

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAÏD
FACULTÉ DE MÉDECINE
DR. B. BENZERDJEB - TLEMCEM



وزارة التعليم العالي
والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد
كلية الطب
د. ب. بن زرجب - تلمسان

DEPARTEMENT DE PHARMACIE

MEMOIRE DE FIN D' ETUDES POUR
L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE

THÈME :

**Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de
l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk
Tleta « Tlemcen »**

Présenté par : Zouag Bilal , Belhadj Yassine

Soutenu le 21-06-2017

Le Jury

Président : Benyahia Djamila

Maître assistante en Parasitologie

Membres : Adda Fatema

Maître assistante en Hémobiologie

Elyebdri Nassima

Maître assistante en Pharmacognosie

Encadreur : Benamara Salim

Maître assistant en Hydro-bromatologie

Co-encadreur : Benhadouche Iméne

Assistante en Hydro-bromatologie

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. Benaamara Salim d'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Mme. Benhadouche Iméne d'avoir accepté de Co-encadrer ce

Travail et pour ses conseils judicieux.

Nous tenons également à remercier Mme, Benyahia Djamilia D'avoir accepté de présider le jury.

Nous remercions Mme. Adda Fatema et Mme Elyebdri Nassima qui nous ont honoré pour examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à :

L'ensemble du personnel de la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tleta, du laboratoire central et du laboratoire du bureau d'hygiène du CHU Tlemcen qui nous ont facilité l'avancement de la partie analyse.

Dédicaces

Avec l'aide et la protection d'ALLAH

S'est réalisé ce travail.

Nous dédions ce travail à :

Nos trop chers parents qui nous ont toujours apportés

l'amour et l'affection

Toute les familles Zouag et Belhadj

Nos amis K. Ayoub, B. Hichem et D. Younes

Nos camarades de promo de Pharmacie

Et tous les amis

i. Table des Matières

II. LISTE DES ABREVIATIONS

III. LISTE DES TABLEAUX

IV. LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE 2

Partie I : Revue bibliographique

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU 5

1-INTRODUCTION.....	5
2-DEFINITION DE L'EAU	5
3-IMPORTANCE DE L'EAU	6
4-CYCLE DE L'EAU	6
5-REPARTITION DE L'EAU SUR LA PLANETE.....	7
6-ADEQUATION ENTRE RESSOURCES ET BESOINS EN EAU.....	9
7-SOURCES D'EAU.....	10
7.1-Eaux souterraines.....	11
7.1.1-les nappes.....	11
7.1.1.1-Définitions	11
7.1.1.2-Les différents types de nappes.....	11
7.1.1.3- la plus grande nappe phréatique du monde	12
7.2-Eau de surface.....	12
7.3-Eau saline.....	12
7.3.1-Eau de mer	12
7.3.2-Eaux saumâtres.....	13
7.3.3-Origine de la salinité	14
7.4-Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes	15
8-EAU EN ALGERIE	16
9-QUALITE DE L'EAU	17
9.1-Paramètres physicochimiques :	17
9.2-Facteurs toxiques	18
9.3-Facteurs microbiologiques.....	18

CHAPITRE 2 : POLLUTION DES EAUX 20

1-GENERALITES	20
2-DEFINITION	20
3-SOURCES DE LA POLLUTION.....	20
3.1- pollution domestique.....	20
3.2- pollution industrielle.....	21
3.3- pollution agricole	21
3.4- pollution accidentelle	21
5- PRINCIPAUX POLLUANTS	22
6-CONSEQUENCES DE LA POLLUTION	22
7-PRINCIPALES MALADIES D'ORIGINES HYDRIQUES	23

CHAPITRE 3 : TRAITEMENT DE L'EAU 25

1-INTRODUCTION.....	25
2-HISTORIQUE DU TRAITEMENT DES EAUX.....	25
3-IMPORTANCE DU TRAITEMENT DES EAUX.....	26

4-TRAITEMENTS DE L'EAU	26
4.1-Traitement physico-chimique des eaux de boisson	26
4.1.1-Le prétraitement	26
4.1.1.1-Prétraitement physique.....	26
4.1.1.2-Prétraitement chimique : Pré oxydation	27
4.1.2-Traitement de clarification	27
4.1.2.1-Décantation.....	27
4.1.2.2-Coagulation floculation	27
4.1.2.3- filtration.....	28
4.3.3- affinage.....	28
4.2- désinfection de l'eau	28
4.2.1-Définition et intérêt de la désinfection.....	28
4.2.2- mécanisme de désinfection.....	29
4.2.3- désinfection chimique	29
4.2.3.1- désinfection par le chlore.....	29
4.2.3.2- désinfection par l'ozone	30
4.2.4- désinfection physique : La désinfection par les rayons UV.....	31
CHAPITRE 4 : PROCEDES DE DESSALEMENT :	33
1-INTRODUCTION.....	33
2-DEFINITION	33
3-HISTORIQUE	34
4- DIVERS PROCEDES DE DESSALEMENT.....	35
5-LES PROCEDES DE DISTILLATION	35
5.1-Distillation a simple effet.....	36
5.2-Distillation à multiples effets	36
5.3-Distillation par détente successives.....	37
5.4-Distillation par Compression mécanique de vapeur	38
5.5- Comparaison entre les méthodes de distillation	39
6- LES PROCEDES MEMBRANAIRES.....	39
6.1-L'ultrafiltration (UF)	40
6.2-La microfiltration (MF)	40
6.3-L'électrodialyse	40
6.4- L'osmose inverse	40
6.4.1-Définition.....	40
6.4.2-Osmose inverse Procédé de choix	41
6.5-Comparaison entre les méthodes membranaires.....	42
7-DESSALEMENT DE L'EAU DE MER : OSMOSE INVERSE OU DISTILLATION ?.....	42
8-PROBLEMES TECHNIQUES RENCONTRES EN DESSALEMENT	44
8.1-La corrosion	44
8.2-L'entartrage.....	44
8.3-Le colmatage (Fouling).....	44
9-MARCHE ET ASPECT ECONOMIQUE DU DESSALEMENT DES EAUX	44
10-LE DESSALEMENT EN ALGÉRIE.....	47
10.1-Historique	47
10.2-Station de dessalement en Algérie.....	48
10.2.1-Petites stations :	48
11-CONCLUSION	51

Partie II : Partie pratique

CHAPITRE 1 : MATERIELS ET METHODES.....	53
1- OBJECTIFS DE L'ETUDE	53
1.1- objectif principale.....	53

1.2- objectif secondaire	53
2- TYPE D'ETUDE	53
3- DUREE ET LIEUX DE L'ETUDE	53
4- ETUDE DE MILIEUX	53
4.1-Présentation de station de dessalement.....	53
4.2-Situation géographique.....	54
4.3-Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata.....	55
4.3.1-Etape de prétraitement	57
4.3.1.1-Prise de l'eau de mer et filtration	57
4.3.1.2-Choc chloration.....	57
4.3.1.3-Station de pompage d'eau	57
4.3.1.4-Ultrafiltration	57
4.3.1.4.1- Système de membrane.....	57
4.3.1.4.2-Nettoyage de l'UF	58
a- Back Wash	58
Cette opération de nettoyage est effectuée par l'eau filtrée qui sera utilisée pour laver les trains d'UF. En outre, l'air d'usine sera utilisé pendant l'ordre de lavage pour augmenter le nettoyage des modules de membranes. Une pression périodique de 2.5 bars qui peut être prédéterminée par l'un ou l'autre écoulement ou par le temps écoulé total, est maintenue pendant l'intervalle (30 – 45) minutes.....	58
b- UF Cleaning –in-place (CIP).....	58
4.3.1.5-Stockage de l'eau filtré	59
4.3.1.6-Dosage de méta bisulfite de sodium SMBS ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	59
4.3.1.7-Dosage anti scalant.....	59
4.3.2-Etape de l'osmose inverse (RO)	60
4.3.2.1-Pompes d'alimentation de RO	60
4.3.2.2-Trains de système de l'osmose inverse (RO)	60
4.3.2.3-Cleaning in place	61
4.3.3-Etape de poste traitement	61
4.3.3.1-Dosage du chlore	62
4.3.3.2-Dosage du dioxyde de carbone et de chaux.....	62
4.3.3.3-Stockage de l'eau traité.....	63
4.3.3.4-Réservoir de décharge.....	63
5- MATERIELS ET METHODES	63
5.1-Station de prélèvement étudiée.....	63
5.2-Echantillonnage et mode de prélèvement.....	64
5.3-Analyses physico-chimiques	65
5.3.1-Les facteurs organoleptiques	65
5.3.1.1-Evaluation de la couleur par le colorimètre	65
5.3.1.2-Evaluation de l'odeur et de la saveur	66
5.3.1.3-Mesure de la turbidité	66
5.3.2- Mesure de PH.....	67
5.3.3-Mesure de la conductivité	68
5.3.4-Détermination de la dureté totale par titrimétrie à l'EDTA	69
5.3.5-Détermination de la dureté totale par calcul (autre méthode).....	70
5.3.6-L'alcalinité totale.....	70
5.3.7-Solides solubles totaux (TSS).....	71
5.3.8-Minéralisation totale	72
5.3.9-Chlore libre (Cl_2).....	73
5.3.10-Dosage des ions majeur et de Bore	74
5.3.10.1-Dosage du Bore.....	75
5.3.10.2-Dosage des cations	77
5.3.10.3-Dosage des anions	79
5.3.11-Indice de saturation – Indice de Langelier (LSI) :	80
5.4-Analyse microbiologique	81
5.4.1-Dénombrement des germes totaux.....	82
5.4.2-Recherche des coliformes totaux.....	83

5.4.2.1-Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.....	84
5.4.2.2-Test confirmatif.....	85
5.4.3-Recherche des Streptocoques fécaux.....	87
5.4.4-Dénombrement des Clostridium sulfito réducteurs	90
5.4.5-Recherche des Vibrions cholériques.....	92
5.4.5.1-Phase de prélèvement et du pré-enrichissement.....	92
5.4.5.2-Phase d'enrichissement.....	92
5.4.6-Recherche des Salmonelles.....	94
5.4.6.1-Phase du 1 ^{er} enrichissement	94
5.4.6.2-Phase du 1 ^{er} isolement et du 2 ^{eme} enrichissement	94
5.4.6.3-Phase du 2 ^{eme} isolement.....	94
5.5-Analyse parasitologique.....	96
5.5.1-Prélèvement.....	96
5.5.2-Examen à l'état frais :	96
5.5.3-Technique de coloration : Technique de Ziehl Neelson modifiée	96
CHAPITRE 2 : RESULTATS :.....	99
1-RESULTATS ORGANOLEPTIQUES :	99
2-RESULTATS PHYSICO-CHIMIQUES :.....	100
3-RESULTATS BACTERIOLOGIQUES.....	103
4-RESULTATS PARASITOLOGIQUE	105
5-SAISIE ET ANALYSE DES DONNEES	105
CHAPITRE 3 : DISCUSSION DES RESULTATS	107
1-INTERPRETATION DES PARAMETRES ORGANOLEPTIQUE	107
1.1-couleur.....	107
1.2 Saveur	107
1.3-Odeur :.....	107
1.4-Turbidité	108
2-INTERPRETATION DES RESULTATS PHYSICOCHIMIQUES	108
2.1-Température	108
2.2-Potentiel d'hydrogène (pH)	108
2.3-Conductivité.....	109
2.4-Dureté totale (TH).....	109
2.5-Minéralisation totale.....	110
2.6-Indice de saturation (L.S.I).....	110
2.7-Chlore libre (Cl ₂)	110
2.8-Calcium (Ca ²⁺)	111
2.9-Magnésium (Mg ²⁺).....	111
2.10-Sodium (Na ⁺).....	112
2.11-Potassium (K ⁺).....	112
2.12-Chlorure (Cl ⁻)	112
2.13-Sulfates (SO ₄ ²⁻)	113
2.14-Bicarbonates (HCO ₃ ³⁻).....	113
2.15-Bore :	113
2.16-Solides solubles totaux (TSS).....	114
3-INTERPRETATION DES RESULTATS BACTERIOLOGIQUES	114
3.1-Germes totaux	114
3.2-Coliformes totaux et fécaux.....	115
3.3-Streptocoques fécaux.....	115
3.4-Clostridium sulfito-réducteurs	115
3.5-Vibron chlorique et salmonella	116
4-INTERPRETATION DES RESULTATS PARASITOLOGIQUES	116
4.1-Giardia	116

4.2-Cryptosporidium.....	116
4.3-les amibes	116
4.4-Les helminthes	117
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	120
ANNEXE	
Références bibliographiques	

ii. Liste des abréviations

- ADE** : Algériennes Des Eaux
- AEC** : Algerian Energy Compagny
- BCPL** : Bouillons Lactose au Pourpre de Bromocrésol
- BWRO**: Brackish Water Reverse Osmosis
- CIP**: Cleaning –in-place
- DPA**: Acide dipicolinic
- DPD**: Diéthyl-p-phénylènediamine
- ED** : Electrodialyse
- EDTA** : Ethyle Diamine Tétracétique
- EPA** : Eau Peptonée Alcaline
- ERS** : Energy Récupération Système
- °F** : Degrés Français
- GNAB** : Gélose Nutritive Alcaline Biliée
- HK** : Gélose Hektoen
- IDE** : Israel Desalination Enterprises
- LSI** : Indice Saturation de Langelier
- MED** : Multi-Effect Distillation
- MES** : Matière En Suspension
- MSF** : Multistage Flash,
- MTH** : Maladies à Transmission Hydrique
- MVC** : Mechanical Vapor Compression
- NET** : Noir d’Eriochrome T
- NF** : Nano Filtration
- NPP** : Nombre Plus Probable
- NTU** : Unité de Turbidité Néphélogétrie
- OMS** : Organisation Mondial de Santé
- Pt /Co** : Platine-Cobalt
- PPM** : Partie Par Million
- RO** : Osmose Inverse
- S** : Siemens
- SBS** : Bi Sulfite de Sodium
- SDCA** : Sabouraud Dextrose au Chloramphénicol

SFB : Bouillon Au Sélénite

SM : Mécanisme de soutien

SWRO : Seawater Reverse Osmosis,

TA : Total Alcalinité

TDS : Seles Dissous Totaux

TH : Titre Hydrométrique

TGEA : Gélose glucosée Tryptonée à l'extrait de levure.

TSS : Suspension Solides Totaux

UF : Ultrafiltration

UFC : Unité Format Colonie

UV : Ultraviolet

VC : Vapeur Compression

ZET : *Zones* d'Expansion Touristique

iii. Liste des tableaux

Tableau n°01 : Réserves d'eau de la planète

Tableau n°02 : Concentrations des différents ions d'un eau de mer

Tableau n°03 : Salinité des principales eaux de mer.

Tableau n°04 : Différence entre eaux souterraines et eaux profondes.

Tableau n°05 : Paramètres physicochimiques selon oms et journal algérien

Tableau n°06 : Facteurs toxiques selon oms et journal algérien

Tableau n°07 : Facteurs microbiologiques selon oms et journal algérien

Tableau n°08 : Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes

Tableau n°09 : Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone

Tableau n°10 : Avantages et inconvénients de la désinfection par les rayons UV

Tableau n°11 : Comparaison entre les méthodes de distillation

Tableau n°12 : Comparaison entre les méthodes membranaires

Tableau n°13 : Comparaison économique entre les différents procédés de dessalement

Tableau n°14 : Les petites stations de dessalement en Algérie

Tableau n°15 : Les grandes stations de dessalement en Algérie

Tableau n°16 : Les solutions standards de Bore

Tableau n°17 : Les solutions standard des cations.

Tableau n°18 : Les solutions standard des anions.

Tableau n°19 : Résultats des analyses organoleptiques.

Tableau n°20 : Résultats des analyses physico-chimiques pour l'eau traitée.

Tableau n°21 : Résultats des analyses physico-chimiques pour l'eau de mer et la moyenne pour celle de l'eau traitée.

Tableau n°22 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de mer et de l'eau traitée

Tableau n°23 : Résultats des analyses parasitologiques de l'eau de mer et de l'eau traitée

.

iv. Liste des figures

Figure n°01 : Aspect biologique de la chloration

Figure n°02 : Schéma de dessalement.

Figure n°03 : Production d'eau douce par condensation sur une éponge

Figure n°04 : Les divers procédés de dessalement

Figure n°05 : Principe de distillation à simple effet

Figure n°06 : Distillation à multiples effets

Figure n°07 : Principe de fonctionnement d'un système par détente successives

Figure n°08 : Compression mécanique de vapeur

Figure n°09 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

Figure n°10 : Capacité cumulée des installations de dessalement dans le monde

Figure n°11 : Capacité de dessalement en service en 2015

Figure n°12 : Station de dessalement de Souk Tlata réelle

Figure n°13 : Organisation générale du procédé de dessalement

Figure n°14 : Représentation d'un train de membrane d'ultrafiltration

Figure n°15 : Représentation de l'UF en production et en Back Wash.

Figure n°16 : Pompe à haute pression (65 bars).

Figure n°17 : Représentation d'un train de système d'osmose inverse.

Figure n°18 : Représentation des étapes de post-traitement.

Figure n°19 : Colorimètre

Figure n°20 : Turbidimètre.

Figure n°21 : PH-mètre.

Figure n°22 : Conductimètre

Figure n°23 : Spectrophotomètre

Figure n°24 : Colorimètre

Figure n°25 : Principe de la chromatographie ionique

Figure n°26 : Système de chromatographie ionique

Figure n°27 : Recherche et dénombrement des germes totaux

Figure n°28 : Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau

Figure n°29 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

Figure n°30 : Recherche et dénombrement des clostridium sulfito- réducteurs

Figure n°31 : Recherche de vibrion chlorique.



Introduction générale

Introduction générale

Le cycle de l'eau, c'est de la nature à la nature en passant par chez vous.

Cette ressource naturelle qui se renouvelle sans cesse est fragile. L'intervention des hommes est indispensable pour la préserver, la protéger avant, pendant et après son utilisation afin de rendre l'eau récupérée en quantité et en qualité dans le milieu naturel.

La demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte et les besoins en eau dans les secteurs industriels et agricoles sont de plus en plus élevés. En effet, les estimations les plus modérées prédisent un déficit de plusieurs millions m³/J dans les années à venir, ce qui se traduira dans certains pays par la baisse de la qualité de la vie et pour d'autre à la mise en danger de sa population.

En Algérie, la conjugaison de la croissance démographique, du développement des secteurs industriels et agricoles, a entraîné un accroissement spectaculaire des besoins en eau ; accroissement nettement plus important par rapport aux quantités mobilisées, au point où le déficit entre l'offre et la demande en eau risque de constituer, à long terme, un handicap insurmontable au développement et un impact négatif sur le plan socio-économique.

Devant les besoins croissants en eau douce, et l'impossibilité de se contenter des ressources naturelles, l'état algérien est appelé à étudier et à développer divers procédés permettant de l'obtenir à partir de l'eau de mers, des eaux saumâtres, et des eaux usées dans des conditions admissibles techniquement et économiquement.

Le dessalement de l'eau est considéré comme une technique aussi ancienne que la terre elle-même, en effet, Ce cycle naturel de l'eau, qui consiste à une évaporation à partir des océans et des mers suivie d'une condensation de la vapeur ainsi formée donnant de l'eau douce qui tombe sous forme de pluies et de chutes de neige, est considéré comme le plus grand système de dessalement sur terre. Par ailleurs, il semble que l'homme ait connu ce phénomène depuis fort longtemps.

Compte tenu des nombreuses difficultés que rencontrent les habitants de la wilaya de Tlemcen dans l'accès à l'eau douce et leurs nombreuses contestations sur la qualité

de l'eau du robinet issus de la station du dessalement. Notre travail consiste à apporter quelques éclaircissements, dans l'optique de confirmer ou d'infirmer les nombreuses spéculations des populations concernant la qualité de cette eau.

Au cours de la réalisation de notre mémoire intitulé :

« Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station dessalement de Souk Tleta Tlemcen », nous essayons d'apporter le minimum requis pour satisfaire la curiosité de ceux qui s'intéressent à ce sujet.

Ce travail, consiste à réaliser après une première partie qui est une synthèse bibliographique, une deuxième partie consacrée à des analyses physicochimiques, bactériologiques et parasitologique et sensorielles et la dernière partie portera sur les résultats obtenus et leurs interprétations.

Partie I : Revue Bibliographique



Chapitre 1 : généralités

Chapitre 1 : généralités sur l'eau

1-Introduction

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer [1].

En fait, tous les êtres vivants vivent sur une planète « planète bleu » qui se distingue des autres planètes du système solaire par l'abondance de l'eau. L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie [2].

2-Définition de l'eau

L'eau est partout présente dans la nature. C'est un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants [3]

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. C'est une eau exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Ses caractéristiques de potabilité répondent à des normes établis soit au niveau national, ou international. Son accessibilité est variable d'une région à l'autre du fait des phénomènes climatiques, géographiques, socioculturels et économiques. Ce qui peut amener les populations à utiliser des eaux de qualité douteuse. D'où l'intérêt d'une surveillance et d'un contrôle codifié et rigoureux de la qualité de l'eau de consommation depuis la source d'approvisionnement, quel qu'en soit le type, au consommateur. L'objectif principal étant de préserver la santé de la population. La loi n° 85-05 du 16février 1985 relative à la protection et la promotion de la santé, en particulier les articles 32, 33 et 34 du chapitre II qui insistent sur les

mesures de protection de l'environnement et en particulier de l'eau. En effet, la consommation d'une eau suspecte expose à un risque de maladie. Le risque majeur étant la survenue de maladies à transmission hydrique (MTH) suite à une contamination fécale humaine ou animale. L'approvisionnement en eau potable se fait soit à partir d'eaux souterraines par le biais d'ouvrages tels que les forages, les puits et les sources soit à partir d'eaux de surface par le biais de retenues d'eau ou barrages avec acheminement de l'eau dans un réseau de canalisations [4]

3-Importance de l'eau

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue 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. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les 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 [5]

4-Cycle de l'eau

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années, elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en pluie, va alimenter les mers, les océans et les nappes souterraines.

On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »

L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeuse à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa qualité globale est restée inchangée depuis trois milliards d'années, date de son apparition sur terre

Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est rentrée dans les nuages puis dans les précipitations.

Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule, une toute petite partie de cette eau est en mouvement, la grande majorité étant stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Les racines des plantes vont capter l'eau, qui s'évaporerait ensuite par le système de transpiration des feuilles. Cette transpiration constitue de la vapeur d'eau. De la même façon, les lacs, les océans, vont évaporer une partie de leur eau.

La somme des évaporations, soit $500\,000\text{ km}^3/\text{an}$, est toujours égale à la somme des précipitations. Or, sur les continents, les précipitations sont supérieures de $40\,000\text{ km}^3/\text{an}$ à l'évaporation. Sur les océans, de façon à ce que le cycle de l'eau soit équilibré.

Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère. [6]

5-Répartition de l'eau sur la planète

Dans l'optique de son utilisation par l'homme, les aspects quantitatifs et qualitatifs de l'eau sont étroitement liés :

- 97% de l'eau se trouve dans l'océan... mais elle est salée ;
- L'atmosphère, qui retient seulement un cent millième de l'eau douce, joue cependant un rôle clé dans le cycle hydrologique par le recyclage rapide qu'elle assure
- Les calottes polaires, notamment celle de l'Antarctique, stockent les trois quarts de l'eau douce de la planète, cette réserve étant malheureusement inaccessible ;

- L'eau que nous utilisons provient essentiellement des lacs, des cours d'eau et des nappes d'eau souterraine. Si pour l'essentiel ces ressources sont renouvelables, il existe des gisements d'eaux souterraines dites : « fossiles » peu impliqués dans le cycle de l'eau compte tenu de leur profondeur (jusqu'à 1 000 m), qui constituent des stocks quasi non renouvelables à l'échelle humaine : le renouvellement n'est jamais nul mais il est très lent, de l'ordre de plusieurs millénaires ou dizaines de millénaires. Accessoires à l'échelle mondiale, mais capitaux pour quelque pays, ces gisements d'eaux souterraines « fossiles » constituent par exemple d'importantes réserves d'eau de bonne qualité dans les grands bassins du Sahara et de la Péninsule arabique :

Arabie Saoudite :500 milliards de m³ ;

Jordanie :30 milliards de m³ ;

Lybie (nappe de Kuffra) : 3 400 milliards de m³ ;

Lybie (nappe de Murzuk) : 4 800 milliards de m³.

L'exploitation de ces eaux souterraines « fossiles » n'est pas seulement « minière » par les techniques de recherches et de production, mais aussi parce que ces gisements d'eau s'épuisent comme des gisements de pétrole ou de minerai. Enfin, des nappes aquifères, réparties sur plusieurs pays, peuvent provoquer des situations conflictuelles.

En comparant les flux des différentes parties de l'hydrosphère aux volumes de chacun des réservoirs, on peut estimer la durée de renouvellement moyen de chacun d'eux, soit :

- 2 500 ans pour les océans ;
- De 1 000 à 10 000 ans pour les glaciers et les calottes glaciaires ;
- 1 500 ans pour l'ensemble des eaux souterraines ;
- 17 ans pour les lacs d'eau douce ;
- 1 an pour l'humidité des sols ;
- 8 jours pour l'atmosphère ;
- 16 jours pour les cours d'eau.

Tableau N°1 : Réserves d'eau de la planète

Réservoirs	Volume (10 ¹⁵ m ³) ^a	% Total	Temps de résidence
Océans	1 3500	97	2 500 ans
Glaciers (calotte glacière)	33	2.4	1 000 à 10 000 ans
Eaux souterraines	8	0.6	1 500 ans
Lacs	0.1	<0.01	17 ans
Eau dans le sol	0.07	<0.01	1 an
Eau dans l'atmosphère	0.013	<0.001	8 jours
Rivières	0.0017	0.0001	16 jours
Eau dans la matière vivante	0.0011	0.0001	Quelques heures
Total	1 391	100	

Source : Alain Maurel, 2006, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2ème édition

Ainsi, s'opposent deux types de réservoirs : ceux qui font office de conducteurs (cours d'eau et atmosphère), et ceux qui jouent le rôle d'accumulations (glaciers, nappes et océans). [6]

6-Adéquation entre ressources et besoins en eau

Les ressources en eau 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 40 000 km³/an.

Compte tenu de la population actuelle de la planète qui est d'environ 6 milliards d'habitants, la quantité moyenne d'eau renouvelable disponible est de l'ordre de 7 000 m³/an/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 de la planète ne cesse d'augmenter alors que la ressource reste constante. Dans certains cas mêmes, cette ressource diminue par suite des problèmes de pollution.
- Les ressources en eau sont très inégalement réparties sur la planète. Il y a les déserts et les 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 lesquelles tombent chaque année plusieurs mètres de pluie.

Ainsi, neuf pays se partagent 60% des ressources en eau (40 000 km³/an) : Brésil, Russie, Chine, Canada, Indonésie, États-Unis, Inde, Colombie, Zaïre. Très souvent, des inégalités peuvent exister au niveau d'un pays. En Algérie, par exemple, 75% des ressources renouvelables sont concentrées sur 6% du territoire ;

Les besoins en eau sont très variables suivants les pays. Il y a les pays en voie de développement peu industrialisés ou la consommation par tête n'excède guère une quarantaine de litres par jour, tous usages compris. Mais, il y a des Etats industrialisés ou la consommation journalière atteint plusieurs milliers de litres par personne si on additionne les besoins domestiques, agricoles et industriels. Ici, les populations – femmes et enfants surtout – sont astreintes à porter sur des kilomètres les quelques litres d'eau indispensables à la boisson et aux usages domestiques. Ailleurs, des installations gaspillent des milliers de tonnes d'eau qu'il existe des procédés permettant des économies énormes. [6]

7-Sources d'eau

L'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à trois types de ressources naturelles :

- Les eaux souterraines,
- Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs),
- Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres).

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. [7]

7.1-Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes. [7]

7.1.1-les nappes

7.1.1.1-Définitions

« L'aquifère », ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau [8].

Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue [9].

7.1.1.2-Les différents types de nappes

a. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable

b. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive [10].

Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.

- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives [11]

7.1.1.3- la plus grande nappe phréatique du monde

Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. [12]

7.2-Eau de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. [13]

7.3-Eau saline

Une *eau saline* est constituée d'eaux naturelles qui contiennent une quantité notable de sels, dont la nature n'est ni ferrugineuse (eau ferrugineuse) ni sulfureuse

L'eau saline comprend les eaux dures, l'eau salée, l'eau alcaline... et l'eau continentale qui contient une forte concentration en sels.

Ainsi, une eau est dite saline lorsque l'eau salée possède une teneur en matières dissoutes proche de celle de l'eau de mer. Par convention, on y classe toute eau salée à concentration comprise entre 10 000 et 100 000 ppm, donc intermédiaire entre l'eau saumâtre et l'eau sursalée. [14]

7.3.1-Eau de mer

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère. L'eau de mer est faiblement alcaline. Son pH étant compris entre 7.5 et 8.4. [15].

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La

salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/L. Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées. [16]

Tableau n°2 : concentrations des différents ions d'un eau de mer

Type d'ions	Salinité (g/l)	Quantité Totale de matières en solution (%)
Anions :		
Chlorures	18.98	55.04
Sulfates	2.65	7.68
Bicarbonates	0.14	0.41
Bromures	0.065	0.19
Fluorures	0.0013	0.00
Acide borique	0.0260	0.07
Cations :		
Sodium	10.56	30.61
Magnésium	1.27	3.69
Calcium	0.40	1.16
Potassium	0.38	1.10
Strontium	0.013	0.04
TOTAL	34.5	99.99

Source : Raymond des Jardins, 2007, « les traitements des eaux », 2ème édition

Tableau n°3 : salinité des principales eaux de mer.

Mer ou océan	Concentration (mg/L)
Mer Rouge	43 000
Golfe Arabique	43 000
Mer Méditerranée	39 400
Océan Atlantique	36 000
Océan Indien	33 800
Océan Pacifique	33 000
Mer Adriatique	25 000
Mer Noire	13 000
Mer Baltique	7000

Source : Raymond des Jardins, 2007, « les traitements des eaux », 2ème édition

7.3.2-Eaux saumâtres

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

sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels, en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le CaCO_3 , le CaSO_4 , le MgCO_3 et le Na Cl [16].

7.3.3-Origine de la salinité

Les premières théories scientifiques sur l'origine du sel de la mer émanaient d'Edmond Halley qui proposa en 1715 que le sel et les autres minéraux y sont amenés par les rivières. L'écoulement de l'eau en surface (eau de pluie) et dans les rivières arrache des ions par dissolution des roches. Les eaux douces souterraines et de surface sont donc très légèrement salées à cause de ses ions qui sont entraînés jusqu'à l'océan où ils restent ; tandis que l'évaporation entraîne leurs concentrations. [18]

7.4-Principales différences entre eaux superficielles et eaux profondes

Tableau n°4 : différence entre eaux souterraines et eaux profondes

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
Turbidité	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
Couleur	Principalement dû aux sols en suspension (argile, algue, ...) excepté pour les eaux acides et très douces.	Principalement dû aux solides dissous
Contenu minéral	Varie avec le sol, les effluents, les pluies, ...	Généralement plus important que pour l'eau de surface pour un même endroit
Fer et Mn en solution	Généralement pas sauf pour au fond des lacs et dans le processus d'eutrophisation	Présent
Co2 agressif	Pas présent	Souvent présent en grande quantité
O2 dissout	Souvent proche du niveau de saturation. Absent dans les eaux très polluées	Généralement peu présent
H2S	Pas présent	Souvent présent
NH4+	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présent sans forcément une pollution bactériologique
Nitrates	Niveau généralement faible	Niveau parfois important
Silice	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
Micropolluants d'origine organique et minérale	Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminé	Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets à très long terme
Organismes vivants	Bactéries, virus, plancton (animal ou végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
Solvants chlorés	Rarement présent	Souvent présent

Source : KETTAB A, 1992. « Traitement des eaux : Les eaux potables ». Edition : Office des Publications Universitaires. Alger

8-Eau en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières et localisées :

Dans le Sahara, les lits d'oueds recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc. sinon, ce sont des nappes profondes, semi-fossiles ou fossiles, et qui sont très peu utilisées.

Dans le nord d'Algérie l'apport principale vient du ruissellement, après précipitation. Le régime d'un oued est caractérisé par le fait que durant des mois, voire des années, le lit mal délimité est parcouru par un filet d'eau trompeur et que, tout-à-coup, et pendant un temps bref, il roule jusqu'à 5000 m³/second provoquant une crue dévastatrice. En effet, elles sont croissantes d'Ouest en Est et affectent successivement les Monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord Constantinois et enfin le massif des Aurès. [19]

9-Qualité de l'eau

9.1-Paramètres physicochimiques :

Tableau n°5 : les paramètres physicochimiques selon l'OMS et le journal officiel algérien.

Paramètres	Selon l'OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Ph	9	6.5 - 8.5	
Conductivité	1000	2800	µs/cm
Dureté totale	50	100 - 500	°F
Calcium	100	75 - 200	Mg/L
Magnésium	50	150	Mg/L
Sodium	150	200	Mg/L
Potassium	12	20	Mg/L
Sulfates	250	200 - 400	Mg/L
Chlorures	600	200 - 500	Mg/L
Nitrates	50	50	Mg/L
Nitrites	0.1	0.1	Mg/L
Ammonium	0.5	0.5	Mg/L
Phosphates	5	5	Mg/L
Oxydabilité (KMnO4)	5	3	Mg/L
Oxygène dissout	5	5	Mg/L
Aluminium	0.2	0.2	Mg/L
Température	25	25	°C

Source : oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)

9.2-Facteurs toxiques

Tableau n°6 : facteurs toxiques selon l’OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l’OMS	Selon le Journal Algérien	Unité
Argent	005	0.05	Mg/L
Arsenic	0.05	0.05	Mg/L
Cadmium	0.05	0.01	Mg/L
Chrome	0.05	0.05	Mg/L
Cuivre	1	1.5	Mg/L
Fer	0.2	0.3	Mg/L
Fluor	1.5	1.5	Mg/L
Manganèse	0.5	0.5	Mg/L
Mercure	0.001	0.001	Mg/L
Plomb	0.05	0.055	Mg/L
Sélénium	0.01	0.01	Mg/L
Zinc	5	5	Mg/L
Hydrocarbure polycycliques aromatiques	0.1	0.2	µg/L

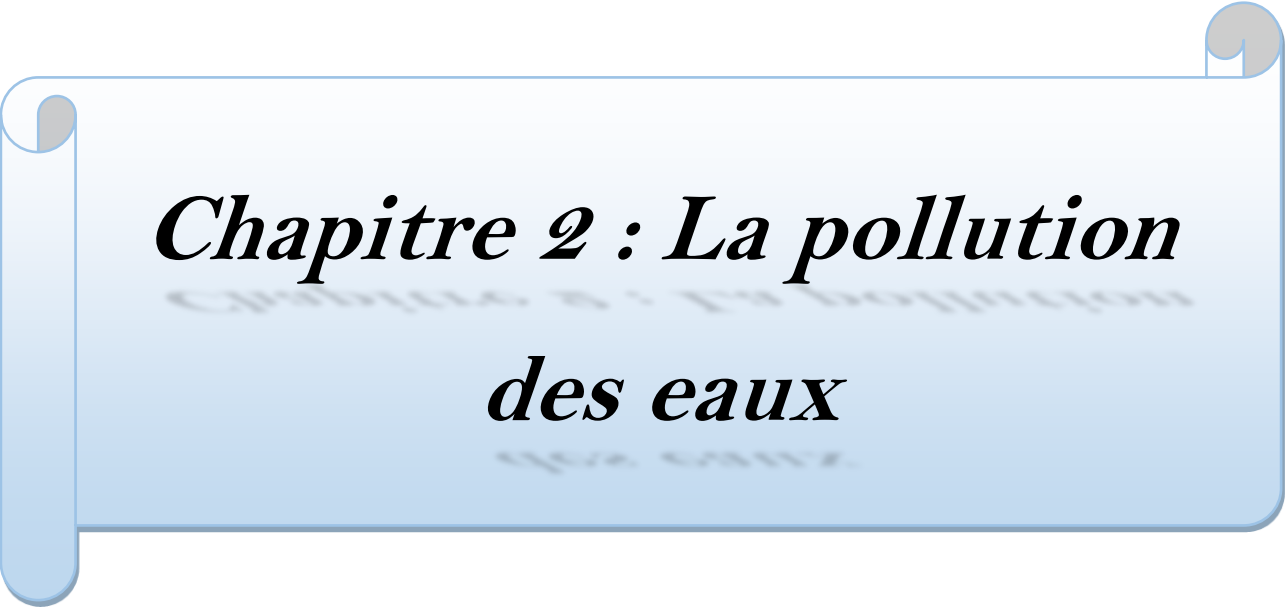
Source : oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)

9.3-Facteurs microbiologiques

Tableau n°7 : facteurs microbiologiques selon l’OMS et le journal officiel algérien.

Facteur	Selon l’OMS	Selon le journal algérien
Germes banaux	100/100 ml	100/100 ml
Coliformes totaux	0/100 ml	0/100 ml
Coliformes fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Streptocoques fécaux	0/100 ml	0/100 ml
Clostridium sulforéducteurs	0/100 ml	0/100 ml

Source : oms (2002), journal officiel de la république algérienne n°27 (26 avril 2006 p10, 11, 12)



*Chapitre 2 : La pollution
des eaux*

Chapitre 2 : pollution des eaux

1-Généralités

Le terme « pollution » désigne la présence d'une substance au-delà d'un seuil pour lequel des effets négatifs sont susceptibles de se produire [21]

Polluer signifie étymologiquement : profaner, souiller, salir, dégrader. Ces vocales ne prêtent pas à équivoque et nous paraissent tout aussi adéquats que les longues définitions données par les experts. Parmi celles-ci nous retiendrons la suivante, publiée dans un rapport rédigé en 1965 par le comité scientifique officiel de la maison blanche intitulée : «pour restaurer la qualité de notre environnement » : «La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition du flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'ils possèdent, les possibilités réactives du milieu » [22]

2-Définition

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. [23]

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

La pollution est directement liée aux activités industrielles et agricoles.

3-Sources de la pollution

3.1- pollution domestique

Elle provient des utilisations de l'eau par les habitants. On distingue les eaux vannes (eau des toilettes) et les eaux ménagères (eau de lavages).

La pollution domestique est surtout organique (graisses, déchets organiques) ; elle peut

aussi être chimique (poudres à laver, détergents, produits utilisés dans les jardins...).

Aux eaux usées domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluie et les eaux "collectives" de lavage des rues, des marchés, des commerces, des bâtiments scolaires, des hôpitaux. Ainsi que les pollutions par des pesticides pour le traitement des espaces verts et des voiries.

3.2- pollution industrielle

La pollution générée par ces rejets varie suivant le type d'activité industrielle. Ils peuvent aussi causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticides ...)

3.3- pollution agricole

La concentration des élevages peut entraîner un excédent de déjections animales par rapport à la capacité d'absorption des terres agricoles ; ces déjections, sous l'effet du ruissellement de l'eau et de l'infiltration dans le sous-sol, enrichissent les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés et constituent aussi une source de pollution bactériologique. Les engrais chimiques (nitrates et phosphates), employés en agriculture, altèrent la qualité des cours d'eau et des nappes souterraines vers lesquels ils sont entraînés.

Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires utilisés par les agriculteurs s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques et polluent les cours d'eau.

3.4- pollution accidentelle

Leurs origines sont multiples. Certains déversements de produits polluants sont dus à des accidents (camions citernes, bacs endommagés, fuites sur canalisations...). D'autres surviennent dans des usines, lorsque des quantités importantes de gaz ou de liquides toxiques s'en échappent et sont disséminées en peu de temps dans la nature.

Les stations d'épuration elles-mêmes peuvent tomber en panne et déverser leurs eaux usées ou leurs boues directement dans le milieu aquatique. Enfin, la pollution peut être due à l'ignorance ou à la légèreté de certains usagers : rejet de solvants chlorés dans les égouts, huiles de vidange [24].

5- principaux polluants

- Les matières en suspension
- Les polluants organiques
- Les matières fertilisantes
- Les polluants métalliques et les polluants chimiques persistants
- Les sels minéraux
- La pollution microbiologique. [25].

6-Conséquences de la pollution

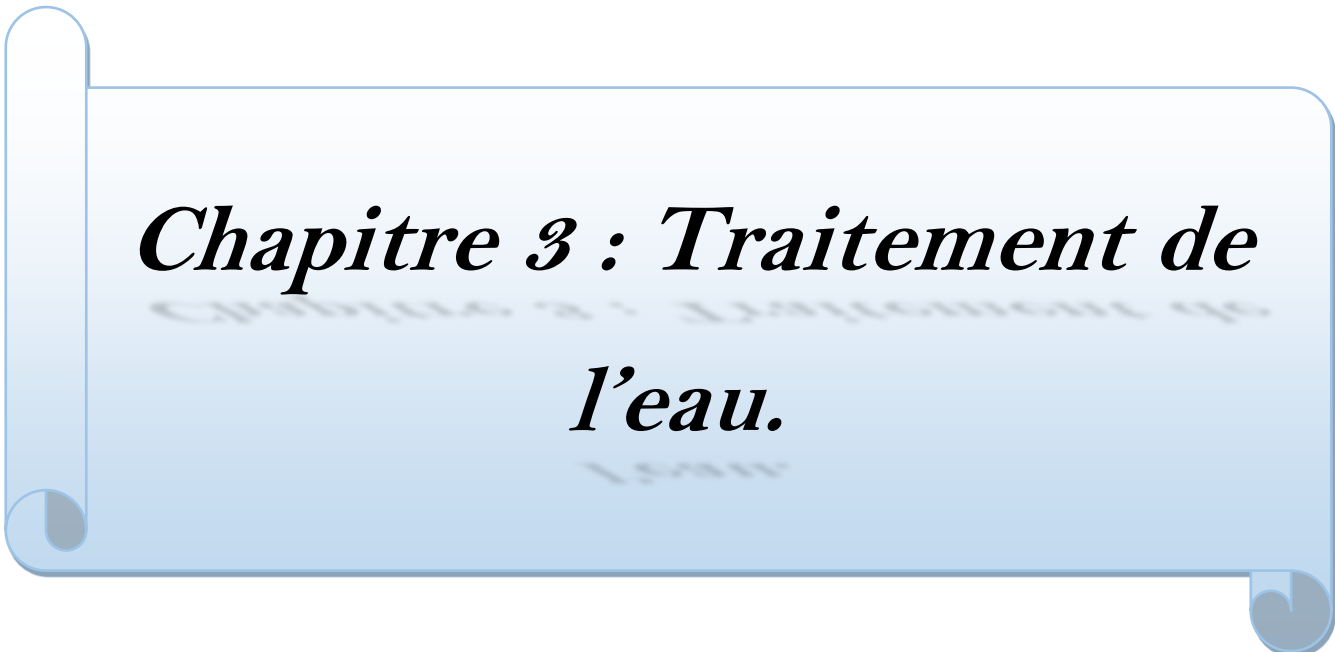
- Les matières organiques solubles abaissent la teneur en Oxygène dans les cours d'eau, ce qui conduit à la réduction et à la mort de la faune aquatique
- Les matières en suspension, s'accumulent au fond des cours d'eau, lacs et étangs et causent l'augmentation de la turbidité.
- Les acides sont toxiques à la vie aquatique et détériorent les réseaux d'égaux.
- Les huiles et les graisses flottants conduisent au colmatage des conduites et donnent un aspect esthétique indésirable.
- Les matières toxiques et métaux lourds sont toxiques à la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.
- Le phosphore est un élément limitant la croissance des plantes et du phytoplancton.
- Les coliformes fécaux et pathogènes participent à la contamination bactériologique des cours d'eau [26]

7-Principales maladies d'origines hydriques

Tableau n°8 : Les principales maladies d'origine hydrique et leurs agents pathogènes.

Maladies	Agents
Origine bactérienne	
Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A et B</i>
Dysenteries bacillaires	<i>Shigella</i>
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
Gastro -entérites aiguës et diarrhées	<i>Escherichia coli</i> entérotoxigène <i>Campylobacter jejuni</i> / <i>E. coli</i> / <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Shigella SP.</i>
Pneumonies	<i>Legionella pneumophila</i>
Origine virale	
Hépatite A et E	Virus hépatites A et E
Poliomyélite	Virus poliomyélitique
Gastro -entérites aiguës et diarrhées	Virus de Norwalk Rotavirus Astrovirus Calicivirus Coronavirus Entérovirus Adénovirus Réovirus
Origine parasitaire	
Dysenteries amibiennes	<i>Entamoeba histolytica</i>
Gastro -entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium</i>

Source : C. Haslay et H. Leclerc, « Microbiologie des eaux d'alimentation », 1993, Edition Technique et Documentation Lavoisier .



***Chapitre 3 : Traitement de
l'eau.***

Chapitre 3 : traitement de l'eau

1-Introduction

Les eaux de surface devraient subir des modifications physiques, chimiques et biologiques qui les rendent potables. Pour cela, il faut donc traiter les eaux de surface par des moyens appropriés qui sont très coûteux et demandent une main-d'œuvre spécialisée. Ces traitements correcteurs qu'on leur applique sont assez stéréotypés et n'éliminent pas toujours tout ce qui (connu ou méconnu) demanderait à être éliminé.

Ces traitements ne peuvent que réduire la nuisance et les eaux naturelles doivent également subir un traitement avant leur utilisation (alimentation, industrie...).

Ainsi les eaux résiduaires doivent être traitées avant déversement dans la nature et les eaux superficielles doivent aussi être traitées avant consommation.

2-Historique du traitement des eaux

2000 avant J.C : On indique comment rendre les eaux potables en les faisant bouillir au-dessus d'un feu, en les chauffant au soleil, en y plongeant un fer chaud ou en les filtrant à travers un lit de sable et de gravier

En 1852, à Londres, on vota une loi qui stipulait que toute eau destinée à la consommation humaine devait être filtrée.

En 1854, John Snow et John York ont montré, dans la mesure où ils le pouvaient avec les moyens de l'époque, que la fièvre asiatique qui sévissait alors à Londres était transmise par les eaux du puits de « Broad Street ».

A partir de 1904, en Angleterre, on procéda à la chloration continue des eaux de consommation, pratique que les Etats-Unis adoptèrent à leur tour en 1909.

Depuis le début du siècle, on a réalisé d'importants progrès en matière de traitement des eaux. La désinfection continue des eaux est maintenant chose courante ; des produits désinfectants, comme l'ozone et le dioxyde de chlore, assurent une

meilleure désinfection. Grâce à la technologie actuelle, on peut rendre potable à peu près n'importe quelle eau, et quel que soit son degré de pollution.

La tâche actuelle du spécialiste en traitement des eaux ne consiste pas uniquement à appliquer des principes connus, étant donné que la croissance démographique et l'industrialisation ont augmenté la quantité et la diversité des déchets rejetées dans les rivières et les lacs, ce qui donne naissance à de nouveaux problèmes. Les virus, les métaux lourds, les micropolluants, et les trihalométhanes engendrent autant de cas que le spécialiste doit résoudre techniquement et de façon économique. [17]

3-Importance du traitement des eaux

L'organisation mondiale de la santé estime en effet que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont discrètement associés à l'eau : on retrouve ainsi en permanence 400 millions de personnes atteintes de gastro-entérite, 200 millions de schistosomiase (bilharziose) 160 millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose. On estime par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement. Une étude récente a en effet révélé que, chaque année, aux États-Unis, 35 000 personnes étaient victimes de salmonelloses, 200 000 de shigellose et 75 000 d'hépatite à virus A. Ces infections entraînent respectivement des dépenses totales – hospitalisations, mortalité et pertes de rendement – de 6 500 000 \$, 3 500 000 \$ et 115 000 000 \$. [17]

4-Traitements de l'eau

4.1-Traitement physico-chimique des eaux de boisson

4.1.1-Le prétraitement

Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

4.1.1.1-Prétraitement physique

- Dégrillage
- Tamisage ou micro tamisage

- Dessablage
- Autres prétraitements physiques : dégraissage et déshuilage.

4.1.1.2-Prétraitement chimique : Pré oxydation

Cette étape va s'insérer dans une filière de traitement de l'eau en la plaçant en aval des prétraitements physiques et en amont des traitements classiques.

Pour le prétraitement chimique les stations d'épurations d'eau utilisent :

- **De l'oxygène (aération).**
- **Le chlore.**
- **Les chloramines.**
- **Le bioxyde de chlore.**
- **Le permanganate de potassium.**
- **L'Ozone.**

4.1.2-Traitement de clarification

L'ensemble des opérations permettant d'éliminer les M.E.S d'une eau brute ainsi que les polluants associés à ces M.E.S :

4.1.2.1-Décantation

S'effectue dans des bassins. Elle permet d'éliminer 70% environ de matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond du bassin où elles constituent les boues. Celles-ci sont récupérées par raclage au fond du bassin.

4.1.2.2-Coagulation floculation

La coagulation : a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération.

La Floculation : agglomération de particules déstabilisées en micro floc facilement éliminé par les procédés de décantation.

4.1.2.3- filtration

Le filtre le plus classique est le filtre à sable, elle sera d'autant plus efficace que les grains seront plus fins. L'écoulement est alors suffisamment lent pour permettre le développement d'un bio film à la surface du sable. L'activité épuratrice de ce bio film permet la dégradation de la matière organique.

4.3.3- affinage

L'affinage a pour effet l'élimination des matières organiques et de certain micropolluant. Il améliore, en outre les qualités organoleptiques de l'eau :

- L'adsorption sur charbon actif : pour l'éliminations des mauvais goûts et mauvaises odeurs.
- Le stripping : pour l'éliminations des gaz dissouts
- La mise à l'équilibre calco-carbonique.

4.2- désinfection de l'eau

4.2.1-Définition et intérêt de la désinfection

La désinfection de l'eau est un traitement visant à éliminer le microorganisme pathogène : virus, bactéries et parasites, ainsi que la majorité des germes banals.

Elle peut être réalisée soit par des procédés chimique en utilisant des produits chimiques dotés de propriétés bactéricides (Chlore, Ozone, Brome...), ou grâce à des moyens physiques (UV, ébullition, ultrason...).

La désinfection de l'eau doit assurer deux effets importants :

- Effet bactéricide : Immédiat. C'est la capacité de détruire les germes présentent dans l'eau en une étape donnée du traitement.
- Effet rémanent : c'est l'effet bactéricide ou bactériostatique du procédé utilisé qui doit être maintenu dans le réseau de distribution

4.2.2- mécanisme de désinfection

La désinfection a généralement lieu grâce à une altération de la paroi des cellules des micro-organismes, avec un changement de la perméabilité, ou une perturbation de l'activité enzymatique à cause d'un changement structural.

Ces perturbations empêchent les micro-organismes de se développer de nouveau ce qui entraînera leurs morts.

Les désinfectants oxydant ont l'avantage d'éliminer aussi la matière organique de l'eau, ce qui entraînera un manque en nutriments.

4.2.3- désinfection chimique

4.2.3.1- désinfection par le chlore

Les produits chimiques les plus utilisés pour obtenir une désinfection de l'eau par le chlore sont :

- Le chlore gazeux Cl_2
- L'hypochlorite de sodium NaOCl
- L'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$
- Les monochloramines NH_2Cl
- Le dioxyde de chlore ClO_2

Parmi ces produits, c'est au chlore gazeux qu'on a recourt le plus pour la désinfection des eaux d'alimentation

Aspect chimique de la chloration :

- Le chlore est un oxydant très énergique.
- Il a une forte tendance à capter un électron supplémentaire de façon à acquérir une structure stable sous forme d'ions chlorures Cl^- .
- Dans l'eau le chlore gazeux Cl_2 et les hypochlorites réagissent rapidement pour donner l'acide hypochloreux HOCl qui est le produit actif dans la désinfection.





Aspect biologique de la chloration :

- C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actifs dans les mécanismes de désinfection
- Du fait que l'acide hypochloreux ne présent pas de charge électrique, il passe plus facilement la membrane cytoplasmique.
- A l'intérieur de la cellule cible, le HClO bloque toute activité enzymatique par échange d'atome de chlore avec les molécules hydrogène des enzymes, ce qui entrainera la mort cellulaire.

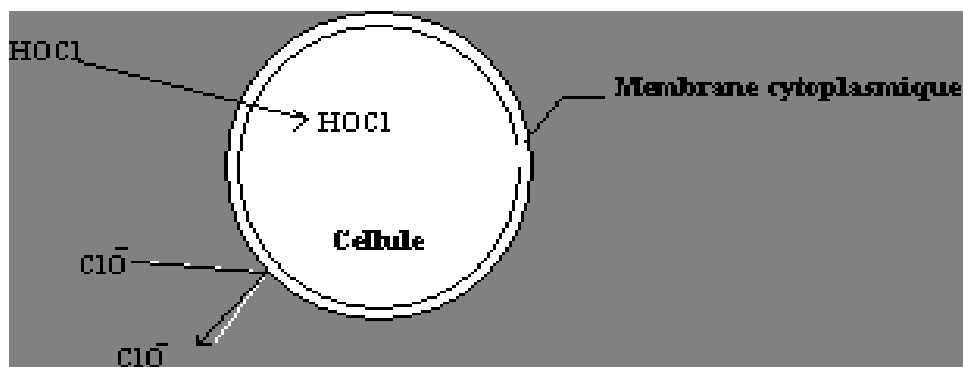


Figure n°01 : aspect biologique de la chloration

4.2.3.2- désinfection par l'ozone

Principe de la désinfection :

Oxydation simple due à l'oxygène naissant et résultant de la dissociation de l'ozone en une molécule d'oxygène et un ion (O²⁻).

Tableau n°9 : avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone.

Avantages	Inconvénients
L'ozone est plus efficace que le chlore, le dioxyde de chlore, et les chloramines pour inactiver les virus, les <i>Giardia</i> et <i>Cryptosporidium</i> .	Le coût d'investissement est élevé, en comparaison avec les autres procédés.
Il oxyde le fer et le manganèse	L'ozone est hautement corrosif et toxique...
Il peut parfois améliorer la clarification de l'eau et la diminution de la turbidité.	L'efficacité de l'ozone décroît rapidement à des valeurs de pH et de température élevées.
L'utilisation de l'ozone agit sur la couleur, le goût et les odeurs.	L'effet de l'ozone n'est pas rémanent
L'ozone est très efficace, et ne demande qu'un temps de contact très court.	

Source : Emmanuel JESTIN, « La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires », agence de l'eau seine-normandie.

4.2.4- désinfection physique : La désinfection par les rayons UV

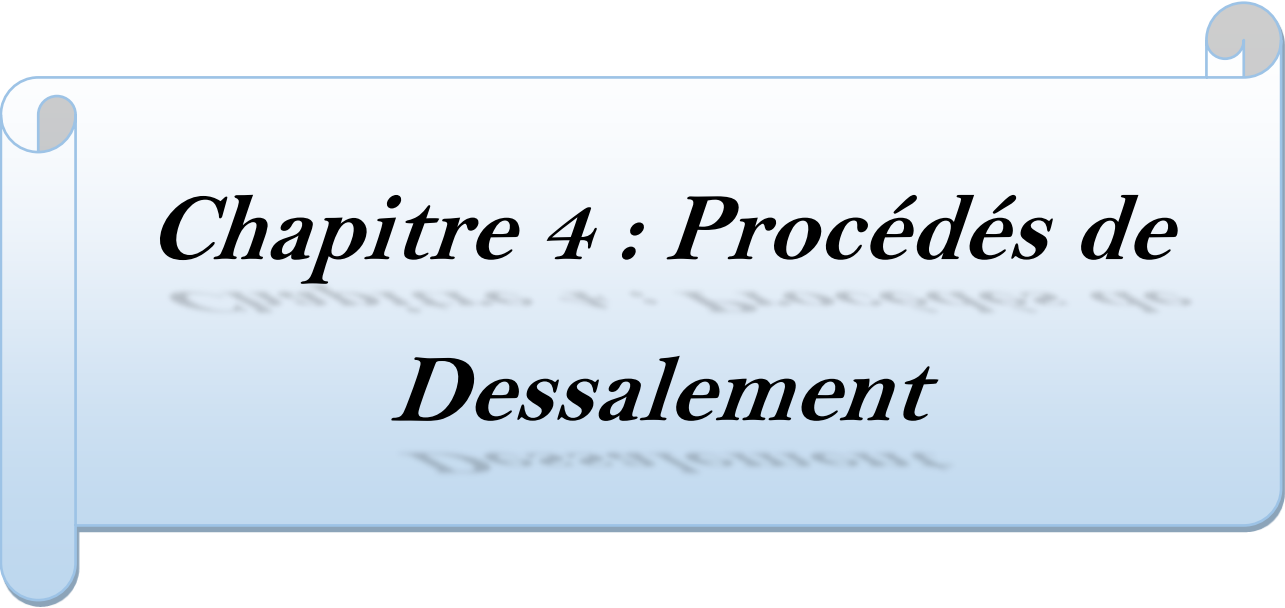
Principe :

Lorsqu'un micro-organisme est exposé à un rayonnement UV-C, le noyau de la cellule est atteint, et la duplication de l'ADN est stoppée. Les rayonnements UV ont un effet sur l'ADN, l'acide nucléique et les enzymes. Les organismes pathogènes sont donc inactivés ou détruits. [28]

Tableau n°10 : avantages et inconvénients de la désinfection par les rayons UV. [28]

Avantages	Inconvénients
Très efficace contre les bactéries et virus à faible dose	Les eaux fortement chargées en fer, calcium, phénols, avec une turbidité élevée ne se prête pas au traitement UV.
Production minimale de sous-produits de désinfection	Effet non rémanent.

Source : Emmanuel JESTIN, « La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires », agence de l'eau seine-normandie.



*Chapitre 4 : Procédés de
Dessalement*

Chapitre 4 : Procédés de Dessalement :

1-Introduction

En l'espace de quelques décennies, l'accès à l'eau est devenu l'un des défis que l'humanité doit relever rapidement. L'eau est pourtant abondante à l'échelle de la planète : les océans sont une réserve inépuisable à condition de séparer le sel et l'eau. D'autres réserves comme les eaux saumâtres trop salées pour être directement consommables sont aussi exploitables. Ce chapitre détaille les différentes techniques déjà utilisées pour le dessalement des eaux et celles qui sont encore au stade de la recherche. Les aspects économiques, qui conditionnent l'accessibilité de ces techniques, sont également exposés, de même que les dimensions énergétiques et environnementales de la question. [29].

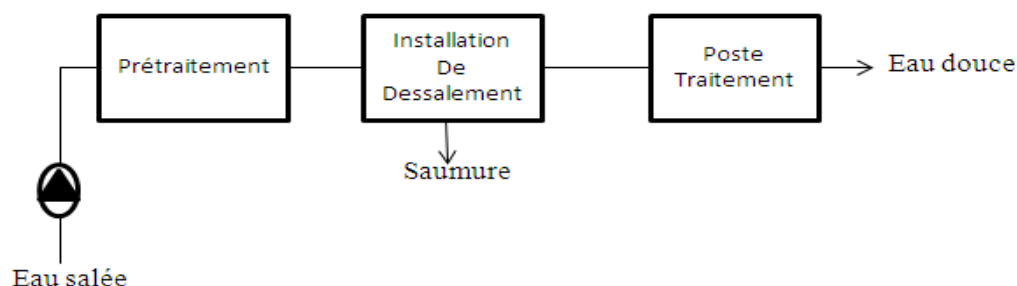
2-Définition

Le dessalement de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce à partir d'une eau saumâtre ou salée (eau de mer notamment). En dépit du nom, il s'agit rarement de retirer les sels de l'eau, mais plutôt l'inverse (extraire de l'eau douce) [30].

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagé, toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes :

1. une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière,
2. un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de Produits anti-tarte.
3. le procédé de dessalement lui-même,
4. le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite. [31]

A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable et doit alors contenir moins de 0,5g de sels par litre.

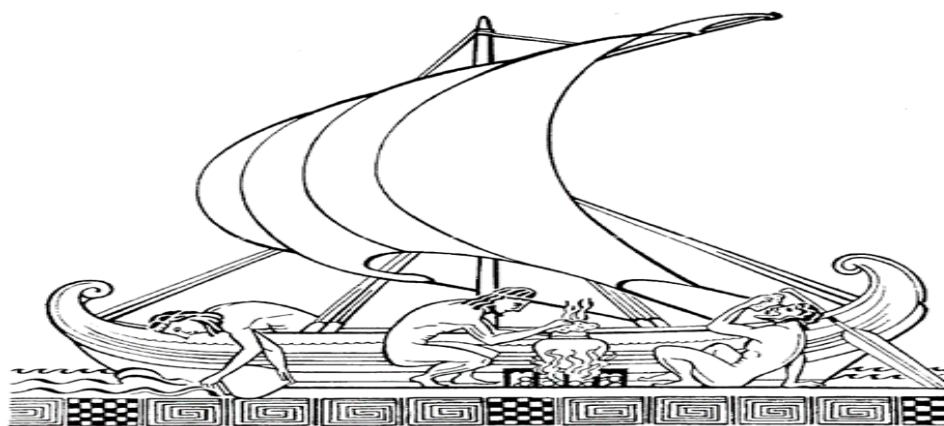


Source : Maurel. A., (2006), Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition

Figure n°02 : schéma de dessalement.

3-Historique

L'idée d'extraire de l'eau potable à partir de la mer n'est d'ailleurs pas nouvelle. La nature le fait depuis toujours à travers le cycle naturel de l'eau. Les marins de l'antiquité confrontés à l'approvisionnement en eau à bord des bateaux° avaient déjà imité la nature en faisant bouillir de l'eau de mer pour en extraire de l'eau non salée par condensation de la vapeur produite. Dans *Meteorologica*, Aristote (384-322 av. J.C.) écrit : « *J'ai prouvé expérimentalement que l'eau salée qui s'évapore s'adoucit et que la vapeur condensée ne réforme pas de l'eau de mer.* ». [32]



Source: James D. Birkett (2012). The History of Desalination Before Large-Scale Use, in *Desalination and Water Resources - History, Development and Management of Water Resources*, Vol.I. Paris: UNESCO

Figure n°03 : Production d'eau douce par condensation sur une éponge

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

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

Puis, autour de 1959, un procédé appelé osmose inverse a été mis au point à l'Université de Californie. Il s'agit d'un procédé membranaire : l'eau douce est extraite de l'eau salée à travers une membrane semi-poreuse, en appliquant une pression.

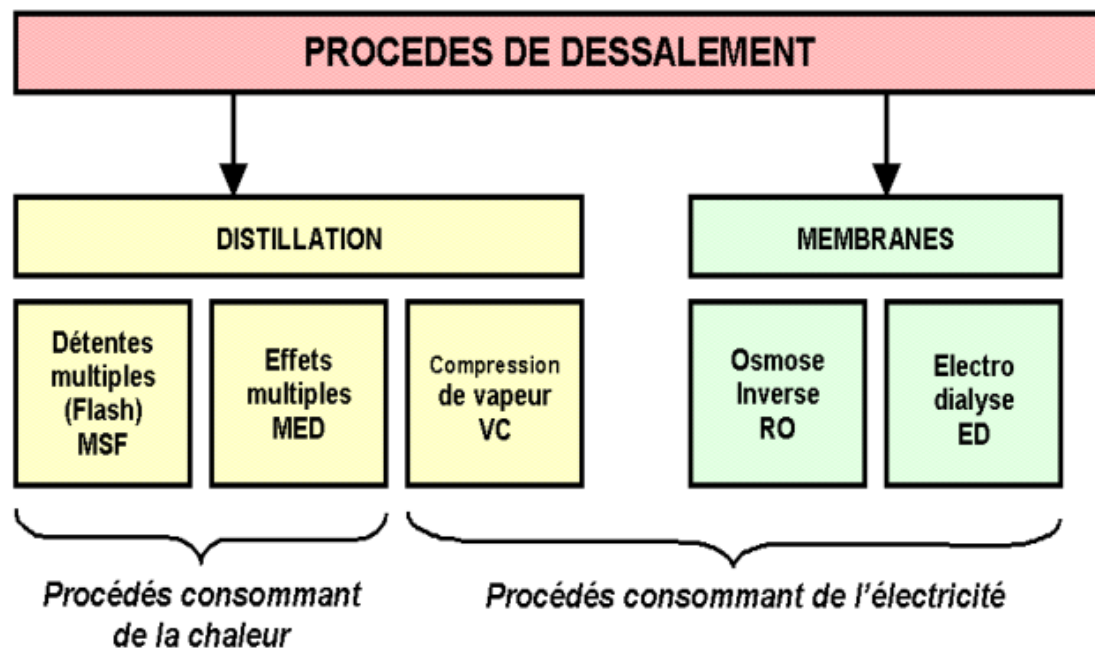
Les premières membranes commerciales datent de 1970. Les procédés de distillation et les procédés membranaires constituent les deux grandes familles de procédés utilisés aujourd'hui à l'échelle industrielle pour le dessalement d'eau de mer. [36]

4- divers procédés de dessalement

Le dessalement de l'eau est un processus qui permet de supprimer les sels de l'eau salée ou saumâtre. Plusieurs procédés de dessalement ont été mis au point sur le marché mondial ; 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, les principales techniques de dessalement mondialement connues sont :

1.les procédés thermiques qui se basent sur le principe de l'évaporation de la successive condensation

2. les techniques membranaires qui utilisent les capacités de certaines membranes à retenir les particules dissoutes dans l'eau. [6]



Source : Maurel. A., (2006), Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres, 2e édition

Figure n°04 : Les divers procédés de dessalement

5-Les procédés de distillation

Les techniques de dessalement de l'eau de mer les plus utilisées La distillation ou dessalement thermique. L'eau de mer est chauffée jusqu'à évaporation. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels et les autres substances. La vapeur d'eau est condensée pour obtenir de l'eau douce. Ce principe de dessalement très simple est utilisé depuis longtemps.

Le principe fondamental mis en œuvre dans les procédés de distillation est le fait que la température d'ébullition de l'eau diminue avec la pression. Il s'agit dans tous les cas

de distillation sous vide qui permet de travailler à des températures inférieures à 120°C [34, 35].

5.1-Distillation a simple effet

Un faisceau tubulaire, alimenté par un fluide chauffant est plongé dans l'eau de mer à la Partie basse d'une enceinte étanche et sous vide. Le fluide chauffant provoque alors une évaporation de l'eau de mer.

Source : DANIS P., (2003), Dessalement de l'eau de mer.

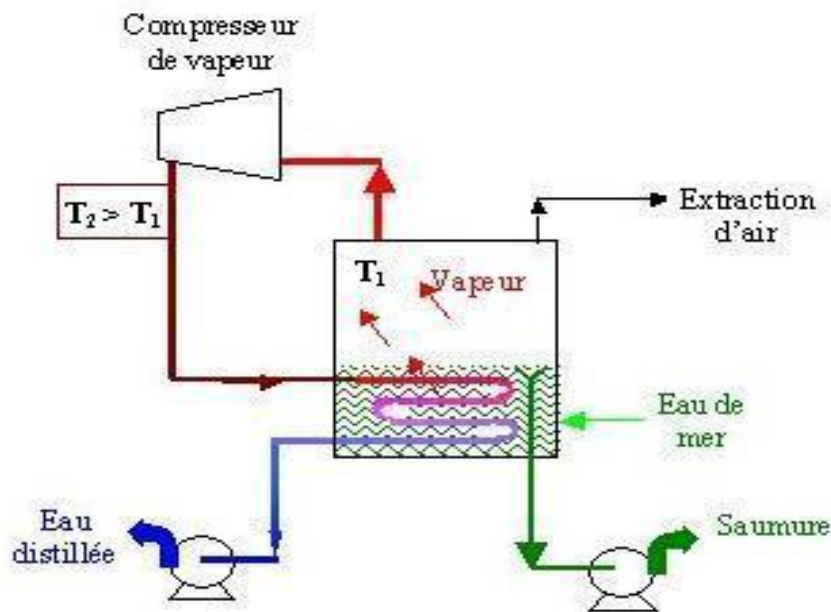


Figure n°05 : Principe de distillation à simple effet

La vapeur ainsi formée est condensée sur un faisceau tubulaire, placé dans la partie haute de l'enceinte et dans lequel circule l'eau de mer froide. L'eau distillée et condensée s'écoule du faisceau et est recueillie dans une goulotte d'où elle est pompée pour des usages divers. La température d'ébullition de l'eau de mer varie avec la pression donnée, il est important de noter que, pour une pression donnée, il existe un écart entre la température d'ébullition de l'eau pure et celle d'une eau saline .

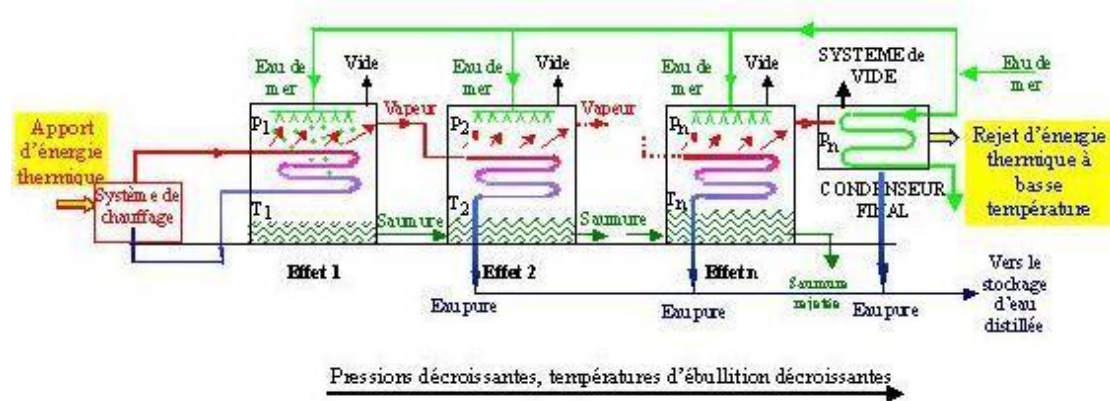
5.2-Distillation à multiples effets

On utilise la distillation à multiples effets pour améliorer le rendement thermique du cycle évaporation-condensation. La chaleur de condensation de la vapeur produite dans une première chambre d'évaporation réchauffe une seconde chambre à pression et température plus faibles et ainsi de suite.

L'eau de mer est chauffée dans le premier effet, vaporisant une fraction d'eau de mer,

Une partie de cette vapeur est condensée par le faisceau tubulaire où circule de l'eau de mer froide.

L'autre partie de la vapeur est renvoyée dans l'effet suivant, maintenu à une pression plus faible que le premier. De même, une partie de la saumure chauffée dans le premier effet est également utilisée pour chauffer l'eau de mer dans le second. À chaque effet, l'eau distillée est envoyée dans un collecteur. [31]

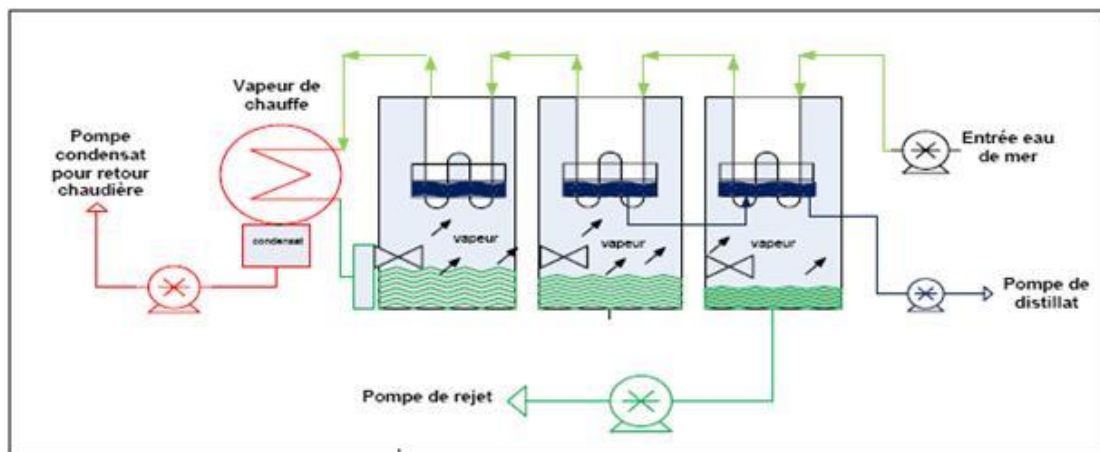


Source : DANIS P., (2003), Dessalement de l'eau de mer.

Figure n°06 : Distillation à multiples effets

5.3-Distillation par détentés successives

Ce procédé dit Flash consiste à maintenir l'eau sous pression pendant toute la durée du Chauffage ; lorsqu'elle atteint une température de l'ordre de 120°C, elle est introduite dans une enceinte (ou étage) où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation instantanée par détente appelée Flash. Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes. [6]

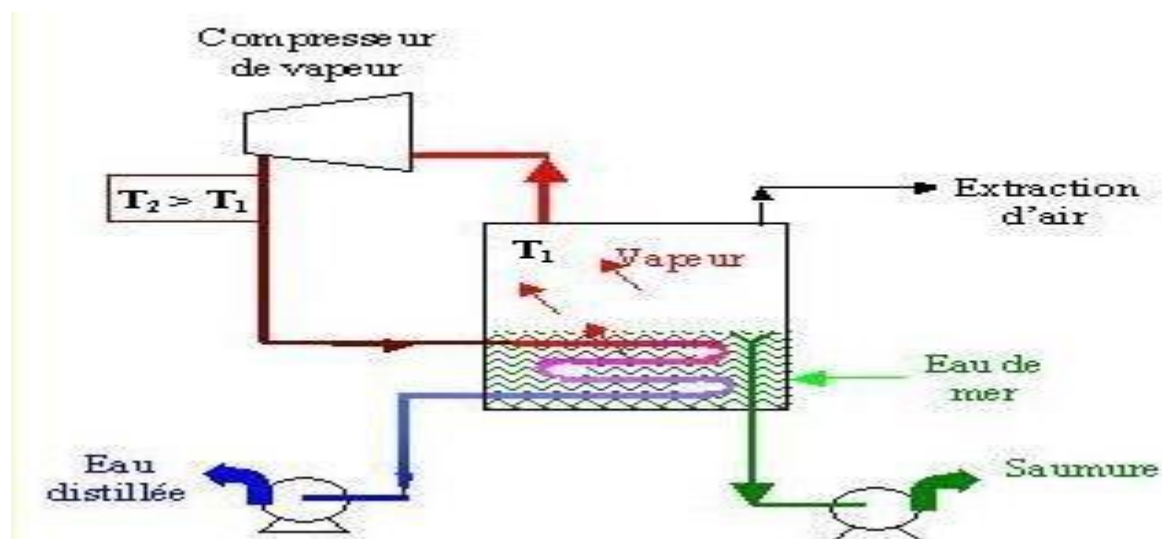


Source : UNEP/MAP (2003), dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices, MAP Technical Reports Series No. 139, Athens.

Figure n°07 : Principe de fonctionnement d'un système par détentés successives (MSF)

5.4-Distillation par Compression mécanique de vapeur

L'eau de mer à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermique isolée. La vapeur produite est aspirée par le compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condense en provoquant l'ébullition de l'eau salée. [36]



Source : DANIS P., (2003), Dessalement de l'eau de mer. Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés, J2 700

Figure n°08 : Compression mécanique de vapeur

5.5- Comparaison entre les méthodes de distillation

Tableau n°11 : Comparaison entre les méthodes de distillation.

	Distillation multi-flash (MSF)	Distillation à multiples effets (MED)	Compression mécanique de vapeur (VC)
Principe	Détentes successives	Détentes successives	Compression (cf. principe pompe à chaleur)
Température (°C)	90-120 (chambre 1) 30 (chambre n)	60-70	60
Pression (bar)	2 (chambre 1) 0,05 (chambre n)	Basse : 0.25-0.4	0.7-1
Prétraitement de l'eau	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire
Capacité de traitement	Grande : 4.000 à 57.000 nr jour (Buros, 1990).	Grande : 2.000 à 20.000 m ³ /jour	Installations de petites et de moyennes capacités (<5000 m ³ /jour) Capacité plus importante si association avec d'autres techniques
Avantages	Fiabilité	Récupération d'énergie (chaleur latente de vaporisation) maximale Bons rendements	Faible consommation électrique
Inconvénients	Important prétraitement		Rendement limité à cause de problèmes de corrosion et d'entartrage des composants

Source : C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin et I. De Buysscher, « Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique », 2003, Rapport BRGM/RP—52262-FR.

6- Les procédés membranaires

Le procédé de traitement des eaux par membrane d'osmose inverse est une des techniques de filtration membranaire. Il est utilisé en dessalement des eaux saumâtres, des eaux de mer et également pour la réutilisation des eaux usées urbaines et industrielles. L'objectif principal de cette technologie est l'élimination des sels et des substances organiques présentes dans les eaux ainsi qu'une partie des bactéries et des virus. En dessalement des eaux de mer, l'osmose inverse reste en compétition avec les

procédés thermiques (multi flash ou multi effet). Le choix entre ces deux technologies dépend essentiellement des coûts énergétiques (électricité et vapeur), de la qualité de l'eau brute à traiter ou de l'eau dessalée à obtenir.

6.1-L'ultrafiltration (UF)

L'ultrafiltration a pour objet de séparer deux constituants en solution en fonction de leurs masses moléculaires. La membrane utilisée a des micropores de dimensions comprises entre 0.002 et 0.05mm, cette technique a des applications très divers, tels que les industries agroalimentaires, Textiles et pharmaceutiques ainsi que dans le traitement des eaux.

6.2-La microfiltration (MF)

Cette technique s'apparente à l'ultrafiltration mais s'en distingue par la nature des espèces à arrêter. De ce fait elles concernent la clarification et la stérilisation des eaux et des liquides alimentaires ou biologiques.

6.3-L'électrodialyse

L'électrodialyse consiste à transférer des ions de sels dissous à travers des membranes qui ne laisse pas passer l'eau épurée, le mouvement des ions est provoqué par un champ électrique, l'électrode négative (cathode) attire les cations, tandis que les anions se déplacent vers l'électrode positive (anode)

Les installations sont formées d'empilements compartimentés de membranes alternativement anionique et cationique, un compartiment sur deux renferme des saumures concentrées et un sur deux du permet épuré. [38,39]

6.4- L'osmose inverse

6.4.1-Définition

L'osmose : est un principe naturel. Si deux solutions aqueuses ayant une concentration saline différente, sont séparées par une membrane, l'eau passe spontanément de la solution la moins concentrée en sel à la plus concentrée.

L'osmose inverse : est basée sur le principe opposé. Elle consiste à appliquer à cette eau salée une pression importante supérieure à la pression osmotique. Qui nécessite une consommation énergétique élevée, pour la faire passer à travers une membrane. Au terme de l'opération, seules les molécules d'eau traversent la membrane fournissant. [13]



Source : Bushnak, A. (2012), Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales. Rapport final, Gestion Intégrée Durable de l'Eau - Mécanisme de Soutien (SWIM - SM)

Figure n°09 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

6.4.2-Osmose inverse Procédé de choix

L'osmose inverse progresse sur le marché de dessalement pour les raisons suivante :

- ✓ Amélioration des performances des membranes d'osmose inverse.
- ✓ Amélioration des performances des technologies de récupération d'énergie.
- ✓ Mise en œuvre plus facile
- ✓ Effet de tailles des projets
- ✓ Baisse des prix des équipements et des membranes.
- ✓ Éprouvé et maîtrisable techniquement
- ✓ Modulable et flexible eu égard la demande en eau [6]

6.5-Comparaison entre les méthodes membranaires

Tableau n°12 : Comparaison entre les méthodes membranaires .

	Osmose inverse (OI)	Nanofiltration (NF)	Electrodialyse (ED)
Principe	Membrane semi-perméable Pression osmotique	Membrane semi- perméable à porosité contrôlée Gradient de pression	Migration des espèces ioniques sous l'effet d'un champ électrique
Prétraitement de l'eau	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire
Capacité de traitement	Faible à grande	Faible à grande	Faible à grande
Avantages	Purification poussée	Perméabilité de la membrane plus élevée qu'en osmose inverse : flux d'eau traitée 5 fois plus importants. Moins énergétique que l'osmose inverse	Consommation d'énergie électrique directement proportionnelle à la quantité de sel à extraire.
Inconvénients	Eaux agressives et peu minérales : post traitement nécessaire - si production d'eau potable.	Moins sélectif que l'osmose inverse Post-traitement nécessaire	Coût
Autres Informations		Souvent appliqué en amont d'autres techniques (osmose inverse ou MED) pour éviter les phénomènes parasites (entartrage, colmatage).	Développement limité au traitement des eaux saumâtres , Principalement pour des questions de coût.

Source : C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin et I. De Buysscher, « Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique », 2003, Rapport BRGM/RP—52262-FR.

7-Dessalement de l'eau de mer : osmose inverse ou distillation ?

Pendant très longtemps, soit des années 1960 jusqu'aux années 1980-1990. Le procédé de distillation Flash était le seul procédé utilisé pour les installations de dessalement d'eau de mer de grandes capacités (>10000 m³/jour). L'osmose inverse est apparue vers les années 1970. D'abord pour les dessalements des eaux saumâtres, puis pour les unités de dessalement d'eau de mer de petite capacité (quelques dizaines de m³/jour). La première unité de grande capacité (20000m³/jour) a été mise en service sur l'île de Maire en 1983. Ensuite, progressivement, l'osmose inverse est venue concurrencer la

distillation pour les installations de capacité élevée : ainsi en 2005, Israël mettait en service à Ashkelon une unité de $320000 \text{ m}^3/\text{jour}$.

L'osmose inverse va-t-elle remplacer. Dans les années à venir, la distillation, comme certains le prédisent ? Cela est peu vraisemblable. En effet, les deux techniques présentent des spécificités qui devraient leur permettre de rester présentes toutes deux sur le marché.

Les avantages de l'osmose inverse sont nombreux :

- Faible consommation énergétique (environ $3\text{-}4 \text{ kW}/\text{m}^3$ dans le cas d'une eau de mer $35\text{g}/\text{l}$), grâce en particulier à la mise en place de systèmes de récupération d'énergie et à l'augmentation des taux de conversion :
- Investissements plus faibles dus en particulier à l'amélioration des performances des membranes (taux de rejet sur eau de mer de $99,6\%$ avec une perméabilité de $1 \text{ litre}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{bar}^{-1}$) et à une diminution importante de coûts .
- Gamme de capacités disponibles commercialement très vaste, allant de quelques litres par jour pour des appareils individuels de survie à des installations de plus de $100000 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Mais l'osmose inverse présente aussi quelques inconvénients :

- Les membranes sont sensibles au colmatage, et en particulier au biofouling :
- La salinité d'eau produite qui se situe aux environs de $300\text{-}500 \text{ ppm}$ convient bien pour les usages domestiques, mais est trop importante pour certains usages industriels :
- La salinité de l'eau de mer, si elle est trop élevée ($50\text{-}60\text{g}/\text{l}$), entraîne une hausse non négligeable des coûts (nécessité de prévoir dans certains cas deux étages pour maintenir la qualité de l'eau déminéralisée).

Toutefois, on peut penser que les procédés de distillation (compression de vapeur pour les petites unités et multiples effets pour les grandes unités) resteront présents sur le marché, en particulier dans les cas suivants :

- Eau de mer à salinité élevés ($>40\text{g}/\text{l}$) comme dans le Golfe arabo-persique : les performances et les coûts de la distillation ne sont pas modifiés :
- Eau de mer à fort pouvoir colmatant suite à la présence de colloïde, de matières en suspension très fines ou d'hydrocarbures : les unités des distillations étant nettement moins sensibles aux problèmes de colmatage :
- Obtention d'eau ultrapure pour l'industrie, soit pour l'alimentation de générateurs de vapeur, soit l'industrie électronique. L'eau produite par distillation pouvant atteindre facilement des salinités comprises entre 5 et 30ppm :
- Sites disposant d'énergies dégradée (vapeur ou eau chaude à 110 ou 120°C) à coût très faible, voire nul : le procédé de distillation à multiples effets, qui

nécessite seulement 2 à 3 KW/m³ pour le pompage. Devient alors plus performant du point vue énergétique que l'osmose inverse. [29]

8-Problèmes techniques rencontrés en dessalement

Les problèmes rencontrés dans les différents procédés de dessalement sont principalement liés à l'utilisation de solutions salines concentrées ou à la production d'eaux agressives (excès de gaz carbonique par rapport à l'équilibre). Ce sont la corrosion, l'entartrage et le colmatage.

8.1-La corrosion

La corrosion des matériaux par l'eau de mer (ou des solutions salines concentrées) est un phénomène important qui conditionne la durée de vie des installations, donc leur coût. [41]

8.2-L'entartrage

L'entartrage correspond à la formation d'un dépôt de sels minéraux. C'est un phénomène qui se produit sur les surfaces d'échanges aussi bien thermiques que membranaires qui sont des zones de concentration ionique élevée. L'entartrage est lié à la formation de solides amorphes ou cristallisés qui est fonction de la température (diminution de la solubilité quand la température augmente) et de la composition de l'eau.

La formation de tartre doit être évitée pour maintenir un fonctionnement correct des installations.

8.3-Le colmatage (Fouling)

Les eaux brutes naturelles peuvent également contenir des substances organiques, des microorganismes. En osmose inverse ces organismes qui sont retenus par les membranes peuvent les encrasser et trouver des conditions favorables à leur développement. Elles forment alors un biofilm qui peut conduire au colmatage des membranes. [42]

9-Marché et aspect économique du dessalement des eaux

Les impacts environnementaux mentionnés précédemment n'ont jusqu'à présent pas entamé la dynamique du marché du dessalement de l'eau ; ils pèsent peu face aux besoins et à la diminution des coûts obtenue

Tableau n°13 : comparaison économique entre les différents procédés de dessalement.

Procédé	Énergie thermique kWh/m ³	Énergie électrique kWh/m ³	Qualité de l'eau mg/l	Investissement Dessalement US\$/(m ³ /j)	Prix de l'eau US\$/m ³
MSF	70 – 80	2,5 – 5	10	1200 – 2500	0,6 – 2
MED	40 – 65	2 - 2,5	10	900 – 2000	0,5-1.5
MVC	0	7 – 12	10	1100 – 3500	2-2.6
SWRO	0	4 – 6	400 - 500	900 – 2500	0.5-2
BWRO	0	1.5 - 2.5	200 - 500	300 -1200	0.3 – 1.5
ED	0	1,5 – 4	150 - 500	300 – 400	0.6 – 1

Source :BANDELIER Philippe , «Le dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres»

Dans les cas standards, ces derniers se décomposent en 1/3 pour l'énergie, 1/3 pour l'investissement et 1/3 pour le fonctionnement pour les procédés à osmose inverse. Dans le cas de la distillation, c'est plutôt 40, 30 et 30 %.

Le cumul de la capacité des usines de dessalement qui ont été installées dans le monde montre une croissance continue depuis près de 30 ans pour dépasser aujourd'hui 100 millions de mètres cubes par jour pour plus de 17 000 installations (les petites unités et celles embarquées sur les navires ne sont pas prises en compte)

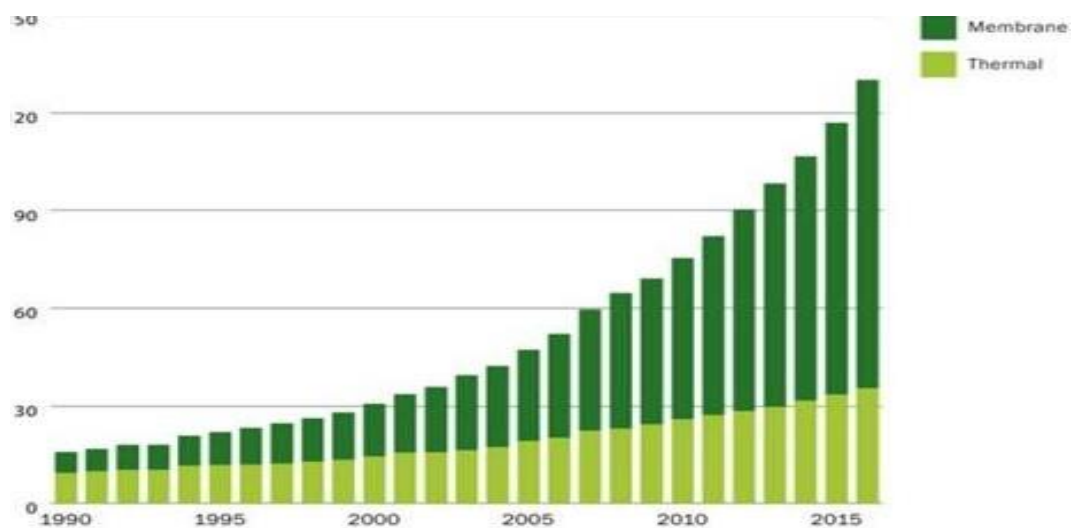


Figure n°10 : Capacité cumulée des installations de dessalement dans le monde

Si on ne considère que les installations en service, la capacité de production journalière est de 75 millions de mètres cubes. Ce chiffre englobe l'eau produite à partir de la mer et des eaux saumâtres. Néanmoins, ce volume reste bas comparé à la consommation mondiale d'eau dont il ne représente qu'environ 1%. [46]



Figure n°11 : Capacité de dessalement en service en 2015

Ce chiffre englobe l'eau produite à partir de la mer et des eaux saumâtres. Néanmoins, ce volume reste bas comparé à la consommation mondiale d'eau dont il ne représente qu'environ 1%.

La capacité installée progresse d'environ 10% par an. Sans surprise les pays du Golfe, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord concentrent la majeure partie de la capacité de production - près de 50%. Plus surprenant, l'Amérique du Nord représente 13% de la capacité mondiale : les Etats-Unis dessalent beaucoup d'eau saumâtre par osmose inverse dans les états du sud-ouest particulièrement arides. L'Europe de l'ouest - Espagne, Grèce, Italie - déjà frappée par le manque d'eau a recours au dessalement pour approvisionner ses îles mais aussi de grandes métropoles telles que Barcelone qui possède une usine produisant 200 000 mètres cubes par jour par osmose inverse.

La plus grosse usine de dessalement actuellement en service est celle de Ras Al Khair en Arabie Saoudite qui produit 728 000 mètres cubes par jour dans huit lignes multistage (MSF) et 17 lignes d'osmose inverse. Elle est couplée à une centrale électrique qui fournit à la fois l'électricité et la chaleur nécessaires au fonctionnement des deux procédés de dessalement. C'est ce qu'on appelle une installation hybride.

Par le procédé d'osmose inverse, la plus grosse capacité aujourd'hui en service est l'usine de Sorek en Israël. Construite par IDE Technologies (Israël Desalination Enterprises), elle produit 627 000 mètres cubes par jour, ce qui porte à 50% la part de l'eau consommée en Israël provenant du dessalement.

Les acteurs présents sur le marché du dessalement sont multiples. Beaucoup sont présents exclusivement sur le marché de l'osmose inverse dont la croissance est spectaculaire. Ce sont souvent des assembleurs qui achètent les composants - principalement les membranes, pompes et récupérateurs d'énergie - pour fabriquer et livrer des installations clés en mains. D'autres sont présents à la fois sur le marché de l'osmose inverse et sur celui de la distillation.

Très peu ne s'intéressent qu'exclusivement à la distillation sauf dans le cas très particulier des distillateurs embarqués sur les navires et produisant de l'eau à partir de la chaleur récupérée sur le circuit de refroidissement des moteurs.

Du fait de sa maîtrise des deux procédés, le groupe français Veolia Water, qui a intégré la société Sidem dans le groupe, est le leader mondial du dessalement en termes de capacité installée. Si on ajoute Degrémont (groupe Suez), la France est largement le premier fournisseur d'usines de dessalement au monde. Parmi les principaux fournisseurs mondiaux, on peut encore citer General Electric Water and Process Technologies (USA), Fisia (Italie), Doosan (Corée), Sasakura (Japon), Hitachi (Japon), IDE (Israël), Alfa Laval (Suède), etc.[44]

10-LE DESSALEMENT EN ALGÉRIE

10.1-Historique

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. Le recours au dessalement en vue d'un usage destiné exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi-inexistant. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation d'Ouled Djellaba dans la Wilaya de Biskra (Sud- Est Algérien).

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). Le procédé utilisé est la distillation à multiple effet.

En 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. Le procédé utilisé est le multi stage flash.

D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire au processus des complexes de production d'électricité (Cap Djinet à l'Est d'Alger) et l'industrie de liquéfaction (Arzew et Skikda).

Algérienne des Eaux (entreprise nationale) qui a amorcé la première expérience en matière de dessalement de l'eau de mer par la réalisation de 23 stations monobloc, d'une capacité totale de 57.500 m³/j, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans les wilayas de Tlemcen, Oran, Tipaza, Alger, Boumerdès, Skikda et Tizi-Ouzou et 14 grandes stations d'une capacité totale de 1.940.000 m³/j sont mises en service en 2003

et 2005.

Des autres stations sont mises en service dans les années 2009, 2010 et 2011. Il s'agit notamment des stations de Skikda (100 000 m³/j), Beni Saf (200 000 m³/j), Souk Tlata et Honaine à Tlemcen (200 000 m³ /j de chacune), Mostaganem (200 000 m³/jour), Fouka et Oued Sebt à Tipaza (respectivement 120 000 m³/j et 100 000 m³/j) et Cap Djinet à Boumerdès (100 000 m³/j). Des autres stations sont, également, en cours de réalisation à la wilaya de Chleff (200 000 m³/j), El Taraf (50 000 m³/j) et la plus importante station est celle de Mactaâ, à Mostaganem, avec une capacité de production de 500 000 m³/j.

La production en eau dessalée sera, selon les experts, passe de 500 000 m³/jour en 2008 à 1 100 000 m³/jour en 2009 et 2 260 000 m³/jour en 2011 pour atteindre 4 m³/j en 2020 [45,46]

10.2-Station de dessalement en Algérie

10.2.1-Petites stations :

Tableau n°14 : les petites stations de dessalement en Algérie .

Stations gérées par l'ADE	Capacité Installée M ³ /j
Ghazaouet 1	2 500
Ghazaouet 2	2 500
Bou Ismail	5 000
Tigzirt	2 500
Skikda 1	2 000
Skikda 2	5 000
Bouzedjar	5 000
Chatt El ward	5 000
Tenes	5 000
Total	34 500

Source : Algérienne des eaux LE 02-10-2012

Stations gérées par SEAAL	Capacité Installée M³/j
Zeralda 1	2 500
Zeralda 2	2 500
Ain Benian 1	2 500
Ain Benian 2	2 500
Palm Beach	2 500
Total	12 500

Source : Algérienne des eaux LE 02-10-2012

Stations gérées par SEOR	Capacité installée M³/j
Bousfer	5 500
Les Dunes	5 000
Total	10 500

Source : Algérienne des eaux LE 02-10-2012

10.2.2-grandes stations

REGION	LOCALISATION	Capacité m ³ /j	Linéaire (km) ...< O mm <...	ETAT D'AVANCEMENT	INVESTISSEURS (SDEM)
OUEST	ARZEW / ORAN	90 000	37 km O = 1250	En exploitation (août 2005)	BLACK- VEACH (Afrique du sud)
	SOUK TLETA / TLEMCEN	200 000	157 km 250 < O < 1400	En exploitation (mai 2011)	HYFLUX - MALAKOFF (Singapour)
	HONAINA / TLEMCEN	200 000	160 km 500 < O < 1200	En exploitation (juillet 2012)	GEIDA (Espagne)
	MOSTAGANEM	200 000	117 km 200 < O < 1400	En exploitation (septembre 2011)	INIMA- AQUALIA (Espagne)
	SIDI DJELLOUL/AIN TEMOUCHENT	200 000	160 km 250 < O < 1400	En exploitation (décembre 2009)	GEIDA (Espagne)
	MACTAA / ORAN	500 000	21 km 700 < O < 1800	Travaux en cours	HYFLUX - MALAKOFF (Singapour)
CENTRE	HAMMA / ALGER	200 000	12 km 700 < O < 900	En exploitation (février 2008)	GE. IONIX (USA)
	CAP DJINET / BOUMERDES	100 000	30 km 900 < O < 1000	En exploitation (août 2012)	INIMA- AQUALIA (Espagne)
	FOUKA / TIPAZA	120 000	15 km 350 < O < 900	En exploitation (juillet 2011)	SNC LAVALIN- PREDISA (Canada- Espagne)
	OUED SEBT / TIPAZA	100 000	127 km 200 < O < 1000	SDEM non lancée	BIWATER * (Angleterre)
	TENES / CHLEF	200 000	254 km 200 < O < 1400	Travaux en cours	BEFESA AGUA (Espagne)
EST	ECHATT/ TARF	100 000	20 km O = 800	SDEM non lancée	-
	SKIKDA	100 000	54 km 400 < O < 1000	En exploitation (mars 2009)	GEIDA (Espagne)
	TOTAL	2 310 000	1 164 Km		

Source : Algérienne des eaux LE 02-10-2012

Tableau n°15 : les grandes stations de dessalement en Algérie [47]

11-conclusion

Avec une capacité journalière de production de 75 millions de mètres cubes par jour en 2015, on peut dire que le dessalement des eaux de mer et saumâtres est une activité industrielle mature. Chaque année, la capacité installée s'accroît de 10%, ce qui représente un marché de plus d'un milliard de dollars. Le coût des usines et de l'eau produite dépend de multiples facteurs et en particulier de celui de l'énergie, thermique et électrique, utilisée pour le dessalement. Pour les grosses installations produisant plusieurs centaines de milliers de mètres cubes par jour, le prix de l'investissement peut descendre en dessous de 1000 dollars par mètre cube par jour tandis que le prix de l'eau produite peut descendre entre 0.5 et 1 dollar le mètre cube.

Si quelques procédés tiennent la quasi-totalité du marché, principalement l'osmose inverse - qui est en très forte progression - et la distillation, la recherche sur de nouvelles méthodes est très active.

Le challenge technique est de mettre au point des procédés toujours plus économes en énergie, si possible renouvelable, en cherchant à se rapprocher de l'ultime limite de l'énergie minimum de dessalement, cela en étant respectueux de l'environnement. L'ambition économique est que l'eau dessalée devienne enfin accessible aux populations pour qui les technologies actuelles restent encore hors de portée pour des questions de coût d'investissement. De ce point de vue, des technologies solaires de petite capacité de production, éventuellement peu performantes mais à très faible coût d'investissement, peuvent tout à fait avoir leur place à côté de l'énorme marché des très grosses usines. [29]

Partie II : Partie Pratique

Chapitre 1 : Matériels et méthodes.

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1- Objectifs de l'étude

1.1- objectif principale

L'objectif de notre étude est de vérifier l'efficacité des procédés de traitement utilisés par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tlata vis-à-vis de certains paramètres physico-chimique et microbiologique.

1.2- objectif secondaire

Déterminer la qualité microbiologique de l'eau traitée par la station de dessalement et distribuée aux consommateurs en analysant l'eau stockée aux niveaux du château d'eau et l'eau de robinet.

2- type d'étude

Il s'agit d'une étude descriptive transversale

3- durée et lieux de l'étude

Notre étude a été réalisée au niveau de la station de dessalement de Souk Tlata du 01-02-17 au 06-03-17.

Afin d'enrichir davantage notre étude une analyse microbiologique et parasitologique de l'eau de mer, l'eau stockée et de l'eau distribuée aux consommateurs a été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène et au niveau du laboratoire parasitologie CHU Tlemcen.

4- étude de milieu

4.1-Présentation de station de dessalement

La station de dessalement de Souk Tlata est entrée en service depuis décembre 2009. Cette station, d'une capacité de 200 000 m³/j d'eau potable produite par la technique d'osmose inverse (RO) et d'ultrafiltration (UF) pour le transfert à l'algérienne des eaux (ADE), permettra l'alimentation en eau potable de 330 000

habitants des communes frontalières, entre autres Zénata, Bouhlou, Hammam Boughrara, Bab El Assa, Ghazaouet, Souahlia, Maghnia et Nedroma.



Figure n°12 : Station de dessalement de Souk Tlata réelle

Cette infrastructure fait partie du programme des 13 méga-stations de dessalement d'eau de mer lancées par l'Etat en vue de satisfaire les besoins des populations en eau potable. Ces dernières sont conçues sur le modèle « construire, posséder et exploiter », détenu à 49% par Algerian Energy Compagny (AEC) et à 51 % par l'investisseur Hyflux Singapour qui exploitera cette usine pendant 25 ans selon les spécifications exigées dans l'accord d'achat de l'eau potable.

4.2-Situation géographique

Le site de l'usine de dessalement d'eau de mer de Souk Tlata est localisé dans la wilaya de Tlemcen, daïra de Bab El Assa, commune de Souk Tlata au niveau de la ZET de Ouled Ben Aïd. Située à 90 km du chef-lieu de wilaya, la commune de Souk Tlata s'étend sur une superficie de 8,500 hectares et se trouve au nord-ouest de la ville de Tlemcen. Elle est frontalière de par sa proximité par rapport à la limite Algéro-Maroc et est limitée :

- Au nord : par la mer méditerranée.
- Au l'est : par la commune de Souahlia.
- Au l'ouest : par la commune de M'sirda.
- Au sud : par la commune de Bâb El Assa

4.3-Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Souk Tlata

Le procédé de la station peut être divisé en trois étapes principales. La première est l'étape de prétraitement, suivie par celle de l'osmose inverse et enfin l'étape de post-traitement. Toutes les procédures sont contrôlées au niveau de la salle de contrôle

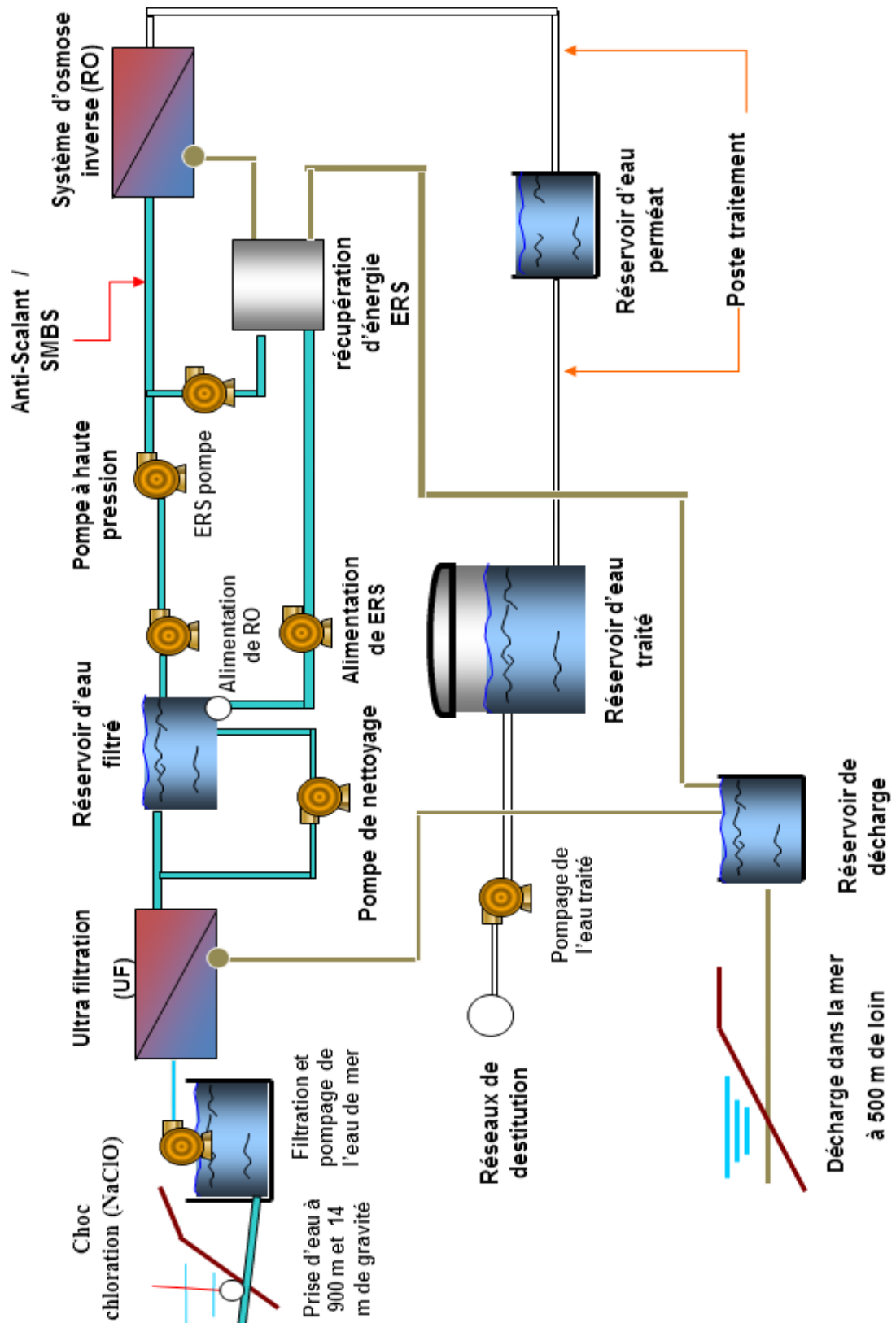


Figure n°13 : Organisation générale du procédé de dessalement

4.3.1-Etape de prétraitement

4.3.1.1-Prise de l'eau de mer et filtration

Une tour de prise d'eau de mer assure l'alimentation en eau de mer, ce dernier s'écoule par gravité dans un réservoir de réception, ensuite il traverse deux gros dégrilleurs et des tamis fin rotatifs. Ce système de filtration de l'eau de mer empêchera le passage de débris, des algues, des poissons et d'autres éléments de la vie marine à l'intérieur de la station et prépare l'eau de mer à l'étape suivante.

4.3.1.2-Choc chloration

L'hypochlorite de sodium NaOCl est dosé périodiquement dans la structure de prise. Ce dosage de chlore de 10mg/l pour 1 h, désinfectera la prise et les filtres et réduira la croissance biologique à l'usine de traitement préparatoire.

4.3.1.3-Station de pompage d'eau

Il y a six (cinq courantes + une remplaçante) pompes centrifuges de prise d'eau de mer alimentant cette dernière au système d'ultrafiltration (UF) avec un débit de 5300m³/h et une pression de 5,3 bar.

4.3.1.4-Ultrafiltration

4.3.1.4.1- Système de membrane

L'UF est un système qui comporte 45 trains (rangé) et chaque train est donné en espace pour 144 modules. Afin d'alimenter le système de RO d'eau de mer avec une qualité désirée et cohérente de l'eau d'alimentation, le système d'ultrafiltration avec les membranes de HyfluxKristal™ (0.015-0.020 micron) est sélectionné comme procédé de traitement préparatoire pour enlever les solides en suspension



Figure n°14 : Représentation d'un train de membrane d'ultrafiltration

4.3.1.4.2-Nettoyage de l'UF

Avec l'accumulation des solides pendant la filtration, la résistance à l'écoulement augmentera et peut être surmonté en soumettant la membrane à une inversion d'écoulement avec le filtre de l'UF ; le nettoyage se fait alors en deux parties.

a- Back Wash

Cette opération de nettoyage est effectuée par l'eau filtrée qui sera utilisée pour laver les trains d'UF. En outre, l'air d'usine sera utilisé pendant l'ordre de lavage pour augmenter le nettoyage des modules de membranes. Une pression périodique de 2.5 bars qui peut être prédéterminée par l'un ou l'autre écoulement ou par le temps écoulé total, est maintenue pendant l'intervalle (30 – 45) minutes.

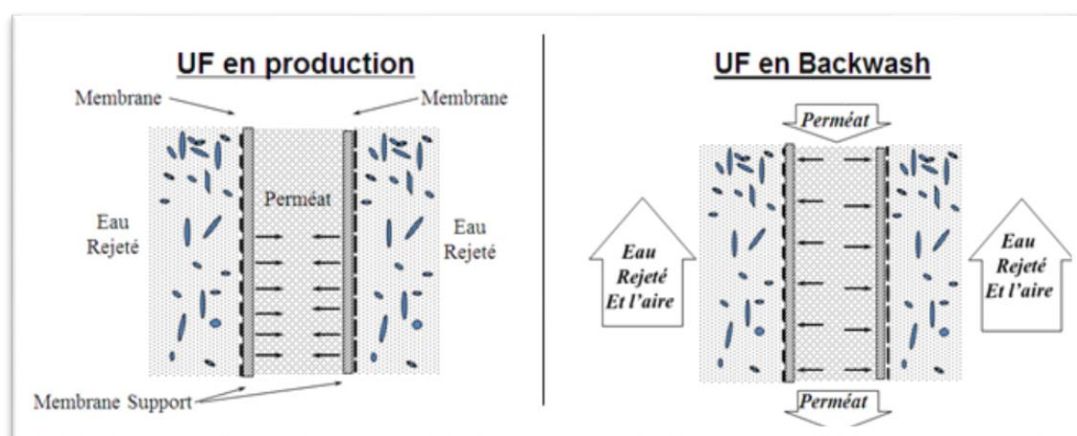


Figure n°15 : Représentation de l'UF en production et en Back Wash.

b- UF Cleaning –in-place (CIP)

C'est un système de nettoyage sur place des membranes d'UF qui peut être entrepris de deux (2) manières :

- ❖ La première est un nettoyage de maintenance avec de l'acide chlorhydrique (HCl) à pH égal à (2 à 3) et un mélange d'hydroxyde de sodium (NaOH) et de sodium hypochlorite (NaOCl) à pH 11, pendant 5 à 10 minutes. Ce processus se fait chaque semaine.

- ❖ La seconde est un nettoyage de récupération qui exige un temps plus long (3 à 4 semaines) et donne un résultat plus profond (nettoyage) de la surface de la membrane avec de l'acide phosphorique (H_3PO_4) et nitrique (HNO_3).

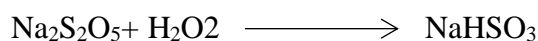
4.3.1.5-Stockage de l'eau filtré

L'eau filtrée produite par les trains d'ultrafiltration est stockée dans un réservoir de 11000 m^3 . L'eau de ce réservoir est employée comme eau d'alimentation aux trains de RO. Une partie de l'eau est utilisée pour le nettoyage des trains d'ultrafiltration.

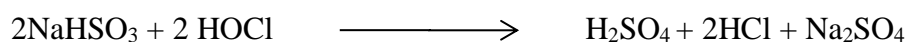
4.3.1.6-Dosage de méta bisulfite de sodium SMBS ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Le chlore ne doit pas être laissé atteindre les membranes de RO car il oxydera les membranes. L'enlèvement de ce dernier de l'eau de mer est réalisé par le dosage d'un agent réducteur. Dans ce cas, la solution de bisulfite de sodium est employée en raison de sa nature oxydative forte.

- ❖ Une fois dissout dans l'eau, le bisulfite de sodium (SBS) est formé à partir SMBS:



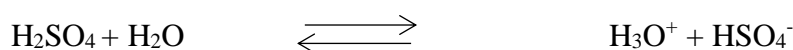
- ❖ SBS réduit ensuite l'acide hypochloreux selon :

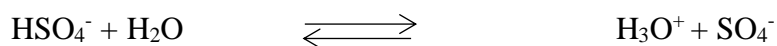


En théorie (**1,34** mg) de méta bisulfite de sodium supprime (**1,0** mg) de chlore libre.

4.3.1.7-Dosage anti scalant

L'usine est équipée d'un système de dosage chimique anti-scalant d'acide sulfurique (H_2SO_4) qui permet d'augmenter la solubilité des sels calcaires (carbonate et sulfate) avec des membranes croisées laissant le courant fortement concentré et réduisant le pH aux normes.





L'acide sulfurique est préparé à 96% dans des conteneurs de 7 m³ vers le conduit d'alimentation de RO.

4.3.2-Etape de l'osmose inverse (RO)

Le dessalement de l'eau de mer sera accompli par un système d'osmose qui inclut l'équipement suivant :

4.3.2.1-Pompes d'alimentation de RO

Chaque train de RO est équipé d'une pompe d'alimentation centrifuge à haute pression (65 bars) pour l'osmose inverse ainsi que d'un système de récupération d'énergie (ERS) utilisé pour récupérer au préalable l'énergie du rejet de RO qui est dirigé vers la décharge.

Le dispositif de ce système ERS permet de mélanger l'eau filtrée par haute pression avec de l'eau filtrée pressurisée par le système d'ERS pour l'alimentation au train de RO.



Figure n°16 : Pompe à haute pression (65 bars).

4.3.2.2-Trains de système de l'osmose inverse (RO)

Le dessalement de l'eau de mer se produira dans ce système de l'étape unique RO qui compte treize (13) trains (12 courants +1 en réserve) pour fournir le

débit maximum de $16833 \text{ m}^3/\text{train}$ avec une température variant de $T^\circ 18$ à 27°C et des solides dissouts totaux (TDS) égaux à 37500 mg/l . Aussi chaque train est composé de 192 récipients disposés en parallèle de diamètre nominal égal à 0.2nm servant à éliminer 99,8% des sels dissouts par élément.

L'eau de mer pressurisée sera introduite dans les membranes où une partie de l'eau de mer croisera les membranes du côté de basse pression (perméable) laissant la majeure partie du sel (saumure ou concentré). Approximativement 45% de l'eau d'alimentation sera convertie pour imprégner tandis que le reste (les hautes matières solides dissoutes totales) est rejeté au niveau du réservoir de décharge.



Figure n°17 : Représentation d'un train de système d'osmose inverse.

4.3.2.3-Cleaning in place

Cleaning-in-place (CIP) en anglais. C'est un système de nettoyage sur place des membranes d'osmose inverse, il se fait en deux (2) modes :

- ❖ Bas pH 2~3 avec acide citrique.
- ❖ Haut pH 11~11.5 avec STPP (sodium tri poly phosphate $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) et hydroxyde de sodium (NaOH).

4.3.3-Etape de poste traitement

L'eau qui résulte du système RO est finalement soumise à une série de traitement de chimique pour les rendre appropriées à la consommation humaine.

4.3.3.1-Dosage du chlore

Le dosage de chlore ayant pour but de désinfecter et de reminéraliser l'eau perméat se fait par l'hypochlorite de sodium NaClO de concentration 12% pendant 30 minutes. Deux stations d'une capacité de 4000 m³ sont concernées par la chloration (le chlore libre de concentration variant de 0,5 à 1 mg/l est contrôlé à l'aide d'un appareil installé sur site

4.3.3.2-Dosage du dioxyde de carbone et de chaux

L'eau désinfectée sera dosée avec une solution de dioxyde de carbone (CO₂) et de chaux Ca (OH)₂ avant son introduction dans la cuve de stockage des eaux traitées. Le dioxyde de carbone et la chaux (hydroxyde de calcium) réagiront ensemble selon :



Le pH de l'eau augmentera et l'indice de saturation de Langelier (LSI) de l'eau augmentera également à la gamme désirée, créant ainsi l'eau « non-agressive » stable pour la distribution.

Dans la pratique, le dioxyde de carbone sera injecté à un débit de dose fixe prédéterminé de 50mg/l et le dosage de chaux commandé par le pH à un de point de consigne fixé à environ 7,8 ~ 8,2.

Pour réduire au minimum l'augmentation de turbidité due à la chaux, une solution saturée de lait de chaux sera utilisée plutôt que le lait de chaux. L'injection de la solution de lait de chaux peut augmenter la turbidité par 0,1 à 0,2 NTU.

L'injection du dioxyde de carbone et de la chaux aura comme conséquence une augmentation de TDS d'approximativement 80 mg/l. Cependant, même après cette addition le TDS de l'eau traitée sera moins de 500 mg/l.



Figure n°18 : Représentation des étapes de post-traitement.

4.3.3.3-Stockage de l'eau traité

L'eau, après désinfection et stabilisation, est stockée dans le réservoir d'eau traitée de 25000 m³. Ce réservoir possède deux compartiments et fonctionne, s'il y a lieu, avec seulement un compartiment en service tandis que le deuxième est maintenu ou nettoyé.

Quatorze (14) pompes à haute pression de 30 bars pomperont l'eau traitée dans le système de distribution avec connexion à la frontière d'usine.

4.3.3.4-Réservoir de décharge

Le rejet/saumure et toutes les solutions de nettoyage seront déversés dans le réservoir de décharge. Les points de prise seront assez loin en mer (à 500m) pour s'assurer que l'opération continue à tous les états de mer. Les points de décharge de prise seront placés tels que la décharge de haute-salinité ne recyclera pas dans la prise et le pH de rejet d'environ 7~9 est neutralisé avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) et de l'acide chlorhydrique (HCl).

5- Matériels et méthodes

5.1-Station de prélèvement étudiée

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques d'eau de dessalement et de l'eau de mer.

Nous avons effectué des prélèvements des eaux à quatre endroits :

- ❖ Du réservoir de l'eau traitée de la station de dessalement de Souk Tleta.
- ❖ De l'eau de mer de la région d'Ouled Ben Aïd.
- ❖ Du château d'eau.
- ❖ L'eau du distribution (robinet).

5.2-Echantillonnage et mode de prélèvement

La station est équipée de deux points de prélèvement d'échantillons :

- ❖ Au niveau de la prise d'eau de mer.
- ❖ Au niveau du réservoir de l'eau traitée.

Pour les analyses physico-chimiques le prélèvement a été effectué selon les étapes suivantes :

- Préparation de deux flacons propres en plastique d'un litre pour l'échantillonnage.
- Ouvrir la vanne d'échantillonnage et permettre à l'eau de s'écouler pendant au moins 2 minutes avant la collection
- Rinçage du flacon d'échantillonnage au moins deux fois avec de l'eau traitée.
- Remplir chaque flacon lentement avec un faible débit pour éviter les turbulences et la formation des bulles d'air.
- Fermer le flacon et s'assurer qu'il n'y a pas de vide au-dessus de l'échantillon.
- Étiquetages des flacons d'échantillonnage en déterminant le point de prélèvement, la date et l'heure.
- La détermination de la plupart des paramètres physico-chimique a été effectuer immédiatement, dans le Cas contraire les échantillons ont été conserver dans des conditions appropriées.

Pour les analyses microbiologiques, les échantillons ont été prélevés dans des flacons stérilisés en verre et transporté dans une glacière à une température maintenue entre 1 et 4°C afin d'éviter la multiplication des germes dans l'eau.

5.3-Analyses physico-chimiques

Pour les analyses physicochimiques nous avons réalisé 33 prélèvements à différentes dates durant le mois de février 2017 pour l'eau traitée et un seul prélèvement pour l'eau de mer. Les analyses ont été effectuées dans le laboratoire de contrôle de la station de dessalement de Souk Tleta.

5.3.1-Les facteurs organoleptiques

Les paramètres organoleptiques mesurés dans le laboratoire de la station de dessalement sont la couleur, l'odeur, la saveur et la turbidité. Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement.

5.3.1.1-Evaluation de la couleur par le colorimètre

➤ **Principe :**

La couleur a été évaluée par des tubes à colorimètre et comparée avec une solution de référence de platine-cobalt (Pt /Co).

➤ **Matériels utilisés :**

- L'eau ultra pure.
- Colorimètre HACH DR 890.
- Cuvette en verre (25 ml).

➤ **Mode opératoire :**

- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau ultra pure (le blanc).
- Placer le blanc dans le colorimètre et appuyer sur le zéro.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 25 ml de l'eau à analyser.
- Placer la cuvette qui contient l'échantillon dans le colorimètre et appuyer sur READ.
- Rincer les cuvettes

- **Expression des résultats** : La lecture se fera directement sur l'écran de l'appareil et le résultat de la couleur apparait avec des unités de platine-cobalt (Pt/Co).



Figure n°19 : colorimètre

5.3.1.2-Evaluation de l'odeur et de la saveur

- L'odeur a été évaluée par simple sensation dans le lieu de prélèvement.
- La saveur a été évaluée par dégustation de l'eau au point de prélèvement.

5.3.1.3-Mesure de la turbidité

➤ **Matériel utilisé**

- Cuvette.
- Turbidimètre .
- Eau ultra pure.
- Solutions d'étalons (800NTU .100NTU. 20NTU. 0,02NTU).

➤ **Mode opératoire**

A l'aide d'un turbidimètre la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800NTU. 100NTU. 20NTU. 0,02NTU).
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons.
- Agiter gentiment le flacon contient l'eau à analyser.

- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.
 - Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche.
 - Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ.
 - La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument.
 - Rincer la cuvette.
- **Expression de résultats** : La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil ; la turbidité est exprimée en NTU



Figure n°20 : Turbidimètre.

5.3.2- Mesure de PH

La mesure de potentiel hydrogène se fait par un pH-mètre selon les étapes suivants :

- Allumer et Calibrer le pH-mètre avec les solutions tampons (pH=4, pH=7 et de pH=10), vérifier la calibration du pH-mètre avec le standard pH=7 \pm 0.5%.
- Rincer l'électrode en verre avec l'eau à analyser et la tremper dans un bêcher de 100ml rempli d'eau à analyser.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et éviter les bulles d'air pour ne pas fausser le résultat.
- Puis noter la valeur de pH ainsi que celle de la température.
- Pour la maintenance de l'électrode rincer le après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de 0.05 μ S/cm et chlorure de potassium.



Figure n°21 : PH-mètre.

5.3.3-Mesure de la conductivité

Cette mesure se fait à l'aide d'un conductimètre de la manière suivante :

- Allumer l'appareil ;
- Calibrer le conductimètre avec du chlorure de potassium (KCL) (solution standard $180.0 \pm 2\% \mu\text{S}/\text{cm}$).
- Rincer l'électrode avec l'eau à analyser et la tremper dans un bêcher de 100ml rempli avec de l'eau à analyser.
- Noter la valeur de la conductivité en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Pour la maintenance de l'appareil rincer l'électrode après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$ et avec de l'acide chlorhydrique HCl à une concentration de 1%.



Figure n°22 : Conductimètre

5.3.4-Détermination de la dureté totale par titrimétrie à l'EDTA

➤ Principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés en complexe de type chélate par le sel disodique et de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH égal à 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir d'ériochrome T (NET).

Le titre hydrotimétrique détermine la concentration en sel de calcium et de magnésium dissouts.

➤ Réactifs utilisés :

- ❖ Solution EDTA (10mmol/l)
- ❖ Solution de noir d'ériochrome à 5% (indicateur coloré)
- ❖ Solution tampon d'ammonium à pH=10

➤ Mode opératoire :

Introduire 50ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml et ajouter 4 ml de solution tampon et trois (03) gouttes de solution de noir d'ériochrome. La solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être égal à 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

➤ Expression des résultats :

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milligramme par litre, est donnée par l'expression suivante :

$$100 \times \frac{C \times V_1}{V_2}$$

C = Concentration en milliéquivalent par litre de la solution d'EDTA.

V1 = Volume en ml de la solution EDTA.

V2 = Volume de l'échantillon en ml.

5.3.5-Détermination de la dureté totale par calcul (autre méthode)

La dureté peut être calculée à partir de différents ions présents dans l'eau.

Pour cela, les teneurs en milligrammes par litre de CaCO₃ équivalent seront calculées en multipliant les valeurs trouvées, en milligrammes par litre par des coefficients, et le plus souvent, on se borne à additionner les valeurs obtenues pour le calcium et le magnésium.

La dureté totale est donnée par la relation :

$$(TH) = 2,497 \times \text{concentration de Ca (mg/l)} + 4,116 \times \text{concentration de Mg (mg/l)}.$$

5.3.6-L'alcalinité totale

Le titre alcalimétrique mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques.

➤ Principe :

La détermination de l'alcalinité totale par la méthode potentiométrique est basée sur la titration avec un acide fort (HCl) au point final à pH = 4.5 à l'aide d'un pH-mètre.

➤ Matériels et réactifs :

- Solution de HCl (0.191mg/l)
- Pipettes graduées de 100ml et Burette
- Erlenmeyer de 250ml
- pH- mètre et Agitateur magnétique

➤ Mode d'Opérateur :

- Verser à l'aide d'une pipette 100ml de l'eau analyser dans un erlenmeyer de 250ml.
- Remplir et enregistrer le volume initial de HCl (0.02N) dans la burette.

- Insérer l'électrode en verre du pH-mètre dans le flacon et titrer l'échantillon avec HCl jusqu'à pH= 4.5
- Mélanger complètement mais doucement avec l'agitateur magnétique pendant la titration et enregistrer le volume final de HC.

➤ **Expression de résultats :**

$$\text{Alcalinité totale (mg/l)} = \frac{\text{Concentration de HCl} \times V1(\text{ml}) \times 50000}{V2(\text{ml})}$$

- ❖ Concentration de HCl= 0.191mg/l.
- ❖ V1= volume de HCl titré en ml.
- ❖ V2= 100ml (volume d'échantillon).

5.3.7-Solides solubles totaux (TSS)

- **Principe :** Détermination des solides solubles totaux (TSS) par spectrophotométrie.
- **Mode opératoire :**
 - Choisir le programme TSS sur spectrophotométrie.
 - Mettre 10 ml de l'eau ultra pure dans une cuvette propre et séchée.
 - Insérer dans le spectrophotomètre et peser sur "Zéro", pour étalonner l'appareil à 0 mg/l.
 - Puis verser 10ml de l'eau à analyser dans la cuvette et insérer dans le spectrophotomètre et presser sur "Read".

➤ **Expression de résultats :**

La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil = ppm(mg/l) solides solubles totaux(TSS).



Figure n°23 : Spectrophotomètre

5.3.8-Minéralisation totale

➤ **Principe :** Consiste à déterminer la minéralisation totale ou la matière solide dissoute totale(TDS) par la méthode gravimétrique.

➤ **Matériel et réactifs :**

- Dessiccateur
- Pipette de 100ml
- Capsule d'évaporation
- Papier filtre de Whatman
- Minuterie
- Étuve pour l'opération 180 au $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

➤ **Mode d'Opérateur :**

- Préchauffer l'étuve à 180°C.
- Sécher une capsule d'évaporation à l'intérieur de l'étuve pendant 1 heure à 180°C.
- Après des signaux sonores du chronomètre, sortir le plat et refroidir dans le dessiccateur pendant 20 minutes. Peser la capsule et enregistrer la lecture.
- Insérer le papier filtre avec le côté froissé sur l'entonnoir de filtration et assembler les appareillages de filtration.

- Verser 100 ml de l'eau analysée dans l'entonnoir de filtration pour éliminer la matière en suspension.
- Avec une pipette prendre 100ml d'échantillon filtré et les verser dans la capsule d'évaporation.
- Sécher la capsule d'évaporation contenant l'échantillon à l'intérieur de l'étuve pendant 1 heure à 180°C. Après les signaux sonores du chronomètre, sortir le plat et refroidir à l'intérieur du dessiccateur pendant 20 minutes.
- Peser la capsule d'évaporation.

➤ **Expression des résultats :**

$$\text{La matière solide dissoute totale (TDS) (mg/L)} = \frac{A-B}{V} \times 10^6$$

A : est le poids du résidu sec et de la capsule d'évaporation.

B : est le poids de la capsule d'évaporation en mg

V : est le volume d'échantillons (100ml).

5.3.9-Chlore libre (Cl₂)

➤ **Principe :** Consiste à mesurer la concentration de chlore libre par colorimétrie.

➤ **Matériel et réactifs :**

- Colorimètre
- Cuvette d'échantillon 10ml
- Sachet DPD chlore libre pour 10 ml.

➤ **Mode opératoire :**

- Choisir le programme de chlore libre sur l'appareil
- Mettre 10 ml de l'eau à analyser dans une cuvette propre, préalablement rincée avec l'eau de l'échantillon.
- En s'assurant que la cuvette soit propre et sèche, l'insérer dans le colorimètre, mettre le couvercle et appuyer sur "Zéro" pour étalonner l'appareil à 0 mg/l.

- Ajouter ensuite un sachet de DPD chlore libre et agiter.
- Prendre la lecture en appuyant "Read" en moins d'une minute.

➤ **Expression de résultats :**

La lecture se fait directement sur l'appareil = ppm (mg/l) de chlore libre.



Figure n°24 : Colorimètre

5.3.10-Dosage des ions majeur et de Bore

La détermination des cations majeurs tels les ions calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (K^+) et potassium (Na^{2+}) ainsi que les anions majeurs tels les sulfates SO_4^{2-} , les chlorures (Cl^-), les nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-) et le bore (B) se fait par chromatographie ionique.

➤ **Principe de la chromatographie ionique :**

La chromatographie est un procédé physicochimique qui permet la séparation des constituants d'un mélange. Le principe de séparation repose sur la distribution des solutés entre deux phases non miscibles ; une phase stationnaire contenue dans une colonne sous forme d'un solide finement divisé et une phase mobile qui traverse cette colonne et entraîne l'échantillon contenant le mélange à analyser.

L'éluant est utilisé pour courir Chromatographie ion. Il fonctionne comme transporteur pour l'échantillon extrait par la chromatographie d'ion.

La phase mobile (ou éluant) tend à entraîner les espèces à séparer alors que la phase stationnaire tend à les ralentir par la mise en jeu d'interactions diverses. Les solutés sont injectés à une extrémité de la colonne et détectés en sortie de colonne par un détecteur approprié. Ils sont identifiés par le temps mis pour courir la colonne (temps de rétention).

La chromatographie ionique apporte la précision et la performance des résultats avec une grande simplicité d'utilisation, garantit une grande précision analytique et élimine virtuellement toute erreur de manipulation. Cette technique assure l'analyse, précise les anions, les cations et le bore.

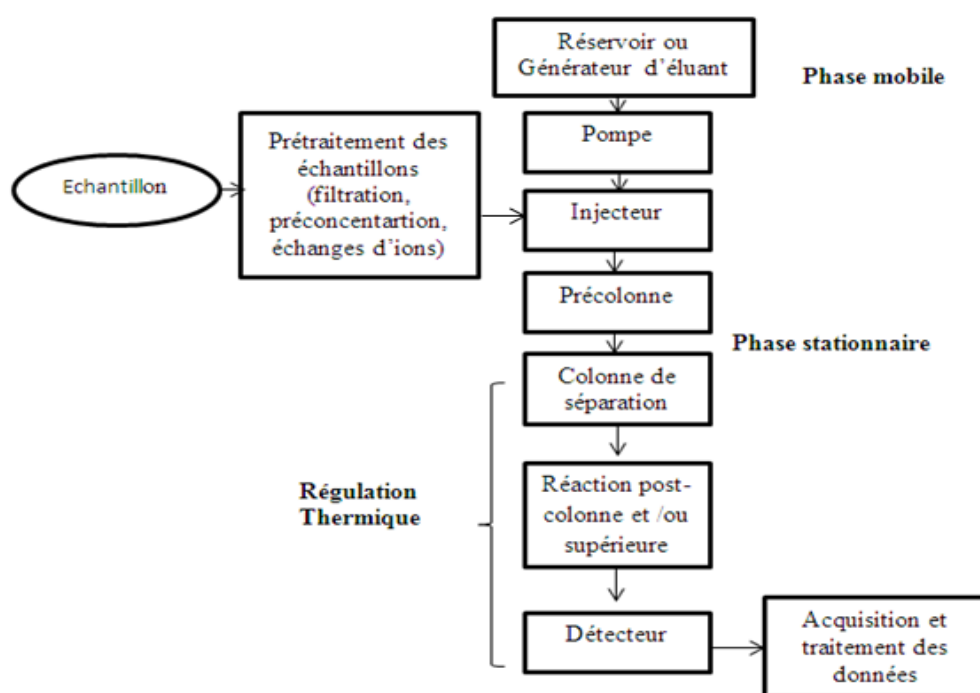


Figure n°25 : Principe de la chromatographie ionique

5.3.10.1-Dosage du Bore

➤ Matériel et réactifs :

- Solution étalon de bore 1000mg/L.
- Carbonate de sodium anhydre.
- Hydroxyde de sodium à 50%.
- Fiole jaugée en plastique de 100ml.
- Fiole jaugée en plastique de 2000ml.
- Récipient d'éluant en plastique de 2000ml.

- Micropipette (100-1000 μ l).
- Chromatographe ionique.
- Balanceur.

Remarque : Pendant le dosage de bore éviter toute utilisation de matériel en verre pour éviter

L'influence de matière de silicate de bore sur le résultat final.

➤ **Préparation d'éluant de bore :**

- Peser 0,0424 g de carbonate de sodium et diluer avec 400ml d'eau ultra pure dans une fiole de 2000ml en plastique puis verser 434 μ l d'hydroxyde de sodium à 50% en utilisant la micropipette dans la même fiole.
- Diluer le contenant des deux produits chimiques avec de l'eau ultra pure jusqu'à la marque de 2000ml. L'éluant est maintenant prêt.
- S'assurer que la conductivité de l'éluant est entre 810 et 825 μ S/cm.

➤ **Préparation des solutions d'étalonnages :**

A partir de la solution mère de bore 1000mg/l préparer les solutions standards.

Tableau n°16 : les solutions standards de Bore

Solution Standard	Standard 1	Standard 2	Standard 3
Concentration (mg/l)	0.5	1.0	2.0

➤ **Détermination de la concentration de bore :**

- Etalonner le chromatographe ion par les solutions standards et enregistrer le temps de rétention de la solution référence.
- Verser 2ml de l'eau à analyser dans le système de chromatographe ion et appuyer sur « START ».

- Laisser la courbe d'étalonnage stabilisée pendant 20 minutes et appuyer sur « STOP ».
- Pour l'eau de mer faire les dilutions nécessaires car la concentration de bore est très élevée (supérieure au standard).

➤ **Expression des résultats :**

La concentration de bore en ppm (mg/l) est donnée directement par simple lecture sur l'écran de l'appareil.

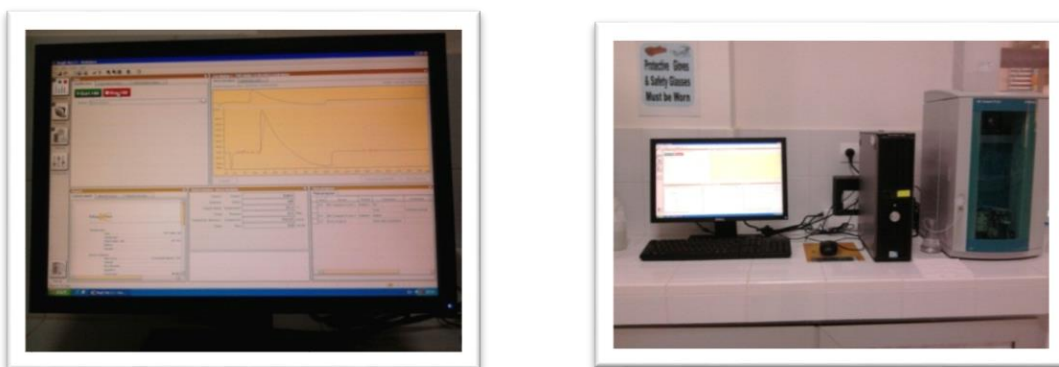


Figure n°26 : Système de chromatographie ionique

5.3.10.2-Dosage des cations

➤ **Matériel et réactifs :**

- Solution étalon de calcium (Ca^{2+}) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de magnésium (Mg^{2+}) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de sodium (K^+) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de potassium (Na^{2+}) à 1000 mg/l.
- Acide dipicolinic (DPA).
- Acide nitrique à 60%.
- Fiole jaugée en plastique de 2000ml.
- Micropipette de (100-1000 μ l).
- Chromatographe ionique.
- Balanceur.

➤ **Préparation d'éluant des cations:**

- Peser 0,117g d'acide dipicolinic (DPA) et les diluer avec 400ml d'eau ultra pure dans une fiole de 2000ml en plastique, puis verser 130 μ l d'acide nitrique à 60% en utilisant la micropipette dans la même fiole.
- Diluer le contenu de la fiole avec l'eau ultra pure jusqu'à la jauge (2000 ml). L'éluant est maintenant prêt.
- S'assurer que la conductivité de l'éluant est entre 712 à 716 μ S/cm pour le bon fonctionnement de la chromatographie ionique.

➤ **Préparation des solutions d'étalonnages :**

A partir des solutions mères des anions préparer les solutions standards pour l'étalonnage de la chromatographie.

Tableau n°17 : Les solutions standard des cations.

Solution Standard	Standard 1 (mg/l)	Standard 2 (mg/l)	Standard 3 (mg/l)	Standard 4 (mg/l)
Calcium (Ca²⁺)	1	5	10	20
Magnésium (Mg²⁺)	0,25	0,5	1	2
Sodium (K⁺)	1	5	10	20
Potassium (Na²⁺)	1	2,5	5	10

➤ **Détermination des concentrations des cations :**

- Etalonner le chromatographe ion par les solutions standards et enregistrer comme une référence.
- Verser 2ml de l'eau à analyser dans le système de chromatographe ion et appuyer sur « START ».
- Laisser la courbe d'étalonnage se stabiliser pendant 17 minutes et appuyer sur « STOP ».

- Pour l'eau de mer faire les dilutions nécessaires car la concentration des cations est très élevée.

➤ **Expression de résultats :**

La concentration des cations en ppm (mg/l) est obtenue par simple lecture sur l'écran de l'appareil.

5.3.10.3-Dosage des anions

➤ **Matériel et réactifs :**

- Solution étalon de bromate (BrO_3^-) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de chlorure (Cl^-) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de nitrite (NO_2^-) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de nitrate (NO_3^-) à 1000 mg/l.
- Solution étalon de sulfates (SO_4^{2-}) à 1000 mg/l.
- Bicarbonate de sodium (1 mmol/l).
- Carbonate de sodium (3,2mmol/l).
- Fiole jaugée en plastique de 2000ml.
- Micropipette (100-1000 μ l), Balanceur.
- Chromatographe ionique.

➤ **Préparation d'éluant des anions :**

- Peser 168 g de bicarbonate de sodium (NaHCO_3) et 0,678 g de carbonate de sodium dilué avec l'eau ultra pure dans une fiole jaugée de 2000 ml.
- Diluer le contenu de la fiole avec l'eau ultra pure jusqu'au trait de jauge. L'éluant est maintenant prêt.

➤ **Préparation des solutions d'étalonnages :**

A partir des solutions mères des anions (1000 mg/l), préparer les solutions standards :

Tableau n°18 : Les solutions standard des anions.

Solution Standard (mg/l)	Standard 1	Standard 2	Standard 3	Standard 4
Chlorure (Cl⁻)	1	5	10	20
Nitrite (NO₂⁻)	0,2	1	1,5	2
Nitrate (NO₃⁻)	0,5	1	1,5	2
Sulfates SO₄²⁻	0,5	1	1,5	2

➤ **Détermination des concentrations des anions :**

- Etalonner le chromatographe ion par les solutions standards et enregistrer comme une référence.
- Verser 2ml de l'eau à analyser dans le système de chromatographe ion et appuyer sur « START ».
- Laisser la courbe d'étalonnage se stabiliser pendant 17 minutes et appuyer sur « STOP ».

➤ **Expression de résultats :**

La concentration des anions en ppm (mg/l) se fait par une simple lecture sur l'écran de l'appareil.

5.3.11-Indice de saturation – Indice de Langelier (LSI) :

L'indice de saturation ou indice de Langelier permet de savoir si l'eau est corrosive ou s'il y a possibilité de formation de tartre, la méthode la plus simple pour le calcul de l'agressivité est la méthode de Langelier.

L'indice de saturation est défini comme suit : $LSI = pH - pH_s$. Pour déterminer le pH_s , il faut d'abord mesurer les paramètres suivants :

- Mesurer l'alcalinité totale.
- Mesure la conductivité électrique.
- Déterminer la concentration en calcium.
- Mesure le pH et la température lors du prélèvement de l'échantillon.
- Après avoir mesuré les paramètres ci-dessus, il suffit juste d'utiliser l'équation $LSI = pH - pHs$

➤ **Calcul :**

$LSI = pH - pHs$

Où : pH = pH de l'eau.

pHs = pH de saturation ou pH pour lequel on obtient l'équilibre calcocarabonique de l'eau.

$$pHs = FA + FD + FT - \text{Constante}$$

Où : $FA = \log [\text{alcalinité (CaCO}_3\text{)}]$

$$FD = \log [Ca^{2+}]$$

$$FT = [- 0.25 + (0.00825 \times \text{Température en } ^\circ\text{F})]$$

$$\text{Constante} = [-11.3 - (0.33 \times \log [\text{TDS}])] \text{ [48]}$$

5.4-Analyse microbiologique

Ces analyses ont été effectuées dans le laboratoire de bureau d'hygiène de Ghazaouet. Les analyses microbiologiques habituellement effectuées sur une eau destinée à la consommation humaine sont basées sur la recherche et le dénombrement des germes suivants :

- ❖ Dénombrement des germes totaux.
- ❖ Recherche des streptocoques fécaux.
- ❖ Recherche des coliformes totaux et fécaux.
- ❖ Recherche des salmonelles.

- ❖ Recherche des vibron-chloriques.
- ❖ Dénombrement des clostridium sulfite réducteurs.

5.4.1-Dénombrement des germes totaux

Le dénombrement des germes totaux consiste en une estimation du nombre des germes totaux dans l'eau.

- **Milieu de culture :** Gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA).
- **Mode opératoire :**
 - Le milieu gélosé TGEA est fondu dans un bain marie à 100°C puis refroidi à environ 40°C.
 - Verser 1ml d'eau à analyser dans deux boites de pétri.
 - Ajouter 15 ml de TGEA fondu et refroidi à environ 40°C.
 - Mélanger avec précaution par rotation.
 - Laisser la gélose se solidifier.
 - Incuber une boite à 22°C pendant 72h et la deuxième à 37°C pendant 24h.
- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC/ ml (unités formant une colonie).

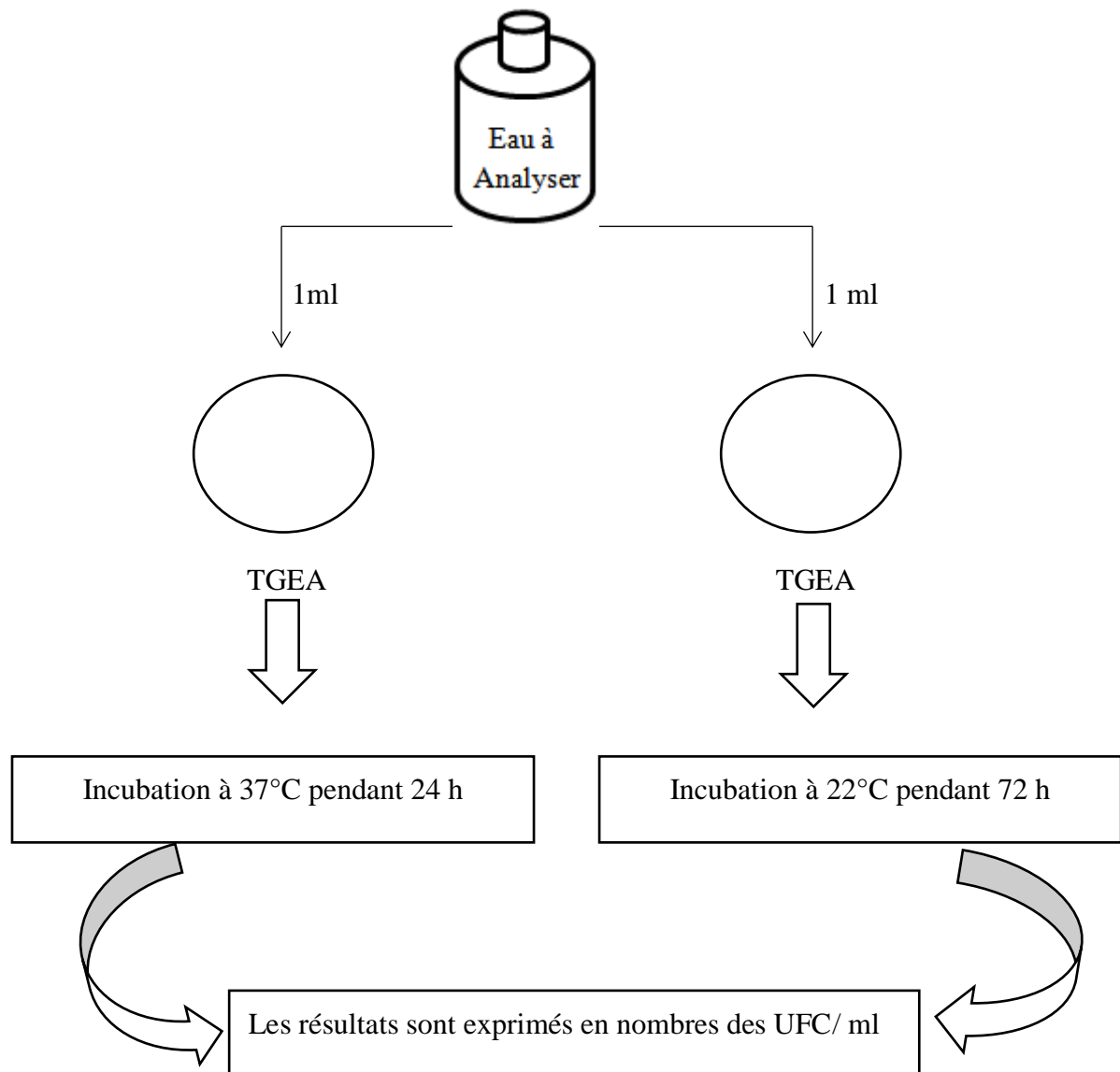


Figure n°27 : Recherche et dénombrement des germes totaux

5.4.2-Recherche des coliformes totaux

La colométrie consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes et parmi lesquels les coliformes fécaux.

Elle compte deux temps :

- La recherche présomptive des coliformes.
- La recherche confirmative des coliformes fécaux.

➤ **Milieux de culture et réactifs :**

- ❖ Bouillons lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration(D/C) et simple concentration(S/C).
- ❖ Milieu de confirmation Schubert muni d'une cloche de durham.
- ❖ Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.
- ❖ Table NPP.

5.4.2.1-Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes

➤ **Mode opératoire :**

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol. Tous les tubes sont munis de cloches de durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.

Ensemencement :

On utilise :

- Un flacon contenant 50ml de BCPL (D/C) avec 50ml d'eau à analyser.
- 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL à double concentration avec 10 ml d'eau à analyser.
- 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL à simple concentration avec 1ml d'eau à analyser.
- L'incubation se fait à 37°C ; la cloche ne devant pas contenir de gaz au départ.

➤ **Lecture :**

- La lecture se fait 48h après l'incubation.
- Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune avec du gaz dans la cloche sont considérés comme positif notés (+) c'est-à-dire qu'ils renferment des coliformes totaux.

➤ **Expression de résultats :**

On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporte à la table NPP pour obtenir le nombre de coliformes totaux contenus dans 100 ml.

5.4.2.2-Test confirmatif

➤ **Mode d'opérateur :**

- A partir de chaque tube BCPL positif (+) pour la recherche de coliformes totaux, ensemercer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche de Durham
- Incuber à 44°C pendant 24h.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs aux tubes contenant le bouillon de Schubert avec la cloche de Durham positif (+).

➤ **La lecture :**

Tous les tubes présentant une réaction indole positive (anneau rouge en surface) sont considérés comme positifs (+).

➤ **Expression des résultats :**

Le dénombrement des coliformes fécaux s'effectue de la même manière que celui des coliformes totaux et les résultats sont exprimés dans 100ml d'eau à analyser.

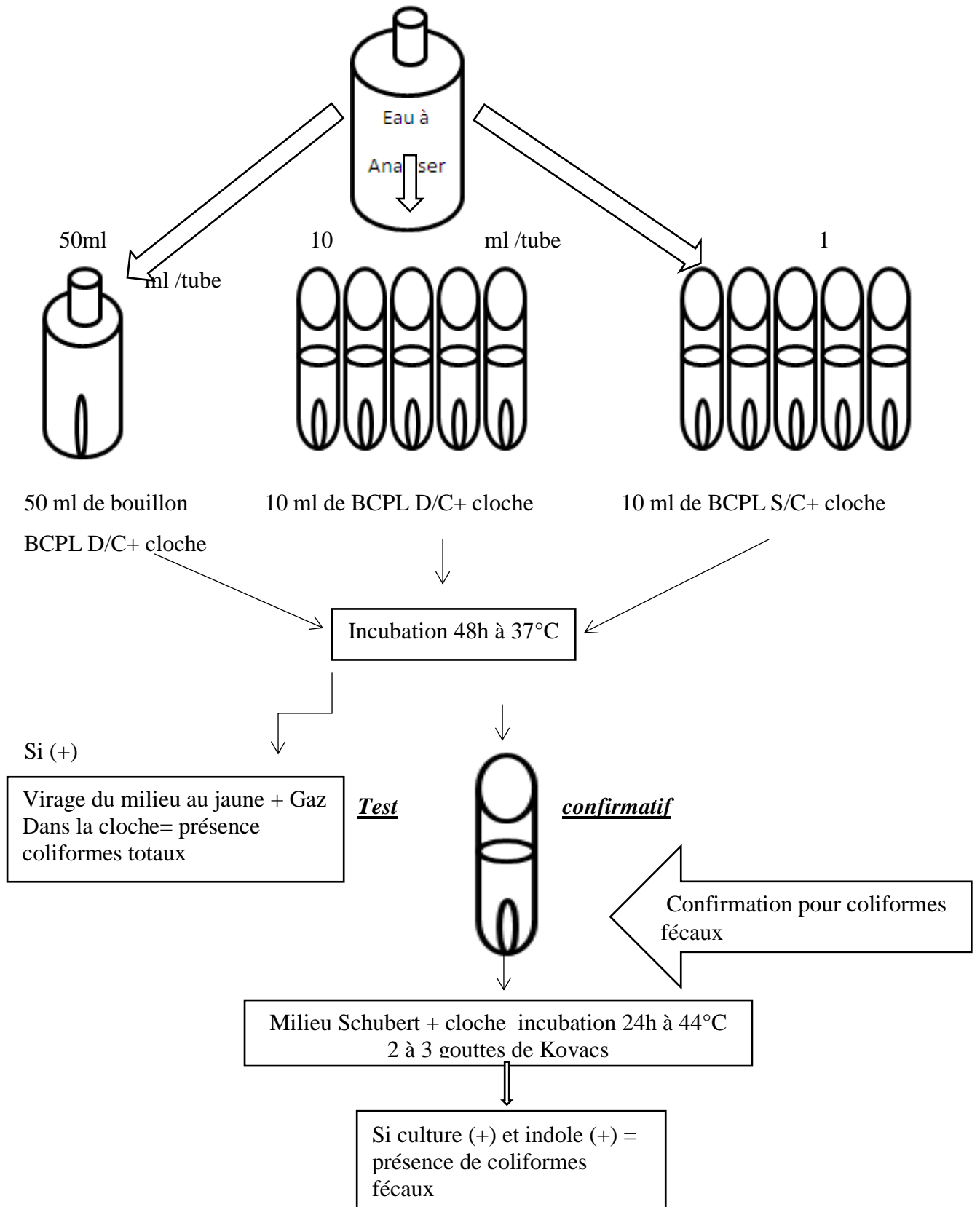


Figure n°28 : Recherche et dénombrement des coliformes dans l'eau

5.4.3-Recherche des Streptocoques fécaux

➤ **Principe :**

Rechercher et dénombrer les streptocoques fécaux considérés comme des témoins de pollution fécale.

Elle compte deux temps :

- La recherche présomptive du streptocoque.
- La recherche confirmative des streptocoques fécaux.

➤ **Milieu de culture :**

- Milieu de Roth à D/C.
- Milieu de Roth à S/C.
- Milieu de litsky.

➤ **Mode opératoire :**

-1^{ère} étape : Test présomptif

La recherche se fait en bouillon à l'azide de sodium (bouillon de Rothe) simple et double concentration.

On ensemece :

- 1 flacon contenant 50ml de bouillon de Rothe double concentration avec 50 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe double concentration avec 10 ml d'eau.
- 5 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe double concentration avec 1 ml d'eau.
- Incubation pendant 48h à 37°C.

➤ **Lecture :**

- Les tubes présentant une louche microbienne sont considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal.
- Le test confirmatif est obligatoire.

-2^{ème} étape : Test confirmatif

On ensemence :

- 2 à 3 gouttes dans un bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA ou litsky), à partir de chaque tube positif (+).
- Incubation pendant 24h à 37°C.

➤ **La lecture :**

- Tous les tubes présentant une culture et un jaunissement sont considérés comme positifs (+).
- On note généralement la présence dans le fond des tubes d'une pastille violette.

➤ **Expression des résultats :**

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux contenus dans 100ml d'eau.

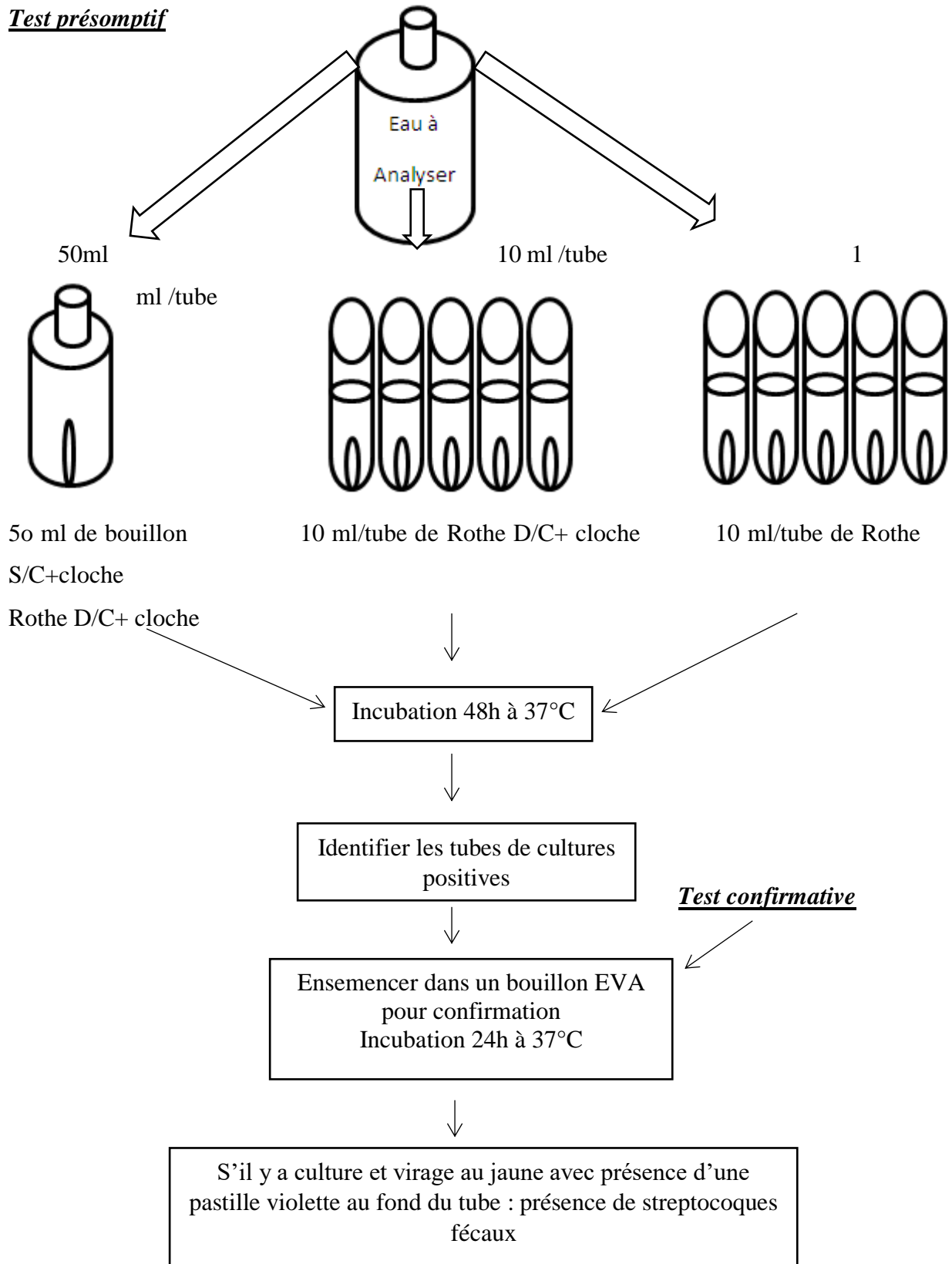
Test présumptif

Figure n°29 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau

5.4.4-Dénombrement des *Clostridium sulfito réducteurs*

➤ **Principe :**

Après la destruction des formes végétatives par chauffage à 80°C, l'échantillon est incorporé dans un milieu fondu additionné de sulfite de sodium et d'alun de fer. Après solidification et incubation, la présence de germes sulfito- réducteurs se traduit par un halo noir de sulfure de fer autour des colonies.

➤ **Milieu de culture :**

- Gélose viande foie.
- Solution d'alun de fer.

➤ **Mode opératoire :**

- On introduit dans 4 tubes à essai 20ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- On place les tubes dans un bain marie à 80°C pendant 5 minutes.
- On refroidit à 45°C, on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et quatre gouttes des sulfites de sodium puis on remplit les 4 tubes avec 15 ml de gélose viande foie.
- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24h, une deuxième après 48h.
- Les clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer.

➤ **Expression des résultats :**

On exprime les résultats en nombre de germes par millilitre.

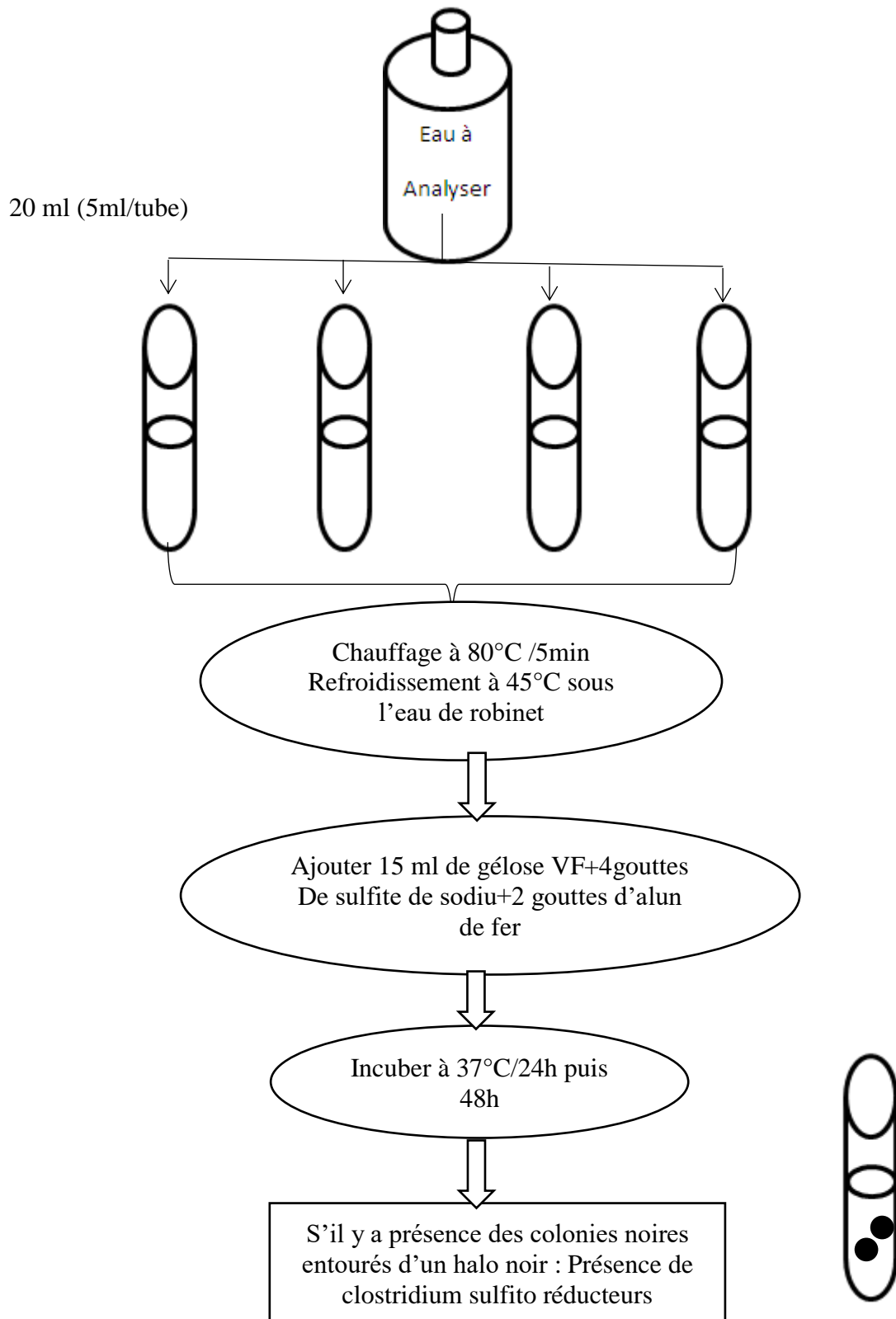


Figure n°30 : Recherche et dénombrement des clostridium sulfito- réducteurs

5.4.5-Recherche des Vibrions cholériques

➤ **Milieu de culture :**

- Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).
- Eau peptone alcaline concentrée 10 fois (EPA).

➤ **Mode opératoire :**

5.4.5.1-Phase de prélèvement et du pré-enrichissement

- Prélever 450ml d'eau directement dans un flacon contenant 50ml de milieu de culture (eau peptone concentrée 10 fois).
- Incuber pendant 24h à 37°C.

5.4.5.2-Phase d'enrichissement

- A partir du premier enrichissement (EPA1) on effectue un premier isolement sur gélose GNAB 1.
- On réalise un deuxième enrichissement en portant 1 ml de flacon d'enrichissement sur eau peptone (EPA2).
- On incube pendant 24h à 37°C.
- On effectue un deuxième isolement à partir du deuxième enrichissement sur gélose GNAB2.
- On incube pendant 24 h à 37°C.

➤ **Expression des résultats :**

Les colonies de vibrion cholérique ont 1 à 1,5mm de diamètre et sont transparentes, lisses et d'aspect légèrement bleuté.

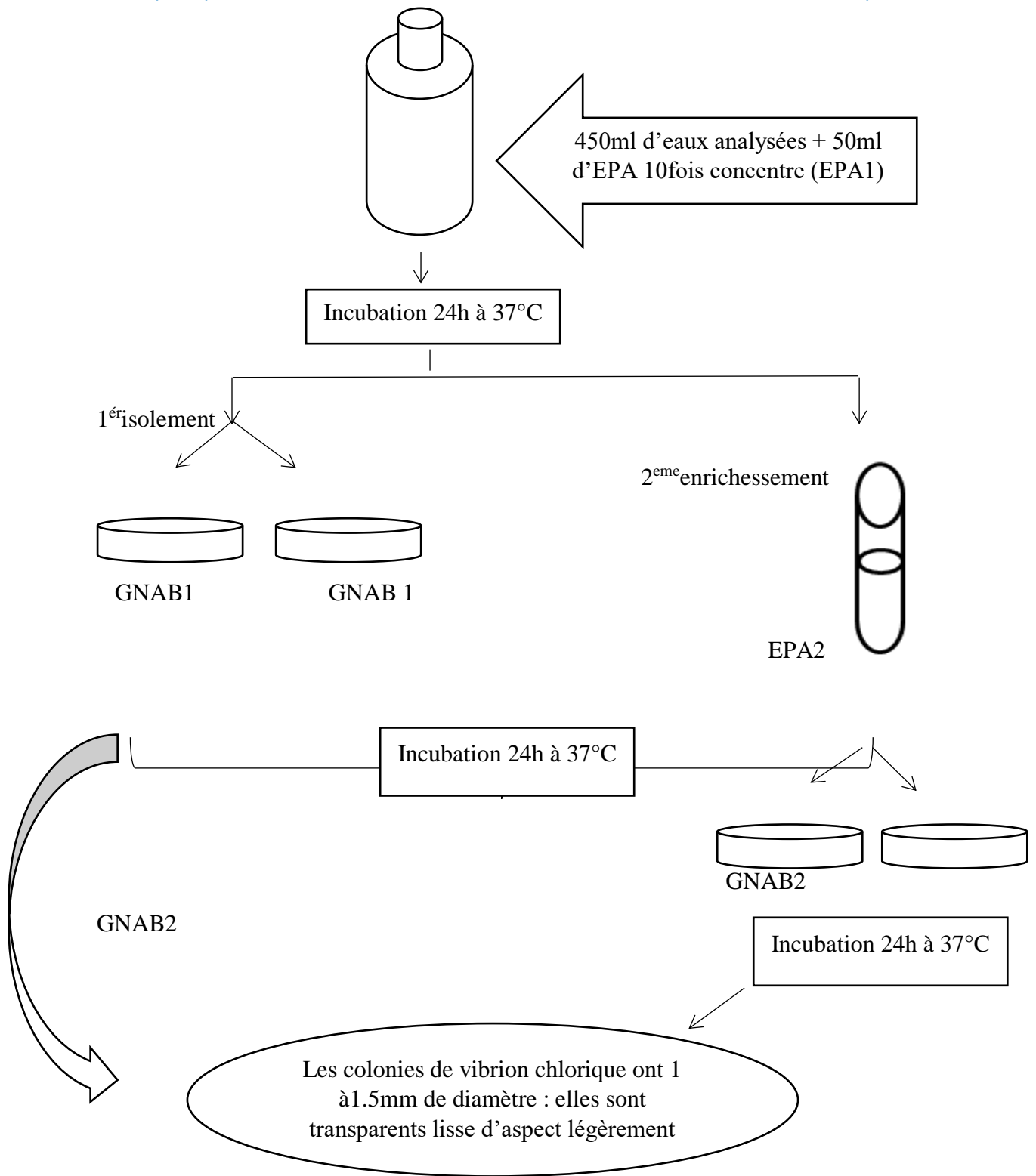


Figure n°31 : Recherche de vibron chlorique.

5.4.6-Recherche des Salmonelles

➤ **Milieu de culture :**

- Bouillon au sélénite (SFB).
- Gélose Hektoen (HK).

➤ **Mode opératoire :**

5.4.6.1-Phase du 1^{er} enrichissement

- ❖ Ensemencer séparément 2 flacons de 100ml d'eau à analyser dans deux flacons de SFB.

5.4.6.2-Phase du 1^{er} isolement et du 2^{ème} enrichissement

Après agitation des flacons de SFB du 1^{er} enrichissement, effectuer sur chacun d'eux :

- ❖ Un isolement sur 2 boites d'Hektoen (HK1).
- ❖ Un 2^{ème} enrichissement en ensemençant 1 ml du SFB1 sur un tube de SFB simple concentration (SFB2).
- ❖ Incuber le tout pendant 24h à 37°C.

5.4.6.3-Phase du 2^{ème} isolement

- ❖ A partir du tube du 2^{ème} enrichissement (SFB 2), effectuer un 2^{ème} isolement sur deux boites d'Hektoen (HK2).
- ❖ Incuber pendant 24h à 37°C.

➤ **Expression des résultats :**

Sur Hektoen, les colonies de salmonelles sont de tailles moyennes, lisses colorées en vert (couleur du milieu) avec en général un centre noir exprimé par 100ml.

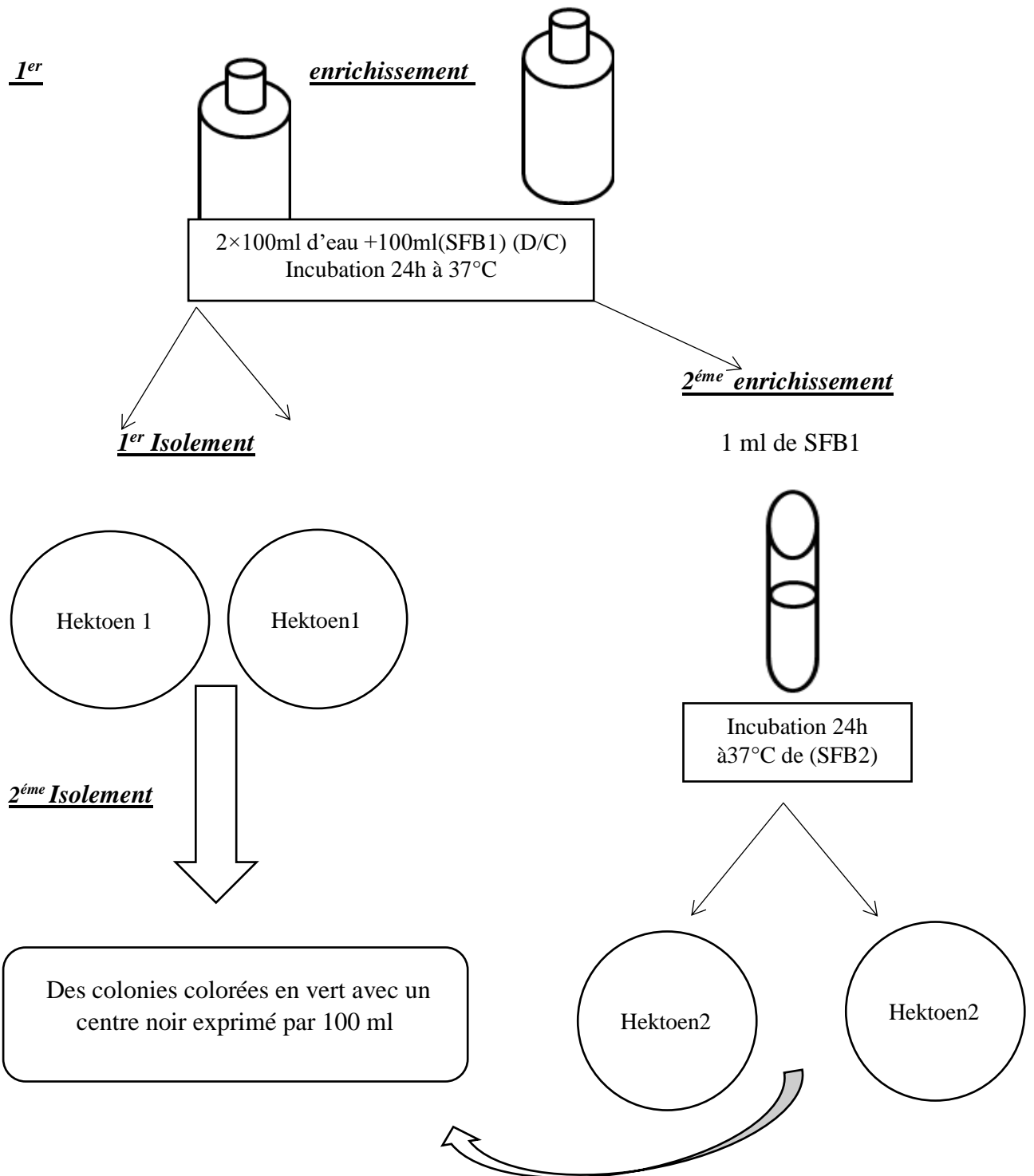


Figure n°32 : Recherche des salmonelles.

5.5-Analyse parasitologique

Ces tests ont été réalisés au niveau de laboratoire du CHU Tlemcen, les parasites les plus recherchés dans l'eau de boisson sont :

Protozoaires :

- ✓ Entamoeba histolytica (amibiase) : légère diarrhée à dysentérie sanguinolente fulminante.
- ✓ Giardia intestinalis (Giardiase): diarrhée, crampes, nausées et vomissement.

Helminthes :

- ✓ Ascaris lombricoïdes (ascaridiose)

5.5.1-Prélèvement

Les prélèvements ont été fait dans 3 points : l'eau de mer, l'eau de château de distribution, et l'eau de robinet. On a fait un échantillon de 250 ml pour chaque point de prélèvement.

5.5.2-Examen à l'état frais :

➤ Matériels et réactifs :

- Lames porte-objets
- Lamelles
- Pipettes Pasteur
- Lugol à 1%
- Tubes coniques

➤ Procédure :

- Centrifugation de 20 ml d'eau prélevée, ce dernier est séparée sur 2 tubes du 10 ml.
- Déposer 2 gouttes de culot de concentration sur la lame, ajouter à une des 2 gouttes le lugol et recouvrir d'une lamelle.
- Lire au grossissement Gx10 et Gx40 (en faisant des mouvements en zig zag)

5.5.3-Technique de coloration : Technique de Ziehl Neelson modifiée

➤ Matériels et réactifs :

- Lames porte-objets
- Lamelles
- Méthanol
- La fuchsine phéniquée
- L'acide sulfurique à 2%

- Vert de malachite à 5%
- Tubes coniques

➤ Procédure :

- Etaler sur 1 lame dégraissée 1 goutte du culot de concentration
- Sécher par agitation.
- Fixer au méthanol pendant 5 mn.
- Colorer dans la fuchsine phéniquée pendant une heure.
- Rincer à l'eau du robinet.
- Passer la lame dans un bain d'acide sulfurique à 2% pendant 20 secondes,
- Rincer une 2^e fois dans l'eau.
- Contre colorer avec le vert de malachite à 5% pendant 5mn.
- Rincer puis sécher et lire au grossissement Gx100.
- Les oocystes du *Cryptosporidium sp* apparaissent en rouges sur fond vert



Chapitre 2 : Résultats

Chapitre 2 : résultats :

1-Résultats organoleptiques :

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la turbidité de l'eau. Ces paramètres n'ont pas de signification sanitaire, mais par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent aux consommateurs de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau.

Tableau n°19 : Résultats des analyses organoleptiques

Paramètres	Unité	Eau de mer	Eau Traité	Normes Algériennes
			Moyenne	
Odeur	/	Inodore	Inodore	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	/	Salée	Sans	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l PT-CO	4	2,36	15
Turbidité	NTU	3	0,5	5

L'eau traitée ne présente aucune odeur ou saveur et présente des valeurs très basse du couleur et du turbidité

2-Résultats physico-chimiques :

Pour les analyses physicochimiques nous avons réalisé 33 prélèvements à différentes dates durant le mois de février 2017 pour l'eau traitée et un seul prélèvement pour l'eau de mer.

Tableau n°20 : Résultats des analyses physico-chimiques pour l'eau traitée.

	Ph Et Température °C	Alcalinité Totale mg/l CaCO₃	Solides totales dissout mg/L	Indice de langelier	Bore mg/L	Bore mg/L(Moy en annuel)	Dureté totale(Calculé) mg/l CaCO₃
Normes	6.5 - 8,5	50 - 80 mg/l CaCO ₃	150 - 550 mg/L	0 - 0,4	Moyen annuel ≤ 1.3 mg/L	Moyen annuel ≤ 1.3 mg/L	> 65 mg/l CaCO ₃
01/02/17	8.35 - 17.6 °C	55	538	0.09	1.233	1.203	138
02/02/217	8.32 - 17.6 °C	54	546	0.02	1.221	1.204	129
03/02/17	8.35 - 18.2 °C	53	531	0.04	1.264	1.206	140
04/02/17	8.41 - 18.0 °C	52	526	0.08	1.278	1.209	126
05/02/17	8.44 - 18.1 °C	51	520	0.04	1.283	1.211	124
06/02/17	8.33 - 18.4 °C	55	545	0.06	1.271	1.213	116
07/02/17	8.34 - 18.6 °C	58	539	0.09	1.255	1.215	130
08/02/17	8.33 - 18.2 °C	56	534	0.06	1.239	1.215	114
09/02/17	8.34 - 17.6 °C	56	519	0.0	1.344	1.216	114
10/02/17	8.17 - 17.9 °C	60	511	0.07	1.227	1.216	128
11/02/17	8.18 - 18.7 °C	61	525	0.04	1.215	1.216	140
12/02/17	8.33 - 18.7 °C	54	515	0.02	1.292	1.218	140
13/02/17	8.14 - 18.4 °C	68	512	0.01	1.245	1.219	136
14/02/17	8.39 - 18.1 °C	57	536	0.08	1.261	1.220	140
15/02/17	8.15 - 17.7 °C	60	548	0.02	1.236	1.221	126
16/02/17	8.28 - 18.0 °C	63	523	0.08	1.253	1.221	134
17/02/17	8.38 - 18.1 °C	64	517	0.14	1.229	1.222	124
18/02/17	8.26 - 18.1 °C	61	511	0.06	1.211	1.221	117
19/02/17	8.25 - 18.1 °C	60	544	0.02	1.218	1.221	120
20/02/17	8.26 - 18.6 °C	55	524	0.01	1.235	1.222	120
21/02/17	8.41 - 18.0 °C	56	525	0.09	1.243	1.222	121
22/02/17	8.26 - 17.7 °C	59	515	0.01	1.232	1.222	10
23/02/17	8.26 - 17.9 °C	60	512	0.02	1.230	1.222	104
24/02/17	8.29 - 18.3 °C	55	529	0.01	1.241	1.223	110
25/02/17	8.36 - 18.4 °C	55	532	0.03	1.231	1.223	95
26/02/17	8.36 - 18.3 °C	56	519	0.05	1.243	1.223	101
27/02/17	8.21 - 18.4 °C	55	515	0.01	1.239	1.224	104
28/02/17	8.20 - 19.3 °C	53	514	0.01	1.227	1.224	118
01/03/17	8.33 - 18.7 °C	57	527	0.06	1.242	1.224	124
02/03/17	8.30 - 18.5 °C	56	523	0.04	1.248	1.225	122
03/03/17	8.24 - 18.3 °C	60	516	0.03	1.237	1.225	132
04/03/17	8.28 - 18.4 °C	62	514	0.08	1.242	1.225	132
06/03/17	8.38 - 18.5 °C	58	513	0.11	1.235	1.225	125
Moyenne	8.29 -18.22 °C	57	525	0.05	1.242	1.219	123

Paramètres	Conductivité $\mu\text{S/cm @ 25}$	Turbidité (lab.) NTU	Chlore libre (lab.) mg/L	Potassium (mg/L)	Bicarbonate (mg/L HCO_3^-)	Calcium (mg/L)	Magnésium (mg/L)
Normes	2800	5	-	20	-	75-200	150
01/02/2017	1055	0.22	0.29	8.753	67.21	28.129	3.451
02/02/2017	1070	0.15	0.31	8.229	66.27	27.251	3.521
03/02/2017	1042	0.48	0.28	8.894	64.16	28.015	3.254
04/02/2017	1032	0.79	0.24	8.254	63.69	27.941	3.438
05/02/2017	1020	0.77	0.27	8.778	61.81	27.421	3.447
06/02/2017	1068	0.55	0.33	8.431	66.98	28.164	3.522
07/02/2017	1057	0.44	0.39	8.162	71.21	29.261	3.628
08/02/2017	1048	0.13	0.33	8.219	67.92	28.229	3.479
09/02/2017	1018	0.11	0.33	8.115	68.15	28.089	3.652
10/02/2017	1002	0.21	0.31	8.164	72.62	29.983	3.874
11/02/2017	1029	0.46	0.25	8.467	74.03	30.469	3.985
12/02/2017	1010	0.71	0.20	8.334	65.33	27.892	3.621
13/02/2017	1003	0.77	0.34	8.214	82.61	34.119	4.258
14/02/2017	1050	0.69	0.40	9.117	70.03	29.294	3.547
15/02/2017	1074	0.59	0.51	8.169	73.44	30.247	3.861
16/02/2017	1025	0.65	0.39	8.364	76.50	31.350	3.942
17/02/2017	1013	0.35	0.35	8.255	77.79	32.094	4.123
18/02/2017	1001	0.15	0.38	7.895	74.73	30.954	3.756
19/02/2017	1067	0.79	0.33	8.126	72.62	30.059	3.847
20/02/2017	1027	0.74	0.26	8.325	66.51	28.031	3.744
21/02/2017	1029	0.71	0.30	8.645	63.80	28.679	3.541
22/02/2017	1009	0.59	0.32	8.436	72.50	30.125	3.965
23/02/2017	1003	0.58	0.29	8.387	72.97	30.087	3.859
24/02/2017	1038	0.15	0.46	8.643	67.68	28.641	3.246
25/02/2017	1043	0.28	0.33	8.117	66.98	28.149	3.522
26/02/2017	1017	0.19	0.40	8.357	68.39	28.369	3.671
27/02/2017	1009	0.64	0.28	8.127	67.21	28.059	3.456
28/02/2017	1007	0.54	0.26	8.117	64.63	28.044	3.174
01/03/2017	1034	0.84	0.26	8.472	69.80	29.458	3.249
02/03/2017	1025	0.66	0.35	8.561	68.51	28.471	3.598
03/03/2017	1011	1.13	0.36	8.173	73.79	30.589	3.479
04/03/2017	1007	0.38	0.29	6.673	75.67	32.015	3.789
06/03/2017	1006	0.19	0.34	8.467	70.97	30.187	3.849
Moyenne	1029	0.50	0.33	8.377	70.02	29.329	3.647

Les paramètres physico-chimiques étudiée ont été Réaliser sur 33 échantillon pendant la période de notre étude.

Tableau n°21 : Résultats des analyses physico-chimiques pour l'eau de mer et la moyenne pour celle de l'eau traitée.

Paramètres	Unité	Eau de mer	Eau traitée
Température	° C	18.3	18.22
Ph		8	8.29
Conductivité	µs/cm	54400	1029
Turbidité	NTU	3	0.5
Les solides dissous total	mg/l	37500	525
Les matières en suspension	mg/l	4	-
Alcalinité totale	mg/l	124.90	57
Dureté totale	mg/l	7150	123
Indice de Langelier LSI	-	0.59	0.05
Bore	mg/l	5	1.242
Chlore libre	mg/l	-	0.33
Chlorure	mg/l	20300	-
Calcium	mg/l	420	29.329
Sulfate	mg/l	3400	-
Magnésium	mg/l	1330	3.647
Sodium	mg/l	11650	-
Potassium	mg/l	296.482	8.377
Bicarbonate	mg/l	135	70.02

Mise à part la température et le pH les valeurs de toutes les autres paramètres sont très bas aux niveaux de l'eau traitée.

3-Résultats bactériologiques

Dans le domaine de l'hygiène et la sécurité des produits alimentaires, les analyses bactériologiques les plus souvent concernées ne sont pas les micro-organismes pathogènes, mais les germes jouant un rôle d'indicateurs sans que leur présence constitue nécessairement un risque en soi pour la santé publique.

Tableau n°22 : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de mer et de l'eau traitée.

Paramètres	Unité	Eau de mer	Eau traitée	Eau du château de distribution	Eau du robinet
Coliformes	Germe/100ml	7	0	0	0
Coliformes fécaux	Germe/100ml	0	0	0	0
Germe totaux (37°C 24h)	Germe/1ml	9	0	0	0
Germe totaux (22°C 72h)	Germe/1ml	15	0	0	0
Streptocoques fécaux	Germe/100ml	0	0	0	0
Clostridium Sulfito-réducteurs	Spores/20ml	0	0	0	0
Salmonella	Clonies/100 ml	0	0	0	0
Vibrion Chlorique	Clonies/100 ml	0	0	0	0

Aucun des paramètres microbiologiques n'as été détecté aux niveaux de l'eau traitée et de l'eau de distribution.

4-Résultats parasitologique

Tableau n°23 : Résultats des analyses parasitologiques de l'eau de mer et de l'eau traitée

Paramètre	Eau de mer	Eau traité	
		Eau du château	Eau du robinet
Giardia lamblia	Négatif	Négatif	Négatif
Le Cryptosporidium sp	Négatif	Négatif	Négatif
Les amibes	Négatif	Négatif	Négatif
Les helminthes	Négatif	Négatif	Négatif

Des résultats négatives ont été obtenus pour les différents échantillons .

5-Saisie et analyse des données

Les variables qualitatives ont été exprimées par la moyenne.

Les résultats ont été reportés dans des tableaux au fur et à mesure à l'aide du logiciel Microsoft Excel.



Chapitre 3 : Discussion

Chapitre 3 : Discussion des résultats

Notre étude consiste à faire une analyse physico-chimique et microbiologique de l'eau traitée par la station de dessalement de Souk Tlata. Cette étude a été confrontée à des nombreuses difficultés

Parmi les difficultés rencontrées : la non programmation de l'analyse de plusieurs paramètres chimique au niveau de la station de dessalement Souk Tlata et la non disponibilité des réactifs nécessaires pour ces dosages au niveau de la faculté.

Les résultats obtenus sont comparés aux normes algériennes et européennes, puis on les compare aux celles obtenu par des études faits dans la même station par **Mr. D. Youcef** en 2013 et **Mr. H. Boubekur** en 2014.

1-Interpretation des parametres organoleptique

1.1-couleur

Elle peut être l'indice d'une pollution par diverses substances chimiques. L'eau traitée étudiée et l'eau de mer sont incolores et limpides.

Le même résultat est obtenu dans les deux autres études.

1.2 Saveur

De nombreuses substances chimiques peuvent donner une saveur désagréable comme une concentration élevée de chlorure de sodium qui fait ressortir une saveur salée de l'eau de mer, mais pour l'eau traitée, aucune saveur n'est détectée. Le chose qui est conforme avec les résultats des études précédentes.

1.3-Odeur :

L'existence d'une odeur inhabituelle dans l'eau de distribution publique est révélatrice d'une dégradation de la qualité et peut détourner le consommateur de l'eau de robinet.

Les eaux étudiées, comme les eaux étudiées avant, sont toujours sans odeurs.

1.4-Turbidité

La turbidité est un paramètre important à suivre lors de la production de l'eau destinée à la consommation humaine car il rend compte de la bonne efficacité des étapes de clarification et de filtration.

Avant le dessalement, la turbidité de l'eau de mer est de 3 NTU et d'une moyenne de 0,5 NTU d'eau traitée qui sont restés toujours inférieurs à la valeur limite recommandée par la réglementation algérienne (5NTU).

Un résultat légèrement supérieur qui varie entre 0,13 NTU et 1,19 NTU en 2014 et de 0,55 NTU à 0,71 NTU en 2013 est obtenu dans les autres études mais qui reste toujours inférieure aux valeur limite qui est de 5 NTU.

2-Interprétation des résultats physicochimiques

2.1-Température

Les directives du conseil de communauté européen, la réglementation française ainsi que la réglementation algérienne fixent la température de l'eau potable à 25°C.

La température mesurée durant le mois d'avril est :

- Eau de mer : $T = 18.3^{\circ}\text{C}$
- Eau traitée pour : $T_{\min} = 17,6^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 19.3^{\circ}\text{C}$ et une $T_{\text{moy}} = 18.22^{\circ}\text{C}$.

Ce qui nous permet de dire que notre eau est dans les normes. Avec une conformité avec les autres résultats obtenus variant entre 17,1°C et 20,4°C (étude fait en 2014) et entre 18,8°C et 20,6°C (étude fait en 2013).

2.2-Potentiel d'hydrogène (pH)

La réglementation algérienne indique un pH dans l'intervalle de 6.5 à 8.5.

Les mesures de nos échantillons ont donné une valeur de pH égale à $\text{pH}_{\min} = 8,14$, $\text{pH}_{\max} = 8.44$ et un $\text{pH}_{\text{moy}} = 8,29$ Ces restent relativement stables et dans les normes ; quant à l'eau de mer le pH est égal à 8, la même chose est obtenu dans les

résultats des études précédentes avec des pH min de 8,35 en 2013 et 8,26 en 2014 et des pH max de 8,37 en 2013 et 8,48 en 2014.

2.3-Conductivité

Il existe une relation proportionnelle entre la teneur en sel dissous d'une eau et sa conductivité qui donne une valeur élevée de la conductivité de l'eau de mer de l'ordre de 54400 $\mu\text{S/cm}$.

Pour l'eau traitée, nous avons enregistré 1001 $\mu\text{S/cm}$ comme valeur minimal et 1074 $\mu\text{S/cm}$ comme valeur maximal et une moyenne de 1029 $\mu\text{S/cm}$, valeurs qui restent dans les normes algériennes (2880 $\mu\text{S/cm}$) et européennes (2500 $\mu\text{S/cm}$). Un résultat qui est aussi inférieure est obtenu dans les autres études avec des valeur minimales de 886 $\mu\text{S/cm}$ et de 789 $\mu\text{S/cm}$ et des valeurs maximales de 951 $\mu\text{S/cm}$ et de 1006 $\mu\text{S/cm}$ mais restant toujours dans les normes.

2.4-Dureté totale (TH)

Le titre hydrométrique ou dureté de l'eau est l'indicateur de la minéralisation de l'eau, elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

Une faible dureté ne permet pas l'élaboration de couche carbonatée pouvant participer à une protection des canalisations contre certains risques de corrosion ; par contre, une dureté élevée constitue un risque important d'entartage des canalisations.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, la réglementation algérienne préconise une valeur comprise entre 100 et 500 mg/l de CaCO_3 (10 et 50 degré français °F).

La valeur minimale déterminée est de 95 mg/l ; pour a maximale est de 140 mg/l et 123 mg/l comme moyenne. Ces valeurs sont en accord avec les normes et classe cette eau dans la catégorie des eaux douces. Les autres résultats ont présenté des valeurs inférieures aux normes algériennes avec des minimums de 80 mg/l et 77 mg/l et des maximums de 88 mg/l et 97 mg/l.

L'eau de mer est très dure, elle présente un T.H de 7150 mg/l de CaCO_3 .

2.5-Minéralisation totale

Les eaux très minéralisées du fait de leur teneur en sels dissous semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant.

La salinité de l'eau de mer est de 37500 mg/l et, après dessalement et traitement minéral nos échantillons indiquent une valeur minimale de 511 mg /l et 548 mg/l pour valeur maximale et 525 mg/l comme moyenne ; valeurs en accord avec celles des normes de l'OMS qui recommandent pour des considérations gustatives une teneur limite de 1000 mg/l dans l'eau destinée à la consommation humaine.et sortant de celles des normes algériennes qui recommandent une valeur entre 150 et 500 mg/l.

Des résultats variant entre 485 mg/l et 544 mg/l (étude fait en 2013) et de 402 mg/l et 513 mg/l (en2014) qui donnent une conformité avec nos résultats

2.6-Indice de saturation (L.S.I)

L'indice de Langelier est une évaluation globale de la qualité de l'eau pour déterminer si cette dernière est corrosive ou provoquera une formation de tartre.

Les analyses de l'eau traitée présentent un bon équilibre chimique d'après le calcul de l'indice de saturation qui reste toujours entre 0.01 comme valeur minimale et 0.11 comme valeur maximale avec une moyenne de 0.05. Celles des études précédentes présentent des valeurs légèrement supérieures aux nos résultats avec des valeurs allant de 0,13 à 0,15 en 2013 et de 0,02 à 0,25 en 2014.

Quant à l'eau de mer, la valeur de L.S.I est de 0.59 ; valeur qui est dans la zone d'entartrage (formation de tarte).

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre.

2.7-Chlore libre (Cl₂)

Le chlore est l'un des réactifs les plus utilisés pour la désinfection de l'eau. Il est utilisé essentiellement sous forme d'hypochlorite de sodium (eau de javel).

L'eau issue du traitement peut avoir des qualités organoleptiques inférieures à celle de la ressource surtout en cas de chloration insuffisante laissant persister des chloramines.

A cause de manque de moyennes on a pas pu faire des essais, et les valeurs des résultats obtenus dans les autres études varient de 0,2 mg/l à 0,58 mg/l et de 0,21 mg/l à 0,42 mg/l

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre.

2.8-Calcium (Ca²⁺)

Elément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/jour. Une concentration élevée dans l'eau ne présente aucun danger pour la santé.

La réglementation algérienne indique 75 mg/l de calcium comme une valeur guide et 200 mg/l de concentration maximale.

Les analyses de l'eau traitée donnée 27.251mg/comme valeur minimale, 34.119mg/l pour valeur maximale et comme moyenne 29.329 mg/l. Ces teneurs restent sous la valeur guide qui peut provoquer un déficit de calcium.

Des valeurs minimales de 28,63 mg/l et 28,8 mg/l et des valeurs maximales de 35,18 mg/l et 31,04 mg/l sont obtenu respectivement dans les autres études en 2014 et en 2013 qui sont en conformité avec nos résultats

L'eau de mer est très riche en calcium 420mg/l.

2.9-Magnésium (Mg²⁺)

Le magnésium est un élément indispensable à la croissance et pour la production de certaines hormones.

Les teneurs obtenues pour l'eau traitée durant le mois du février sont respectivement de 3,174 mg/l en minimum, 4,258 mg/l en maximum et 3,647mg/l comme moyenne qui sont en accord avec les normes algériennes qui fixent 150 mg/l comme valeur maximale.

Les valeurs obtenues en 2013 et en 2014 sont inférieure à nos résultats avec des valeur minimales de 2,019 mg/l et 1,17 mg/l et maximales de 2,615 mg/l et 3,292 mg/l

respectivement, mais on peut dire que l'eau traitée de cette station a une faible teneur en magnésium si on considère que la consommation journalière recommandée est de l'ordre de 300 mg/l d'après l'OMS.

2.10-Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles dans l'organisme. Il est nécessaire de fournir 2000 mg/jour à l'organisme adulte (enfant : 200 mg/jour).

On a enregistré 11650 mg/l dans l'eau de mer, les valeurs obtenues dans les études précédentes sont de 142,65 mg/l à 162,53 mg/l en 2013 et de 127,46 mg/l à 158,13 mg/l en 2014, mais malheureusement on n'a pas pu analyser eau traitée à cause du manque du moyens.

2.11-Potassium (K^+)

Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme (transmission de l'influx nerveux) pour lequel les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 1.5 à 4 g/jour. Une carence en potassium provoque des dysfonctionnements cardiaques.

Les valeurs de l'eau traitée sont respectivement 7,895 mg/l comme valeur minimale et du 9,117 mg/l comme valeur maximale et comme moyenne du 8,377 mg/l conformes aux normes algériennes qui recommandent une concentration maximale de 20 mg/l et aux normes selon oms qui recommandent 12 mg/l.

Les études faites en 2013 et en 2014 présentent respectivement des valeurs minimales de 2,019 mg/l et 3,952 mg/l et des valeur maximales de 3,981 mg/l et 6,087 mg/l qui sont inférieures à nos résultats mais restant dans les normes.

Dans l'eau de mer, il a été enregistré une valeur de 296.482 mg/l.

2.12-Chlorure (Cl^-)

Généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas des conséquences toxiques pour l'homme même à concentration forte (1000 mg/l), mais peuvent être

nuisibles au goût de l'eau en lui donnant une saveur salée. La réglementation algérienne recommande 200mg/l comme valeur guide et 500 mg /l pour la valeur maximale.

Dans l'eau de mer, il a été enregistré une valeur de 20300 mg /l mais malheureusement on n'a pas pu analyser eau traitée à cause du manque du moyens.

Les valeurs enregistrées dans les études précédentes varient entre 207,16 mg/l et 245,31 mg/l en 2014 et entre 212,83 mg/l et 277,482 mg/l en 2013 restant dans les normes algériennes.

2.13-Sulfates (SO_4^{2-})

Les ions sulfates sont par eux-mêmes peu toxiques. Cependant des concentrations inférieures peuvent affecter les enfants et les nouveaux consommateurs d'eau qui n'y sont pas habitués (troubles gastro –intestinaux et diarrhéiques). La consommation régulière d'eau chargée en sulfates fait disparaître ces effets laxatifs.

La réglementation algérienne recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible

Dans l'eau de mer, il a été enregistré une valeur de 3400mg /l mais malheureusement on n'a pas pu analyser eau traitée à cause du manque du moyens alors qu'on a enregistré des valeurs minimales de 1,508 mg/l et 2,653 mg/l et des valeurs maximales de 4,461 mg/l et 4,736 mg/l respectivement en 2013 et en 2014 restant toujours dans les normes

2.14-Bicarbonates (HCO_3^-)

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre puisque quelles que soit les teneurs en bicarbonates la potabilité n'est pas affectée.

2.15-Bore :

Les formes de bore naturellement présentes dans l'eau de boisson ne sont pas considérées comme nocives pour la santé, aux concentrations naturelles $\leq 1\text{mg/l}$ en moyenne mondiale.

L'intoxication aigue par le bore et les borates se manifeste par des troubles digestifs, neurologiques et un collapsus est exceptionnelle ; l'exposition à long terme

pourrait causer une atrophie testiculaire. Dans l'eau d'irrigation, des teneurs supérieures à 2 mg/L peuvent conduire à des effets délétères pour les plantes

Le bore est présent avec des teneurs respectives de 1.211 mg/l comme valeur minimale, 1.278 mg/l comme valeur maximale et 1.242 mg/l comme valeur moyenne. Ces valeurs restent un peu élevées comparativement aux normes algériennes qui recommandent 1 mg/l de bore comme teneur maximale dans l'eau potable.

Les résultats des autres études présentent aussi des valeurs supérieures aux normes algériennes avec des valeur minimales de 1,163 mg/l et 1,040 mg/l et valeurs maximales de 1.215 mg/l et 1,321 mg/l respectivement en 2013 et en 2014.

Pour l'eau de mer, il a été enregistré une teneur de 5 mg/l de bore.

2.16-Solides solubles totaux (TSS)

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre puisqu'on peut le remplacer par le paramètre de turbidité pour l'eau traitée.

Pour l'eau de mer, il a été enregistré une teneur de 3mg/l.

3-Interprétation des résultats bactériologiques

3.1-Germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateur beaucoup plus général vis à vis de toute pollution microbienne : c'est le dénombrement total des bactéries.

La réglementation algérienne indique une valeur de 20 germes/ml à 37°C pendant 24h et 100 pour 22°C à 72h par millilitre à ne pas dépasser.

Les analyses de l'eau traitée montrent une absence totale des germes totaux qui reviennent à l'utilisation des membranes de dessalement en polyamide non dégradables de porosité 0.2µm, par contre l'eau de mer contient 09germes/ml pour les germes totaux à 37°C et 15 germes/ml pour les germes totaux à 22°C.

D'après Anselme (1992), les analyses de la qualité virologique de l'eau de mer traitée sur installation industrielle qui utilise des membranes de porosité 10 nm ont effectué la stérilité de perméat.

3.2-Coliformes totaux et fécaux

Selon les réglementations algérienne et européenne, une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale des coliformes totaux et fécaux.

Pour l'eau de mer :

- ❖ Un flacon contenant 50 ml de BCPL (D/C) : positif (+) soit 1
- ❖ 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL à double concentration : + + soit 2
- ❖ 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL à simple concentration : + soit 1

Le NPP sera 121 si on se réfère à la table. On lit 7 coliformes dans 100 ml d'eau de mer, mais dans le test confirmatif les résultats sont négatifs pour les coliformes fécaux.

3.3-Streptocoques fécaux

La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des streptocoques fécaux dans 100 ml. C'est aussi le cas de notre eau où on a constaté l'absence totale des streptocoques fécaux dans les eaux étudiées (eau de mer et eau traitée).

3.4-Clostridium sulfito-réducteurs

Selon la réglementation algérienne, une eau potable ne doit pas contenir des clostridium sulfito-réducteurs dans 20 ml qui sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale.

Et l'absence de colonies entourées d'un halo noire dans l'eau de mer et l'eau traitée analysées montre que notre eau répond aux normes.

3.5-Vibrion chlorique et salmonella

Selon les réglementations algérienne et européenne une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir des germes pathogènes dans 100 ml.

D'après les résultats obtenus, l'eau traitée et l'eau de mer ont enregistré l'absence totale des germes de salmonella et Vibrion chlorique.

- Les résultats obtenus montrent l'absence des germes dans l'eau traitée ce qui est conforme avec les autres études qui ont fait en 2013 et en 2014.

4-Interprétation des résultats parasitologiques

4.1-Giardia

Les kystes de *Giardia lamblia* peuvent survivre jusqu'à 77 jours dans l'eau du robinet à 8 °C mais cette durée diminue à mesure que la température augmente.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale du *Giardia lamblia*

4.2-Cryptosporidium

On a montré qu'en laboratoire les oocystes du *Cryptosporidium* survivaient dans les eaux froides (4°C) pendant une période pouvant atteindre 18 mois et pouvaient résister à toutes sortes de contraintes environnementales, y compris à la congélation (viabilité fortement réduite) et à l'exposition à l'eau de mer.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale du *Giardia lamblia*

4.3-les amibes

Les *Acanthamoeba* sont des amibes en liberté que l'on trouve dans toutes sortes d'environnements, y compris le sol, l'air et l'eau. On en a détecté la présence dans des

environnements aquatiques, y compris des piscines et de l'eau potable chlorées. Les souches purement environnementales présentent un danger indirect du fait qu'elles peuvent héberger des agents pathogènes opportunistes (p. ex., *Legionella Pneumophila*, *Mycobacterium avium*). Ainsi, si des kystes d'*Acanthamoeba* survivent au traitement de l'eau et pénètrent dans l'eau potable, ces bactéries pathogènes symbiotes pourraient être la cause de maladies chez des êtres humains. De façon plus anecdotique *Naegleria fowleri* est une amibe responsable de méningo-encéphalites.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale des Amibes .

4.4-Les helminthes

Ce sont les vers parasites intestinaux et/ou tissulaires de l'homme et des animaux, selon leur mode de transmission à l'homme on distingue trois groupes :

- **Groupe 1** : Ils sont transmis par ingestion d'un hôte intermédiaire :
- **Groupe 2** : Les larves infectantes sont capables de traverser la peau ou les muqueuses d'où des problèmes avec les eaux de lavage et de baignade
- **Groupe 3** : Qui nous intéresse dont la transmission se fait par des œufs. Il faut donc éviter les contaminations fécales ou filtrer l'eau.

Vu leur taille ils sont éliminé lors des étapes de filtration de l'eau. En revanche en cas de défaillance à cette étape, ils sont insensibles aux doses habituellement utilisées pour la désinfection de l'eau. Ils posent problème essentiellement au niveau des eaux non traitées quels que soit leurs utilisations.

Les résultats des analyses de l'eau traitée confirment une absence totale des Helminthes.

- ✓ Les résultats n'ont pas pu être comparés avec les autres études parce qu'on était les premiers à faire ces essais dans le laboratoire de parasitologie au niveau de CHU à Tlemcen.



*Conclusion et
Recommandations*

Conclusion et Recommandations

Ce travail consiste à étudier la qualité de l'eau traitée par la station de dessalement d'eau de mer de Souk Tleta basée généralement sur l'ultrafiltration (UF) comme une phase préparatoire d'eau brute et d'osmose inverse (RO) pour le dessalage, pour aborder également la question sur sa potabilité.

De cette étude il en ressort que :

- ✓ Du point de vue des paramètres organoleptiques, l'eau traitée étudiée ne présente ni odeur ni saveur désagréable et une couleur limpide.
- ✓ Les analyses physicochimiques montrent que cette eau présente généralement des valeurs conformes à celles des normes algériennes et de l'OMS avec :
 - ❖ Une dureté moyenne engendrant l'obtention d'une eau douce,
 - ❖ Une minéralisation importante, sauf que la teneur en magnésium (Mg^{2+}) et en potassium (K^+) sont légèrement réduites lors du traitement,
 - ❖ Une teneur en bore importante et plus ou moins supérieure à la norme de l'eau traitée.
- ✓ Les paramètres bactériologiques présentent une absence totale des germes indicateurs de pollution fécale. Cela confirme l'efficacité des membranes d'osmose inverse avec une porosité de 0.02 nm d'élimination de tout micro-organisme.

Une prise de l'eau brute à 900 m dans la mer assure une meilleure qualité qui est confirmée par les analyses effectuées affirmant une absence de toute contamination fécale et de pollution domestique.

Cependant cette étude aurait pu être plus complète sur le plan physico-chimique avec le dosage d'autres paramètres telle que les métaux lourds qui non pas pu être analyser ni au niveau de la station de dessalement ni au niveau de notre faculté en raison de la non disponibilité des réactifs et des matériels nécessaire pour effectuer ces dosages.

D'après les résultats des paramètres étudiés, nous pouvons dire que l'eau de dessalement de cette station est une eau de bonne qualité et ne présente aucun danger pour la consommation humaine. Pour que les 330 000 habitants des communes

frontalières de la wilaya de Tlemcen puissent boire et utiliser l'eau de dessalement en toute sécurité nous recommandons ce qui suit :

- ❖ La station doit mettre en service le laboratoire bactériologique pour augmenter la fréquence des analyses.
- ❖ Il faut programmer des analyses des métaux lourds qui ne se font pas au niveau du laboratoire de la station.
- ❖ Respecter la fréquence de changement des membranes d'osmose inverse parce qu'elles influent sur le taux d'écoulement des sels minéraux et du bore.



Annexes

Annexe I :

Les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

Tableau n°01 : Facteurs organoleptiques.

Paramètres	Unité	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N° 27 de 26 aout 2006	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011	Observation
Odeur	Seuil de perception à 25°c	4	-	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°c	4	-	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	Mg/L échelle PT/Co	25	15	/
Turbidité	NTU	2	5	/

Tableau n°02 : Facteurs physico-chimiques.

Paramètre	Unité	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N° 27 de 26 aout 2006	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011	Observation
pH		6.5 à 8.5	6.5 à 8.5	
Conductivité	µs/cm à 20°C	Au maximum 2800	2280	
Résidu Sec	mg/l après séchage à 105°C	1500 à 2000	2000	En Correspondance avec la normalisation Des eaux
Dureté total	mg/l CaCO ₃	100 à 500	500	
Calcium	mg/l	75 à 200	200	
Magnésium	mg/l	150	150	
Sodium	mg/l	200	200	
Potassium	mg/l	20	12	
Sulfate	mg/l	200 à 400	400	
Chlorure	mg/l	200 à 500	500	
Nitrate	mg/l	50	50	
Nitrite	mg/l	0.1	0.2	
Ammonium	mg/l	0.5	0.5	
Phosphate	mg/l	0.5	0.5	
Oxydabilité (KmnO ₄)	mg/l	3	3	Mesure faire chaud et en milieu acide
O ₂ dissous	mg/l	5 à 8	8	/
Aluminium	mg/l	0.2	0.2	/

Tableau n°03 : Facteurs indésirables ou toxiques.

Paramètre	Unité	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°27 de 26 aout 2006	Concentration selon le journal officielle de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011	Observation
Argent	mg/l	0.05	0.05	/
Arsenic	mg/l	0.05	0.05	/
Baryum	mg/l	1	1	/
Cadmium	mg/l	0.01	0.01	/
Cyanures	mg/l	0.05	0.05	/
Chromes	mg/l	0.05	0.05	/
Cuivre	mg/l	0.05 à 1.5	1.5	/
Fer	mg/l	0.3	0.3	/
Fluore	mg/l	0.2 à 2	2	/
Manganèse	mg/l	0.5	0.5	/
Mercure	mg/l	0.01	0.001	/
Plombe	mg/l	0.05	0.05	/
Sulfate d'hydrogène	mg/l	0.02	0.02	Non décelable organoleptique
Sélénium	mg/l	0.01	0.01	/
Zinc	mg/l	5	5	/

Tableau n°04 : Facteurs bactériologiques.

Paramètres	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible	Observation
Coliformes	n/100ml	-	0	Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau en cas Où l'on n'arrive pas À respecter Les valeurs Indicatives
Coliformes fécaux	n/100ml	-	0	
Germe totaux 37°C 24h	n/1ml	10	-	Pour une eau traitée Le dénombrement des germes totaux effectuée à l'extrémité du réseau de distributionnel ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90 des échantillons analysés au coures de l'année
Germe totaux 22°C 72h	n/1ml	100	-	
Streptocoque fécaux	n/100ml	-	0	
Clostridium Sulfito-réducteurs	n/100ml	-	0	

Annexe II: Normes de l'OMS de potabilité des eaux de consommation

Normes O.M.S de potabilité

a – Facteur physico-chimique :

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
PH		6.5	9
Conductivité	ms /cm	200	1000
Résidu sec	mg/l		1500
Dureté totale	°F		50
Calcium	mg/l		100
Magnésium	mg/l		50
Sodium	mg/l		150
Potassium	mg/l		12
Sulfates	mg/l		250
Chlorures	mg/l		600
Nitrates	mg/l	-	50
Nitrites	mg/l	-	0.1
Ammonium	mg/l	-	0.5
Phosphate	mg/l	-	5
Oxydabilité(kMn O ₄)	mg/l	-	5
Oxygène dissout	mg/l	-	5
Aluminium	mg/l		0.2
Température	°C	-	25

b- Facteurs indésirables ou toxiques

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Argent	mg/l	-	0.05
Arsenic	mg/l	-	0.05
Calcium	mg/l	-	0.01
Cadmium	mg/l	-	0.05
Chrome	mg/l	-	0.05
Cuivre	mg/l	-	1
Fer	mg/l	-	0.2
Fluor	mg/l	-	1.5
Manganèse	mg/l	-	0.5
Mercuré	mg/l	-	0.001
Plomb	mg/l	-	0.05
Sélénium	mg/l	-	0.01
Zinc	mg/l	-	5
Hydrocarbures polycycliques aromatique (HAP)	mg/l	-	0.1

c – Facteurs Bactériologiques :

Paramètres microbiologiques	Maximum
Germes banaux	100 / 100 ml
Coliformes totaux	0 / 100 ml
Coliformes fécaux	0 / 100 ml
Streptocoques fécaux	0 / 100 ml
Clostridium sulforéducteurs	0 / 100 ml

Annexe III : Composition des milieux de culture bactériologique et réactifs :

1. Bouillon lactose au bromocrésol (B.C.P.L.)

➤ Double concentration :

- ❖ Extrait de viande de bœuf 6gr
- ❖ Peptone..... 10gr
- ❖ Lactose 10gr
- ❖ Pourpre de bromocrésol.....0.6gr
- ❖ Eau distillée.....1000 ml
- ❖ pH : 6,7

Autoclavage : 20mn à 120°C

➤ Simple concentration :

- ❖ Extrait de viande de bœuf..... 3 gr
- ❖ Peptone.....5 gr
- ❖ Lactose.....5 gr
- ❖ Pourpre de bromocrésol.....0,03gr
- ❖ Eau distillée.....1000ml
- ❖ pH : 6,7

Autoclavage : 20mn à 120°C

2. milieu indole - mannitol (SCHUBERT) :

- ❖ Tryptophane.....0,2 gr
- ❖ Acide glutamique..... 0,2 gr
- ❖ Sulfate de magnésium 0,7 gr
- ❖ Sulfate d'ammonium..... 0,4 gr
- ❖ Citrate de sodium.....0,5 gr
- ❖ Chlorure de sodium.....2 gr
- ❖ Tryptoneoxoid.....10 gr
- ❖ Mannitol.....7,5gr
- ❖ Eau distillée.....500 ml
- ❖ Tampon phosphate pH 7,6 500ml

Autoclavage : 115°C pendant 10 mn

➤ **Préparation du tampon phosphate ;**

- ❖ 500 ml d'eau distillée
- ❖ 1,44 gr de phosphate mono sodique
- ❖ 9,21 gr de phosphate disodique

3. Bouillon glucosé à l'acide de sodium (milieu de ROTHE) :

➤ **A double concentration :**

- ❖ Tryptone.....40 gr
- ❖ Glucose.....10gr
- ❖ Chlorure de sodium..... 10 gr
- ❖ Phosphate bipotassique.....5, 4 gr
- ❖ Phosphate mono potassique.....5,4 gr
- ❖ Azide de sodium.....0,4 gr
- ❖ Eau distillée.....1000 ml
- ❖ pH : 6,8 -7

Autoclavage : 15 mn à 121 °C

➤ **A simple concentration :**

- ❖ Tryptonée.....20 gr
- ❖ Glucose.....5 gr
- ❖ Chlorure de sodium.....5 gr
- ❖ Phosphate mono potassique.....2,7 gr
- ❖ Azide de sodium.....0,2 gr
- ❖ Eau distillée.....1000 ml
- ❖ pH : 6.8 -7

Autoclavage : 15 mn à 121°C

4. Bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium (EVA) :

- ❖ Tryptonée..... 20 gr
- ❖ Glucose..... 5 gr
- ❖ Chlorure de sodium..... 5 gr
- ❖ Phosphate bi potassique.....2,7 gr
- ❖ Azide de sodium..... 0,3 gr
- ❖ Ethyle violet..... 0,0005 gr
- ❖ Eau distillée..... 1000ml
- ❖ pH : 6,8-7

Remarque :

Les milieux pour colimétrie (BCPL, milieu indole-mannitol) reçoivent des cloches de Durham lors de la répartition.

5. Eau peptonée alcaline (E.P.A.) milieu d'enrichissement :

- ❖ Bacto-protéose peptone..... 10 gr
- ❖ Bactopeptone..... 10 gr
- ❖ Chlorure de sodium..... 5 gr
- ❖ Eau distillée..... 1000 ml
- ❖ pH : 8,5-8,6

Autoclavage : 15mn à 121°C

6. Gélose nutritive alcaline biliée (G.N.A.B.) milieu d'isolement :

- ❖ Bacto-peptone.....10 gr
- ❖ Extrait de viande..... 3 gr
- ❖ Chlorure de sodium..... 5 gr
- ❖ Agar..... 20 gr
- ❖ pH : 8,5

Autoclavage : 15mn à 121°C

7. Bouillon au sélénite acide sodium(SFB) :

- ❖ Peptone tryptique de caséine.....8 gr
- ❖ Lactose.....8 gr
- ❖ Phosphate disodique.....20 gr
- ❖ Sélénite acide de sodium10 gr
- ❖ Eau distillée.....1000ml
- ❖ PH : 6,8-7

Autoclavage : 15mnà 121 °C

8. Gélose Hektoen :

- ❖ Protéose peptone.....12 gr
- ❖ Extrait de levure.....3 gr
- ❖ Chlorure de sodium..... 5 gr
- ❖ Thiosulfate de sodium..... 5 gr
- ❖ Sels biliaires.....9 gr
- ❖ Salicine..... 2 gr
- ❖ Lactose..... 02 gr
- ❖ Saccharose..... 12 gr
- ❖ Fushine acide0.1 gr
- ❖ Bleu de bromothymol.....0,065 gr
- ❖ Agar..... 18 gr
- ❖ Eau distillée
- ❖ pH : 7,5 (±) 02

Autoclavage : 15mnà 121°C

9. Gélose Tryptone -glucose -extrait de levure (TGEA) :

- ❖ Tryptone..... 5 gr
- ❖ Glucose..... 1 gr
- ❖ Extrait de levure.....25 gr
- ❖ Gélose15 gr
- ❖ Eau distillée10000 ml
- ❖ PH : 7

Autoclavage 20 mn à 121°C

10. Gélose viande - foie (VF) :

- ❖ Base Viande - foie20 gr
- ❖ Glucose..... 0,75 gr
- ❖ Amidon..... 0,75 gr
- ❖ Sodium Sulfite.....2 gr
- ❖ Fer citevet ammonical..... 0,5 gr
- ❖ Sodium carbonate0,67 gr
- ❖ Agar – agar..... 11 gr
- ❖ Eau distillée1000 ml

Autoclavage 15 min à 120°C

Annexe IV: Composition des milieux de culture parasitologiques et réactifs :

1. Culture monoxénique : (gélose + suspension d'E. Coli)

Milieux pour la culture d'Escherichia coli

- Bouillon nutritif

- Peptone 10g
- Extrait de viande 4g
- NaCl 5g
- Eau distillée qsp 1000ml
- pH 7,2
- Stérilisation 20 minutes à 120°C

- Gélose nutritive

- Peptone 10g
- Extrait de viande 4g
- Na Cl 5g
- Agar 13g
- Eau distillée qsp 1000ml
- pH 7,2
- Stérilisation 20 minutes à 120°C

La souche d'Escherichia coli est entretenue sur gélose nutritive inclinée en tube et repiquée toutes les semaines.

2. Milieu Sabouraud Chloramphénicol :

Le classique milieu de Sabouraud est le mieux adaptés à la culture de levures :

- Glucose.....35 g
- Agar agar.....15 g
- Peptone pepsique de viande.....10 g
- Eau distillée.....1 litre
- pH5,7 et 6



Références

Bibliographiques

[1] **HUBERT P. et MARIN M**, « Quelle eau boirons-nous demain ? », 2001, Edition : Fabienne Travers. P 64.

[2] **LUNA B. et KENNETH S**, « L'eau », 1972, Edition: Time-Life, P 9.

[3] **BERNARD C**, « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale », 2007, édition BiblioBazaar.

[4] **Rapport sur la surveillance de la qualité de l'eau potable en Algérie**, 2008, INSTITUT NATIONAL DE SANTE PUBLIQUE.

[5] **BALDERACCHI**, « L'eau dans l'organisme », 2009, Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

[6] **Alain Maurel**, « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et d'autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce », 2006, 2^{ème} édition.

[7] **Dégréement**, « Mémento technique de l'eau », 2005, Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.

[8] **KETTAB A**, « Traitement des eaux : Les eaux potables », 1992, Edition : Office des Publications Universitaires. Alger

[9] **POMEROL C. et RENARD M**, « Élément de géologie », 1997, 11^{ème} édition : Masson.

[10] **BONNIN J**, « Aide-mémoire d'hydraulique urbaine », 1982, Edition. Eyrolles.

[11] **DUPONT A**, Hydraulique urbaine, « Hydrologie, captage et traitement des eaux ». Tome 1. 3^{ème} édition : Eyrolles. Paris

[14] **site internet** : <https://www.aquaportail.com/definition-5538-eau-saline.html>

[15] **RAPINAT M**, « L'eau », 1982, Presse universitaire de France. 1^{re} édition.

[16] **HUOT A**. 2010. Eau et santé. La revue Bio contact, n°200.

- [17] **Raymond des Jardins** ,« les traitements des eaux »,2007,2^{ème} édition.
- [18] **Rapport Technique**, « La Détermination des eaux saumâtres et perspectives », 2005, Entreprise Tome 1.
- [19] **ARRUS R**, « L'eau en Algérie de l'impérialisme au développement (1830-1962) »,1985, *Ed Office des publications universitaires*. Presses universitaires de Grenoble.
- [20] **OMS** (2002), **Journal officiel de la république algérienne n°27** (26 avril 2006 p10, 11, 12).
- [21] **François R**, « Dictionnaire encyclopédique de la pollution »,2000, Edition internationale. Paris.
- [22] **François R**, « Dictionnaire encyclopédique d'écologie et de science de l'environnement »,2002,2^{ème} édition DUNOD. Paris.
- [23] **Tekfi K**, « Étude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues activées »,2006, mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA. Option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique, université Tlemcen
- [24] **ONEMA** « Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques », la qualité de l'eau, les agences de l'eau
- [25] **M. LAOUAR**, « Etude du comportement des polluants dans les eaux souterraines (cas des eaux potables) de la région de Ouargla sud est algérien »,2012,mémoire master Génie de l'environnement Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [26] **S. BIREECH et I. MESSAOUDI**, « La contamination des eaux par les métaux cas de chott Ain Beida de la région de Ouargla », 2007, mémoire d'ingénieur Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [27] **C. Haslay et H. Leclerc**, « Microbiologie des eau x d'alimentation », 1993,Edition Technique et Documentation Lavoisier .

[28] **Emmanuel JESTIN**, « La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires »,agence de l'eau seine-normandie.

[29] **BANDELIER Philippe** , «Le dessalement d'eau de mer et des eaux saumâtres»

[30] **ANSLEME C, CHEVALIER, MAZOUNE P, MALLVIALLE J**, Application industrielle de l'ultrafiltration pour la production d'eau potable,1992, Bilan de fonctionnement des installation Perspectives d'Evolution, TSM l'eau.

[31] **DANIS P** , « **Dessalement de l'eau de mer**», 2003, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie des procédés.

[32] **James D. Birkett**, « The History of Desalination Before Large-Scale Use » ,2012, in *Desalination and Water Resources - History, Development and Management of Water Resources*, Vol.I. Paris: Unesco.

[33] **S. Loeb** , « The Loeb-Sourirajan Membrane: How It Came About » ,1981, in Turbak A.F. *Synthetic membranes*. Washington, DC: American Chemical Society. 9p. (ACS Symposium Series). doi: 10.1021/bk-1981-0153.ch001. Disponible sur : <http://pubs.acs.org/doi/pdfplus/10.1021/bk-1981-0153.ch001?src=recsys> .

[34] **Méricq, J.P**, « Approche intégrée du dessalement d'eau de mer : distillation membranaire sous vide pour la réduction des rejets salins et possibilités de couplage avec l'énergie solaire » ,2009, thèse de doctorat de l'université de Toulouse,

[35] **UNEP/MAP** , «Dessalement de l'eau de mer en méditerranée évaluation et lignes directrices » ,2003, MAP Technical Reports Series No. 139, Athens.

[36] **Rovel, J.M**, « Dessalement de l'eau de mer » , 2012, Technique de l'Ingénieur.

[37] **C. Le Guern, P. Lachassagne, Y. Noël, F. Persin et I. De Buysscher**, « Dessalement et recharge artificielle : synthèse technico-économique » ,2003, Rapport BRGM/RP—52262-FR.

[38] **C. Beck et D. Cassard**, «Traitement des eaux de consommation » ,Rappels de

chimie relatifs aux eau x de consommation, Session de formation continue « traitement des eaux de consommation », Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg

[39] **Programme des nations unies pour l'environnement** ,2001.

[40] **Bushnak.A** « Évaluation des meilleures technologies disponibles pour le dessalement en zones rurales/locales» ,2012, Rapport final, Gestion Intégrée Durable de l'Eau - Mécanisme de Soutien (SWIM - SM).

[41] **LEGRAND L. et LEROY P.**, « Prévention de la corrosion et de l'entartrage dans les réseaux de distribution d'eau » ,1995, Ed. Cifec.

[42] **BOIXADERA.D** « Le dessalement d'eau de mer » ,2001, BRL Ingénierie.

[43].**GlobalWaterIntelligence, DesalData** ,2016, <https://www.globalwaterintel.com/>

[44] **Talbot**, *Megascale Desalination*, MIT Technology Review, 2015.

[45] **Lattemann. S And Hoepner.T.**, «Environmental impact and impact assessment of seawater desalination » ,2008, Desalination, Vol. 220.

[46] **Moustiri** «Strategy and Indicators Water Sector in Algeria»,2011, Ministry of Water Resources, Algiers, Algeria.

[47]. **Algériens des eaux** LE 02-10-2012.

[48]. **Jean RODIER, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll.**, « L'Analyse de l'eau », 2009, 9e édition Entièrement mise à jour, Dunod, Paris

Résumé

Le présent travail consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée au niveau de station de dessalement de l'eau de mer de Souk Tleta par le procédé d'osmose inverse.

Les analyses physico-chimiques montrent que cette eau traitée est de minéralisation importante et d'une dureté moyenne (eau douce), avec une carence de Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}), et une faible teneur de bore a été détectée. Cependant l'étude bactériologique révélant l'absence totale des germes provoquant des risques sur la santé du consommateur.

Comme conclusion le dessalement a prouvé son efficacité vis-à-vis les paramètres étudiés, mais pour réellement parler de la potabilité de l'eau il faut compléter l'analyse physico-chimique par d'autres paramètres telle que les métaux lourds, micropolluant organique ...

Mots clés : Eau-dessalement de l'eau de mer-qualité de l'eau- analyses physico-chimiques- analyses bactériologiques.

Abstract

Therefore, making use of the collected data, the present study will try to study the physicochemical and bacteriological quality of the water treated with the level of station the seawater desalination plant of Souk Tleta by the process of Reverse osmoses. The physicochemical analyses show that this treated water is of significant mineralization and an average hardness (fresh water), with a deficiency of Calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}), and low boron content has been detected.

However, the bacteriological study revealing the complete lack of the germs causing of harmful effect (risks) on the consumer is health.

We can conclude that desalination has proved its effectiveness with respect to the parameters studied but to really talk about the potability of the water it's necessary to complete the physico-chemical analysis by other parameters such as heavy metals and organic micropollutant ...

Key words: Water-desalination of seawater-quality of water-physicochemical analysis-bacteriological analysis.

ملخص

يقتضي هذا البحث دراسة نوعية من الناحية الفيزيائية والكيميائية و الميكروبيولوجية للمياه المعالجة لمحطة تحلية مياه البحر سوق الثلاثاء عن طريق التناضح العكسي.

حسب النتائج الفيزيائية والكيميائية هذا الماء عذب و يحتوي على نسبة جيدة من الاملاح المعدنية مع تسجيل نقص في الكالسيوم و المغنيزيوم و كمية صغيرة من البورون تم الكشف عنها.

و من الناحية الميكروبيولوجية هذا الماء لا يحتوي على الميكروبات الملوثة.

إن عملية تحلية المياه أبرزت كفاءتها حسب المعايير المدروسة ، اما فيما يخص صالحية المياه للشرب

فالتحاليل الفيزيوكيميائية تحتاج الى تكملة كالمعادن الثقيلة والملوثات العضوية.

الكلمات المفتاحية: الماء- تحلية مياه البحر- نوعية الماء- التحاليل الفيزيائية والكيميائية - التحاليل الميكروبيولوجية.