 1.6million de m³ (MARINE C, 2008)



Fig 17 : Les capacités de dessalement dans la région méditerranéenne
(LATTERMAN, 2008)

10. 6. Le processus de dessalement de l'eau de mer

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

- la captation de l'eau de mer
- le prétraitement
- Les différents procédés de dessalement
- le post traitement ou minéralisation

10.6.1. La prise de l'eau de mer

La prise de l'eau de mer consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement, cette eau doit être bonne du point de vue matières en suspension. Sont utilisés dans cette étape deux types de technologies :

❖ Les forages côtiers :

Soit verticaux soit sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables,

❖ La prise d'eau de surface :

Peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants (MAUREL, 2006).

10.6.2. Le prétraitement

Le prétraitement de l'eau de mer est une étape clé pour chaque usine de dessalement. Le but principal du système de prétraitement est d'éliminer les particules colloïdales, organiques, minérales et les contaminants microbiologiques contenus dans l'eau brute (eau de mer) et d'empêcher leur accumulation en aval des membranes d'osmose inverse. La teneur et la nature des salissures contenues dans l'eau de mer dépendent du type et de l'emplacement de l'entrée d'une usine de dessalement.

Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physiques et les prétraitements chimiques.

- ✓ Les prétraitements physiques incluent les pré-filtres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire.
- ✓ Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de poly-électrolytes (TANSAKUL, 2009).

a. Coagulation-floculation

La coagulation permet de favoriser l'agglomération des colloïdes en diminuant les forces de répulsion électrostatique (liées aux charges superficielles). La floculation consiste à agglomérer ces particules en micro-flocs puis en flocs plus volumineux décan tables. 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 (BRGM, 2010).

b- La filtration

Dans le cas de la filtration sur sable, la séparation s'effectue le long d'un milieu poreux (le sable), plus ou moins tortueux, qui se colmatra en profondeur au fur et à mesure de l'accumulation des particules en suspension lors du passage du fluide. Plusieurs autres types de filtres reposent sur ce principe (filtre à cartouche, filtre à disque,...). Un milieu poreux représente un ensemble de grains ou d'agrégats autour desquels des espaces vides, appelés pores, sont interconnectés ou non. Le matériau doit être perméable à un écoulement de fluide (CASTAING, 2011).

c- Le traitement chimique

Après filtration à sable, des équipements de dosage font partie du prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes (acidification, addition de bisulfite de sodium et dosage d'anti-incrustant (CHENAOUI, 2010).

d- La filtration de sécurité ou microfiltration

La microfiltration est assurée par l'utilisation d'un filtre à cartouche type bobiné. Entre le collecteur d'entrée et de sortie, il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes (CHENAOUI, 2010).

10.6.3. Les différents procédés de dessalement

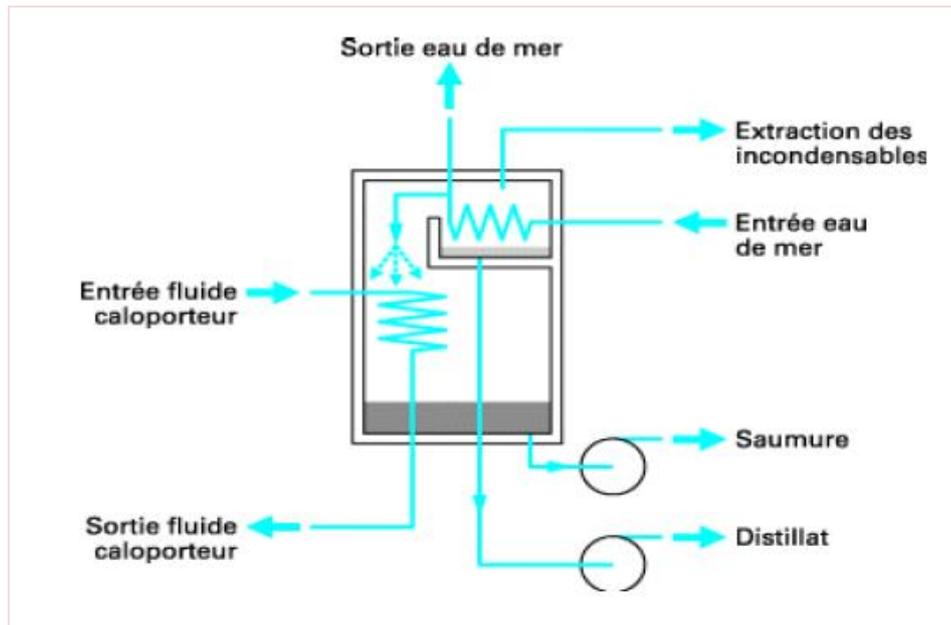
Plusieurs méthodes permettent la séparation de l'eau de mer en une eau douce contenant une faible concentration des sels dissouts, et une solution concentrée en sels. On citera notamment la distillation, l'osmose inverse, la congélation et l'électrodialyse. Cependant, les deux technologies utilisées actuellement, à l'échelle industrielle, sont celles basées sur la distillation et l'osmose inverse (MANDRI, 2011)

10.6.3.1 Procédé de distillation

Les procédés thermiques sont principalement des procédés de distillation. Le procédé de distillation consiste simplement à évaporer l'eau de mer sous forme de vapeur d'eau qui est ensuite condensée. Ce procédé est utilisé depuis l'Antiquité. De nos jours, la distillation peut être réalisée suivant différentes techniques

a. Distillation à simple effet

Permet de reproduire le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer. La vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par de l'eau de mer froide. Un groupe électropompe soutire l'eau condensée, un deuxième, l'eau de mer concentrée (TATA D, 2009).



Fg 18 : Distillation à simple effet (DANIS, 2003).

b. Distillation à multiples effets (MED)

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 d'évaporation pour faire fonctionner le faisceau de chauffe d'une seconde chambre à pression et température plus faible et ainsi de suite (MAUREL, 2006).



Fg 19 : Distillation à multiples effets (MED) (VIVIANE R, 2008)

c. Procédés de distillation par détente successives (MSF)

L'installation comprend un certain nombre d'enceintes ou cellules, thermiquement isolées disposées en série dans lesquelles se produit la vaporisation instantanée par détente. L'eau saline à traiter est chauffée sous pression, sans évaporation, puis introduit dans les cellules sous vide partiel ou elle circule successivement, à chaque étage, la vapeur produite par détente et va se condenser à la partie supérieure au contact d'un faisceau tubulaire dans lequel l'eau d'alimentation circule (SELLAMI, 2014).



Fg 20 : Distillation par détentes successives (MSF) (VIVIANE R, 2008)

d. Distillation avec compresseur de vapeur (VC)

Consiste à une revalorisation de la vapeur d'eau du dernier effet par compression grâce à un compresseur mécanique ou via un éjecteur, on parle alors de thermo-compression. La compression par éjecteur nécessite par ailleurs une vapeur motrice (SAMAKÉ, 2013).

10.6.3.2 Procédés membranaires

a- Electrolyse

L'électrodialyse fonctionne sur le principe du rejet d'ions grâce à leur charge. Les techniques de l'électrodialyse sont : la dialyse et l'électro-dé ionisation

On distingue trois types d'électrodialyse :

- 📖 L'électrodialyse dite conventionnelle (ED)
- 📖 L'électrodialyse à membrane bipolaire (EDMB)
- 📖 L'électrolyse 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 sous l'effet d'un champ électrique. (BERLAN J M & JUERY C, 2002).

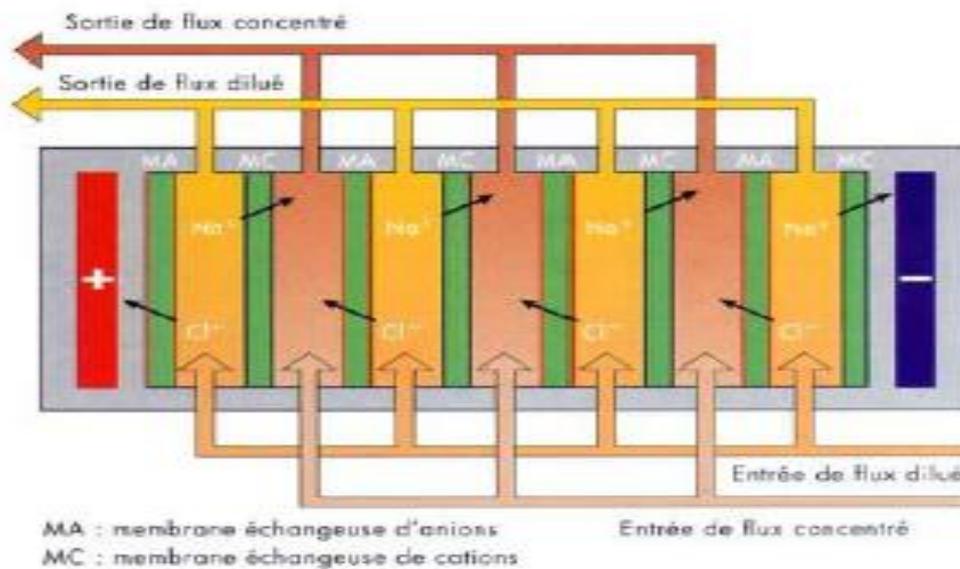


Fig 21 : Electrodialyse (CORBASSON C et al, 2007)

b- Osmose inverse

L'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en soluté de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. C'est un phénomène naturel, notamment à travers les membranes cellulaires (BERLAND & JUERY, 2002). Le phénomène d'osmose se traduit par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique se traduira par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée ; c'est le phénomène d'osmose inverse (MAUREL, 2006).

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

- *La membrane proprement dite
- *Le module
- *La pompe haute pression (HP)
- *Le système de récupération d'énergie

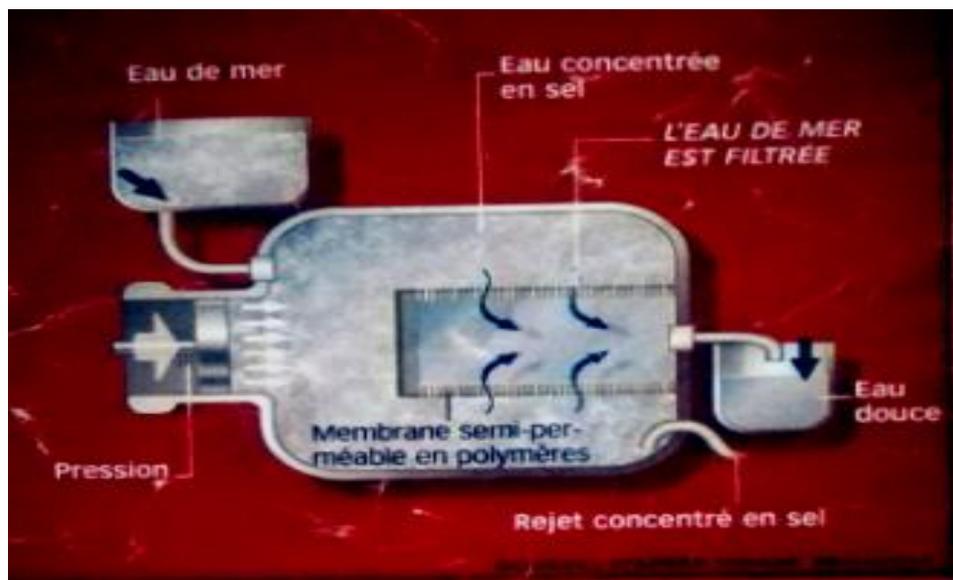
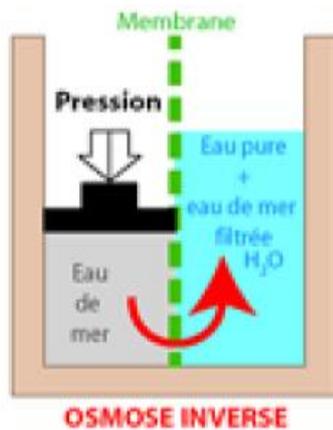


Fig 22 : Principe de fonctionnement de l'Osmose Inverse (VIVIANE R, 2008)

10.6.3.3 Autres procédés

a- Echange ionique

Le phénomène d'échange d'ions se produit quand on met en contact une eau saumâtre avec certaines substances insolubles ayant la propriété d'échanger certains de leurs ions avec les sels de l'eau, les produits employés actuellement sont des produits insolubles dénommés échangeurs d'ions (résines synthétiques sous la forme de graines d'environ 0,3 à 1,5 mm). Cette méthode est applicable seulement pour les eaux contenant jusqu'à 8 et même 10 g/L (BECHKI, 2011).

b-Congélation

Le dessalement par congélation est basé sur le changement de phase liquide-solide de l'eau de mer. Selon la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est pure. Elle peut être séparée de la solution concentrée, puis fondue afin d'obtenir une eau douce. En pratique, la glace est contaminée par les sels lors de la congélation pour des raisons cinétiques, et par la saumure elle-même pendant la séparation glace solution ; Le procédé doit permettre de minimiser cette contamination (MANDRI, 2011).

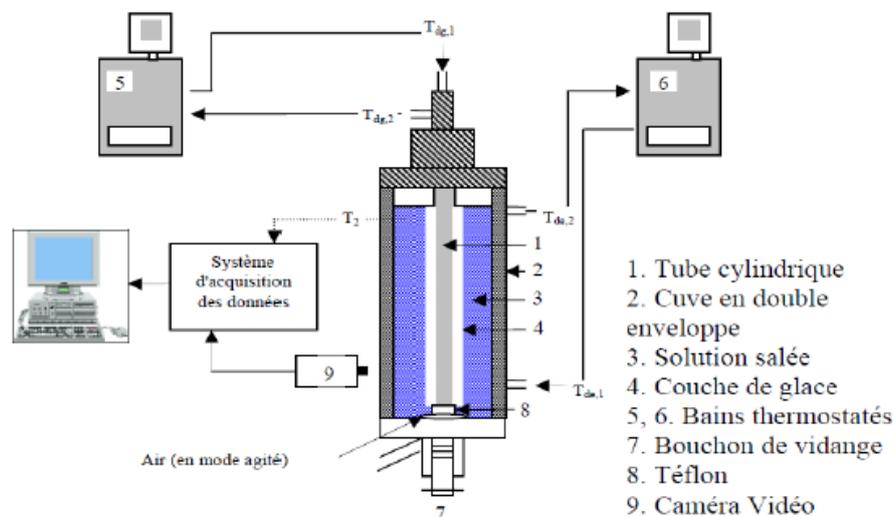


Fig 23 : Congélation (MANDRI et al, 2011).

10 .6.4 Post traitement

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

a. L'ajustement de pH

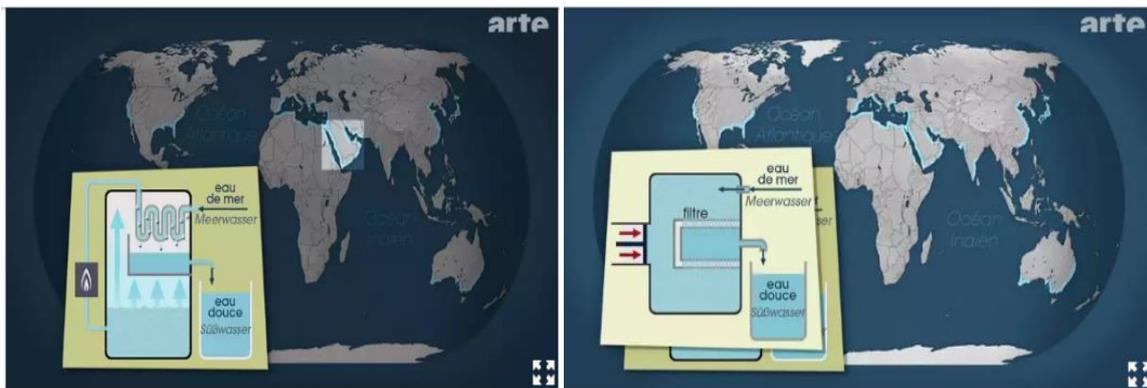
L'eau produite par un des procédés de dessalement est agressive. Son pH est inférieur au pH de saturation. La correction du pH se fait par une solution alcaline, automatiquement par une fonction du pH (CHENAOUI, 2010).

b. La chloration

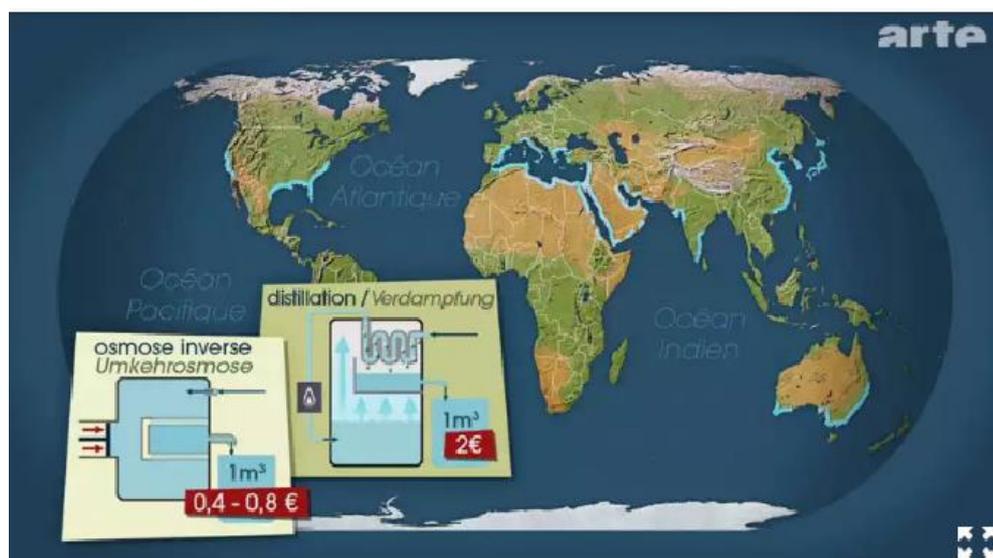
Il est nécessaire d'assurer une étape de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique. Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration de l'eau par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium (eau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

contaminations ultérieures au cours de son transport ou de son stockage (TAHRAOUI et al, 2010)

11 Comparaison du coût de l'eau produite et l'utilité dans le mode selon la technique :



- ◆ Figure 24 illustre que **Distillation** est la technique la plus utilisée au GOLF PERSIQUE tandis que Figure 25 répute que **Osmose inverse** est le procédé le plus tenu dans le monde. (<http://ddc.arte.tv/cartes>)



- ◆ Figure 26 montre que la technique **Distillation** si couteuse que **Osmose inverse** et cela se traduit par la tendance de cette dernière. (<http://ddc.arte.tv/cartes>)

Conclusion

Le dessalement d'eau de mer est l'une des solutions les plus efficaces pour pallier le manque d'eau dans certains pays. L'expérience algérienne dans ce domaine et durant ces dernières années la situe parmi les leaders du dessalement et la station de Magtaa ; la plus grande station de dessalement par osmose inverse dans le monde avec une capacité de production de 500 000m³/jour en est la preuve.



Chapitre II

▾ *Etude du milieu*



1. Introduction

Dans le cadre de l'étude de gradin de dessalement de l'eau de mer, il nous a paru intéressant et pratique de prendre comme exemple la station de dessalement de l'eau de mer de Béni Saf ; elle a été réalisée en mois de Mars 2008 à proximité de la plage Chat El Hillel. A l'ouest du pays, les incertitudes de la météo s'ajoutent à la pression démographique et aux perturbations prévisibles liées au réchauffement climatique.

2. Situation géographique

Cette unité de dessalement a été implantée au Nord-Ouest de la ville d'Ain-Temouchent à environ 16 Km.

Le site est localisé sur la rive gauche de la plage Chat El Hillel. Il s'étend sur une largeur de 510 m et une longueur de 13 à 60 m, commune de Sidi Ben Adda, wilaya d'Ain-Témouchent, elle s'étend sur une superficie de 657 000 m².

Cette plage se compose de sable grossiers et moyen avec des niveaux graveleux, Leur structure est particulière et leur morphologie est marquée par des rides. Le tri de ces particules est dû principalement au brassage réalisé par le déferlement des vagues sur les plages



Fig 27: Géographique de la station de dessalement de Béni Saf

3. Cadre climatique

Le climat de la commune de Sidi Ben Adda est de type semi-aride, caractérisé par une température moyenne mensuelle qui oscille entre 13,3 °C et 26,1°C mois d'août. La pluviométrie moyenne annuelle est de 300 mm. L'humidité est assez importante au cours de l'année

4. Le contrat d'achat de l'eau

L'objet du contrat d'achat est d'établir les termes et les conditions suivant lesquels la société de projet et l'investisseur mettront à la disposition exclusive de l'acheteur la capacité disponible et livreront à l'acheteur l'eau commercialisable à partir de l'usine qu'ils réaliseront.

5. Présentations de la station de dessalement

L'usine a été réalisée par une société de projet « Béni Saf Water Company Spa » (B.W.C.) par actions de droit Algérien détenue à 51 % par la GEIDA Béni Saf SL et 49 % par A.E.C. (Algérienne Energie Company), propriétaires de ce projet est chargées de la réalisation, de l'exploitation et de la maintenance de la station

Le 26 Mai 2004, GEIDA (société de droit espagnol) a remporté l'appel d'offre international N°05/ AEC/ 2003 relatif à la fécondation, la construction, le financement, la possession et l'exploitation de l'usine de dessalement de Béni Saf.

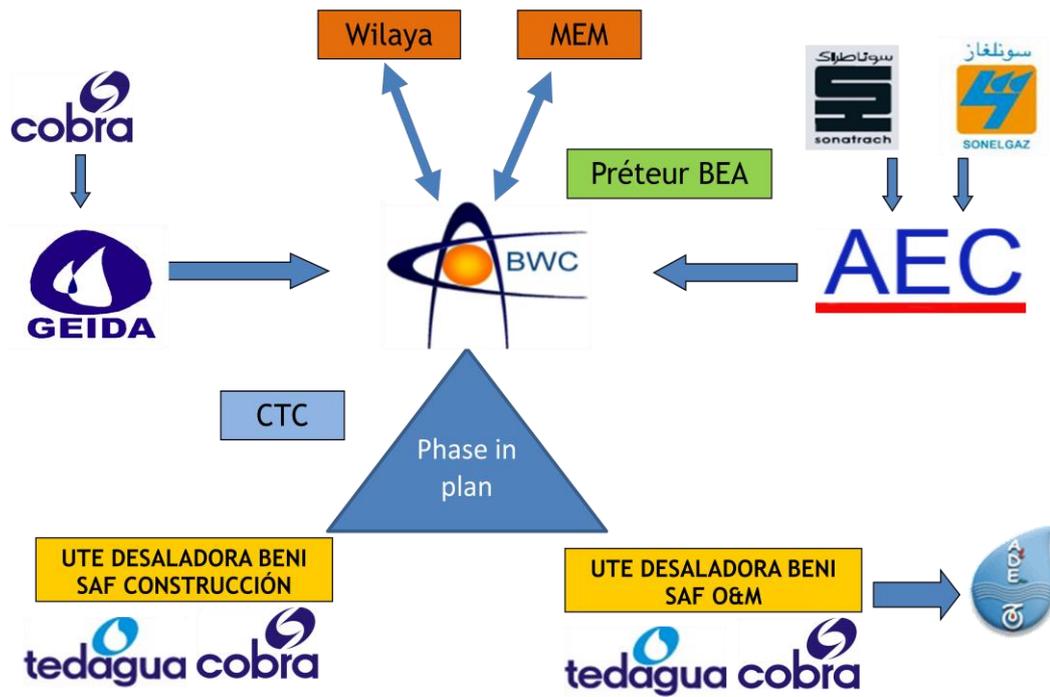


Fig 28 : les différents auxiliaires de la station de dessalement de Béni Saf

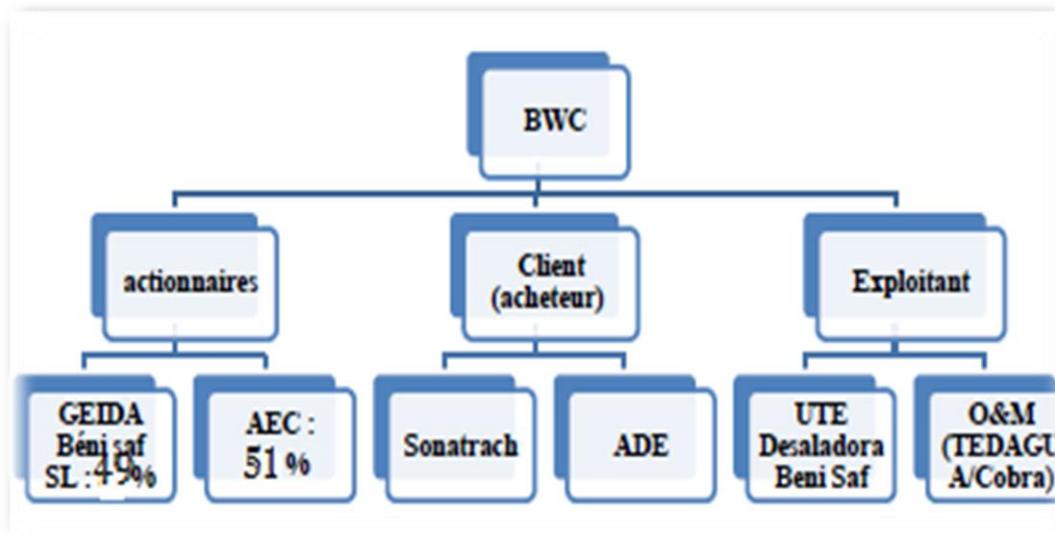


Fig 29 : Exposition de la station de BWC

L'unité de dessalement de Béni Saf est implantée face à la Mer Méditerranée, où elle puise sa ressource essentielle (le niveau de terrain se trouve entre 8 et 15 m sur niveau de mer), le SDEM de Béni Saf occupe un terrain de près de 66.000 m². Bâti autour de 10 modules de dessalement d'une capacité de 20.000 m³/jour chacun, elle a été mise en service partiel le mois de Novembre 2009, et en service final le mois d'Avril 2010. Elle utilise le procédé membranaire à osmose inverse. Plusieurs intrants tel que la calcite, l'hypochlorite de sodium, l'acide sulfurique et le chlorure ferrique, ainsi que le sable de filtration proviennent du marché local.



Fig 30 : La station de dessalement de Béni Saf

La SDEM de Béni Saf : meilleure élève du dessalement en Algérie avec une production cumulée d'eau dessalée de près de 309 millions de m³ au 30 avril 2015. La SDEM de Béni Saf occupe la première place en Algérie en termes de rendement. Ce volume important d'eau permet de couvrir en totalité les besoins de la wilaya de Ain Témouchent et ceux de la partie ouest de la wilaya d'Oran



Fg 31 : Territoires desservis de la station de dessalement de Béni Saf

Une autre performance de taille en matière de sécurité du personnel et des installations mérite d'être soulignée : le chiffre remarquable de zéro accident depuis le démarrage de l'usine

La station de dessalement a été étudiée sur la base des objectifs généraux suivants :

- ◆ Durée technique de 25 ans
- ◆ Fiabilité des installations
- ◆ Sécurité du personnel et des équipements
- ◆ Equipements, matériaux et procédés sûrs et testés
- ◆ Maintenance des installations
- ◆ Facilité de l'exploitation des installations
- ◆ Architecture se fondant dans le milieu environnant
- ◆ Protection de l'environnement
- ◆ Elle est réalisée pour améliorer la dotation quotidienne par habitant qui est de 90 L en 1999 à 125 L à fin 2009

6. La SDEM de Béni saf : une démarche inscrite dans la citoyenneté

a) Aménagement des oueds

Rien ne se perd, les membranes usagées sont recyclées dans le confortement des berges de l'oued mitoyen de station



Fig 32 : Aménagement de l'oued (Station de dessalement de Béni Saf, 2018)

b) Solidarités

Pendant le mois sacré du ramadhan, la SDEM ouvre ses portes aux nécessiteux et aux personnes de passage dans la région au moment d'El-iftar et leur permettre ainsi de rompre le jeune dans la solidarité et la convivialité.



Fg 33 : Solidarité (Station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Elle donne aussi des équipements en informatiques et culinaire à l'association Sidi Boucif de défense des droits des handicapés



Fg 34 : Les équipements (Station de dessalement de Béni Saf, 2018)

c) Education sportive

La SDEM de Béni Saf soutient la jeune et dynamique équipe de nation de Kolèa



Fg 35 : Equipe de football (Station de dessalement de Béni Saf, 2018)

d) Mains vertes

A travers les sorties pédagogiques et actions de reboisement avec les jeunes écoliers de la wilaya de Ain Témouchent écoliers de la wilaya de Ain Témouchent. L'objectif est de fournir en jeunes plants les établissements scolaires qui souhaitent participer à des actions de reboisement pour lutter contre la désertification



Fig 36 : Sortie pédagogique (Station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Conclusion

Le processus du dessalement appliqué dans cette station est basé sur l'élimination des matières en suspensions ou un prétraitement avec le système d'ultrafiltration et l'élimination des matières solides dissoutes avec le système d'osmose inverse, suivie de l'étape de post- traitement.



Chapitre III

▾ *Partie pratique*





1. Processus de dessalement appliqué dans la station

Les données (énergie, eau brute, produits chimiques,...) varient en fonction du régime de travail, du mécanisme ainsi que des dimensions de l'usine.

Le fonctionnement de l'usine est automatisé, grâce à un ordinateur industriel et plusieurs

Automates.

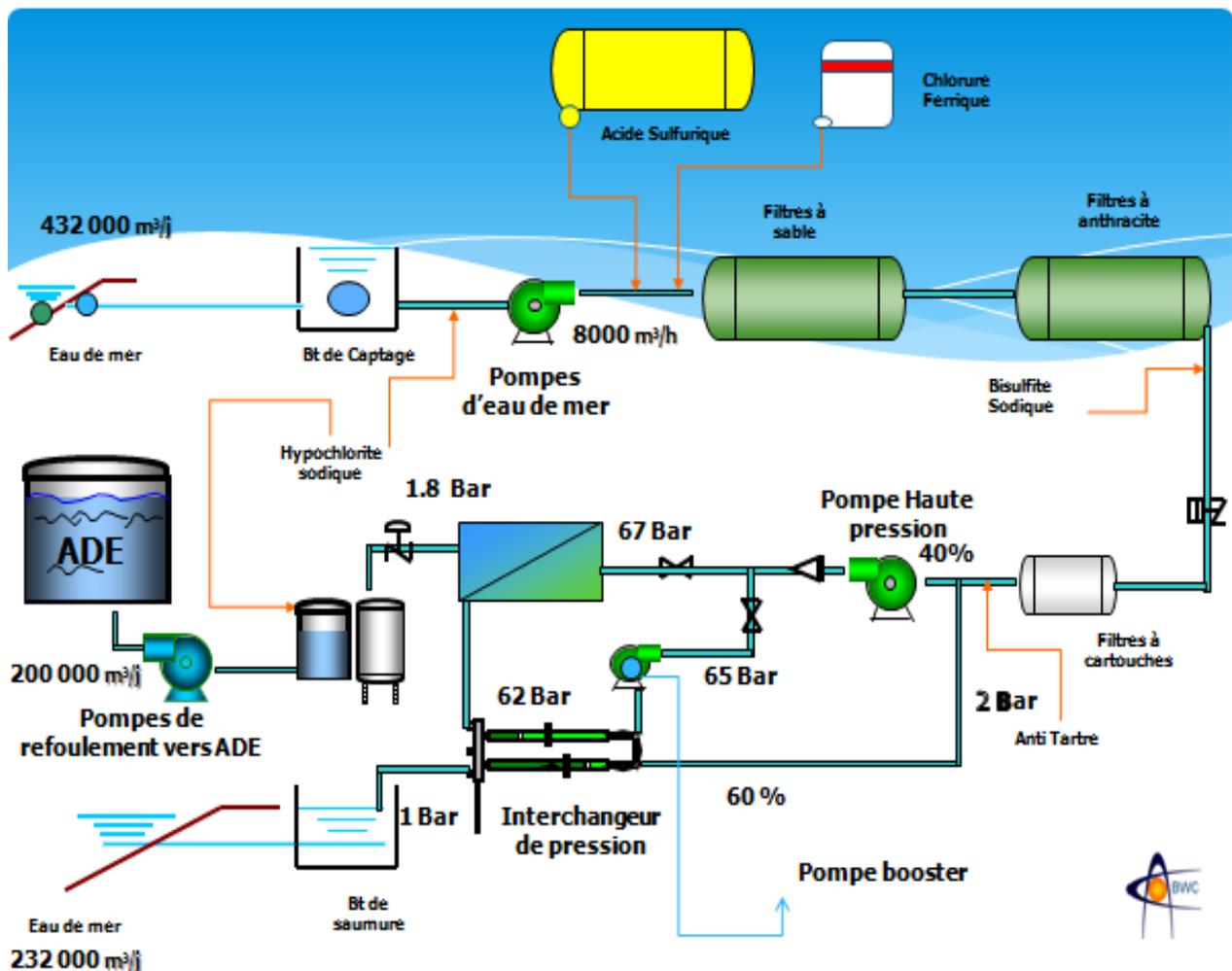


Fig 37 : Le processus de la station de dessalement de Béni Saf

A. Captage :

Le système de captage est un système ouvert. L'eau de mer est captée à partir de 1000 ml à partir de la cote grâce à un émissaire en PEHD de \varnothing 2.400 mm. Cet émissaire est raccordé à une tour de 10 m de hauteur, érigée sur 18 m de fond pour capter une eau, la plus propre possible. Cette dernière est véhiculée à l'intérieure de la conduite par gravité avec une vitesse d'écoulement inférieure à 1m/s.



Fg 38 : La tour de captage. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

La station de captage Béni Saf, se compose d'un grilleur pour éviter les grands agrégats et une fosse dans laquelle sont établis. Dégrillage : c'est le premier poste de traitement, il permet de protéger les ouvrages avals, permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses morceaux de bois, etc.....)



Fg 39 : Dégrillage. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

- ❖ filtre rotatif (tamisage) : Cet organe permet d'éliminer des objets plus fins que culminés par le dégrillage. il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple.



Fig 40 : Tamisage. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

B. Pompage :

La station de pompage d'eau de mer du captage vers la zone de reproduction représente l'épine dorsale de la SDEM. Elle est composée de :

- 11 pompes centrifuges horizontales (Sulzer),
- 10 pompes en marches, 01 pompe en stand by,
- 01 système d'amorçage des pompes à vide composé de 02 compresseurs d'air.

Le système d'évacuation de l'eau avec des matières en suspension composé de deux pompes identiques, l'une en fonctionnement et l'autre en réserve.

Le système d'amorçage de ces pompes composé de deux pompes à amorçage identiques (l'une en fonctionnement et l'autre en réserve).

Le collecteur conduisant du réservoir de captage jusqu'à la zone où se trouve l'usine de dessalement.



Fg 41 : Les pompes



Fg 42 : Bassin de stockage

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

C. Les prétraitements physiques- chimiques

Le prétraitement de L'eau de mer est une étape clé dans le procédé de dessalement d'eau de mer

1. Coagulation

Ce dosage se fait à partir de deux réservoirs en polyester renforcés de fibres de verre d'une capacité de stockage de 60 m³ chacun. Chaque réservoir est doté de deux électro-agitateurs et d'une pompe doseuse et d'une autre en réserve.



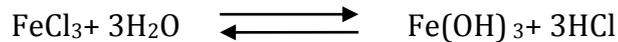
Fg 43 : Station des produits chimiques



Fg 44 : Les pompes d'injection

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

L'addition du produit coagulant qui est un réactif chimique, se fait au niveau du collecteur d'alimentation des filtres à sable en écoulement d'eau.



Donc, le but de la coagulation est la neutralisation des charges primaires qui permet d'annuler les forces de répulsion suivie par piégeage dans les précipités.

Parmi ces coagulants on a les chlorures ferriques (FeCl_3). Qui sont utilisés par la station de Béni Saf. Dosé de 10 g/m^3 .

Toute fuite de Fe^{3+} peut entraîner une coloration rouge de l'eau et une corrosion sur les réseaux de distribution du fait de l'existence des Ferro bactéries et des phénomènes d'oxydoréductions.

2. Acidification

Il s'agit d'un équipement doseur d'acide sulfurique de $20\text{-}25 \text{ g/m}^3$ destiné à réduire le pH de l'eau de mer et à éviter les précipitations de carbonates et de bicarbonates, ainsi qu'à générer le CO_2 suffisant pour la reminéralisations de l'eau produite dans le tour de calcites.

Les installations se composent de deux dépôts de stockage d'une pompe de transvasement et d'une pompe doseuse. La réduction du pH rend l'action bactéricide du chlore plus effective.

- Le traitement à l'acide sulfurique est effectué en aval des filtres à sable au niveau du tuyau principale qui alimente ces filtres

Les prétraitements physiques

1) Filtre à sable :

Chaque boyau filtrant se compose de 24 filtres regroupés en modules ou douze paires de filtres, qui fonctionnent comme une unité filtrante, avec des collecteurs et des vannes communes.

Le milieu filtrant utilisé dans ce cas est composé de sable de silice avec deux épaisseurs différentes, où le lit de sable grossier est disposé dans le fond du filtre et le sable le plus fin occupe la partie supérieure du filtre pour retenir les particules les plus fines.

Le débit d'eau filtrée nécessaire pour alimenter le système de filtration de sable est de 18.000 m³/h en fonctionnement normal. Sous une vitesse de filtration de 10 à 15 m/h.



Fg 45 : Les collecteurs des filtres (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

2) Filtre anthracite :

Le système de filtre Anthracite, système de filtration se trouvant dans le même secteur que l'étape de filtration précédente et se compose de deux trains de filtration, constitués de sept modules de filtres qui impliquent la purification de l'eau passant à travers un lit d'anthracite, fonctionnant comme adsorbant avec une plus grande efficacité de la rétention des micropolluants.

Une des fonctions de l'anthracite est l'élimination des concentrations résiduelles d'agents oxydants tels que le chlore et l'ozone et d'autres dérivés cancérigène. Les Actes Anthracite adsorbants ces produits ou catalysant formes réduites de passage inoffensif. Il conserve également la matière organique, les algues, les pesticides, en général tous les composés qui causent goût et odeur dans l'eau destinée à alimenter les populations. Le débit d'eau filtrée nécessaire pour nourrir Anthracite Système de filtration est de 18.000 m³ / h en fonctionnement normal.



Fg 46 : L'anthracite (charbon actif) (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)



Fg 47 : Zone des filtres à sable et anthracite
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Les modules de filtrage à sable et à anthracite sont raccordes par deux tuyaux, et ces deux derniers se coïncident pour permettre aux filtres à cartouches pour faire la filtration.



Fg 48 : Les deux tuyaux de filtrage à sable et à l'anthracite
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

◆ Conditionnement chimique avant la microfiltration

Après filtration à anthracite, d'autres équipements de dosage sont appliqués à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes :

➤ Dosage de réducteur de chlore

La réduction du chlore se fait par addition de bisulfite de sodium, afin de ne pas endommager les membranes et pour protéger les tuyaux contre la corrosion et en même temps acidifie légèrement l'eau d'apport.

L'addition de ce produit a pour objet d'éliminer le chlore résiduel du dosage d'hypochlorite sodique et de prévenir l'oxydation des membranes.

L'équipement est composé de deux réservoirs de stockage, d'une pompe doseuse et d'une autre en réserve.

La déchloration est effectuée en ligne avant les filtres à cartouches pour permettre le contact le plus de temps possible. Dosé de 20 -25 g/m³.

➤ Dosage d'anti-incrustant

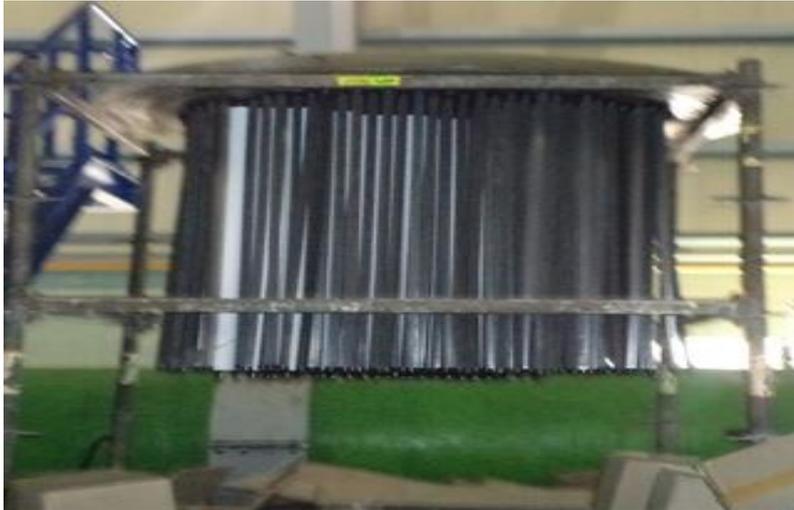
Cet équipement est nécessaire pour éviter la précipitation des sels incrustants, à savoir le calcium, le magnésium, le strontium, et le baryum, qui produisent la rapidité obstruction des membranes et par conséquent diminuent le débit d'eau traitée par colmatage des membranes.

Ce traitement est effectué avant les filtres à cartouches, il est dosé de 1 g/m³ en continu automatiquement et à travers le collecteur d'alimentation de ces filtres.

3) Filtre à cartouche :

Une fois que l'eau d'apport a reçu les dosages des réactifs appropriés et qu'elle a été filtrée, elle est conduite vers le processus de microfiltration.

Cette phase du procédé est composée de deux micro filtres à cartouches par ligne, construits en acier au carbone de qualité AE-275B revêtus à l'intérieure d'une couche de néoprène de 3 mm et de cartouches enroulées en polypropylène de 15 µm absolus de coupe.



Fg 49: Les cartouches d'utilisées. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Remarque

Les cartouches avant d'utilisés ont une couleur blanche mais après l'utilisation elles prennent la couleur noir parce que l'eau de mer contient 35g/l de sel.



Fg 50: Les filtres à cartouche (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

D. Osmose inverse :

Le système d'osmose inverse est composé de 10 unités de production de 200.000 m³/j. Chacune est composée de 256 tubes à pression. Chaque tube contient 7 membranes. En plus ce système est composé d'une pompe centrifuge de haute pression par unité et d'une pompe de recirculation par unité, et 22 récupérateurs d'énergie par unité. Les pompes à haute pression poussent l'eau vers les membranes qui produiront, via le phénomène d'osmose inversée,

Le système d'osmose inverse se trouve à l'intérieur du bâtiment de production et est organisé en trois sous-systèmes différenciés essentiellement par la nature du fluide qu'ils acheminent. Chaque sous-système dispose de ses propres collecteurs principaux, de ses instruments et de ses vannes associées.

les sous-systèmes sont :

◆ Sous-système d'eau d'alimentation

Le fluide circulant est l'eau de mer d'entrée au traitement d'OI. L'eau de mer d'alimentation aux membranes doit être préalablement conditionnée dans les conditions requises par celles-ci. Ce conditionnement est essentiellement basé sur un contrôle de la matière en suspension et sur un dosage chimique pour éviter la croissance biologique et la précipitation d'incrustations dans les membranes

◆ Sous-système d'eau dessalée

Le fluide de circulation est l'eau qui a traversé les éléments de la membrane (7 membranes par tube de pression). Ce courant est caractérisé par le fait qu'il possède une plus faible concentration saline que celle de l'eau de mer.

◆ Sous-système d'eau de rejet

le courant de saumure circule dans ce sous-système. Il ne traverse pas les éléments de membrane et c'est le courant ayant la concentration saline la plus élevée



Fig 51 : Unité d'osmose inverse. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Chaque module d'osmose inverse se compose de deux pompes et un système :

- Pompe de haute pression (HP) :40% ;
- Pompe de basse pression Booster (BP) :60% ;
- Système de récupération d'énergie (SEP).

D.1 Pompe à haute pression (HP) :

Avant d'entrer dans les membranes d'osmose inverse, l'eau de mer clarifiée est pressurisée au moyen de la pompe haute pression généralement entre 55 et 85 bar, en fonction de la température et de la salinité de l'eau, donnant pour résultats :

- ✓ 40% d'eau produite à laquelle on ajoutera une base (hypochlorite de sodium) et la rendre ainsi potable.
- ✓ 60% de saumure, c'est l'eau contenant une forte concentration en sels qui sera à nouveau envoyée à la mer (grâce à un émissaire sous-marin par gravité).



Fg 52 : la pompe à haute pression (HP).
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

D.2 Pompe à basse pression (Booster) :

On peut dire une pompe circulaire parce qu'elle récupère ou bien rejointre l'eau de mer sortant de la pompe à haute pression à 60 bar qui entre dans le module osmose inverse. Puis l'eau de mer monter à 57 bars vers les ERI.



Fg 53 : Pompe à basse pression (Booster).
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

D.3 Système récupération d'énergie (ERI)

Considérations de conception

Le dispositif de récupération d'énergie PX facilite le transfert de pression du courant de rejet saumâtre à haute pression vers le courant d'alimentation en eau de mer à basse pression. Il fait ceci en mettant les deux courants en contact momentané direct, qui se produit dans les conduits du rotor. Le rotor est introduit dans un manchon en céramique, entre deux couvercles en céramique aux jeux précis. Ainsi, un palier hydrodynamique avec un minimum de friction est créé, lorsqu'il est rempli avec de l'eau à haute pression. Le rotor tourne dans la chemise et sans friction, grâce au palier hydrodynamique. Le rotor est l'unique pièce en mouvement dans l'équipement.

En permanence, la moitié des conduits du rotor sont exposés au courant à haute pression et l'autre moitié au courant à basse pression. Alors que le rotor tourne, les conduits passent une zone scellée qui sépare la haute pression de la basse pression. Ainsi, les conduits qui contiennent.

Le système récupération d'énergie dans la station

ERI c'est un nouveau concept de récupération fait ses dépositions sur les installations de dessalement par osmose inverse et permet de récupérer 95% de l'énergie du rejet de saumure.



Fg 54 : Système de récupération d'énergie.
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

E. Post-traitement

L'eau provenant du bloc d'osmose passe par la dernière étape dans le processus de dessalement, pour assurer une bonne qualité d'eau produite, elle va subir deux traitements

E.1. La neutralisation (Ajustement du pH)

L'eau produite par osmose inverse est agressive, son pH est inférieur au pH de saturation qui est dont le tuyau bleu dans le bâtiment de production traversé vers des 11 chambres.



Fg 55 : Le collecteur de l'eau produit. Fg 56 : Les chambres de l'eau produite.

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Subséquentement la correction du pH se fait à l'aide d'une solution alcaline, dans notre cas, elle se fait par l'addition de calcite (CaCO_3).



Fg 57 : La calcite.

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Cette neutralisation a pour but d'éviter les problèmes liés au CO_2 dissous dans l'eau pour obtenir une eau ni agressive, ni incrustante, car elle présente de multiples inconvénients.

E.2. Poste chloration

Bien que les membranes d'osmose inverse retiennent tous les micro-organismes (bactéries, virus) ; il est nécessaire d'assurer un résiduel de désinfection pour éviter toute contamination et développement biologique.

Dans ce contexte, il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la plus utilisée est la chloration par l'utilisation d'une solution d'hypochlorite de sodium, pour raisons de sécurité à la sortie de l'installation.

L'eau produite sera acheminée vers deux bassins en fait de javel et le traitement sera terminé.



Fg 58 : Bâtiment d'eau produite.

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Enfin, l'eau potable est prête à l'emploi. Elle est stock puis distribuée dans le réseau d'alimentation à ADE Ain-Temouchent.

F. Les rejets de la station

Tous les rejets sont collectés dans ce bassin avant d'être rejeté à la mer via un canal souterrain de 1800 mm en PEHD à 500 m de la côte.



Fg 59 : Bassin de saumure.

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Le système d'amortisseurs de chocs hydrauliques composé de deux citernes identiques.



Fg 60 : La citerne d'amortisseur les chocs (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

G. Équipement de nettoyage chimique

La station contient une chambre de lavage équipée par trois pompes et trois compresseurs de l'air sous-système aspiration et refoulement.



Fg 61 : Les pompes.



Fg 62 : Les compresseurs.

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

La marque de ces équipements est « SULZER » et moteur « ABB »



Fg 63 : Les marques de ce système
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

H. Le laboratoire

Le laboratoire est équipé des instruments nécessaires à la supervision et au contrôle corrects du procédé. L'usine de dessalement de l'eau de mer comporte un seul laboratoire. Ce dernier est organisé de façon à obtenir des résultats fiables. La présence d'une chimiste et une microbiologiste aide à la maîtrise et l'organisation des méthodes d'analyse. Le Laboratoire effectue deux types d'analyses : Analyse physico-chimique et Analyse bactériologiques.



Fg 64 : le laboratoire de la SDEM de Béni Saf
(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Des analyses journalières sont faites afin d'assurer la qualité de l'eau et répondre aux exigences du client

Tableau 02 : Des résultats des analyses. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

TABLEAU DES RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO - CHIMQUES		
	Eau de mer	Eau produite
PH	8,24	8,8
conductivité	53,48	650
turbidité	0,58	0,19
Dureté total	760	64,04
Dureté calcique	140	
Bicarbonate	129,32	79,32
SDI		1.6

TABLEAU DES RESULTATS DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES		
	Norme dans l'eau produite	Norme algérienne
Coliformes	00	10

I. Salle de contrôle

Avec un système de contrôle digital (DCS) YOKOGAWA, tous les équipements de la station sont contrôlables à partir de la salle de commande. On peut gérer tous les costument (les machines) qui sont installées sur l'usine. Toutes les applications exécutées pour le processus sont faites à partir de ce système.



Fig 65 : la salle de contrôle de la SDEM de Béni saf

J. Autres composants de la station

- ◆ Les salles électriques ;



Fig 66 : La salle d'électricité de la SDEM de Béni Saf

- ◆ Les salles des automates ;
- ◆ SNCC: système numérique de contrôle et de commande ;
- ◆ Station électrique conçue pour le fonctionnement de la totalité de la SDEM. (deux lignes électrique de 220000KV)



Fig 67 : Station électrique. (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

2. Evaluation du niveau de la mer

2.1 Enquête sur le terrain

<<La mer monte en silence mais dès qu'elle nous parle elle nous met en conscience >>

(la Banque mondiale, 2000)

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat GIEC a mis une prévision d'après ses études ils sont arrivés à évaluer les niveaux élévations à travers les signes.

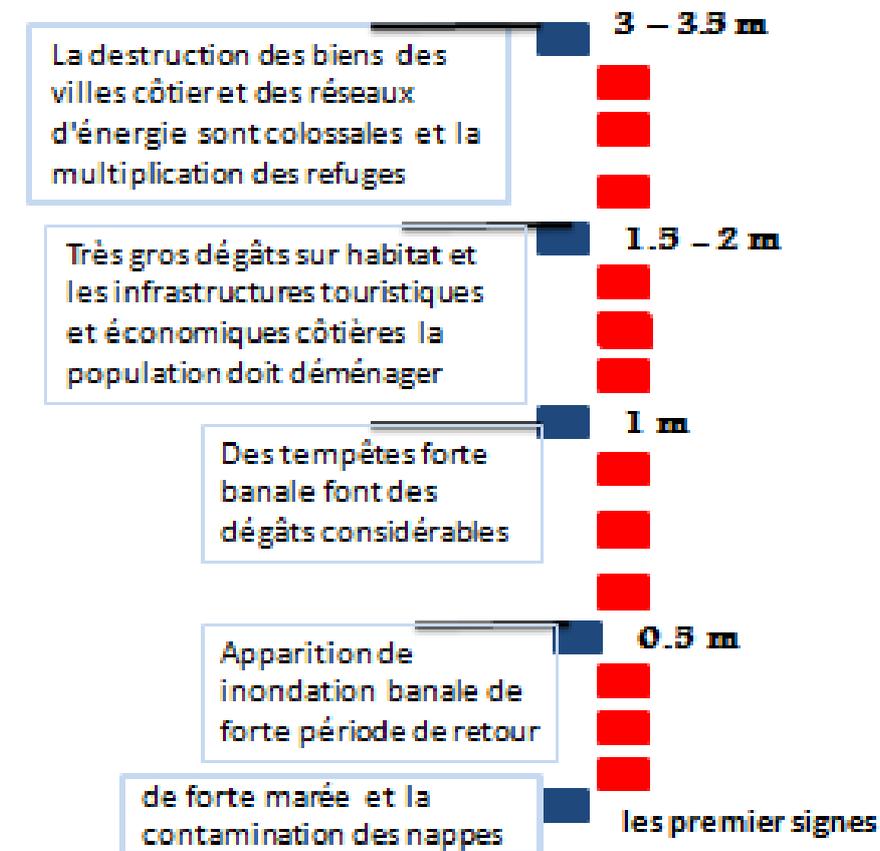


Fig 68 : Evaluation de niveaux élévations a travers les signe (GIEC, 2010)

A ce stade- là, nous devons envisager et analyser comment et quel est le rang auquel nous devons faire face. L'insertion de différentes inspectassions. Nous a permis d'avoir des témoins qui nous renseignent sur l'évolution du paysage.

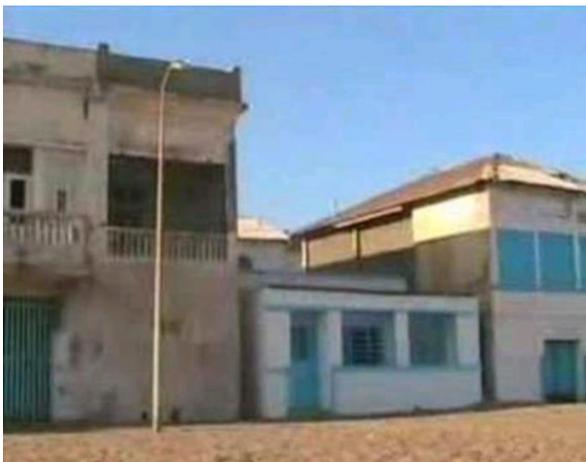
i. Inspectations Civiles

A travers la protection civile et les citoyens

les premiers par les interventions à cause d'ensablement et émergence temporaire partiel qui provoque la condamnation de plusieurs cabanons déviation des routes en hiver et même en été.

Les citoyens déclarent que la mer devient de plus en plus agitée. D'après eux ils ont subie des détriments et des amputations matériels. Concernant leur fondations (cafétérias, restaurants, crémerie) les problèmes annoncés antérieurement prétextent des endommagements de la plupart des équipements.

Les photos suivantes montrent l'évolution de la plage ChattElhilal(1980- 2018).



Fg 69 : Avant



Pendant



Fg 70 : Plage Shtt Elhilale en 1980



Fg 71 : Plage Shtt Elhilale en 2008



Fg 72 : Plage Shtt Elhilale en 2013



Fg 73 : Plage Shtt Elhilale en 2018

Le témoignage des agriculteurs nous a renseignés sur un déficit par rapport aux eaux de l'irrigation. Une légère salinisation des eaux de puits a été observée ces dernières années.

ii. Inspectations climatique

a) Le vent

Les vents ont une grande importance sur la tenue d'un littoral en engendrant la houle et les courants superficiels. De plus, les littoraux sableux sont souvent bordés de dunes qui sont façonnées par le vent

Tableau 03 : Moyennes mensuelles (m /s) des ventes, maximales et Moyennes (Station de Beni saf, 2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jet	A
V moy	17.8	16.5	22.2	22.7	21.4	23	22.4	24	19	10	8	16
V max	19	17.5	23.4	23.8	22.7	24.5	23.5	25	20	15	12	17

Ce bilan représente le vent moyen et maximum .On dispose dans le tableau des moyennes mensuelles des vents moyens et maximaux qui correspondent à une courte durée de 10 ans d'observation de 1999 à 2009.

On remarque que les valeurs maximales sont aux mois décembre, janvier, février (hiver) mais par contre les mois de juin, juillet, aout (été) sont caractérisés par des valeurs minimales.

Tableau 04 : Fréquences par direction (Station de Beni Saf, 2018)

Direction	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	N	NN	
				E		E		E		W	W		W	W	W	
Fréquences	7	3.4	9	4.7	1.7	3	1.6	9	3.5	12	7.6	8.3	8	5.6	12	4.4

De ce tableau, on déduit ce qui suit :

Les vents du secteur NW sont les plus fréquents ; ils sévissent pendant environ 40%

Les vents du secteur NW sont les plus forts avec une grande probabilité apparition des houles

Tandis que les vents du secteur SE sont les plus bas

Remarque

Les vents fortes a grandes fréquences (N, NE, SSW, SW, WSW, NW, W) indique l'hiver.

Tableau 05 : Fréquence relative des vents (Station de Béni Saf, 2018)

Vitesse du vent	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE
≥ 5 m/s	1.3%	6%	2.5%	4.5%	7%	1 %	5%	5%
≥ 7 m/s	7.4%	2.6%	1.8%	2.2%	2.3%	4.7%	1.7%	2.3%
≥ 14 m/s	15%	2.1%	0.7%	0.7%	0.5%	12 %	0.6%	0.5%
≥ 18 m/s	0.2%	0.2	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%	0%	0.2%

Ce tableau met en évidence la fréquence relative des vents

Pour les vents de vitesse supérieure ou égale à 5m/s les fréquences des secteurs WNW, NNE sont équivalentes, mais les coups de vents de vitesse supérieure ou égale à 14 m/s de secteur W est le plus fréquent

Pour la répartition mensuelle.

La fréquence maximale des vents W, NNE, NW à vitesse supérieure ou égale à 14m/s en hiver entre mois décembre, janvier

les vents de secteur ENE, NE sont les plus fréquents en été entre mois juillet, aout

Remarque : En période estivale, il y a un régime de brise solaire soufflant du Sud le matin et tournant généralement au NE dans l'après-midi. Elles peuvent atteindre de 5 à 8 m/s

b) La température

Les températures moyennes mensuelles régissent directement en interaction avec les autres facteurs météorologiques surtout vitesse et turbulence du vent.

Tableau 06 : Moyennes mensuelles des températures, maximales, et minimales (Station de Béni saf, 2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jet	A
Tm (C°)	20.1	14.2	10	5.8	7.1	9.8	8.3	18	20	23.8	24	25
TM(C°)	30	27.4	21.2	18.7	18.7	18.4	20	24	27	29.4	32.5	33.5

Tm : Moyennes mensuelles des températures minimales (°C).

TM : Moyennes mensuelles des températures maximales (°C).

On dispose dans le tableau des moyennes mensuelles des températures minimales et maximales qui correspondent à une courte durée de 10 ans d'observation de 1999 à 2009.

La température des eaux de la mer en surface n'est pas constante, elle est étroitement liée à celle de l'atmosphère et, par conséquent, varie en fonction des saisons.

La mer absorbe de 60% à 75% de la température ambiante (collège de la mer, 2000) qui va introduire le phénomène de la dilatation thermique des eaux de la mer, marquant en expliquant l'émergence des plages en été même si les vents ne sont pas d'une vitesse et turbulence considérable, la température entre mois mai, juin, juillet, aout (dépassé 20,25 C°) fait incidence.

iii. Inspectations des gestionnaires et administrateurs

La direction des travaux publique DTP, service maritime et Société des travaux maritimes de l'ouest STMO soutiennent les propos des habitants de la région en identifiant deux problèmes majeurs : l'érosion de la plage Shti Elhilale et l'ensablement du port de Béni Saf.

- Les observations annuelles des houles (trouble des vagues) mettent en évidence la prédominance des houles de secteur NE de SW et W, la fréquence d'apparition des houles d'amplitude supérieure à 4 m est de l'ordre de 0.1% les calmes sur l'année représentent 14.5% des observations

Tableau 07: Hauteur des houles (m) au large associées aux périodes de retour (La direction des travaux publique maritime, 2018)

Direction	Périodes retour (An)					
	2	5	10	20	50	100
N	4.2	5.3	5.9	6.7	7.7	8.4
NW	4.7	6.1	7.1	8.1	9.5	10.4
W	6.7	8	8.8	9.7	9.8	11.7
NE	5.4	6.3	7	7.6	8.5	9.2

On remarque que les houles exceptionnelles qui présentent de fortes amplitudes sont celles provenant des secteurs Ouest, Nord-Ouest et Nord-est.

Les houles les plus fréquentes sont de secteur N, NW qui jouent un rôle important avec les agents atmosphériques agissant sur la nature en apportant des modifications mécaniques (érosion de la plage)



Fg 74 : Erosion de la plage Chatt Elhilal

- **Le tirant d'eau:** à la période où la houle expose le sable forme des dunes ce la implique la diminution de profondeur à proximité du port de Béni Saf. De plus ce cas joue sur la stabilité et décimation des aérateurs et les injecteurs des bateaux pour éviter tout incidence. Les gestionnaires du port interdisent aux pêcheurs de sortir et le permettent sauf au cannois militaire

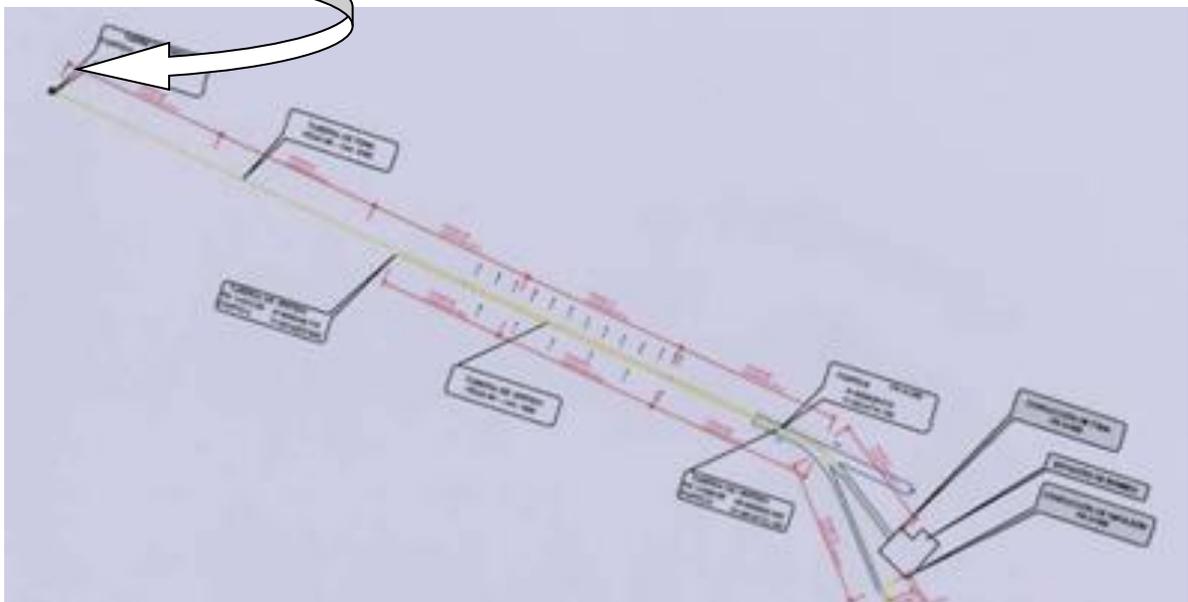
3. Les conditions de captage

- ✓ Captage d'eau de mer : le système est constitué d'un émissaire DN 2400 d'une longueur de 1000 ML off shore lié à une tour de captage posée sur une profondeur de - 18m

Plan des émissaires



: Tour de captage



Fg 75 : Plan des émissaires (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

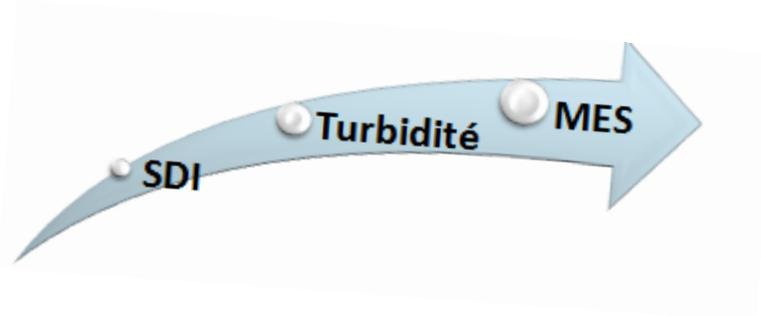
- ➡ Le laboratoire dans la station de dessalement BWC est un acteur qui joue un rôle décisive à travers des divers analyses entamées influant en premier lieu sur les conditions et la validité d'effectuer le captage .
Les résultats des analyses distinguées sont reposés sur des seuils dérivant par le contrat qui déterminent la capacité des traitements et le dosage des produits chimiques effectués à la station.

Tableau 08 : les seuils des analyses (La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

Analyses	MES	Turbidité	SDI
seuil	25 mg/l	20 NTU	3

3.1. Les analyses physico-chimiques

Les analyses de SDI et la turbidité se font quotidiennement dans la station mais les mesures de MES se réalisent lorsque SDI et la turbidité dépassent les seuils indiqués



Les eaux de la mer déconseillées de les capter à l'œil nu



1) La turbidité

PRÉLÈVEMENT ET CONSERVATION

La turbidité doit être déterminée le même jour de son prélèvement. Si ceci est inévitable, conserver au maximum 24 heures dans une ambiance obscure.

MATÉRIEL ET ÉQUIPEMENTS

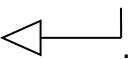
- Turbidimètre WTW 550 IR
- Cuvettes cylindriques



Fg 76 : Turbidimètre

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

PROCÉDURE ANALYTIQUE

1. Allumer le turbidimètre et attendre environ 30 minutes que l'appareil se chauffe.
2. Mettre de l'échantillon dans l'un des tubes d'essai du turbidimètre.
3. Rincer deux fois la cuvette de mesure avec un peu d'échantillon.
4. Verser environ 30 ml d'échantillon à analyser dans la cuvette, la fermer et s'assurer qu'il n'y ait plus de bulles et que l'extérieur soit bien propre.
5. Introduire la cuvette dans l'appareil et l'aligner.
6. L'appareil sélectionne automatiquement l'étendue de mesure selon les besoins. Quand il sera stabilisé, faire la lecture. La valeur sera donnée en Unités Néphélométriques de Turbidité (NTU)
7. Si l'on souhaite comparer des données, au moment de faire une mesure appuyé sur le bouton .

La donnée sera mémorisée et apparaîtra sur la partie inférieure de l'écran.

Au moment de faire la mesure suivante, la valeur actuelle apparaîtra sur la partie supérieure.

2) La mesure de l'SDI : indice d'encrassement ou de colmatage des membranes :

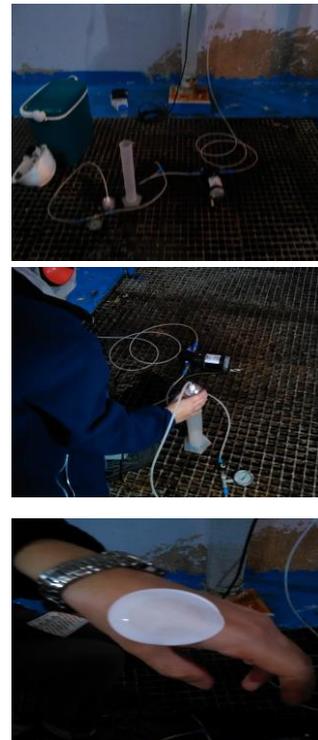
Materials:

- Chronomètre électronique.
- Éprouvette graduée de 500 ml.
- Membranes de 47 mm de diamètre et pore de 45 μ .
- Pompe de 2,1 bar

Mode opératoire:

- Placer la membrane dans son support et humidifier, Purger l'air du circuit, Ajuster la pression à 2,1 bars.
- Mettre en route le chronomètre et le début de la filtration de l'eau en même temps et ne plus arrêter le chronomètre et la filtration de l'eau pendant toute la durée de l'opération.
- Mesurer le temps nécessaire t_0 pour de passage de 500 ml.
- La filtration de l'eau étant continue, la pression maintenue à 2,1 bars et le chronomètre n'étant pas arrêté, quand ce dernier affiche 15 min, mesurer le temps nécessaire t_{15} pour filtrer 500 ml d'eau.
- Le temps t_{15} est équivalent au temps affiché moins 15 min.

Calcul : $SDI = [(1 - T_0/T_f) \times 100] / T$



3) Solide en suspension

MATÉRIEL ET ÉQUIPEMENTS

- Rampe de filtration
- Entonnoirs
- Filtre 0.45um



Fg 78 : Membrane



Fg 79 : filtre sous vide

(La station de dessalement de Béni Saf, 2018)

PROCÉDURE

1. Faire sécher le filtre au minimum 30 minutes dans l'étuve à 105°C.
2. Faire refroidir dans le dessiccateur.
3. Peser et noter le poids (A).
4. Placer le filtre dans l'appareil de filtration à vide et y faire passer 1 litre ou un volume représentatif de l'échantillon (V).
5. Laver le filtre avec un litre d'eau distillée.
6. Faire sécher dans l'étuve à 105°C pendant 1 heure.
7. Faire refroidir dans le dessiccateur et peser (B).

CALCULS

$$\text{mg/l} = \frac{(B - A) \times 1000}{V(L)}$$

Où :

A = poids initial

B = poids final

Résultats et discussion

Les résultats des analyses obtenus déterminent :

- La valeur maximale de la turbidité traitée dans la station ≤ 20 NTU à une capacité de fonctionnement totale $200.000 \text{ m}^3/\text{j}$.

La valeur de la turbidité dans la station au tour de $30,40$ NTU à cet instant-là la réduction de la production est obligatoire pour arriver à fonction adéquatement et produire une eau de qualité souhaitable

La valeur de la turbidité dans la station de $80,85$ NTU le fonctionnement et la production sont impossible, elle peut entrainer des endommagements aux équipements

- Le résultat du calcul $\lt 3$ c'est Les valeurs maximales de la DSI traité dans la station à une capacité de fonctionnement et production totale $200.000 \text{ m}^3/\text{j}$.

Le résultat du calcul $\gt 3$ c'est Les valeurs de la DSI traité dans la station mais par réduction ou l'arrêt de la production

- La valeur maximale de MES a traité dans la station $\leq 25 \text{ mg/l}$ à une capacité de fonctionnement totale $200.000 \text{ m}^3/\text{j}$.



Analyse	MES
Valeur	20 mg/l



Analyse	MES
Valeur	9 mg/l

La valeur de MES dans la station au tour de 35, 40 mg/l à cet instant là la réduction de la production est obligatoire pour arriver à fonction adéquatement et produire une eau de qualité souhaitable



Analyse	MES
Valeur	38 mg/l

La valeur de MES dans la station de 88 ,110 mg/l le fonctionnement et la production sont impossible, elle peut entrainer des endommagements aux équipements



Analyse	MES
Valeur	88 mg/l



Conclusion générale





Conclusion Générale

Dans la station de dessalement de Béni Saf, les étapes de prétraitement utilisées garantissent le bon entretien des équipements de l'usine et une longue durée de vie des membranes dans le but de diminuer le coût.

L'osmose inverse est très dépendante des paramètres physico-chimiques de l'eau brute. Ces paramètres, leur amplitudes à être dessalées sont fixés au contrat .

Des études approfondies de tous les facteurs qui ont une influence sur le dessalement sont nécessaires afin d'évaluer avec précision la qualité captée et la quantité par conséquence .C'est à travers les analyses physico-chimiques que l'état des eaux de la mer est traduit. Les résultats de ces analyses ont une attraction avec les facteurs climatiques.

Ces agents climatiques sont en parallèle les responsables d'apparition les premiers signes de la montée des eaux de la mer et par conséquence l'apparition des impacts assez nuisibles comme l'érosion de la plage de Chatt-El Hillal et son émergence partielle ainsi que l'ensablement de port de Béni Saf en aval.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES





REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANNY C, 2008 .Toulouse .Center NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, extrait de la lettre du changement globale n° 19.
- AURELIA SAINT-JUST, Centre d'études Supérieures de la Marine. MRAIE 2, Dessalement de l'eau de mer et crise de l'eau publiée Décembre 2011.
- BALDERACCHI R, 2009. L'eau dans l'organisme. Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- BECHKI D, 2011. Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes. Doctorat en sciences en génie mécanique. Université Hadj lakhdar Batna.
- 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 foret- France.
- BLUE PLAN ,1992. Overview of the Méditerranéen (Développement and Environnent).
- BOUGIS J, 2013. Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer. Revue Paralia. P.p. 1.1-1.13.
- BOYE H, 2008.Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané .Plan bleu centre d'activité régional, conseil général du l'environnement et du développement durable.

- BRGM, 2010. Quelles techniques pour quels traitement- analyse couts, bénéfices. Rapport final. BRGM/ RP-58609-FR.
- 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.
- CHENAOUI B, 2010. Dessalement de l'eau de mer à la station de MAINIS et son impact sur l'environnement. Séminaire Ouargla. Université de Chlef.
- CORBASSON C, PONCERY A, CACHARD S, 2007. <<La désalinisation de l'eau de mer (électrodialyse)" France.
- DANIS P, 2003. Dessalement de l'eau de mer. *Technique de L'ingénieur*. J2700.
- DIOP S, REKACEWICZ P ,2003. Atlas mondial de l'eau : une pénurie annoncée. Paris : Éd. Autrement, 63 p
- GRANAHAN G.BALK D. et B, 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. Environment and Urbanization,
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2008. Le changement climatique et l'eau. Document technique VI de GIEC.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2010. Le changement climatique et l'eau. Document technique VI de GIEC. 2ème Ed.
- HALLOUFI O, 2010. Etude de la performance d'un distillateur solaire par un système de préchauffage solaire de l'eau saumâtre. Mémoire de Magister. Université Mentouri. Algérie. 82 p.

- <http://ddc.arte.tv/cartes>.
- HUOT A, 2010. Eau et santé. La revue Biocontact, n°200.
- KEHAL S, 2000. Rétrospective et perspectives du dessalement en Algérie. Elsevier. Désaliénation. 136 : 35-42.
- La dérivation des travaux publique maritime, 2018.
- LATTERMAN, 2008. Article dans la Revue de SCIENCE & VIE n° 1090 – 2008.
- MANDRI A. RICH D. MANGIN S. ABDERAFI C. BEBON N. SEMLALISJ. BOUAHMIDI A. BOUHAOUSS. Parametric study of the sweating step in the seawater desalination process by indirect freezing, Desalination.
- MANDRI Y, 2011. Etude paramétrique du procédé de dessalement de l'eau de mer par congélation sur paroi froide. Thèse de doctorat, génie des procédés université Claud bernard , N°d'ordre : CT12.
- Marine C, Géologue, Article dans la Revue de SCIENCE & VIE n° 1090 – 2008.
- MAUREL A, 2006. Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2ème Ed. Lavoisier. France. 285 p.
- OLIVAUX Y, 2007. La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563 p.
- PATIER X. BLANCHON D, 2010. Documentation photographiques. 8078. L'Eau, une ressource menacée ? La documentation Française. Paris. 63p.
- PETER W, GEOLOGUE ET PALEONTOLOGUE UNIVERSITE DE SEATTLE. Article dans la Revue de SCIENCE & VIE n° 1090 – 2008.

- Portail Algérien des énergies renouvelables, « le dessalement d'eau de mer pour contrer la pénurie d'eau en Algérie », <https://portail.cder.dz/spip.php?article=2439>, page consultée le 1er février 2018.
- SAMAKE O, 2013. Analyse thermodynamique d'un multiple effets à thermo-compression alimenté par les pertes énergétiques d'un moteur diesel. Université de Sherbrooke .
- Station de dessalement de Béni Saf 2018.
- Station de Béni saf, 2018.
- SELLAMI M H, 2014. Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région sud- est algérien (Ourgla). Thèse de doctorat. Université Kasdi Merbah Ourgla. Algérie. 111 p.
- SPELLMAN. & FRANK R, 2008. The Science of water: concepts and applications. 2nd.
- 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.
- THIELBORGER P, 2014. The right(s) to water. Ed. Springer-Verlag. Berlin. 231p.
- 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.
- TATA D, 2009. « Dessalement de l'eau de mer : bilan des dernières avancées technologiques ; bilan économique ; analyse critique en fonction des contextes », Paris, 15p.

- VIVIANE R, 2008 PALEONTOLOGUE UNIVERSITE DE SEATTLE. Article dans la Revue de SCIENCE & VIE n° 1090.
- WANGNICK K, 2000 IDA Worldwide Desalting Plants Inventory. Report 2000.
- WOODWORTH P.LAND D.BLACKMAN, 2004:Evidence for systematic changes in extrême high waters since the mid-1970s.J.Climate, 17,1190-1197.

Résumé

L'objectif de la présente étude c'est d'évaluer l'élévation du niveau de la mer dans la région littorale d'Ain Témouchent << plage Chatt EL-Hillal >> à travers les impacts et les causes influés d'une part et d'autre part nous avons démontré les conditions de captage dans la station de dessalement de Béni Saf d'après les analyses spécifiques entamés.

A la lumière des résultats des deux parties, une liaison est envisagé en surface, les conditions climatiques influés sur le niveau de mer, eux les mêmes qu'ils font arrêter la station de dessalement de Béni Saf si non le coût va être exponentiel.

Mots clés : Le niveau de l'élévation, La station de dessalement de Béni Saf, Les analyses spécifiques, Les conditions climatiques

المخلص

الهدف من الدراسة الحالية هو تحديد مستوى ارتفاع منسوب مياه البحر منطقة الساحلية لعين تموشنت "شاطئ الهلال" من خلال التأثيرات الظاهرية والأسباب مؤثرة من ناحية ومن ناحية أخرى تطرقنا لشروط التقاط المياه البحر بمحطة لتحلية مياه البحر ببني صاف من خلال التحاليل النوعية التي أجريت.

على ضوء النتائج المتحصل عليها في هذان جزأين، تظهر في الواجهة رابط، هي أن الأوضاع المناخية مؤثرة على تغيرات في مستوى البحر، هي التي وفي الآن نفسه المتسببة في توقف محطة تحلية المياه ببني صاف وإلا التكلفة ستتضاعف.

الكلمات مفتاحية: محطة لتحلية مياه البحر ببني صاف، ارتفاع منسوب مياه البحر، التحاليل النوعية، الأوضاع المناخية

Abstract

The objective of This present study is to evaluate the level of elevation region coast Ain Témouchent « Beach EL-HILLAL » from the impacts appeared and the causes affected in the one side and in another side we have to determined the conditions of capture at the desalination station of Beni Saf for the analyses specifics did.

In light of the results of the two parte the liaison argue to the surface ,the conditions climatique affect to the level of sea them the same that they will stopped the desalination station of Beni Saf, if not the affectation go to be geminate.

Keywords: The desalination station of Beni Saf , The conditions climatique ,The level of sea,The analyses specifics.