

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Institut de Maintenance, Sécurité Industrielle

Laboratoire Sciences des Risques

Université d'Oran, Es-Sénia - Algérie

Industriels, Technologiques et Environnement



## **M E M O I R E**

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER**

**THEME :**

# **Etude d'Impact des Rejets des Eaux de la Station de Déminéralisation de Brédéah sur L'environnement**

**PRESENTE PAR : Melle NOUREDDINE Nora**

**Soutenu le : 06 janvier 2008**

**Devant le jury :**

<b>PRESIDENT</b>	<b>: Pr. KHATIR Youcef</b>	<b>Professeur</b>	<b>Université d'Oran</b>
<b>EXAMINATEURS</b>	<b>: Pr. HADJEL Mohamed</b>	<b>Professeur</b>	<b>Université Mohamed Boudiaf, Oran</b>
	<b>: Pr. .BENACHOUR Djafer</b>	<b>Professeur</b>	<b>Université Ferhat Abbas, Sétif</b>
<b>MEMBRE INVITE</b>	<b>: Dr FEGHOULI Abdelhafid</b>	<b>Vice Président</b>	<b>Activité Aval Groupe SONATRACH</b>
<b>ENCADREUR</b>	<b>: Dr GUENACHI Khadidja</b>	<b>Maître de conférences</b>	<b>Université d'Oran</b>
<b>CO-ENCADREUR</b>	<b>: Dr BELKHATIR Abdelaziz</b>	<b>Maître de conférences</b>	<b>Université de Paris 13<sup>em</sup></b>



# Dédicaces

***Je dédie ce modeste travail à mon défunt père Taieb, qui m'a beaucoup encouragé à accomplir ces études et qui aurait tant aimé être présent en ce jour, la volonté de Dieu en a décidé autrement, qu'il accueille son âme dans son vaste paradis. A ma très chère mère, que Dieu la protège et la garde, à mes frères et mes soeurs qui m'ont toujours encouragé dans cette voie.***

***Sans oublier de dédier ce présent ouvrage à tous les enseignants du laboratoire RITE pour leur aide, leur disponibilité et leurs précieux conseils.***

***En un mot à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à la préparation de ce travail.***





# Remerciements

*En premier lieu, je remercie le bon Dieu, de m'avoir donné la force de mener ce travail jusqu'à la fin, comme je tiens à adresser mes vifs remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce mémoire.*

*J'adresse un très grand merci à mon encadreur **M<sup>elle</sup> Guenachi Khadidja**, qui m'a beaucoup aidée, soutenue, guidée, conseillée et orientée dans mon travail, qu'elle sache que j'ai eu plaisir à travailler avec elle, et que je lui en suis très reconnaissante.*

*J'adresse également mes sincères remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail. Je cite **Mr KHATIR Youcef** en tant que président, **M<sup>rs</sup> BENACHOUR Djafer** et **HADJEL Mohamed** en tant qu'examineurs.*

*Je ne saurais oublier de remercier vivement toutes les personnes du groupe Sonatrach à Oran, qui nous ont beaucoup aidé lors de nos stages pratiques et de notre formation, ainsi que **Mr SAADI**, du groupe GP1K de Skikda et toutes les personnes de cette unité chacun par son nom.*

*J'adresse mes vifs remerciements à **Mr FEGHOULI Abdelhafid**, vice président de l'activité Aval, groupe Sonatrach, d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail et de faire partie des membres du jury.*

*Je remercie vivement, aussi, ma directrice, **M<sup>me</sup> BOUKHARI Zohra**, de l'institut national de la formation professionnelle d'Oran, pour son aide et toute les facilités octroyées afin de pouvoir mener à bien ce travail.*





***Je tiens à remercier aussi tous les professeurs membres du laboratoire RITE pour leur aide et leur présence, je cite en particulier M<sup>r</sup> FERHAT B qui m'a beaucoup aidé, ainsi que M<sup>r</sup> et M<sup>me</sup> MIDOUNE.***

***Je ne saurais oublier d'adresser mes vifs remerciements à M<sup>r</sup> BELKHATIR Abdelaziz, pour avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.***

***Je remercie aussi mes chefs de services de l'INSFP Oran, ainsi que tous mes collègues du travail, en particulier mon amie M<sup>me</sup> ETCHIALI Ouassila.***

***Je ne saurais oublier mes amis (es) de la promotion, chacun par son nom, Soumia, Saim, Farid, Mohamed et particulièrement M<sup>me</sup> ASSAF Safia.***



---

# Sommaire

Introduction.....	01
Problématique.....	05
I- Objectif de l'étude.....	06
II- Considérations générales.....	06
II-1-Situation géographique.....	06

## CHAPITRE I

### Situation globale de la station de déminéralisation des eaux de Brédéah

I- Introduction.....	08
II- Situation géographique et morphologique de la nappe de Brédéah.....	09
III- Historique du captage des sources de Brédéah pour l'alimentation en eau de la ville d'Oran.....	10
IV- Historique.....	11
V- Projet socio-économique.....	12
VI- Conception du système.....	12
VII-Pression de l'eau de l'alimentation.....	13
VIII-Surveillance.....	13
IX- Protection du matériel.....	13
X- Economie d'énergie.....	14
XI- Coûts d'exploitation.....	15
A- Organisation générale de l'exploitation de la station.....	15
a- Fonctions principales de l'exploitation.....	15
b- Schéma synoptique de la station.....	16
c- Bloc diagramme.....	17
B- Description du fonctionnement.....	18
B- a- Prétraitement.....	18
B- b- Schéma de fonctionnement de la membrane.....	19
B- c- Post-traitement.....	20
B- d- Caractéristiques.....	21
B- e- Caractéristique de l'eau brute.....	21
B- f- Caractéristique de l'eau traitée.....	21
C- Impacts sur l'environnement.....	21
D- Effets du concentré (saumâtre).....	22
D- a- Rejets du procédé.....	24
D- b- Risques.....	25

---

## CHAPITRE II

### Partie A

#### Les techniques de déminéralisation

I- Introduction.....	27
II-Les principales technologies de désalement des eaux.....	29
a-Les procédés utilisant des membranes.....	29
b-Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases...	29
II-1-Procédés à membranes.....	30
1- l'osmose inverse.....	30
1-2-Principe de l'osmose inverse.....	30
1-3-Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	33
1-4-Définition : techniques à flux tangentiel/flux croisé.....	34
2-Electrodialyse (ED).....	37
II-2-Les procédés de distillation.....	39
2-1-Le procédé de distillation à détente étagées (Multi-Stage Flash distillation MSF).....	39
2-2- Le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effect Distillation MED).....	42
III- Autres procédés.....	46
1-Congélation.....	46
2-Distillation sur membrane.....	46
3-Humidification solaire.....	46
4-La microfiltration.....	47
5-L'ultrafiltration.....	48
6-Nanofiltration.....	48
IV- Limites des procédés.....	49
1-Polarisation de concentration.....	49
2-Colmatage des membranes.....	52
3-Contrôle du colmatage et de la polarisation de concentration.....	53
V- Conclusion.....	53
VI- Type de procédé pratiqué en Algérie.....	54
VII- Avantages st inconvénients des procédés.....	54

---

## **Partie B**

### **Retour d'expérience**

I- Introduction.....	56
- A l'étranger.....	57
-En Algérie.....	60

## **CHAPITRE III**

### **Réglementation et Législation**

I-1-Législation en vigueur dans le monde aujourd'hui.....	63
1-a-Une politique européenne.....	67
I-2-En Algérie.....	68
I-2-a-Etat de l'environnement en Algérie.....	69
-Sur le plan de la politique environnementale.....	69
-Sur le plan législatif et réglementaire.....	70
-Sur le plan institutionnel.....	71
I-3-La législation en vigueur aujourd'hui en Algérie.....	71
-Lois en vigueur.....	71
-Code des eaux.....	73
I-3-La protection des sols.....	73
-Ressources en eaux non conventionnelles.....	73
-Résumé.....	77

## **CHAPITRE IV**

### **Analyses des eaux rejetées par la station de Brédéah ,du sol environnant et interprétations**

I- Qualité des eaux pour l'irrigation.....	78
1-Introduction.....	78
2-Aptitudedel'eau à l'irrigation.....	78
3-Analyse des eaux rejetées par la station de Brédéah.....	79
4-Le SAR (Sodium absorption, ratio).....	80
5-Analyse du sol.....	81
6-Interprétation des résultats.....	82
II- Conclusion.....	83
	84

---

III- Conséquences de la salinité sur les plantes et l'homme.....	84
1- Influence d'une salinité de l'eau trop importante sur les êtres vivants...	84
2- Les conséquences de l'utilisation de l'eau déssalée.....	85
a- Conséquences sur le sol.....	85
b- Conséquences sur l'homme.....	85

## CHAPITRE V

### Rappels théoriques sur la méthode d'analyse des risques : MADS-MOSAR

I- Définition du contexte de l'analyse.....	87
II- Problématique de MOSAR.....	87
III- Méthode organisée systémique d'analyse de risques.....	88
IV- Objectifs.....	88
V- Le modèle MADS (Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement des systèmes.....	89
VI- Identification des sources de danger.....	90
VII- Une vision macroscopique.....	91
VIII- Une vision microscopique.....	92
IX- Structure de la méthode.....	92
X- Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios.....	92
XI- Définition des gravités ou effets sur une cible.....	93

## CHAPITRE VI

### Application de la méthode MADS-MOSAR au rejet de la station de Brédéah

-Etape préliminaire : Modélisation du système et décomposition en sous-systèmes.....	94
1 <sup>ère</sup> étape du module A : Identification des sources de dangers.....	94
2 <sup>ème</sup> étape du module A : Identification des scénarios de dangers.....	96
3 <sup>ème</sup> étape du module A : Evaluation des scénarios de risques.....	102
4 <sup>ème</sup> étape du module A : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios.....	103
	103



---

a- Négociation des grilles gravité*probabilité.....	
b- Définition des gravités ou effets sur une cible.....	104
c- Définition de la probabilité de l'effet.....	104
d- Situation des scénarios des grilles G*P et hiérarchisation de ces derniers.....	104
5 <sup>ème</sup> étape du module A : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens (barrières).....	105
a- Barrières technologiques (BT).....	105
b- Barrières opératoires ou d'utilisation (BU).....	106
XII- Conclusion.....	110
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>111</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>113</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>118</b>

---

## **Liste des figures :**

Figure N° 01 : Carte de Localisation des sources de Brédeah.....	09
Figure N°02 : Carte géographique.....	10
Figure n°03 : Schéma synoptique de la station.....	16
Figure n°04 : Bloc diagramme .....	17
Figure n° 05 : Structure interne d'une membrane à spirale (d'après Degrémont – 1989).....	20
Figure I-1. Principe de l'osmose et de l'osmose inverse.....	31
Figure I- 2. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	33
Figure I- 3- Filtration tangentielle.....	36
Figure I- 3- Filtration tangentielle .....	36
Figure I- 5-principe de l'électrodialyse.....	38
Figure I- 6. Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) à 3 étages .....	41
Figure I- 7. Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets (MED). .....	43
Figure I- 8. Schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur.....	45
Figure I- 9 –Séparation membranaire : concept de base.....	49
Figure I- 10. Polarisation de concentration.....	50
Figure : 11 Efflorescence saline à la surface d'un sol salé .....	85

---

## **Liste des tableaux**

Tableau 1. Seuils de mesures journalières ou permanentes.....	65
Tableau.2. Concentrations maximales dans les rejets polluants principaux....	66
Tableau 3- Limitations et normes de surveillance continue des variables des effluents.....	76
Tableau 4 : Echantillon N° 1 : Rejet de l'eau juste à la sortie de la station.....	79
Tableau 5 : Echantillon N°2 : Rejet de l'eau à la fin de la canalisation (en contact avec la terre).....	79
Tableau 6 : Résultat de la méthode du SAR .....	81
Tableau 7 : Echantillon N° 1 : Terre mouillée à la fin de la canalisation.....	81
En contact directe avec le rejet	
Echantillon N°2: Terre sèche aux alentours de la fin de la canalisation	
Tableau 8 : Interprétation des résultats selon la texture des sols .....	82
Tableau A : Liste des sous-systèmes sources de dangers.....	94
Tableau B : Barrières opératoires ou d'utilisation (BU).....	106
Tableau C : validation des résultats du tableau B.....	108

## Résumé

### Etude d'Impact des Rejets des Eaux d'une Station de Déminéralisation Cas d'étude : Station de Brédeah

Le déssalement des eaux saumâtres avec une concentration en sel inférieure à 10g/l est effectué par deux techniques différentes, les plus répandues sont : l'osmose inverse et la distillation thermique. Elles sont utilisées le plus souvent pour l'eau de mer dont la concentration est supérieure à 30g/l. Cependant, le déssalement a un impact aussi bien positif que négatif sur l'environnement. Le premier étant une augmentation des disponibilités en eau pour multiples usages et une réduction de la salinisation du sol grâce à une eau déssalée par rapport à l'utilisation d'eaux saumâtres et l'autre représente l'évacuation de la saumure des eaux résiduelles dessalées ou déminéralisées par osmose inverse, chargées d'additifs chimiques, antissalissures ou anticorrosion. Ces rejets ont un effet sur le sol et l'écosystème terrestre.

La préservation de l'environnement est au cœur des préoccupations des états et la réglementation se fait de plus en plus stricte en matière de gestion des rejets et exige des études d'impacts avant d'entamer n'importe quelle activité : aujourd'hui, le développement durable est une option incontournable pour la survie de la planète.

Les risques encourus par la dégradation de l'environnement sont la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ce qui a un impact direct sur l'être humain et son environnement au sens large (risque sanitaire et environnemental).

La station de déminéralisation des eaux rejette les eaux chargées de différents sels obtenues après traitement chimique dans la nature, et le fait de ne pas trouver une conduite conçue pour ces rejets, l'eau s'infiltré dans le sol et suit différents cours qu'elle se frayent selon la qualité des sols, une fois qu'il y a saturation des terres l'eau stagne, et en période chaudes s'évapore plus rapidement et il y a apparition de plaques de sel sur le sol. Cette salinité a un impact négatif sur l'environnement et on constate la dégradation des cultures viticoles et celles des oliviers.

Les particuliers qui exploitent ces terres font des piquages à partir des eaux rejetées ce qui crée un sérieux conflit entre ces derniers et les responsables de la station.

Cette étude dans le cadre d'un mémoire de magister en science des risques et matériaux a pour objet de traduire les outils d'analyse utilisés pour appréhender l'hyperespace de danger conformément aux statistiques et mémoires, aux modèles et représentations, aux objectifs et acteurs identifiés, aux normes et les réglementations en vigueur sans oublier l'éthique et la déontologie.

**Mots clés :** Environnement, sciences du danger, risques, santé, agriculture, les cindyniques, approche systémique, déminéralisation, saumure, eaux salées, Osmose, dommages.

## **Introduction**

La protection de l'environnement est devenue un enjeu économique et politique majeur, les domaines de l'environnement et du développement durable d'une façon générale étant la conservation de la nature, la prévention, la réduction ou la suppression des risques qui menacent les ressources naturelles. De tout temps, l'eau et le sol constituent des éléments précieux pour l'homme et ont reçu une attention particulière dans leur utilisation pour en tirer le meilleur profit en assurant leur pérennité. Les civilisations anciennes qui se sont succédées ont développé des techniques diverses de conservation des eaux et du sol et celles qui ont donné leurs preuves, continuent jusqu'à présent à être utilisées. Il s'agit essentiellement des systèmes de collecte des eaux et du sol moyennant des techniques différentes et adaptées aux conditions des milieux. Parmi les priorités majeure de l'environnement figure la sauvegarde des ressources en eau et la limitation des rejets polluant le milieu naturel et sa dégradation. Mieux produire et moins polluer sont les défis auxquels sont confrontés tous les industriels de tous secteurs et les contraintes législatives et normatives sont de plus en plus drastiques [1].

L'utilisation annuelle par individu, tous besoins confondus, varie entre 100 et 1500 m<sup>3</sup> et ces besoins ne cesseront de croître et de se diversifier. La croissance démographique actuelle ne laisse entrevoir aucun fléchissement dans les années à venir. La disparité entre les besoins et la disponibilité en eau exige la mise en place de nouveaux moyens d'acheminement et de traitement pour en augmenter la disponibilité. Il est indispensable de protéger l'eau : Il faut pouvoir fournir la quantité nécessaire à la consommation domestique et industrielle, recycler les eaux usées et dessaler les eaux de mer ainsi que les eaux saumâtres tout en limitant les rejets polluant le milieu naturel [2].

Les procédés basés sur les séparations par membranes connaissent dans ce cadre un bel essor. Ils semblent devenir des outils très puissants pour le dessalement et le recyclage des eaux en vue d'un objectif « zéro déchet », or les projets de déminéralisation bien qu'il soit une solution à un problème qui dure ont engendré beaucoup d'effets négatifs sur l'environnement. Nous nous trouvons donc face à un paradoxe où la solution possible est un risque environnemental.

Le dessalement est depuis longtemps une source d'eau importante dans certains pays touchés par sa rareté. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période la plus chaude. Le dessalement de l'eau peut remédier à la pénurie d'eau et pourrait donc contribuer à remédier son manque, qui fait obstacle à l'amélioration des niveaux de vie et au développement des secteurs qui en dépendent, mais les effets engendrés par celles-ci pourraient être graves et importants ainsi que leurs impacts sur l'environnement provenant principalement du concentré (saumâtre) produit au cours du dessalement. Il pourrait s'y ajouter les effets des rejets de produits chimiques utilisés dans ces procédés [2].

Le rejet de concentré appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu environnant. Il ne fait aucun doute que les pays qui utilisent le dessalement pour couvrir leurs besoins en eau douce devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumâtre.

Les exemples d'effets néfastes liés à ce type de rejets sont nombreux dans le monde : la région de Khon Kaen, nord-est Thaïlande des terres cultivées en riz [3], le Canada où l'on trouve des sols salés qui se concentrent dans les bas-fonds [4]. L'Algérie, un cas se répète dans le sud du pays : la palmeraie de Ouargla est menacée par les rejets des eaux de drainage d'où la dégradation des Oasis en Algérie [5]. Dans le bassin méditerranéen l'Espagne, est également concernée par ce phénomène que l'on retrouve à Almeria [6]. L'Australie, les USA et bien d'autres encore sont largement affectés par ce que l'on pourrait qualifier de désastre écologique [7]. On peut également souligner l'impact de celui-ci en Afrique noire notamment les zones sahéliennes, au Mali et au Somaliland, la dégradation des terres, destinées aux pâturages du cheptel (caprins, camélidés, ovins, bovins) est liée à la salinisation [8].

La saumûre rejetée par les stations de dessalement réduit la faculté des racines des plantes à puiser de l'eau du sol, l'humidité du sol diminue, les sels de la solution du sol peuvent se concentrer à hauteur de 2 à 5 fois leur valeur initiale. Ceci cause une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend encore plus difficile pour les racines d'extraire l'eau du sol. C'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique. Les croissances médiocres dues au rejet des eaux salées sont généralement provoquées par ce phénomène de stress osmotique causé par la concentration totale des sels plutôt qu'à cause d'ions particuliers

Des concentrations excessives d'ions chlorures et sodium dans l'eau rejetée peuvent causer une toxicité dans la plante. Les symptômes de toxicités typiques aux ions sodium sont des brûlures de feuilles, le dessèchement et la mort des tissus sur les bords externes des feuilles contrairement aux symptômes causés par des ions chlorures qui apparaissent normalement à l'extrême pointe des feuilles. En général, la plupart des plantes boisées (arbres fruitiers à noyaux, citrus, avocatier) sont sensibles à ces ions alors que la majorité des légumes, plantes fourragères et fibreuses y sont moins sensibles [2].

Cependant, les sols salés sont plus fragiles et souvent sujet à dégradation car la salinité réduit la couverture végétale laissant le sol sensible à l'érosion éolienne ou hydrique.

En Algérie, le problème de l'eau a commencé à se poser avec acuité durant cette dernière décennie qui est caractérisée par une sécheresse persistante provoquant la diminution des ressources en eau. Sur le plan pluviométrique, celui-ci se caractérise par l'insuffisance des précipitations et leur irrégularité dans l'espace et dans le temps (inter-annuelle et saisonnière). Les ressources en eau deviennent de plus en plus limitées, leurs utilisations délicates et les besoins, autrefois essentiellement agricole (irrigation) se diversifient et s'accroissent rapidement. En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées [18].

Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret<sup>1</sup> et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

<sup>2</sup> Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

Dans le cadre du plan de relance économique, le gouvernement algérien a relancé l'investissement public pour la gestion intégrée des ressources en eau et devrait continuer à consacrer dans les 10 prochaines années d'importantes ressources à ce secteur. Des usines de dessalement d'eau de mer respectivement à Alger, Beni-Saf, Skikda et la Zone Industrielle d'Arzew étaient prévues pour juin 2004. Pour la région Ouest et particulièrement à Oran, l'implantation de la station de dessalement des eaux saumâtres de la nappe de Brédéah a été décidée le 25 mai 1998 et devenue fonctionnelle le 10 septembre 2005 [18].

Le projet était très attrayant mais les conséquences engendrées par le rejet de la technique de dessalement est déplorable vu que l'eau chargée de sels s'est infiltrée dans le sol et a causé la dégradation de la végétation et des arbres fruitiers. De plus le fait de ne pas avoir pris en considération l'installation d'un réseau d'assainissement qui aurait pu éviter tous les dégâts observés aujourd'hui, fait que le problème reste posé et que les parties concernées essaient de trouver une solution qui les satisfait. Et que la question posée demeure « Est-ce que le projet a été suffisamment mûri en terme de conséquences écologiques étant donné que le problème de pénurie d'eau reste posé ? »

Dans un monde où les techniques sont à la base de la réussite économique des différents partenaires concernés (états, sociétés, individus), la maîtrise voire la réduction des risques encourus (d'ordre financier, économique, environnemental ou sociétal) dans la mise en place d'un projet est une priorité. L'approche systémique fournit une démarche globale nouvelle et prometteuse. La science des dangers permet d'identifier, d'évaluer, maîtriser et gérer les risques liés à différents projets dont la finalité est l'atteinte d'un objectif quelle qu'en soit la phase (de la conception à l'exploitation).

Au-delà de la connaissance théorique du procédé chimique et du fonctionnement classique de la technique, l'objectif principal est d'étudier l'impact du rejet de la saumûre sur l'environnement et de tenir compte des interactions existantes entre les différentes espèces présentes dans l'eau rejetée et la faune avoisinante de la station de déminéralisation eu égard aux expériences similaires dans le monde.

Notre travail consiste en une étude d'impact des rejets de la station de déminéralisation des eaux de la station de Brédéah et ses conséquences sur l'environnement en s'appuyant sur les outils qu'offre la science des dangers pour l'analyse des risques dans une installation à toutes ses phases de vie.

Pour l'étude de cet impact, nous l'abordons par une approche systémique qui nous aide à observer la réalité, et nous incite à réfléchir et à découvrir les relations existantes entre le système et son environnement. L'interaction fait ressortir les liens de dépendances existant à l'intérieur des différents composants de ce système. Cet aspect d'interaction et d'interdépendance est également applicable aux relations qui existent entre les systèmes et entre le système et l'environnement dans lequel il évolue. L'intérêt de cette approche est qu'il nous fournit une stratégie de prise de décision et nous permet d'identifier les problèmes causés par les rejets de la station de dessalement dans une zone où la végétation prime sur toute autre activité industrielle et l'effet de cette saumûre sur le sol.

Nous abordons dans un premier chapitre la situation globale de la station de déminéralisation de Brédéah (situation géographique, exploitation, technique, etc....).

Nous consacrerons un deuxième chapitre à une étude bibliographique sur la technique de la déminéralisation et les différents procédés industriels qui s'en suivent utilisés dans le dessalement des eaux saumâtres. Il y sera développé également le type de technique pratiquée en Algérie dont les avantages et inconvénients de la déminéralisation du point de vue théorique et du côté de l'aspect technologique seront mis en exergue. Ceci représente la première partie (A) du travail à faire.

La deuxième partie (B) décrit en son premier chapitre les retours d'expériences dans le monde et plus particulièrement en Algérie,

Les questions relatives à la réglementation existante et l'évolution de la législation dans le monde et en Algérie en matière de rejets industriels, et celle en rapport avec la préservation de l'environnement dans un troisième chapitre.

Le chapitre suivant sera consacré aux résultats obtenus après analyse des rejets et s'en suivra une interprétation de ces derniers.

Le dernier chapitre portera sur l'application de la méthode MADS-MOSAR à la station de Brédéah. Cette méthode constitue le socle de l'analyse des risques dans différentes installations, elle permet d'analyser les risques techniques liés à ces dernières et d'identifier les moyens de prévention nécessaire pour neutraliser les risques encourus. Elle s'applique aussi bien à une installation dès sa conception ou à une déjà existante, et permet de faire le diagnostic de cette dernière. Cette méthode se décompose en deux modules (A et B), le premier étant une analyse macroscopique du système, le second une analyse microscopique.

Nous terminerons ce travail qui se veut une contribution à la réflexion sur la procédure à suivre pour la mise en route d'un projet par une conclusion qui portera sur les résultats essentiels et le fruit de notre réflexion sur la situation de danger que présente la station de Brédéah dans une approche cindynique. Nous nous efforcerons à mettre en exergue tout l'intérêt à développer une méthode générique d'analyse des risques.



## **Problématique**

Conscients de l'importance de l'enjeu environnemental, les pouvoirs publics algériens manifestent un intérêt soutenu à la disponibilité et à la maîtrise qualitative et quantitative de l'eau ainsi qu'à la préservation de la faune et de la flore. La législation algérienne a élaboré tout un arsenal de textes, qui réglementent les activités liées à l'environnement.

Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret<sup>3</sup> et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.

Les valeurs limites de rejet sur la base de l'emploi de nouvelles technologies susceptibles d'améliorer le quotidien de la population à un coût économique et des caractéristiques particulières du milieu récepteur.

Le projet de la station de déminéralisation de la nappe phréatique de Brédéah, était sensé améliorer la qualité de l'eau, en réduisant son taux de sel de manière significative. Malheureusement, les rejets débités par cette station se fait vers l'extérieur, sans prise en considération des dégâts occasionnés par la saumûre rejetée qui s'infiltré dans les terres agricoles avoisinantes et qui a un impact négatif et déplorable sur la faune et la flore en particulier les oliviers et les pêcheurs. Donc le problème est plus sérieux qu'il n'en parait à première vue, du fait que le sel sur cette partie de la végétation a eue un impact désastreux.

Les contraintes anthropiques et climatiques apparaissent nettement aux alentours du site concerné par cette étude. Nous observons une dégradation du sol et la stagnation du sel sur certaines parcelles ce qui a entraîné une salinisation du sol. De plus, il y a contamination verticale et latérale de la nappe par les rejets titrant un taux élevé de sels (résidus secs).Ce qui peut conduire à une perte de la biodiversité et la fragilisation des écosystèmes.

Suite à ces rejets ,il existe un risque potentiel pour la santé et l'environnement dus au fait que la plupart des plantes sont sensibles au sel (NaCl) dans le sol,environ 15% des terres présentent un excès de sel et chaque année dans le monde,prés de 15 millions d'ha cultivables sont perdus du fait de l'accumulation au cours du temps des petites quantités de sel contenues dans les eaux d'irrigation et celles rejetées par les stations d'épuration ou de déminéralisation [9].

Une analyse macroscopique et microscopique du procédé de déssalinisation de la station de Brédéah nous permettra de mettre en exergue les risques encourus ainsi que de développer les barrières nécessaires qui auraient pu y faire face.

---

<sup>3</sup>Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

**Situation**

### **I- Objectif de l'étude**

- Cette mémoire a pour but d'étudier l'impact des rejets des eaux chargées de saumâtre et de produits chimiques de la station de déminéralisation des eaux saumâtres sur la végétation et le sol avoisinant la station de Brédéah qui se trouve dans la commune de Boutlélis, wilaya d'Oran.
- Utilisation de la science des risques pour l'analyse de cet impact en se basant sur la méthode MADS-MOSAR.
- D'évaluer l'impact :
  - ❖ De l'utilisation de cette eau sur la santé publique, car les agriculteurs l'ont utilisé pour l'irrigation des plantations de pêchers et d'oliviers.
  - ❖ Sur les cultures, à court et long terme.

### **II- Considérations Générales :**

#### **II-1 Situation Géographique :**

- Localisation
    - ❖ Les sources de Brédéah se trouvent à environ 26 km à l'ouest d'Oran, à proximité de la route nationale n° 2 menant à Ain Temouchent.
    - ❖ La station se trouve dans une région limitée par l'ouest par les calcaires de Boutlélis, au nord par la crête du Murdadjo. A l'est des affleurements du substratum, au sud la sebkha d'Oran.
    - ❖ A l'extérieur de la station se trouve des terres agricoles exploitées par des particuliers.
    - ❖ Non loin de cette station, on trouve une conduite de rejet de l'eau déminéralisée chargée de sels (saumâtre).
-

➤ présentation de la Station

- ❖ La station de déminéralisation se trouve dans la wilaya d'Oran, dans la localité de Boutlélis, d'une capacité de 34 000m<sup>3</sup>/j d'eaux saumâtres. Elle se situe au nord du pays dans la wilaya d'Oran, laquelle est soumise à climat humide et semi- aride. La pluviométrie de la région est de 318 mm (h), soit un volume d'eau précipitée de 24 600 millions de m<sup>3</sup>, alors que les écoulements annuels en eau de surface sont estimés à environ 971 millions de m<sup>3</sup>.
- ❖ Le principe de la station est basé sur la technique de déminéralisation des eaux par osmose inverse, un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression.
- ❖ Il existe plusieurs organismes se partagent la responsabilité sur l'eau. L'algérienne des eaux (ADE), l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) et la direction de l'hydraulique de laquelle dépend la station de Brédéah. La station de BREDEAH (ORAN) est dirigée par la direction de l'hydraulique en partenariat avec Ondeo-Degremont (France).

# **CHAPITRE I**

## **Situation globale de la station de déminéralisation des eaux de Brédéah**

## **I- Introduction**

Devant l'augmentation rapide des besoins en eau du fait du fort accroissement démographique, l'amélioration du niveau de vie des citoyens et des nécessités de développement, il est nécessaire de réaliser sans cesse des aménagements hydrauliques qui permettent de mobiliser plus d'eau et de satisfaire les besoins globaux. Les ressources superficielles restent étroitement dépendantes de la pluviométrie, cas de l'Algérie où la sécheresse a sévit depuis plus de deux décennies dans le pays, principalement dans la région ouest du pays, qui a considérablement affecté le niveau des réserves d'eau qui a atteint un seuil critique et ne permet plus une amélioration et une distribution correcte. Cette situation a gravement pénalisé tous les secteurs (population, agriculture et industrie). L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à  $1\ 000\ m^3$  par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de  $1\ 500\ m^3$ , elle n'était plus que de  $720\ m^3$  en 1990,  $680\ m^3$  en 1995,  $630\ m^3$  en 1998. Estimée à environ  $500\ m^3$  à l'heure actuelle, elle ne sera que de  $430\ m^3$  en 2020 et serait encore plus réduite ramenée aux ressources en eau mobilisables (CNES, 2000). Cette situation liée à la faiblesse de la ressource, aggravé par la sécheresse, impliquera des conflits sérieux entre les différents utilisateurs[18].

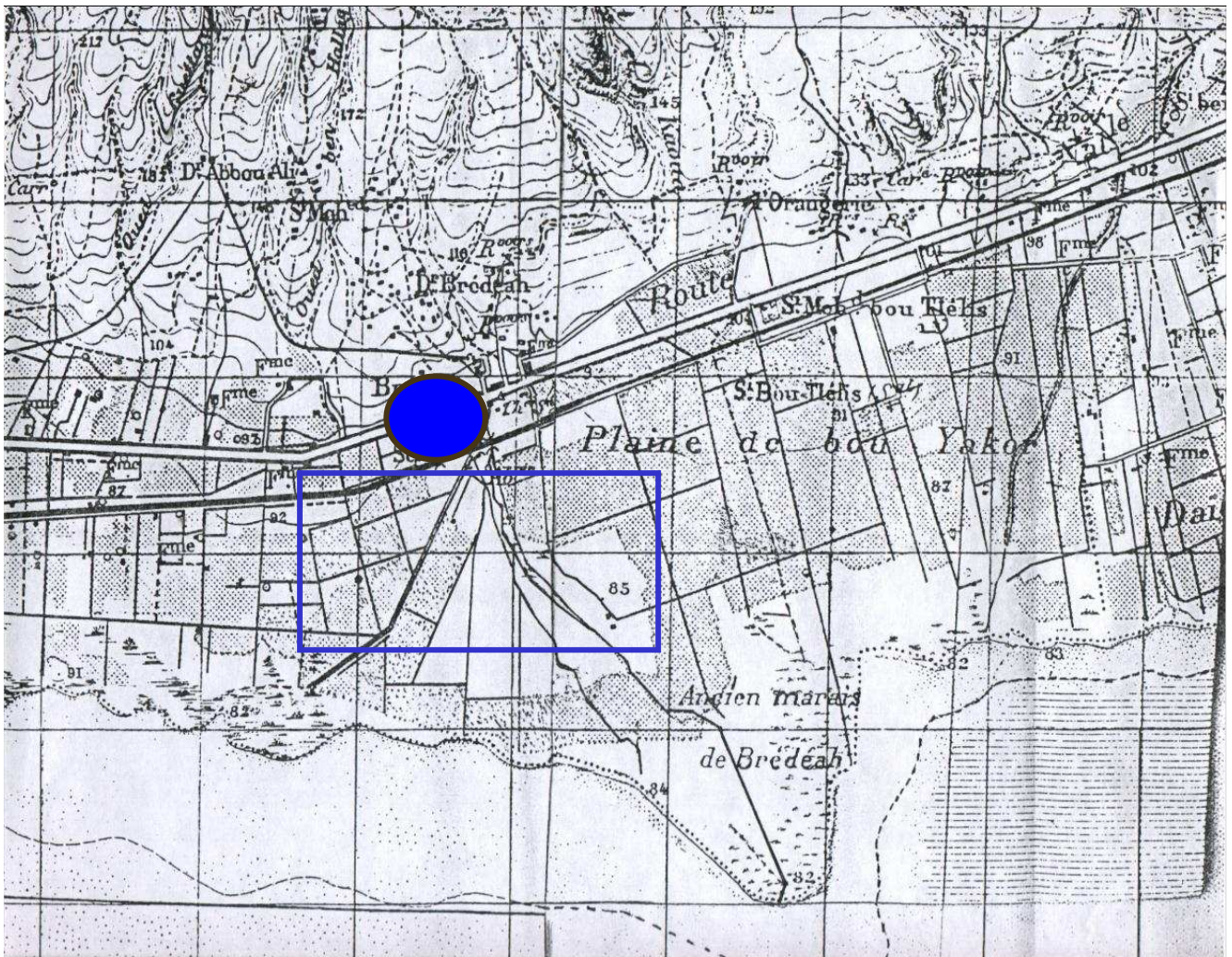
Dans sa dynamique de développement, l'Algérie n'a pas accordé à l'hydraulique toute l'intention qu'elle mérite. Il en résulte, dès lors, un retard fort préjudiciable qui affecte aujourd'hui le développement général du pays. A ce titre, il n'est pas sans intérêt de signaler : la disparition de certains vergers traditionnels, les tensions fréquentes sur l'eau entre les villes et industries, une diminution très significative de la superficie irriguée [9].

Le recours à des ressources en eau non conventionnelles telles que le recyclage des eaux usées, le dessalement des eaux de mer et la déminéralisation des eaux saumâtres s'impose afin de pouvoir compenser le déficit en eau. En matière de dessalement d'eau de mer et de déminéralisation, l'expérience algérienne date des années 1960. Il existe actuellement 43 unités de dessalement d'une capacité de traitement d'environ  $100\ 000\ m^3/j$ . Ce débit est destiné une grande partie à l'industrie. Le développement du dessalement d'eau de mer pour l'eau potable reste incontestablement tributaire des coûts d'investissement et d'exploitation de ces stations et donc, du prix de revient du mètre cube produit. Malheureusement cette solution reste incontournable. Les entreprises chargées de la distribution des eaux potables pour la ville d'Oran estiment leurs besoins en eau  $320\ 000\ m^3/j$ . Le problème d'eau à Oran ne cesse donc de se développer et de s'aggraver du à la sécheresse. Les responsables ont décidé d'utiliser les eaux de Brédéah dont la salinité est importante avec un débit de l'ordre de  $40\ 000\ m^3/j$  à alimenter directement la ville d'Oran malgré qu'elle soit non potable. La qualité de ces eaux de plus en plus salées est le résultat, sans aucun doute, d'un mélange eau douce – eau salée du à la présence de deux aquifères superposés sans limites étanches les isolant. Ces aquifères sont étendus à toute la plaine bordière comprise entre la ligne de rupture de pente du versant sud du Djebel Murdjadjo et la Grande sebkha d'Oran. Il s'agit des calcaires de Murdjadjo attribués au Miocène supérieur et des alluvions de la sebkha d'âge plioquaternaire.

## II- Situation géographique et morphologique de la nappe de Brédéah

Le secteur se situe au Sud-Ouest de la ville d'Oran. Il comprend le flanc Sud-Ouest du Djebel Murdjadjo et la plaine qui borde la grande Sebkhha. La région ainsi délimitée comporte deux zones bien distinctes: une zone Nord, caractérisée par des formations carbonatées de couleur blanchâtre, traversées par des "Chaabates" ne présentant un écoulement superficiel qu'au moment des pluies importantes. La végétation dense dans les oueds et les "Chaabates" est plus clairsemés sur les plateaux et la zone sud, correspond à la plaine de Bouyakor. Elle s'étend à l'Est vers Misserghine et à l'Ouest vers Boutlélis. La ceinture Nord de la plaine est fertile, les terres sont occupées par des cultures maraîchères et des plantations d'arbres fruitiers. Au Sud de la plaine s'étend la grande Sebkhha d'Oran, dans laquelle s'accumulent les eaux de pluie et de ruissellement lors des périodes humides et qui s'assèche en été. (Figure n°01).

**Figure N° 01**



**Localisation des sources de Brédéah**

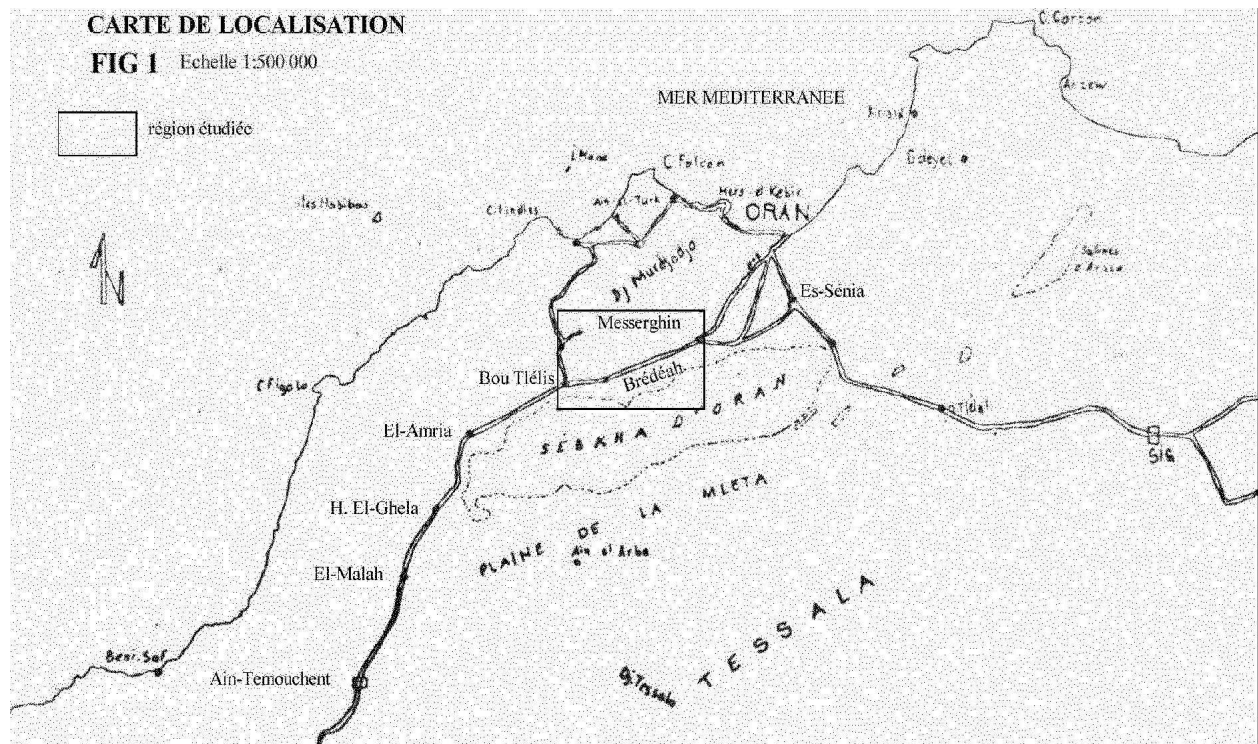


### III- Historique du captage des sources Brédéah pour l'alimentation en eau de la ville d'Oran

Le problème de l'eau a depuis longtemps existé pour les habitants d'Oran. Cette ville qui ne cesse de s'étendre en superficie et dont le nombre d'habitants croît très rapidement. Pour satisfaire les besoins en eau potable des recherches avaient été réalisées sur un rayon de plusieurs kilomètres autour d'Oran. Les premiers chercheurs pensaient qu'il fallait aller capter l'eau dans les plaines du Chélif, de la Macta et de la Tafna. Les résultats obtenus ont été pratiquement négatifs, les recherches se sont orientées vers le secteur de Brédéah. Les sources de Brédéah se trouvent à environ 26 km à l'Ouest d'Oran, à proximité de la route nationale n° 2 menant à Aïn Temouchent. La nappe alimentaire des sources de Brédéah se trouve à une profondeur de 85 à 100 m au dessous du niveau du sol. Le point d'émergence actuel est à 88,5 m au dessus du niveau de la mer. Les sources de Brédéah forment une station de pompage avec des débits allant progressivement jusqu'à 350 l/s. Ces pompages rabattant la nappe jusqu'à plus de 7 m ont provoqué une invasion d'eaux salées. Le résidu sec des eaux pompées augmente sans cesse avec l'intensité et la fréquence de ces pompages; il est passé de 0,76 g/l en 1888 à 7 g/l en 2007. La qualité de ces eaux de plus en plus salées est le résultat, sans aucun doute, d'un mélange eau douce - eau salée du à la présence de deux aquifères superposés sans limites étanches les isolant. L'intensité de plus en plus élevée des pompages le long du couloir Boutlélis-Oran laisse supposer que ces nappes, "superposées" à ce niveau, souffrent d'un régime de surexploitation. (Figure n°02).

#### Carte de localisation

- Figure N°02 : Carte géographique





Depuis la réalisation du captage, la station de Brédéah n'a pas cessé d'alimenter en eau la ville d'Oran. Mais ces eaux ne plaisaient guère aux habitants. Ce n'est qu'en 1952 et après la construction du barrage de Beni-Bahdel (1934–1941) que le problème de l'eau a été partiellement résolu. La Station de Brédéah ne servant à partir de ce moment qu'à renforcer la demande pendant les heures de pointe ou lors des travaux sur la conduite qui relie le barrage à Oran. Les eaux pompées de la station sont conduites vers les bassins d'Ain-El-Baida, (situé à l'Est) pour être mélangées aux eaux de Béni-Bahdel avant d'être entraînées dans les réseaux de distributions en eau potable. La demande en eau s'étant considérablement accrue à Oran et dans sa région au cours des dernières années, le barrage de Beni-Bahdel, les sources de Brédéah, deux forages à l'Est de Brédéah à Ras-El-Ain, le barrage Fergoug n'arrivent pas à satisfaire les besoins.

En effet, mis à part les quantités utilisées pour l'irrigation jusqu'à là non maîtrisées, le débit extrait pour l'alimentation eau potable d'Oran, Misserghin et Boutlélis est évalué actuellement à 700 l/s.

La nappe de Brédéah, dont l'eau est devenue saumâtre à coups de pompage excessif, a bénéficié d'une station de déminéralisation, mais sa capacité maximale ne dépasse pas 25 000 m<sup>3</sup> /j. première tentative à l'Ouest d'une politique de l'eau menée à l'échelle régionale et non pas locale, des solutions qui se sont avérées conjoncturelles, donc inefficaces.

La mise en service de la station de déminéralisation de Brédéah soulagera grandement Oran, une ville où les ressources en eau sont toujours en raréfaction et où la qualité de l'eau est encore un motif d'inquiétude pour la population de la deuxième ville du pays. Ce seront alors 35 000 m<sup>3</sup> d'eau qui seront traités quotidiennement dans cette station distante de 25 km d'Oran. Une usine appelée à renforcer le réseau d'approvisionnement en eau potable de la ville, puisqu'une moyenne annuelle de 14 millions de m<sup>3</sup> supplémentaires ira dans les foyers. L'usine utilise la technologie de l'osmose inverse pour atténuer la salinité des eaux de cette nappe (de 7mg/l à 0,9 mg/l).

#### **IV- Historique**

La wilaya d'Oran est alimentée en eau potable essentiellement à partir des Wilayas limitrophes, parmi les sources locales qui alimentent l'ouest de la ville, la nappe de Brédéah dont le débit de pompage est actuellement de 26 000m<sup>3</sup>/j et celui en eau potable est de 20 000m<sup>3</sup>/j.

Cette nappe constitue la seule ressource d'approvisionnement en eau depuis sa mise en service en 1948, la sécheresse et la surexploitation durant ces dernières années ont provoqué un rabattement important de la nappe entraînant une dégradation de la qualité de ces eaux (salinité de 5 à 7 g/l de résidu sec), ce qu'il nous donne des eaux très salées pour être transportées et distribuées à la population sans un mélange avec le quintuple du volume d'une eau très douce. Le problème restant une forte corrosivité avant mélange, d'où des difficultés de transfert.

La solution était le lancement du projet de la conception et la réalisation d'une unité de Déminéralisation des eaux saumâtres de la nappe de Brédéah (Daïra de Boutlélis Wilaya d'Oran) d'une capacité de 34.000 m<sup>3</sup>/j en vue de rabaisser le taux de salinité des eaux de cette nappe de 7 g/l à moins de 1 g/l. La technique utilisée est celle de l'osmose inverse.

---

Ce projet rentre dans le cadre de la décision prise lors du conseil inter ministériel du 25 Mai 1998 consacré à l'examen du dossier relatif à l'alimentation en eau potable de la wilaya pris en charge par la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Oran sous l'égide du Ministère des ressources en eaux, et qui est devenu opérationnel le 10 septembre 2005. [18]

### **V- Projet socio-économique**

Oran a depuis longtemps été dans l'obligation de chercher son eau ailleurs. Les besoins en eau pour cette wilaya sont de 350 000 m<sup>3</sup> par jour, dont 50 000 pour les zones industrielles. Les ressources en eau sont toujours en raréfaction et où la qualité de l'eau est encore un motif d'inquiétude pour une population de plus de 2 189 900 habitants.

Face au problème de la carence en eau dont souffre la ville d'Oran, ses environs et ses retombées inévitables sur le quotidien des citoyens, l'Algérienne des Eaux (ADE) ne veut pas être désignée comme responsable d'un état de fait qui engage toute la politique nationale de l'eau en Algérie et plus particulièrement à l'Ouest du pays.

Les ressources, actuellement mobilisées pour alimenter la wilaya d'Oran en eau potable, sont évaluées à 149 000 m<sup>3</sup>/j. Cette «faiblesse» des ressources en eau est aggravée par des difficultés d'exploitation auxquelles l'ADE d'Oran est confrontée depuis de longues années, dont l'insuffisance des capacités de stockage dans certaines localités de la wilaya, l'empiètement des réseaux AEP par des constructions, le risque de contamination de l'eau et la vétusté ainsi que la saturation des réseaux.

En tout état de cause, on se rend compte, que les grandes questions stratégiques se rapportant, entre autres, à la mobilisation de l'eau, à son traitement, à son assainissement et à sa gestion, revêt une importance vitale pour la pays.

Suite à tous ces problèmes que rencontre la ville d'Oran, l'état a décidé d'installer une station de déminéralisation des eaux saumâtres de la nappe de Brédéah qui déjà avait été exploité sans que son eau soit débarrassée de ses sels. Cette station a été installée par la société française « Ondéo-Dégremont » qui dépend de la « lyonnaise des eaux de France » [10].

### **VI- Conception du système**

Une installation de dessalement est un système complet, avec arrivée de l'eau d'alimentation et tuyaux de déversement séparés pour le concentrat et le perméat. Les données des tuyaux d'entrée et de sortie doivent toujours être comparées avec les analyses de l'eau, les pressions d'eau d'alimentation et la rétention du sel. Le concepteur d'un système d'osmose inverse vise à atteindre une pression de membrane et des coûts d'installation les plus faibles possibles et une récupération du sel maximum.

Le taux de récupération d'une installation de désalination pour de l'eau saumâtre est d'environ 85% (85% de l'eau traitée est dans le perméat). Cela dépend de la solubilité des solides en suspension qui sont présent dans l'eau d'alimentation. Lors du dessalement de l'eau de mer un taux de recouvrement de 40 à 50 pourcent est souhaitable.

---

Le taux de recouvrement de la désalination de l'eau de mer dépend de la pression osmotique de l'eau d'alimentation et du type de membranes utilisées dans le procédé.

### **VII- Pression de l'eau d'alimentation**

Une certaine pression de l'alimentation est nécessaire, qui dépend de la conception du système. Le débit, la perte d'énergie dans le système et la pression osmotique détermine la pression de l'eau d'alimentation nécessaire. La pression requise augmente lorsque les éléments membranaires deviennent contaminés au cours des ans. On utilise alors une pompe qui permet un débit plus élevé que celui théoriquement nécessaire pour garder la pression d'alimentation continue. En pratique une pompe qui augmente la pression d'alimentation de 25M est satisfaisante.

Quand le système démarre, la situation initiale est enregistrée. Tous les paramètres pertinents doivent être enregistré et noté dans un journal de bord. En se basant sur ces données les performances de l'installation peuvent être examiné et réglé après que le système ait été mis en action.

### **VIII- Surveillance**

Pour surveiller le système, on mesure le débit, la pression et la conductivité. Pour vérifier les conditions hydrauliques du système on doit mesurer la pression d'alimentation de chaque étage et le débit du perméat. La pression d'alimentation dépend de la température de l'eau d'alimentation. Quand les températures sont faibles, on a besoin de plus de pression pour atteindre le même recouvrement qu'avec de l'eau plus chaude. Quand les températures fluctuent, on a besoin de normaliser le débit du perméat, pour permettre les comparaisons avec la situation de départ.

Quand les installations fonctionnent correctement la conductivité du perméat est faible, du fait de l'élimination des ions mono et bivalents. Quand il y a une fuite dans un élément membranaire la conductivité augmente. C'est pourquoi on effectue des mesures de conductivité. Ces mesures sont faites dans le canal de récupération du perméat. Une surveillance du système permet à l'utilisateur de savoir quand le système a besoin d'être nettoyé.

### **IX- Protection du matériel**

Pour les installations de désalination le matériel doit posséder une certaine résistance à la corrosion, Ceci est valable pour les parties externes, qui sont exposées à une atmosphère salée ( fuites, dispersion...) aussi bien que pour les parties internes. La corrosion des parties externes du système peut en général être empêchée en recouvrant la surface d'une couche protectrice (galvanisation, peinture) et par une maintenance périodique du système et en bouchant les fuites. En plus du fait que les matériaux sont protégés contre une corrosion potentielle, ils doivent aussi être capable de résister à la pression, aux vibrations et aux changements de température. Pour éviter la corrosion et les réactions chimiques dans les parties du système où la pression est faible (<10 bar), des matériaux non-métalliques tels que le PVC et la fibre de verre sont en général utilisés.

---

Dans les parties sous hautes pressions (10 - 70 bars), comme par exemple au niveau des pompes, des canaux et des couvercles, on doit utiliser des métaux pour avoir le même type de protection.

Le PVC et certains métaux ne résistent pas suffisamment à la corrosion. Quand ils commencent à se corroder ils peuvent contaminer les membranes. On doit garder cela à l'esprit quand on pense à la protection contre la corrosion.

Le principal matériau qui est utilisé pour les parties sous hautes pressions est l'acier inoxydable. L'avantage de l'acier inoxydable est qu'il est résistant à la corrosion et à l'érosion. L'acier inoxydable est rarement atteint par la corrosion galvanique.

Les tuyaux et les composants de l'installation sont généralement construits dans les matériaux suivants:

Filtres bougies et réservoirs: filtre en polypropylène dans réservoirs en PVC ou acier inoxydable

Pompes: acier inoxydable

Tuyaux basse-pression: PVC

Tuyaux haute-pression: acier inoxydable

Système de nettoyage: PVC ou autre matériau synthétique résistant aux produits chimiques

### **X- Economie d'énergie**

Dans un système de désalination le concentrat est rejeté sous haute pression, c'est pourquoi il est important de récupérer de l'énergie du débit de concentrat. Ceci peut être fait en utilisant un échangeur de pression. Le flux du concentrat provenant des membranes est dirigé à travers l'échangeur de pression, où il transfère directement de l'énergie à une partie du flux d'alimentation avec un maximum d'efficacité.

Le flux d'alimentation est dirigé vers une petite pompe booster qui corrige les pertes hydrauliques du flux.

Ce flux rejoint alors le flux d'alimentation provenant de la pompe haute pression. Dans une installation qui utilise un échangeur de pression, la pompe haute pression fournit 41% de l'énergie, la pompe booster 2% et l'échangeur de pression 57%. L'échangeur de pression n'utilise aucune énergie extérieure donc l'économie d'énergie totale est de 57%.

On peut de plus réduire de 60% la taille de la pompe haute pression, on fait donc aussi des économies d'achat.

Le prétraitement vise à prévenir le colmatage prématuré des membranes et / ou des canaux d'écoulement tangentiel. Les pompes servent à bâtir la pression transmembranaire. Les pompes ou un système d'agitation permettent la circulation de l'eau à traiter dans les modules ou entre les modules. La séparation est assurée dans les modules membranaires.

Le post traitement chimique permet d'ajuster, ou de réajuster, la composition chimique de l'eau traitée. Suivant la manière dont est appliquée la pression membranaire, deux types de systèmes peuvent être distingués :

---

- Les systèmes de filtration sous pression ;
- Les systèmes à membranes immergées.

**XI -Coûts d'exploitation**

De façon générale, nous pouvons considérer que la durée de vie des membranes est de 5 à 6 ans et qu'il convient donc de provisionner leur renouvellement sur cette période. Ce coût correspond à environ 3 centimes d'Euros par m<sup>3</sup> d'eau produit.

Dans la pratique, cette durée de vie peut varier en fonction de la qualité de l'eau brute à traiter et de l'utilisation qui est faite de la membrane. Cependant, cette durée de 5 reste un ordre de grandeur raisonnable.

Les coûts énergétiques pour le fonctionnement du procédé membranaire représentent en moyenne 1 centime d'Euros par m<sup>3</sup> d'eau produit.

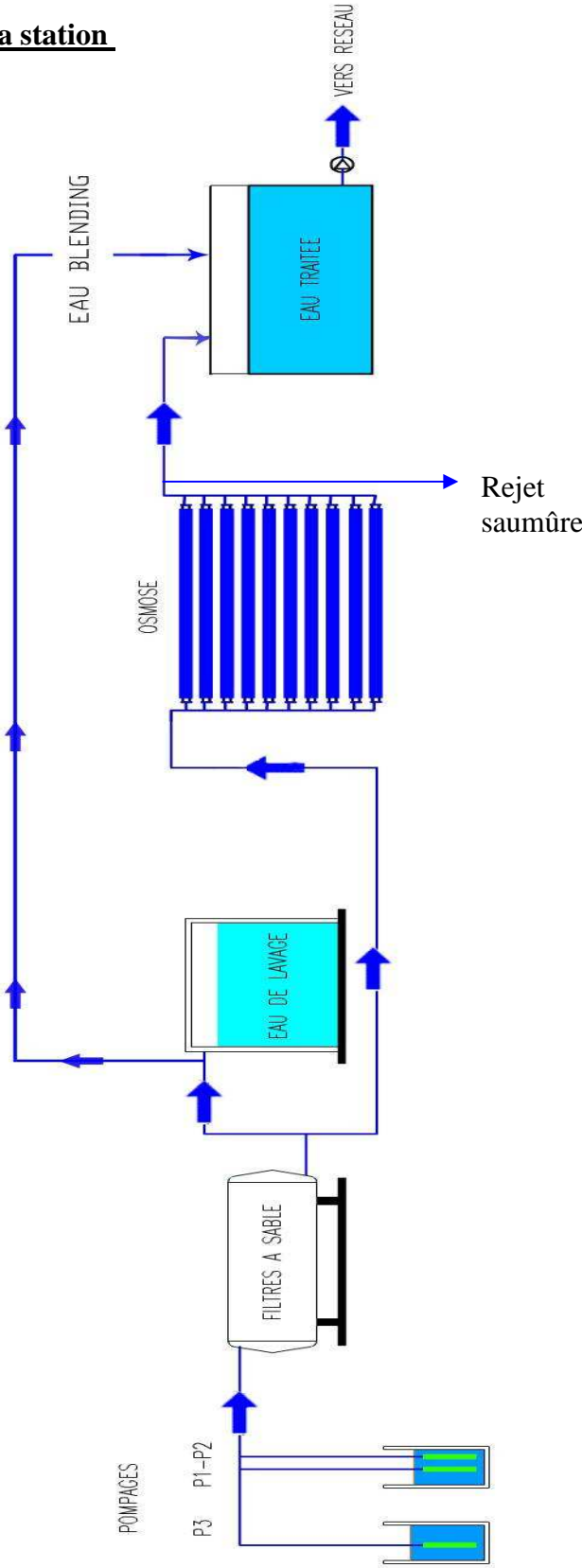
A ces coûts s'ajoutent les coûts de réactifs, de main d'oeuvre, des pièces de rechange [10].

**A- Organisation générale de l'exploitation de la station :****a- Fonctions principales de l'exploitation :**

L'organisation de l'exploitation de la station comprend quatre fonctions principales :

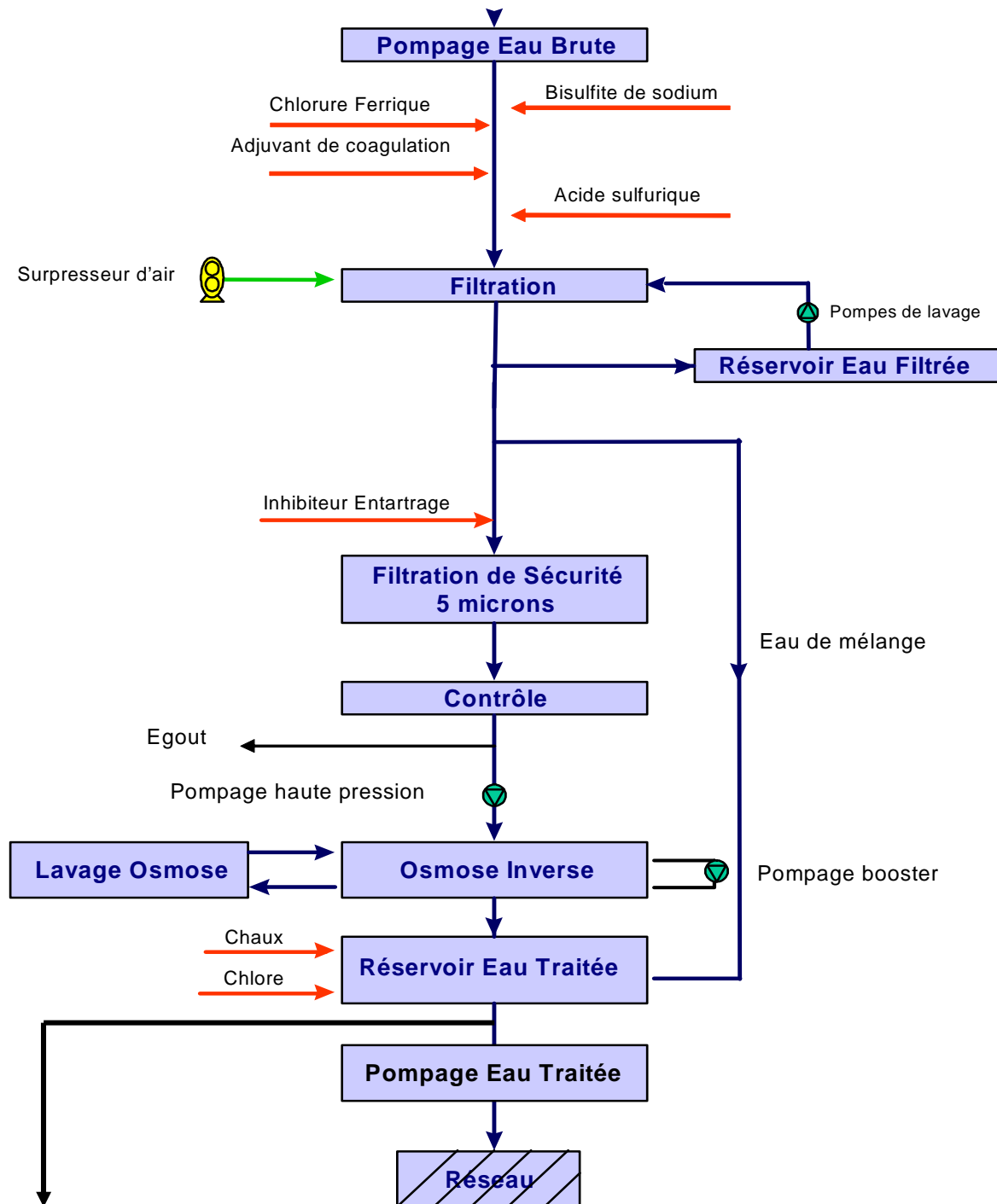
- Direction générale
- Exploitation/Production
- Maintenance
- Administration

b- Figure n°03 : Schéma synoptique de la station



c- **Figure n°04 : Bloc diagramme :**

1



Rejet saumâtre

**B- Description du fonctionnement**

Le principe de la station est basé sur la technique d'osmose inverse, un procédé de séparation de l'eau et de ses sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression. La déminéralisation par cette technique nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau brute pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait rapidement à une diminution des débits produits.

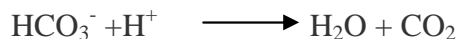
**B- a -Prétraitement**

L'eau brute provenant des 3 puits alimente les 9 filtres à sable constitués d'une virole cylindrique horizontale en tôle d'acier soudé, fermée par deux fonds bombés. Une injection de chlorure ferrique est effectuée dans la tuyauterie d'eau brute en amont des filtres pour la floculation, cette injection est asservie au débit d'eau à traiter.

La filtration sur sable accueille les matières en suspension. Un adjuvant de coagulation est injecté dans l'eau brute afin de favoriser la coagulation et la cohésion des floccs, cet adjuvant peut-être injecté soit en continu soit uniquement pendant la phase de maturation.

Le bisulfite de sodium est utilisé en tant que biocide, il est injecté en cas de besoin (1 fois /jour ou 1 fois tous les 3 jours) ou à titre préventif (1 fois par semaine), cette injection (environ 30 minutes) se fait dans la tuyauterie d'eau brute.

Afin d'éviter la formation de carbonate de calcium à partir des ions calcium et bicarbonates, il est nécessaire d'éliminer ces derniers par injection d'acide suivant la réaction suivante :



Pour obtenir la meilleure coagulation possible, le PH doit être ajusté entre 6.5 et 6.8 et pour cela on utilise l'acide sulfurique comme injection en amont des filtres à sable.

Le colmatage éventuel d'une membrane peut-être dû à de nombreuses causes parmi lesquelles la formation et la précipitation de sulfate et de carbonate de calcium, ces précipitations sont évitées par l'injection de « l'inhibiteur d'entartrage ».

Enfin une filtration sur cartouche permet de retenir les particules de taille de l'ordre de (5micron) qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable, aussi un contrôle de PH, de température et absence d'oxydants en aval des filtres à cartouches, si les valeurs limites sont dépassées, l'alimentation des membranes d'osmose est automatiquement fermée et la station se met à l'arrêt.

Le procédé d'osmose inverse utilise une membrane semi-perméable afin de séparer les solides dissous, la matière organique, les virus et bactéries de l'eau. Le procédé est dit "inverse" car il nécessite une pression suffisante pour 'forcer' l'eau pure à passer à travers la membrane. Ce procédé abouti à de très bons résultats, car il peut éliminer de 95 à 99% des particules solides dissoutes et 99% des micro-organismes

---



Le procédé OI (Osmose inverse) consiste à séparer les substances dissoutes d'une solution salée pressurisée en la faisant diffuser à travers une membrane. En pratique, l'eau d'alimentation est pompée dans une cuve étanche où elle est pressurée contre la membrane. À mesure qu'une fraction de l'eau diffuse à travers la membrane, la teneur en sels de la fraction restante augmente. Dans le même temps, une partie de cette eau d'alimentation est rejetée, sans diffuser à travers la membrane. Sans ce rejet régulateur, l'eau d'alimentation pressurisée continuerait à accroître sa concentration en sels, ce qui engendrerait des problèmes tels que la précipitation des sels sursaturés et une pression osmotique accrue à travers la membrane.

Un système OI se compose des éléments de base suivants :

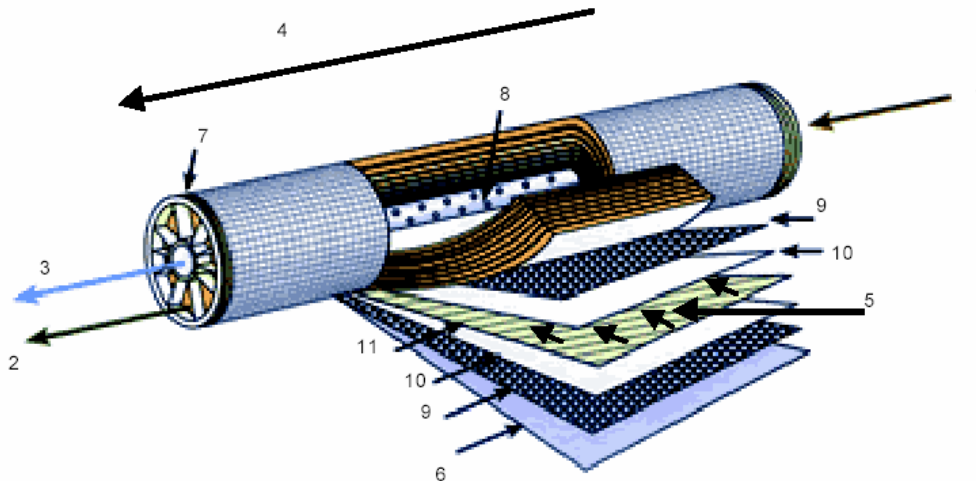
- Pré-traitement
- Pompes à haute pression
- Bloc membrane
- Post-traitement

Les unités d'osmose inverse comportent principalement en plus des modules les éléments suivants:

- une pompe à haute pression (40 à 80 bars) pour l'osmose inverse.
- un échangeur de chaleur pour maintenir les liquides aux températures souhaitées.
- Une étape d'élimination préalable des plus grosses particules est toujours nécessaire.

### **B- b- Schéma de fonctionnement de la membrane**

- 1- Entrée d'eau
  - 2 -Sortie de concentrat
  - 3 -Sortie de perméat
  - 4 -Sens d'écoulement de l'eau brute
  - 5 -Sens d'écoulement du perméat
  - 6 -Matériau de protection
  - 7 -Joint d'étanchéité entre module et enveloppe
  - 8 -Perforations collectant le perméat
  - 9 -Espaceur
  - 10- Membrane
  - 11- Collecteur de perméat
-



**Figure n° 05 : Structure interne d'une membrane à spirale (d'après Degremont – 1989)**

L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter (débit  $Q_0$ ) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes:

Une partie (débit  $Q_p$ ) passe à travers la membrane (perméat).

Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrat ou rétentat) et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane.

### **B- c- Post-traitement**

L'eau osmosée se déverse dans une première bêche servant de service à faible salinité et non chlorée destinée à la préparation des réactifs et au rinçage des lignes d'osmose. Par trop plein, cette première bêche alimente une seconde chambre où arrive l'eau filtrée by-passée et où sont injectés la chaux et le chlore pour la désinfection totale. Le PH de l'eau osmosée est environ de 5.9. Après mélange avec l'eau filtrée et l'injection du lait de chaux, les valeurs du PH remontent jusqu'à une valeur de 7.1.

Deux tanks (citernes) de 1 tonne unitaire seront connectés à un permutateur automatique. Chaque tank permet une autonomie d'environ 75 jours.

Le stockage est dimensionné pour 7 tanks supplémentaires.

Le soutirage des tanks et l'alimentation de chloromètre sont prévus en phase gazeuse.

Un analyseur de chlore permettra de contrôler en continu la teneur en chlore résiduelle de l'eau à l'entrée du réseau [11].

#### **B- d- Caractéristiques**

La station de dessalement est dimensionnée pour une capacité de production nominale.

Eau brute : 510l/s (soit 1830 m<sup>3</sup>/h, 43920m<sup>3</sup>/j).

Eau traitée : 400l/s(soit 1440m<sup>3</sup>/h, 34560 m<sup>3</sup>/j)

#### **B- e- Caractéristique de l'eau brute :**

Salinité globale (TDS-Total Dissolved Solids) peut varier de 7g/l à plus de 8g/l.

#### **B -f- Caractéristique de l'eau traitée :**

L'eau traitée étant destinée à l'alimentation de la ville d'Oran doit être conforme aux recommandations de l'administration Algérienne, et en particulier : [12]

pH 6.3 à 8

TDS <1g/l

Cl libre compris entre 0.5 mg/l et 1mg/l.

#### **C- Impacts sur l'environnement**

Parmi les impacts dus à une usine de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ou sols ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les différentes zones, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune, la perturbation d'écosystèmes importants (dunes de sable, herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations), le dragage et l'élimination des déblais qui en résultent, le bruit, les entraves à l'accès du public et aux loisirs. Les plus importants de ces impacts concernent la qualité de l'air et la qualité de l'eau qui retentissent ensuite sur la flore, la faune et les écosystèmes.

Le principal impact environnemental associé aux procédés de dessalement provient de la production de saumure : solution à forte teneur en sels qui résulte de la « concentration » de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée.

---

Cependant, il ne faut pas oublier, lors d'une éventuelle évaluation, l'impact environnemental causé par une station de dessalement, comme les problèmes de dégradation paysagère, bruits, émissions de gaz (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), ou encore les rejets associés comme les eaux provenant du nettoyage (filtres de sable, membranes et dépôts)[13].

#### **D- Effets du concentré (saumûre)**

Il est indubitable que c'est la saumure qui exerce le plus fort impact sur le milieu récepteur. Le volume total de saumure libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumure concentrée en grandes quantités appelle un examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités. À part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter.

Le projet de la station de déminéralisation de la nappe phréatique de Brédéah, était sensé améliorer la qualité de l'eau, en réduisant son taux de sel de manière significative, malheureusement, les rejets débités par cette station se fait vers l'extérieur, sans prise en considération, des dégâts occasionnés par la saumûre rejetée qui a un impact négatif et déplorable sur la faune et la flore, en particulier les oliviers et les pêchers. Donc le problème est plus sérieux qu'il n'en paraît à vue d'oeil, du fait que le sel sur cette partie de la végétation a eu un impact vraiment désastreux.

En plus, des effets combinés qui affectent la physiologie des plantes et qui se résument par une salinité (pression osmotique), une concentration en ion Na<sup>+</sup> et une concentration en ion Cl<sup>-</sup>, nous nous trouvons en présence de contraintes anthropiques et climatiques que l'on peut résumer de la façon suivante :

- Dégradation du sol et des plantations (pêchers et oliviers) par les rejets de résidus.
- Stagnation des rejets libres d'eau de rinçage de la station de déminéralisation, inondation des terres agricoles par les eaux chargées de résidus et dépérissement d'arbres.
- Contamination de la nappe phréatique, disparition de la végétation naturelle et salinisation effrénée des terres agricoles.
- Perte de la biodiversité et fragilisation des écosystèmes.
- Diminution de la pluviométrie.
- Conflits d'usage.



Photo n°1, Institut de géographie, 2005-2006

### **Oliveraie saturée d'eau de rinçage.**

Suite à ces rejets ,il existe un risque potentiel pour la santé et l'environnement dus au fait que la plupart des plantes sont sensibles au sel (NaCl) dans le sol,environ 15% des terres présentent un excès de sel et chaque année dans le monde,prés de 15 millions d'ha cultivables sont perdus du fait de l'accumulation au cours du temps des petites quantités de sel contenues dans les eaux d'irrigation et celles rejetées par les stations d'épuration ou de déminéralisation.

Sachant que les sols ont un besoin immense de carbone ,d'azote,de potassium et de phosphore comme éléments essentiels à la vie des plantes, ensuite viennent les différents sels tels que le sulfate de calcium,de magnésium plus des nitrates et des ammoniums. La présence de sel en particulier le chlorure de sodium, a un effet négatif sur la végétation, de plus il existe des seuils à ne pas dépasser afin de ne pas endommager les différentes cultures.

Les risques encourus par ce genre de dégradation de l'environnement sont la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ce qui a un impact direct sur l'être humain vu qu'il le premier consommateur des produits de l'agriculture, ensuite le bétail se trouve touché ainsi que toute la culture faite par les agriculteurs habitant ce genre d'emplacement où s'effectue les rejets sans contrôle. Pour cela on parle de risque sanitaire et environnemental. .

Il convient de traiter avec précaution la problématique qui est liée à ces résidus, car le volume de saumure produit par un litre d'eau dessalée, ainsi que sa teneur en sels, dépendra de la technique de dessalement employée et de la composition saline de l'eau utilisée .

### **D- a- Rejets du procédé**

Les chaînes de traitement utilisant des membranes produisent différents types de rejets :

- Concentrat ;
- Eaux de rinçage ;
- Eaux de lavage.

Le concentrat est rejeté en continu pendant la production. Le débit et la composition du concentrat sont liés aux taux globaux de récupération et de séparation. Le taux de récupération étant, en général, supérieur ou égal à 75%, le débit de concentrat correspond au maximum à 25% du débit d'alimentation. Les eaux de rinçage et de lavage sont rejetées de manière discontinue.

Lorsque la chaîne de traitement comprend un ou des ajouts de produits chimiques dans l'eau brute (coagulant, oxydant, acide, agent anti-tartre, etc.), les rejets des membranes contiennent en plus des substances présentes dans l'eau brute, les produits injectés pour traiter l'eau.





Photo n°2, Institut de géographie, 2005-2006

#### D- b- Risques

En dehors des risques inhérents à toute usine de production d'eau potable (emploi de produits chimiques actifs, présence d'équipement électrique...), les usines qui utilisent des membranes de type ultrafiltration, nanofiltration et Osmose inverse fonctionnent à des pressions supérieures à ce qui est normalement observé dans les usines conventionnelles. Le personnel doit être sensibilisé à ce risque.

L'évaluation de la **toxicité du rejet** doit tenir compte des réactions secondaires qui se trouvent initiées dans des circonstances de nettoyage, et pas seulement de la toxicité des produits initialement utilisés. Cela peut avoir une influence sur le type et la taille du système de collecte du rejet [2].



**Photo n°3, Institut de géographie, 2005-2006**

**Stagnation des eaux salées rejetées par la station en pleine nature : contamination de la nappe**



# **Chapitre II**

## **Partie A**

### **Les techniques de déminéralisation**

#### **I- Introduction**

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

En Méditerranée, les besoins en eau présents et futurs accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à l'an 2010, les demandes en eau augmenteront de 32% au moins pour les pays du sud et de l'est. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être couverts et satisfaits que si l'on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l'eau. Celui-ci est depuis longtemps une source d'eau importante dans certains pays de la Méditerranée. Les usines dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes de pointe de la période touristique.

Au cours des cinquante dernières années, le dessalement n'a cessé de gagner du terrain. Sur le plan économique comme sur le plan technique, sa faisabilité est bien établie et il est capable de fournir une eau d'excellente qualité en grandes quantités. Il existe plus de 9.500 unités dans le monde produisant 11,8 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an, soit 0,3% de l'eau consommée sur la planète. Alors qu'en 1995 la capacité globale de ce type de production d'eau était de 20 millions de m<sup>3</sup> par jour, en 2001, elle franchit le cap des 32,4 millions de m<sup>3</sup> par jour. Au total, chaque décennie, la quantité d'eau est ainsi multipliée par 1,8. Si la majorité (57%) de ces unités se trouve au Proche-Orient, les Caraïbes, la Floride, le Colorado, le Japon, l'Afrique du Sud, le Kazakhstan...

Cependant, débarrasser l'eau saumâtre et l'eau de mer de sel et de leurs impuretés demeure un processus industriellement maîtrisé, avec un fonctionnement très coûteux et une maintenance continue, consommant beaucoup d'énergie.

Le dessalement de l'eau est, dans les pays méditerranéens, une industrie en plein essor. Cette forme de ressource en eau pratiquement illimitée consomme de l'énergie et elle a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement, mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans les procédés usités. Bien que le nombre de publications scientifiques consacrées à la question soient restreint, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifique des impacts possibles sur le milieu recommandé.

Il ne fait aucun doute que les pays méditerranéens qui utilisent le dessalement pour couvrir leurs besoins en eau douce devraient appliquer des lignes directrices ou des procédés appropriés pour l'élimination de la saumure, conformément aux dispositions des Protocoles «tellurique» et «immersions» [9].

Une quantité équivalente à 97,5% du stock d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007 % du stock d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe. En outre, la répartition spatiale et temporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale (Bennet *et al.* 1999). Par suite de l'extension des régions arides et aussi de l'utilisation intensive d'eau dans les zones urbaines du monde entier, il est fréquent que l'eau douce ne soit pas disponible dans les quantités souhaitées. Une estimation de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 1000 m<sup>3</sup> par personne et par an sont le niveau repère au-dessous duquel on considère que la pénurie chronique d'eau entrave le développement et est préjudiciable à la santé humaine.

Nous sommes présentement témoins d'une tendance prononcée à la création de zones arides et dénudées au peuplement très dense. Cette tendance résulte de l'accroissement de la population mondiale (qui a déjà franchi la barre des 6 milliards d'habitants et devrait atteindre les 8,3 milliards en 2025 et les 10-12 milliards en 2050), de la possibilité d'un conditionnement de l'air à l'intérieur des habitations et de divers facteurs militaires, économiques et politiques.

Au cours de la période 1950 -1990, la consommation mondiale d'eau a triplé. Chaque jour, à chaque seconde, la population de la planète augmente de 2,3 habitants, ce qui signifie que les consommateurs d'eau augmente de 150 par minute, de 9 000 par heure, de 216 000 par jour ou de 28,8 millions par an. Se pose alors la question suivante : où pourra-t-on trouver, les deux trillions de mètres cubes d'eau, nécessaires pour répondre aux besoins des 2,6 milliards de consommateurs qui vont venir s'ajouter à une population mondiale qui déjà dépasse les 5 milliards? (Linsky, 1999). Les ressources en eau de la région méditerranéenne sont limitées, fragiles et menacées. Elles font déjà l'objet d'une exploitation intensive, notamment dans le sud et à l'Est où la saison sèche se caractérise par sa longueur, avec une pluviométrie annuelle faible (Plan Bleu, 1992).

Dans la région méditerranéenne, des sécheresses temporaires qui peuvent être définies comme une pluviométrie inférieure à la moyenne d'une gravité variable par sa durée et son ampleur, ont occasionné un préjudice particulièrement important pour les ressources en eau.

---

Au cours des dernières décennies, la plupart des pays méditerranéens ont connu des périodes de sécheresse prolongées: 1980-85 au Maroc, 1982-83 en Grèce, Espagne, Italie du Sud et Tunisie, 1985-89 en Tunisie, 1988-90 en Grèce, 1988- 92 dans le Midi de la France, 1989-91 à Chypre, 1990-95 en Espagne et au Maroc, 1993-95 en Tunisie, 1995-2000 à Chypre et en Israël, pour ce qui concerne l'Algérie La pénurie a été ressentie de 1943 au 1948 qui avait une répercussion importante sur la récolte et le bétail, et la deuxième est celle que nous subissons depuis 1980, cette liste étant loin d'être exhaustive.

Selon des estimations des Nations Unies (ONU), la population totale de la région passera de 420 millions d'habitants en 1995 à 446 millions en 2000, à 508-579 en 2025, (Plan Bleu , 1992). En une génération, la population totale des pays du Sud et de l'Est a triplé et a dépassé les 223 millions.

En résumé, les besoins en eau présents et futurs ne peuvent être couverts et satisfaits que si des ressources non conventionnelles (recyclage et dessalement de l'eau) sont envisagées [14].

Le plus important processus de dessalement naturel se produit sur la Terre: il s'agit du cycle hydrologique - une machine naturelle, un système continuellement en action de distillation et de pompage. Le soleil fournit de l'énergie calorifique, et cela, s'ajoutant à la force de la gravité, empêche l'eau d'aller de la Terre vers l'atmosphère par évaporation et transpiration, et de l'atmosphère à la Terre par condensation et précipitation.

## **II- Les principales technologies de dessalement des eaux**

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

### **a- Les procédés utilisant des membranes:**

-L'osmose inverse et l'électrodialyse

### **b-Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases :**

-La congélation et la distillation.

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

---

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

- une prise d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière,
- un pré-traitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits anti-tarte,
- le procédé de dessalement lui-même,
- le post-traitement avec une éventuelle reminéralisation de l'eau produite.

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

## **II-1-Procédés à membranes**

### **1. L'osmose inverse**

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de  $10^{-7}$  mm de taille.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de  $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ .

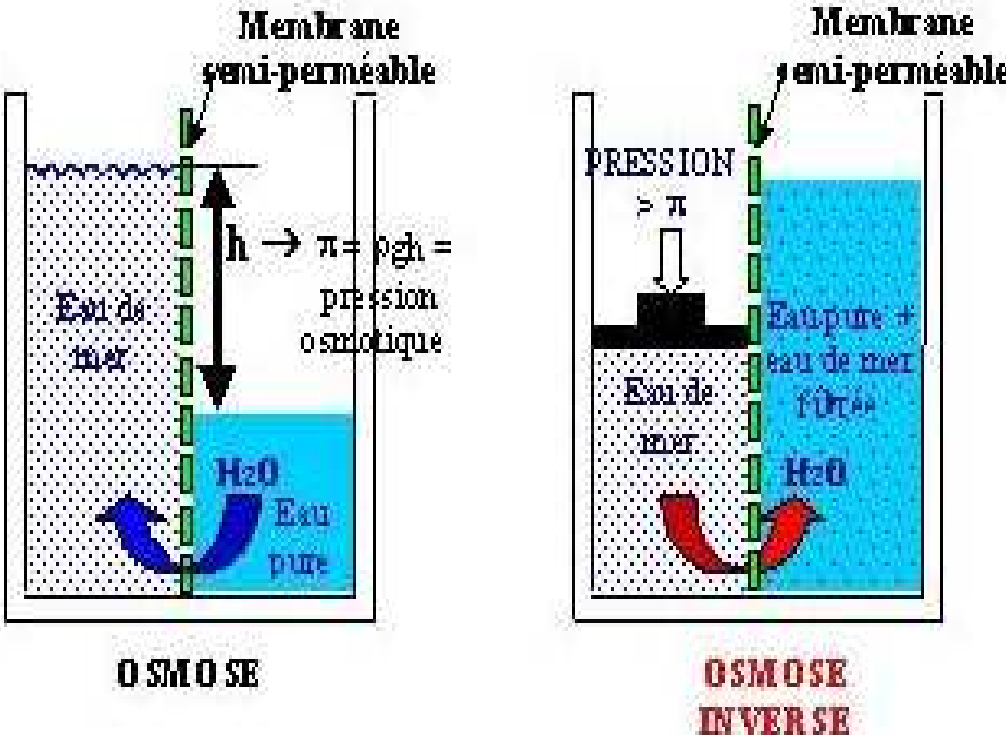
### **1.2. Principe de l'osmose inverse**

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure I-1). Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

---

Figure I-1. Principe de l'osmose et de l'osmose inverse



Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (voir figureI-1), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

Pour les solutions suffisamment diluées, la pression osmotique notée  $\pi$  peut être calculée d'après la loi de van't Hoff :

$$\pi = i \times C \times R \times T$$

Où  $i$  est le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

$C$  est la concentration en sels en  $\text{mol.m}^{-3}$

$R$  est la constante des gaz parfaits  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$T$  est la température absolue de la solution en Kelvin.

Le débit spécifique  $J_1$  (débit massique par  $\text{m}^2$  de membrane) d'eau osmosée produite est proportionnel à la différence entre la pression appliquée  $P$  et la pression osmotique  $\pi$  de la solution concentrée.

$$J_1 = A \times (P - \pi)$$

Où  $A$  est le coefficient de perméabilité vis-à-vis de l'eau pure.

Le flux spécifique de sel traversant la membrane est quant à lui proportionnel à la différence de concentration de part et d'autre de la membrane.

$$J_2 = B \times \Delta C$$

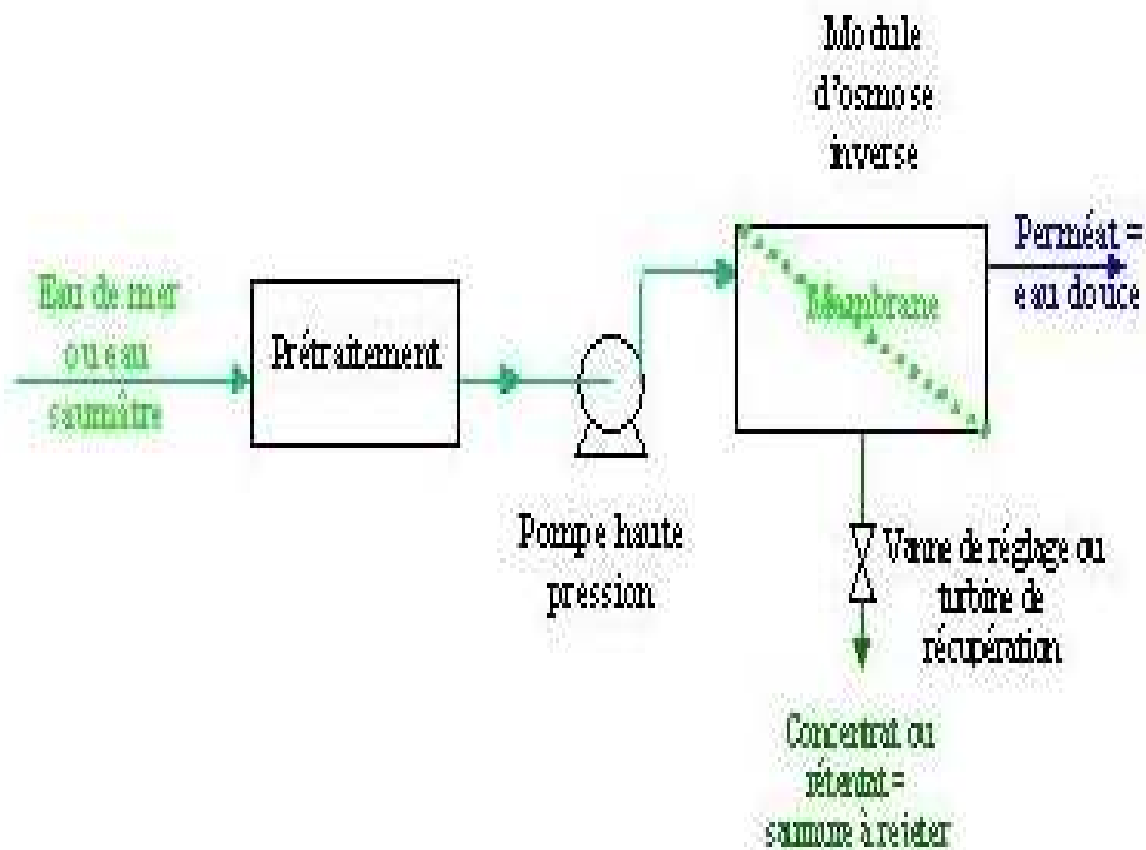
Où  $B$  est le coefficient de perméabilité vis-à-vis du sel.

---

### 1.3. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la figure I-2.

Figure I- 2. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse





Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un pré-traitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits.

Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50  $\mu\text{m}$  selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'une pré-filtration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane.

En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée rétentat tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat.

#### **1.4. Définition : techniques à flux tangentiel/flux croisé**

La filtration à flux tangentiel/flux croisé, notée T.F.F/C.F.F (Tangential Flow Filtration/Cross Flow Filtration) a été mise au point pour diminuer les effets indésirables et problématiques du colmatage des pores en surface de la membrane et du phénomène dit du "gâteau".

Elle se distingue du mode de filtration classique frontale notée DEF (Dead End Flow) par le mode d'introduction du flux d'alimentation sur le média filtrant. En mode frontal (figureI-4), le flux d'alimentation arrive dans la direction perpendiculaire au plan de la membrane. Les particules solides et les solutés sont retenus à la surface et leur dépôt entraîne une superposition de couches qui vont progressivement provoquer le colmatage par la formation d'un gâteau. Cela exige un nettoyage périodique [2].

En filtration tangentielle (figureI-3) le flux d'alimentation s'écoule parallèlement à la membrane entraînée par une pompe. Au fur et à mesure de son passage, le perméat, composé du fluide et des solutés s'écoule perpendiculairement à travers la membrane tandis que le concentré contenant les particules et solutés de taille supérieure diamètre des pores est récupéré en sortie. Ce procédé a donc trois flux. Le débit du flux d'alimentation crée un écoulement turbulent qui chasse les particules de la surface de la membrane diminuant ainsi leur effet colmatant.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du rétentat une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression.

Dans la nature, les membranes jouent un rôle important pour séparer les sels et des processus de dialyse et d'osmose se produisent dans les organismes vivants.

Les membranes sont utilisées sur le marché dans deux procédés importants: l'électrodialyse (ED) et l'osmose inverse (OI).

Figure I- 3- Filtration tangentielle

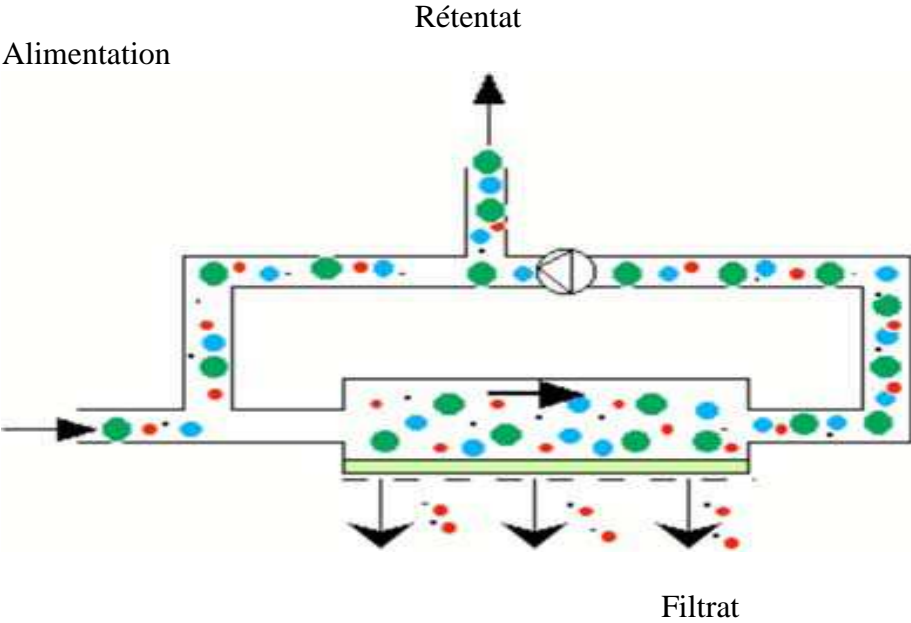
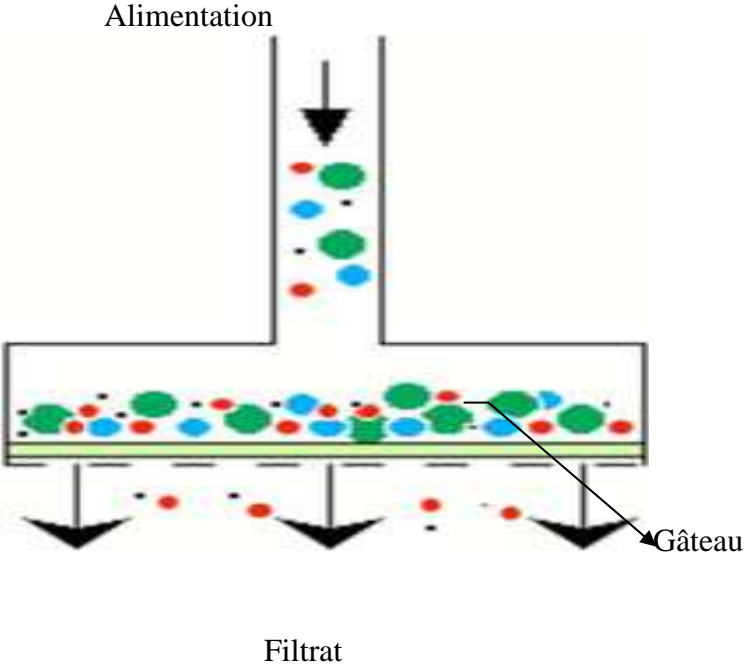


Figure I- 4- Filtration frontale



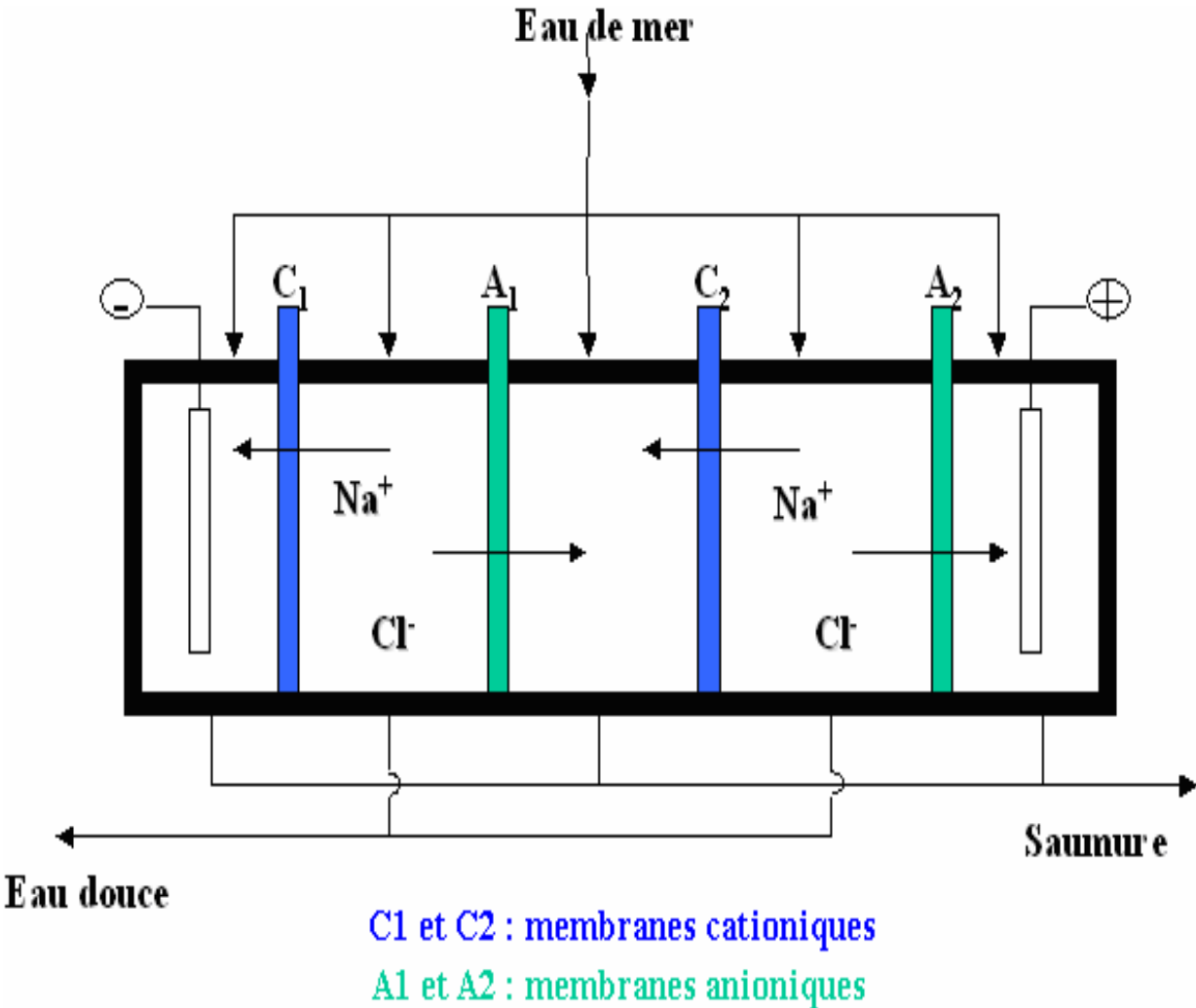
**2-Électrodialyse (ED)**

L'ED est un procédé qui utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique, le dessalement étant assuré par des membranes qui éliminent sélectivement les sels, ce qui permet d'obtenir de l'eau douce.

L'ED a été introduite sur le marché au début des années 1960. L'unité ED de base se compose de plusieurs centaines de cellules reliées entre elles par des électrodes à un bloc extérieur qui constitue la pile. L'eau d'alimentation passe simultanément à travers toutes les cellules en fournissant un courant continu d'eau dessalée et de saumure concentrée qui dépend de la conception du système (figureI-5). En raison de la sélectivité des membranes; c'est à dire les ions  $\text{Na}^+$  peuvent uniquement traverser les membranes cationiques et les ions  $\text{Cl}^-$  les membranes anioniques, on obtient de l'eau douce dans deux des quatre compartiments.

Des produits chimiques peuvent être ajoutés au circuit pour réduire le pouvoir d'entartrage.

Figure I- 5-principe de l'électrodialyse



## **II.2. Les procédés de distillation**

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'Antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux.

L'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. En effet pour transformer un kg d'eau liquide en 1 kg d'eau vapeur à la même température il faut environ 2250 kilojoules (si le changement d'état se fait à 100°C). Afin de réduire la consommation d'énergie des procédés industriels, des procédés multiples effets qui permettent de réutiliser l'énergie libérée lors de la condensation ont été mis au point.

Deux procédés se partagent le marché du dessalement thermique : le procédé de distillation à détente étagée (Multi-Stage Flash distillation MSF) et le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effect distillation MED).

### **2.1-Le procédé de distillation à détente étagée (Multi-Stage Flash distillation MSF).**

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 (voir figure I-6) 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. C'est l'eau de mer chaude qui se refroidit pour fournir la chaleur de vaporisation, l'ébullition s'arrête quand l'eau de mer a atteint la température d'ébullition correspondant à la pression régnant dans l'étage considéré. Le phénomène de flash est reproduit ensuite dans un deuxième étage où règne une pression encore plus faible. La vaporisation de l'eau est ainsi réalisée par détente successives dans une série d'étages où règnent des pressions de plus en plus réduites. On peut trouver jusqu'à 40 étages successifs dans une unité MSF industrielle.

---

Pour chauffer l'eau de mer jusqu'à 120°C, l'eau de mer circule d'abord dans les tubes des condenseurs des différents étages en commençant d'abord par le dernier étage où la température est la plus faible, elle est alors préchauffée en récupérant la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. Elle est finalement portée à 120 °C grâce à de la vapeur à une température supérieure à 120°C produite par une chaudière ou provenant d'une centrale de production d'électricité.

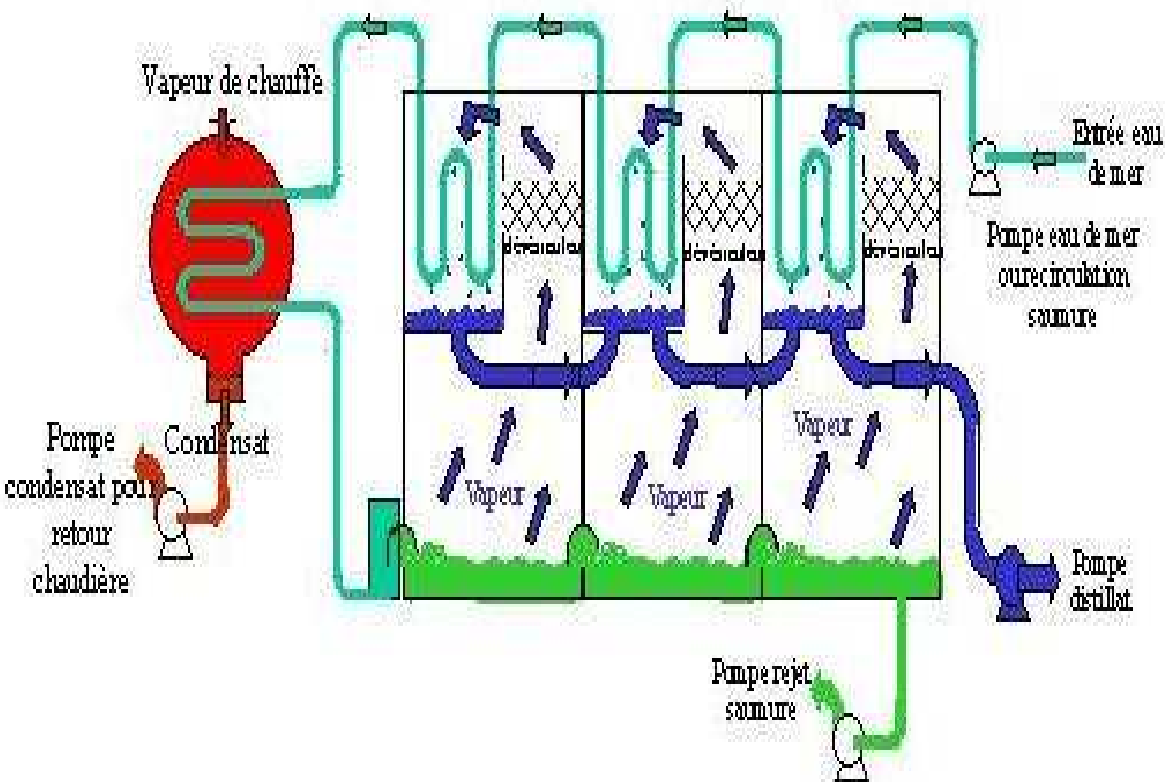
On remarque lors du phénomène de flash que des gouttelettes d'eau salée peuvent être entraînées avec la vapeur, elles sont séparées grâce à un dévésiculeur constitué par une sorte de grillage qui limite le passage des gouttelettes qui retombent alors au fond de l'enceinte.

L'avantage principal du procédé MSF est que l'évaporation de l'eau de mer ne se produit pas autour des tubes de chauffe puisque le liquide « flashe » ceci limite les risques d'entartrage.

L'énergie requise est principalement l'énergie thermique à fournir à la chaudière, cette énergie peut être peu coûteuse si on récupère de la vapeur basse pression à la sortie d'une turbine de centrale électrique. Il faut également fournir de l'énergie électrique pour les pompes de circulation de l'eau de mer.

Le procédé MSF ne permet pas une flexibilité d'exploitation. Aucune variation de production n'est tolérée, c'est pourquoi ce procédé est surtout utilisé pour les très grandes capacités de plusieurs centaines de milliers de m<sup>3</sup> d'eau dessalée par jour.

Figure I- 6. Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF) à 3 étages





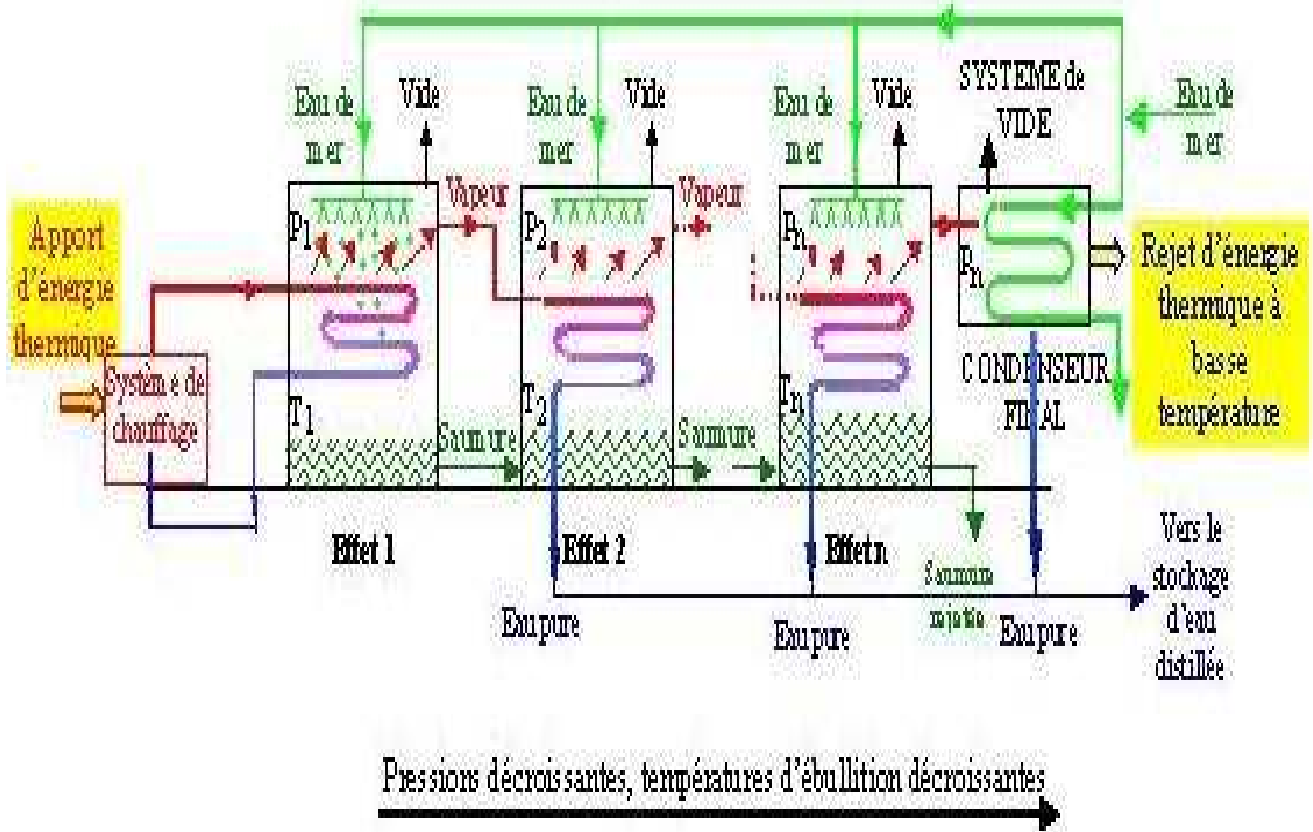
## **2.2-Le procédé de distillation à multiples effets (Multi-Effect distillation MED).**

Ce procédé est basé sur le principe de l'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80°C. L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, contrairement au cas du procédé précédent, où elle est assurée par détente au sein des étages successifs. La chaleur transférée au travers de cette surface est apportée soit par une vapeur produite par une chaudière, soit par une eau chaude provenant d'un récupérateur de chaleur. La vapeur ainsi produite dans le 1<sup>er</sup> effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le 2<sup>ème</sup> effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le 2<sup>ème</sup> effet et ainsi de suite (voir figure I-7). Ainsi seule l'énergie nécessaire à l'évaporation dans le premier effet est d'origine externe. La multiplication du nombre d'effets permet donc de réduire la consommation spécifique (énergie/m<sup>3</sup> d'eau douce produite).

Plusieurs technologies d'évaporateurs multiples effets existent :

Les évaporateurs multiples effets à tubes horizontaux arrosés sont les appareils les plus utilisés actuellement. Dans ces appareils le fluide de chauffage s'écoule dans les tubes horizontaux tandis que l'eau de mer à évaporer est arrosée de façon à s'écouler sous forme de film le plus uniforme possible sur l'extérieur des tubes. La vapeur produite dans la calandre (enceinte cylindrique qui contient le faisceau de tubes) est ensuite envoyée dans les tubes de l'effet suivant où elle cédera son énergie de condensation. Ces évaporateurs présentent un très bon coefficient d'échange grâce à l'écoulement en film de l'eau de mer. C'est la raison pour laquelle ils remplacent actuellement les plus anciens évaporateurs à faisceau de tubes noyés dans lesquels les tubes étaient plongés dans l'eau de mer.

Figure I- 7. Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets (MED).



Des évaporateurs multiples effets à plaques sont également en cours de développement. L'eau de mer à évaporer s'écoule alors sous forme de film mince le long d'une mince plaque métallique chauffée par la vapeur provenant de l'effet précédent qui s'écoule le long de l'autre face de la plaque métallique. De nombreuses plaques entre lesquelles s'écoulent alternativement l'eau de mer et la vapeur de chauffage sont associées en parallèle pour constituer un effet. La vapeur produite est recueillie dans une calandre cylindrique dans laquelle sont placées les plaques. Cette vapeur est ensuite envoyée entre les plaques situées dans une calandre qui constitue le deuxième effet et ainsi de suite.

Un système compact à bases de plaques Easy MED constitué de cellules élémentaires comprenant une zone d'évaporation et une zone de condensation breveté en 1998 est également en cours de développement. L'agencement judicieux de cellules élémentaires pour que chaque zone d'évaporation se situe entre deux zones de condensation de l'effet précédent permet d'obtenir un appareil plus compact puisqu'il ne nécessite pas une volumineuse calandre pour chaque effet.

L'énergie requise est principalement l'énergie thermique à fournir à la chaudière produisant le fluide de chauffage pour le premier effet. On peut cependant utiliser des chaleurs résiduelles en couplant le procédé MED à des usines de production d'électricité ou des usines rejetant produisant les eaux résiduelles à des températures de l'ordre de 80°C. Il faut également de l'énergie électrique pour les pompes de circulation et la production de vide.

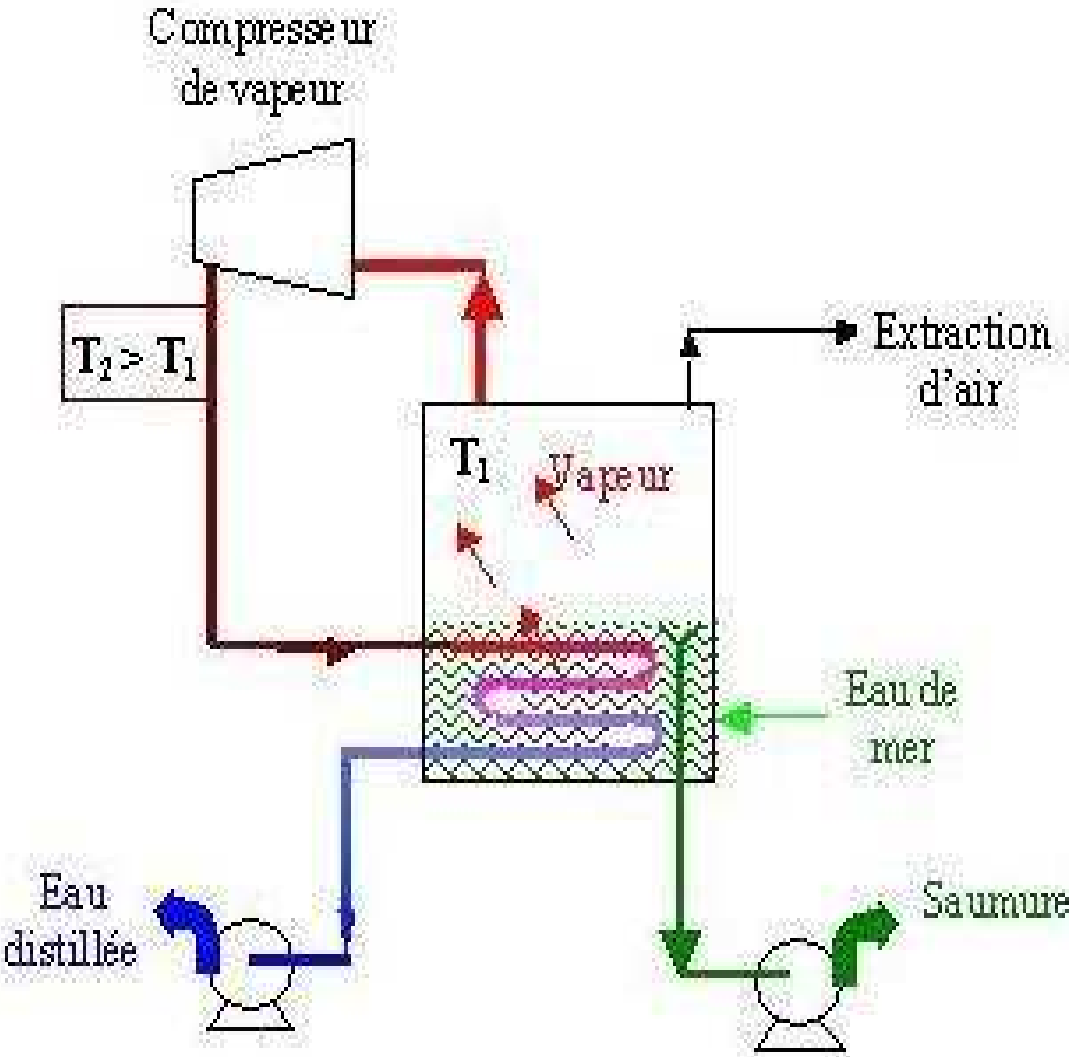
Dans le procédé MED, l'ébullition de l'eau de mer au sein de chaque cellule (effet) se fait au contact de la surface d'échange de chaleur, il y a des risques d'entartrage dû à la précipitation de sels tels que  $\text{CaSO}_4$  ou  $\text{CaCO}_3$  dont la solubilité diminue quand la température augmente. Pour limiter ces risques, il faut donc utiliser un traitement à l'acide et limiter la température de tête (du 1<sup>er</sup> effet ou étage) à moins de 70°C.

Afin de limiter la consommation d'énergie thermique, il est aussi possible d'utiliser la **compression mécanique de vapeur**. Ceci est possible dans le cas de l'évaporation simple ou multiple effet (figure I-8). La vapeur produite dans le dernier effet ou dans l'effet unique (pour de petites unités) est aspirée par un compresseur. Après compression, la température de saturation de la vapeur haute pression est augmentée.

Cette vapeur peut donc être utilisée (elle est envoyée dans les tubes du faisceau tubulaire) pour porter à ébullition l'eau de mer dans l'évaporateur où règne une pression plus faible. La vapeur haute pression est ainsi condensée et se transforme en eau distillée liquide et le cycle se reproduit avec la vapeur produite par l'évaporation partielle de l'eau de mer [15].

---

Figure I- 8. Schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur.



**III- Autres procédés**

Un certain nombre d'autres procédés ont été utilisés pour dessaler les eaux saumâtres ou marines. Ces procédés n'ont pas permis d'obtenir le rendement de la distillation ou de l'osmose inverse, mais ils se sont avérés valables dans certaines circonstances ou appellent encore des perfectionnements.

**1- Congélation**

Lors du processus de congélation, les sels dissous sont naturellement éliminés lors de la formation initiale de cristaux de glace. Le refroidissement de l'eau salée pour former des cristaux de glace sous des conditions bien définies est un moyen de dessaler l'eau de mer. Il existe plusieurs procédés de congélation pour dessaler l'eau de mer, et un petit nombre d'usines ont été installées à cet effet au cours des 50 dernières années.

**2- Distillation sur membrane**

Comme son nom l'indique, le procédé consiste en l'association de distillation et de membranes. Au cours du processus, l'eau salée est chauffée pour augmenter la production de vapeur et cette vapeur est exposée à une membrane qui laisse passer la vapeur d'eau mais non l'eau sous forme liquide. Une fois que la vapeur a traversé la membrane, elle est condensée sur une paroi froide pour produire de l'eau douce.

**3- Humidification solaire**

L'utilisation de l'énergie solaire directe pour dessaler l'eau salée a été envisagée, et divers dispositifs ont été mis au point; ils reproduisent généralement une partie du cycle hydrologique naturel puisque les rayons du soleil chauffent l'eau salée avec production de vapeur d'eau (humidification) . La vapeur d'eau est alors condensée sur une paroi froide et le condensat recueilli sous forme d'eau douce.

A l'heure actuelle, il n'existe dans les pays méditerranéens qu'un nombre très restreint d'usines de dessalement utilisant l'énergie solaire ou éolienne. Cette technologie semble encore au stade de l'expérimentation de l'application industrielle et commerciale.

#### **4- La microfiltration**

La MF consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 et 10  $\mu\text{m}$ . Les espèces sont sous la forme de solutés ou de particules qui sont retenus à la surface de la membrane par effet d'exclusion.

Les membranes les plus utilisées sont poreuses en polyamide ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). En flux frontal direct, la totalité du fluide est pompé à travers la membrane pendant que le rétentat s'accumule à la surface formant un gâteau dont l'épaisseur dépend du temps de filtration. Quand le débit du filtrat n'atteint plus le débit nominal aux valeurs maximales de pression transmembranaire, le gâteau doit être retiré. Cela impose un travail en mode discontinu. Par contre, en flux tangentiel, la solution circulant parallèlement à la paroi à une vitesse de 0,5 à 5m/s imprimée par un système de pompes, cela limite la formation d'une couche obstruant les pores du simple fait du régime de l'écoulement; cela permet de travailler en continu. De plus, perméat et rétentat peuvent être récupérés. La pression transmembranaire varie environ de 0,05 à 3 bars. La MF se prête non seulement à la séparation solide-liquide, mais aussi liquide-liquide des émulsions huile dans l'eau. L'utilisation de la MF pour le traitement des effluents industriels à pour but de récupérer d'un côté les particules ou des macrosolutés et de restituer de l'autre un fluide propre. La démarche consiste soit à purifier un fluide, soit à recycler les solutés collectés. Dans les cas les plus favorables, les deux opérations peuvent être envisagées simultanément. A titre d'exemple, citons l'emploi d'une unité de MF destinée à retenir des agrégats de métaux contenu dans une eau de rinçage avant le rejet vers le milieu naturel. Le perméat semble être conforme aux normes de pollution en vigueur; par contre, le rétentat est une liqueur concentrée constituée d'un mélange de métaux lourds qui ne peut pas être réutilisé et présente une énorme charge toxique : seulement la moitié du problème est traité. Une opération plus achevée consiste à substituer un traitement classique par un traitement par MF. Un effluent de blanchisserie contenant un détergent, plusieurs solvants, des hydrocarbures et des solides en suspension présente une DCO (Demande Chimique en Oxygène) supérieure à 100 000 mg/l. Le traitement classique mettant en jeu des réactifs chimiques donne un faible abattement de DCO. Par contre, le perméat de MF a une DCO réduite de 90% par rapport à sa valeur initiale, 90% des huiles sont extraites et la réduction des MES (Matières en Suspension) est supérieure à 95%. Il contient, de surcroît, la quasi-totalité du tensioactif et sa température est proche de celle du bain de lavage : le recyclage est possible en réajustant la concentration en tensioactif et la température. Une économie d'eau et d'énergie est ainsi réalisée. Le rétentat, riche en matière organique est utilisé comme combustible de chaudière.

Nous voyons donc que la MF permet de participer au recyclage de certains effluents à conditions que les composés puissent être séparés en fonction de leur taille et que les différences entre les composés à retenir et les autres soient importantes en raison des diamètres de pores des membranes de MF, dans tous les cas, l'utilisation doit être pensée à l'intérieur d'un procédé global de retraitement, la solution ne pouvant être seulement apportée par une opération de MF.

Dans le cas où la MF a un rôle de clarification, le principal atout est la diminution du colmatage des membranes placées en aval dans le procédé. Ceci est un exemple de complémentarité et confirme la nécessité d'associer plusieurs procédés pour obtenir l'épuration complète d'un effluent.

### **5-L'ultrafiltration**

L'ultrafiltration (UF) repose, comme la microfiltration, sur un mécanisme de transfert de fluide à travers une membrane sous l'effet de la pression. L'UF est employée pour séparer les matières dissoutes. La différence avec la MF est due au plus faible diamètre de pores des membranes employées.

La séparation est basée sur l'exclusion dimensionnelle, avec, en plus, l'intervention de la forme et de l'encombrement stérique du composé, dans la gamme de 0,5 à 4 nm. Les membranes sont le plus fréquemment asymétriques poreuses pour permettre une adaptation facile des caractéristiques membranaires aux conditions physiques et chimiques souhaitées.

L'UF fonctionne en mode tangentiel et des pressions modérées sont nécessaires pour assurer la perméation des fluides traités (de 1 à 5 bars environ). L'UF est habituellement utilisée dans le cours de procédés de fractionnement, de concentration et de purification : le produit peut être le filtrat, le concentré ou même les deux. L'UF est utilisée par exemple pour éliminer les contaminants et recycler les eaux de procédé dans la fabrication de jus de fruits. Elle sert aussi à récupérer les enzymes dans la production de bière. Citons son emploi dans l'industrie textile pour le recyclage des eaux de lavage ou la récupération de tensioactif ou d'enduit pour les fibres. L'UF est aussi employée pour réduire la toxicité des effluents dans les usines de blanchiment de pâte à papier et même leur couleur. Une fois l'opération d'UF effectuée, avec des membranes au seuil de coupure adapté, un ou plusieurs composés de taille très proche sont séparés. Le rétentat d'UF génère souvent des quantités importantes de boues pour lesquelles il faut trouver un mode de retraitement. Leur composition est souvent complexe, mal définie ce qui décourage toute valorisation. Tant que la mise en décharge est autorisée, elle est choisie dans la grande majorité des cas. A terme, et les recherches vont dans ce sens, l'UF s'appliquera sur de petites unités afin d'obtenir un recyclage avant le rejet et le mélange des effluents qui deviennent ensuite trop complexes. En réduisant la toxicité et le volume de l'effluent final, l'usage en boucle fermée du perméat et du concentré serait possible. Se dessine en fait l'emploi de l'UF comme un outil de prévention et, à défaut si la pollution existe, comme un moyen de tri des effluents afin d'envoyer des solutions moins chargées vers les stations classiques.

### **6-Nanofiltration**

La nanofiltration (NF) est aussi un procédé de séparation faisant intervenir la pression comme force motrice. Sa capacité de séparation se situe entre l'UF (1 à 10 nm) et l'osmose inverse (OI) (0,1 à 1 nm).

Les membranes utilisées ont un seuil de coupure, variant de 1 à 5 nm, laissant perméer les ions monovalents et molécules de diamètre équivalent. Ceux-ci contribuent à la valeur élevée de la pression osmotique de la solution, leur non-rétention implique la diminution de pression à appliquer, environ 5 à 10 bars. Par-là même, l'énergie consommée sera moindre. La NF peut trouver des applications dans la séparation entre ions monovalents et divalents ou plus généralement au dessalement d'effluents et plus récemment à la désacidification. La séparation ionique est alors en concurrence avec les procédés électrodialytiques mais dès que le milieu devient complexe sa composition joue sur la sélectivité et l'efficacité des membranes. Pour connaître les avantages de l'une ou l'autre des méthodes il faudrait posséder des résultats comparables pour juger, en particulier, de la sensibilité de la NF et de l'électrodialyse par exemple [1].

#### IV- Limites des procédés

##### 1. Polarisation de concentration

Les procédés membranaires sont utilisés pour accomplir une séparation : la concentration dans le perméat ( $C_p$ ) est plus faible que dans l'alimentation ( $C_a$ ) : c'est le concept de base (figure I-9).

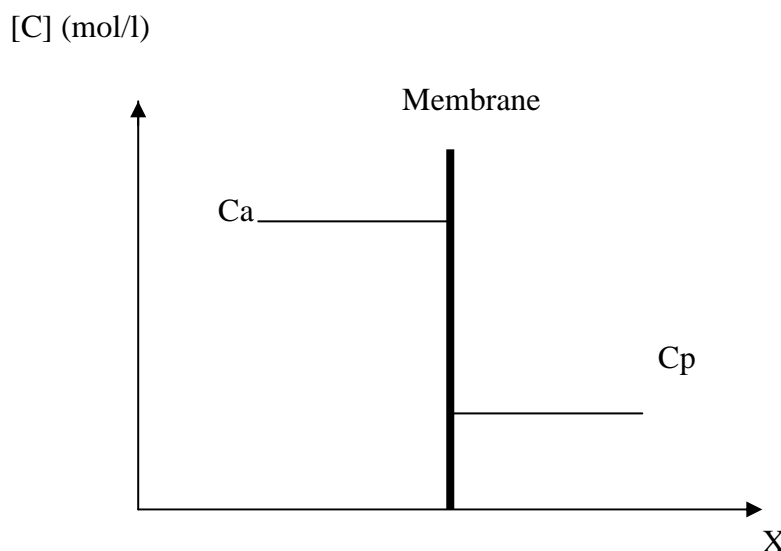
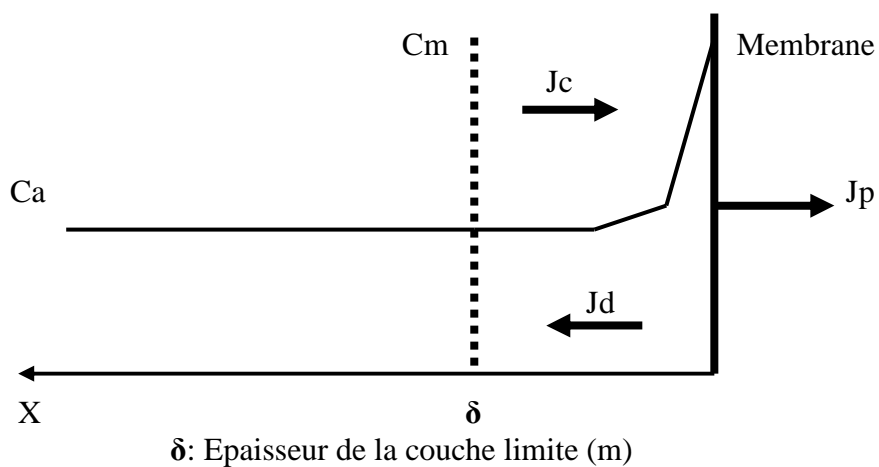


Figure I- 9 –Séparation membranaire : concept de base.



Les solutés retenus s'accumulent progressivement à la surface de la membrane sous l'effet du flux de convection normale à la membrane  $J_c$ . La concentration croît graduellement dans la zone interfaciale entre la membrane et la veine liquide : c'est la polarisation de concentration. Une telle croissance génère un flux diffusionnel de l'interface membranaire vers la solution, qui assure l'évacuation du flux de solutés en excès. A l'état stationnaire, le flux de soluté dans le sens solution-interface ( $J_c$ ) est en équilibre avec le flux de soluté à travers la membrane ( $J_p$ ) et le flux diffusionnel ( $J_d$ ) dans le sens interface membranaire vers la solution (figure I-10).



**Figure I- 10. Polarisation de concentration.**

$$J_c = J_p + J_d$$

$$J \cdot C_x = J \cdot C_p - D \cdot \frac{dC_x}{dx}$$

$$\Leftrightarrow J \cdot C_p = J \cdot C_x + D \cdot \frac{dC_x}{dx}$$

D Coefficient de diffusion ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )

J Densité de flux de solvant ( $m^3 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )

$C_p$  Concentration du perméat ( $mol \cdot m^{-3}$ )

$C_x$  Concentration dans la solution d'alimentation (sa valeur varie avec la distance  $x$  par rapport à l'interface dans l'épaisseur de la couche limite ä).

Les conditions aux limites s'établissent comme suit :

Pour  $x=0$ ,  $C_x=C_m$  et pour  $x= \delta$ ,  $C_x=C_a$ , concentration au sein de la solution.

En intégrant l'équation (1), on obtient la relation dite du "modèle du film" telle que :

$$\ln\left(\frac{C_m - C_p}{C_a - C_p}\right) = \frac{J\delta}{D}$$

$$\Leftrightarrow \frac{C_m - C_p}{C_a - C_p} = \exp\left(\frac{J\delta}{D}\right)$$

On appelle  $k$  le coefficient de transfert massique (exprimé en  $\text{m.s}^{-1}$ ), rapport du coefficient de diffusion  $D$  du soluté à l'épaisseur de la couche limite à tel que :

$$k = \frac{D}{\delta}$$

On introduit la rétention intrinsèque,  $R_{\text{int}}$  exprimée par la relation suivante

$$R_{\text{int}} = 1 - \frac{C_p}{C_m}$$

L'équation devient :

$$\frac{C_m}{C_a} = \frac{\exp\left(\frac{J}{k}\right)}{R_{\text{int}} + (1 - R_{\text{int}})\exp\left(\frac{J}{k}\right)}$$

$C_m/C_a$  est appelé module de polarisation. Il augmente avec le flux  $J$ , avec l'augmentation de  $R_{\text{int}}$  et quand  $k$  décroît. Si le soluté est complètement retenu  $R_{\text{int}}=1$ .

Le coefficient de transfert massique  $k$  dépend fortement de l'hydrodynamique du système. L'effet de la polarisation de concentration est très fort en microfiltration et ultrafiltration car, dans les deux cas  $J$  est grand et  $k$  faible. Les macromolécules, les colloïdes et tensioactifs divers sont peu transférés et leur diffusivité est d'environ  $10^{-10}$  à  $10^{-11} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ .

## **2. Colmatage des membranes**

Le colmatage peut être défini comme le dépôt de particules, de colloïdes, de macromolécules, de sels retenus à la surface ou dans la membrane, qui provoque la décroissance continue et progressive du flux en quelques secondes ou en quelques mois. Le type de séparation et le type de membrane déterminent l'étendue du colmatage. La cause peut être un précipité organique ou minéral, ou encore le dépôt de particules solides. Pour certaines solutions, le colmatage dépendra de paramètres physiques ou chimiques comme la concentration, la température, le pH, la force ionique des solvants et des composés, et le choix du matériau membranaire.

Ce serait un non sens de vouloir supprimer complètement le colmatage puisqu'il est inhérent à la conception des procédés à membranes, mais il est possible de le prévoir et de le réduire. Les modèles les plus simples donnant une description raisonnable du phénomène sont de type semi-empirique. Il existe plusieurs types de colmatages.

Le colmatage "rapide" est un phénomène d'adsorption. Il peut intervenir en un temps très court : un moyen de détection simple est de mouiller la membrane avec le liquide d'alimentation sans appliquer de pression. Si une décroissance marquée du flux est observée en sortie, cela indique une forte probabilité de colmatage "rapide" causé par des composés présents dans l'alimentation et rapidement adsorbés dans les pores de la membrane testée.

Le colmatage "cumulatif" est la lente dégradation du flux transmembranaire pendant une série d'expériences. Il peut réduire le flux du perméat de moitié à plus ou moins longue échéance. C'est souvent le résultat de la décomposition progressive de composés au contact de la membrane et d'un réarrangement en une couche stable difficile à supprimer.

Enfin, le colmatage "destructif" est, comme son nom l'indique, totalement irréversible. Une substance présente dans l'alimentation, parfois même à très faible concentration, ayant une affinité pour le matériau de membrane, est habituellement coupable. Certains composés peuvent lentement s'adsorber dans la membrane et dans les plus mauvais cas changer irréversiblement la structure de la membrane.

Comme la modélisation du colmatage est quasi impossible, une mesure de la tendance au colmatage par des tests préventifs simples adaptés à chaque procédé ou à chaque membrane est plus appropriée. Beaucoup de ces tests sont décrits au cas par cas par les fabricants de membranes.

### **3. Contrôle du colmatage et de la polarisation de concentration**

La conséquence du colmatage et de la polarisation de concentration est toujours la réduction des performances. L'étendue des dommages est spécifique et dépend beaucoup de l'application. Aussi, la méthode pour réduire le colmatage et la polarisation peut être seulement décrite en général à cause de la complexité des phénomènes. Toutefois, les méthodes peuvent être classées en quatre catégories :

- le prétraitement de la solution d'alimentation,
- l'ajustement ou l'adaptation des propriétés des membranes,
- le nettoyage des membranes.
- l'amélioration des conditions opératoires.

Elles peuvent être appliquées une à une successivement. Quelquefois une opération suffit. Cela dépend du procédé et de la solution à traiter [1].

## **V. CONCLUSION**

Les procédés membranaires classiques et l'osmose inverse connaissent un essor important dans le désalement des eaux de mer et saumâtres. Toutefois, quelle que soit le procédé, il constituera un élément dans une chaîne d'opération de traitement. Par ailleurs, comme nous l'avons précisé chaque industrie est un cas particulier. C'est la connaissance du procédé de fabrication dans sa globalité et la mise en correspondance avec les spécificités de chaque procédé membranaire qui aboutit au traitement des eaux. Les exemples, non exhaustifs et non limités, montrent que les avancées technologiques sur les membranes couplées à la volonté de mieux protéger l'environnement offrent de nombreuses possibilités d'emploi.

Les effluents et les rejets industriels sont aujourd'hui régis par un ensemble de lois de plus en plus drastiques. Chaque secteur industriel doit donc gérer et traiter ces effluents avec le plus grand soin. Parmi les solutions dont ils disposent, les procédés membranaires peuvent leur apporter des éléments de réponse.

**VI- Type de procédé pratiqué en Algérie.**

L'Algérie est le pays où le dessalement de l'eau de mer sert avant tout aux besoins de l'industrie; sur la capacité totale de dessalement de 100 739 m<sup>3</sup>/jour, 94,58% sont utilisés par l'industrie. Le procédé le plus souvent appliqué en Algérie est le MSF (Multistage Flash qui veut dire distillation en français, environ 72%) ou le VC (la distillation par compression de vapeur («Vapor Compression», environ 27%). Le dessalement par OI (osmose inverse) existe pour dessaler les eaux saumâtres afin de produire de l'eau destinée à la consommation humaine. L'évaporation n'est pas adaptée à ces eaux, ces deux techniques (MSF et OI) sont les plus évoluées, et elles sont en compétition.

Les zones industrielles de Skikda-Annaba-Arzew maîtrisent le procédé MSF.

Sonatrach et Sonelgaz ont une expérience indéniable pour le procédé MSF. Il existe aussi une technique d'électrodialyse à Arzew (Méthanol et Raffinerie). Sur le choix du procédé, on peut dire que le MSF est plus compétitif malgré que le procédé à membrane a fait un saut qualitatif au courant de la décennie écoulée. Si le procédé MSF nécessite un coût d'investissement de 20% supérieur à l'O.I par contre les coûts d'exploitation sont très bas. Par ailleurs, il faut ajouter qu'on est obligé de renouveler le 1/3 des membranes chaque année, sachant que le coût d'une membrane est de 1000US\$. Les contraintes d'entartrage dans ce cas sont facilement maîtrisées. Le deuxième avantage avec le MSF c'est qu'on produit de l'électricité en même temps. Ainsi, pour la station d'Arzew, on produit 86 000 m<sup>3</sup> par jour d'eau et 341 mW d'électricité [18].

**VII -Avantages et Inconvénients des procédés**

**Les procédés énumérés ci-dessus présentent les avantages suivants:**

- Opération à température ambiante ce qui évite la dégradation de molécules fragiles dans le domaine agro-alimentaire.
- Pas d'intervention de réactifs chimiques comme des agents d'extraction qui sont des sources de pollution.
- Consommation énergétique faible vis à vis de la distillation pour le dessalement de l'eau. Ils permettent de diminuer par 3 ou 4 fois, les consommations énergétiques.
- Pas de production de boues.
- Qualité constante de l'eau traitée.
- Traitement de grandes quantités d'eau pour le dessalement.

### **Néanmoins des inconvénients existent:**

- Baisse de la perméabilité et modification de la sélectivité en cas de colmatage des membranes.
- Sélectivité entre les espèces chimiques "soluté" toujours inférieure à 100 %.
- Durée de vie limitée des membranes soit par perte de résistance mécanique soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.
- Coût encore élevé.
- Volume d'eau produit insuffisant par rapport à l'eau utilisée pour le déssalement.
- Perturbation du milieu récepteur des rejets.
- Volume de saumâtre produit trop important.
- Colmatage des membranes.

Par ailleurs, souvent seules les performances globales du procédé sont étudiées en terme de rendement énergétique, d'efficacité de déminéralisation sur l'effluent présenté. Les transpositions vers d'autres fluides ne sont pas exposées.

# **Partie B**

# **Retour d'Expérience**

**I- Introduction**

Irriguer avec de l'eau chargée en sels réduit la faculté des racines des plantes à puiser de l'eau du sol. Entre deux irrigations, alors que l'humidité du sol diminue, les sels de la solution du sol peuvent se concentrer à hauteur de 2 à 5 fois leur valeur initiale. Ceci cause une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend encore plus difficile pour les racines d'extraire l'eau du sol. C'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique. Les croissances médiocres dues à l'irrigation avec des eaux salées sont généralement provoquées par ce phénomène de stress osmotique causé par la concentration totale des sels plutôt qu'à cause d'ions particuliers. Pour le dessalement des eaux saumâtres ou de mer, Il est indubitable que c'est la saumûre qui exerce le plus fort impact sur le milieu marin ou sur les sols, là où se produit le rejet [16].

Le volume total de saumûre libéré dans ce milieu est déterminant pour les dommages qu'il peut induire. Un rejet de saumûre concentrée en grandes quantités appelle un examen plus soigneux des impacts potentiels sur l'environnement que s'il s'agit d'un rejet en petites quantités.

A part le volume proprement dit, les modalités et l'emplacement du rejet sont essentiels pour les impacts qui peuvent en résulter. La longueur de l'émissaire, sa distance au rivage, son niveau au-dessus du fond de la mer, l'existence ou non d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrologiques (courants, vagues) peuvent conditionner la dispersion de la saumûre et l'efficacité de la dilution au point de rejet et, par voie de conséquence, l'impact potentiel sur l'environnement [14].

Il est donc très important de construire un système de retour d'expérience, qui permettra de gérer des situations d'incidents dont les conséquences doivent être minimisées pour éviter l'occurrence d'accidents graves et la détérioration de l'environnement (faune et flore). Une prise en compte du retour d'expérience, doit impérativement figurer dans l'élaboration d'un projet d'installation d'unité de dessalement, afin d'éviter les problèmes déjà existants.



### A l'étranger :

**1-**Le rejet de 11,25 millions de litres de saumûre à 62‰ de salinité par l'usine OI<sup>4</sup> TIGNE (Malte) dans une fosse de calcaire tendre d'environ 30 mètres de profondeur entraîne une hausse de la salinité atteignant 58‰ dans la zone de rejet (Falzon et Gingell, 1990).

Des impacts ont également été signalés pour l'usine TIGNE (Malte) où l'effluent a affecté la croissance des algues à proximité de l'émissaire de saumûre (Fatzon et Gingell, 1990).

**2-**Une étude d'impact sur l'environnement, menée à une usine de dessalement MSF en service à Key West (Floride, USA) au cours des années 1960 et jusqu'au milieu des années 1970, a montré que les concentrations de cuivre, qui étaient souvent 5 à 10 plus élevées que les concentrations ambiantes, s'avéraient toxiques pour les organismes marins (California Coastal Commission, 1991).

**3-**Altayaran et Madany (1992) ont étudié les impacts du rejet de saumûre d'une usine de dessalement sise à Bahreïn sur les propriétés physiques et chimiques de l'eau de mer. Ils ont constaté que la dispersion de la chaleur est directement fonction de la hausse de la température de l'effluent par rapport à la température de l'eau ambiante. La température moyenne atteint 7,5 degrés dans la zone peu profonde du littoral. Le dispositif du rejet de saumûre provoque sa dispersion à la surface et évite un brassage excessif. L'effluent modifie la température, la salinité et la circulation de l'eau. La salinité atteint une moyenne de 52 g/l à 50 m du point de rejet.

La hausse de la salinité de l'eau de mer devrait stimuler la fixation de métaux en traces dissous par les animaux marins. Blust (1992) a indiqué que le taux de fixation de cadmium par la crevette *Artemia franciscana* augmenterait avec la salinité de l'eau.

**4-**Le cas décrit par Hachicha et al. (1993) dans le périmètre de Mornaguia (Basse Vallée de la Mejerda) Tunisie, irrigué depuis 1983, où la salinisation des sols s'est manifestée dans le secteur en pente de Bou Hnach, par suite du transfert des eaux de drainage naturel durant la saison pluvieuse des parcelles amont vers les parcelles situées plus bas. Ce cas illustre bien les risques de salinisation par transfert latéral des sels accumulés dans le sous-sol, à l'échelle d'un périmètre irrigué. (Oligocène à Khlédia) d'un volume moyen de 106m<sup>3</sup> d'eau de la Mejerda, apportant 1500 tonnes de sels supplémentaires qui s'ajoutent à la quantité précédente.

---

<sup>4</sup>OI : Osmose inverse

---

Pour les zones endoréiques, comme le kairouanais, où les périmètres irrigués se localisent en bordure des niveaux de base (Sebkha Kelbia et Sebkha Sidi El Hani) dans la plaine alluviale du Kairouan (Bahri, 1982), les risques de salinisation se concentrent dans ces périmètres (Hachicha et al., 1996) dont les eaux de drainage naturel rejoignent les niveaux de base, en passant au cours de leur transfert par les (Mornag, Korba) et même au niveau du bilan salin à l'échelle du pays après rétention de toutes les eaux mobilisables.

5-Del Bebe *et al.* (1994) ont exploré plusieurs scénarios de rejet de saumûre au moyen d'un programme de simulation information EPA CORMIX. Ils en ont conclu que:

- Des rejets de saumûre très concentrée peuvent avoir des incidences sur le milieu benthique.<sup>5</sup>
- une dilution de l'effluent à 1 ppt au-dessus de la salinité ambiante est une première indication prudente en vue de limiter les incidences, mais il conviendrait de réaliser des évaluations spécifiques du site.
- il est possible d'obtenir une dilution d'effluents de saumûre très concentrée à 1 ppt à des distances raisonnables.

6- le rejet concomitant de saumûre et d'eaux usées semble avoir des effets bénéfiques.

Mabrook (1994) a montré que la flore et la faune marines de la région de Hurghada (façade égyptienne de la mer Rouge) sont gravement atteintes par le rejet de saumûre d'usines de dessalement. La majeure partie du corail a disparu des zones côtières, de nombreux organismes planctoniques ont disparu des eaux attenantes à l'usine, les populations de nombreuses espèces de poisson ont décliné et même disparu et les espèces provenant d'autres zones marines n'ont pas été en mesure de s'établir dans la région de Hurghada. En ce qui concerne les récifs de corail, les auteurs ont constaté que les coraux *Porites lutea*, *P. australienses*, *Goniastrea pectinata* et *Galaxea fascicularis* mouraient au bout de 24 h d'exposition à une salinité de 52,5‰; 48% d'entre eux mouraient avant une semaine. La salinité critique se situait entre 40 et 45‰. Endean (1978) présente les résultats d'une revue de la bibliographie relative aux impacts des rejets de saumûre sur les récifs de corail. L'auteur signale qu'aux îles Vierges, les coraux et autres invertébrés meurent dans un rayon de 200m du point de rejet.

En Floride, les effluents de saumûre semblent avoir causé des modifications marquées de la densité des populations de nombreuses espèces dans la zone de rejet.

---

<sup>5</sup> Benthique : Dépôt résultant de l'activité d'organismes vivant sur le fond de la mer.

---

**7-**De même, la contamination de sédiments par des métaux lourds a été établie à la proximité d'un site de rejet de saumûre concentrée à une usine de dessalement OI d'Arabie saoudite (Sadiq, 1995).

**8-**La salinité accrue affecte les organismes marins par le processus d'osmose. Quand des organismes marins sont exposés à une variation de la salinité (contenu en sels plus élevé dans le milieu externe que dans les fluides de l'organisme) ils sont soumis à un choc osmotique qui est préjudiciable pour la plupart d'entre eux en fonction de leur tolérance à la salinité (Levinton, 1996).

**9-**A la nouvelle usine OI de Larnaca (Chypre) d'une capacité de 40 000m<sup>3</sup>/jour (dont la mise en service s'est faite début 2001), l'émissaire de 81 cm de diamètre a une longueur d'environ 1500m. L'emplacement du point de rejet est à une profondeur d'environ 15 m. Les résultats d'une prévision de la dispersion de la saumûre au moyen d'un modèle de convection-diffusion à trois dimensions a montré que la salinité maximale au fond sera d'environ 42, 7‰ (Zodiatis et Lardner, 1999).

**10-**A l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), qui a une capacité de production de 40 000 m<sup>3</sup>/jour, la saumûre, d'une salinité d'environ 72 ‰, est rejetée dans la mer par un émissaire doté à son extrémité d'un multidiffuseur, à une profondeur d'environ 5 m et à une distance de 250 m du rivage; il en résulte un accroissement de la salinité dans un rayon de 200 m à partir du rejet. De fait, la plus forte salinité (54 ‰) a toujours été décelée au point de rejet et il était possible de relever une salinité supérieure à celle de l'eau de mer (39 ‰) jusqu'à 200 m du rejet. La zone d'impact présentant une forte salinité varie selon la saison, l'impact le plus marqué se produisant durant les mois d'été (Argyrou, 2000).

**11-**Parmi les usines en service en Espagne, celle installée à Ceuta (procédé OI), avec une capacité de 16 000 m<sup>3</sup> /jour, rejette sa saumûre par un émissaire<sup>6</sup> à 450 m du rivage, et celle installée à Suresta (également OI), avec une capacité de 10 000m<sup>3</sup>/jour, rejette sa saumûre par un émissaire à 500 m du rivage. Les nouvelles usines en construction dotées d'une capacité supérieure sont conçues de manière à ce que la saumûre soit rejetée loin de la côte. L'usine OI d'Almería, de 50 000m<sup>3</sup>/jour, rejettera sa saumûre à 1200 m du rivage, et celle de Cartagena le fera à 4 650 m du rivage (Chimarides, 2000).

**12-**Le rejet du concentré dans la mer aboutit à la formation d'un système stratifié avec un courant de concentré à la couche du fond puisqu'il contient des concentrations en sel supérieures à celles de l'eau de mer ambiante. Le courant de fond à plus forte salinité peut affecter sérieusement le milieu marin et en particulier les biotes benthiques. (Argyrou, 2000).

---

<sup>6</sup> Emissaire : canal, cours d'eau qui évacue le trop-plein d'un bassin, d'un lac. Canal d'évacuation des eaux de drainage.

---

**13-**Dans le cas de l'usine de dessalement de Dhekelia (Chypre), une étude sur trois années de l'impact du concentré sur le macrobenthos marin a révélé que les salinités élevées causaient des dommages importants aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* à proximité de l'émissaire du concentré, alors que d'autres espèces d'algues microscopiques disparaissaient de la zone environnante (à une distance de 100 m du point de rejet). En outre, il en est résulté une diminution importante de la diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique au site de rejet du concentré, par comparaison avec celles relevées avant la mise en service de l'usine de dessalement. Surtout, les modifications de la salinité de l'eau ont induit des changements dans la composition des formations macrofaunistiques à proximité du point de rejet. Alors que la communauté benthique avant la mise en place de l'émissaire se composait pour 27% de polychètes, pour 27% d'échinodermes, pour 26% de scaphopodes et pour 20% de gastropodes, au bout de trois années d'exploitation de l'usine, les seuls taxons observés étaient les polychètes et les crustacés représentant respectivement 80 et 20% de l'ensemble de la macrofaune (Argyrou, 2000) [2].

### En Algérie

**1-La station de Brédéah**, qui concerne notre thème d'étude.

Beaucoup de sols sodiques en Afrique du Nord proviennent de l'apport d'eaux salées aux nappes phréatiques, ou à la surface des sols, eaux d'oueds qui provient de leur contact ou de leur passage sur des dépôts salés, souvent marneux, du Trias, du Miocène etc... L'eau d'irrigation provenant de ces oueds cause aussi, souvent, une salinisation secondaire. Parfois, comme dans la plaine de la Mina en Algérie, les dépôts salés se sont formés en place jusqu'à des périodes du Quaternaire récente. Autour de certaines zones très salées, Sebkhias par exemple, en Algérie, en Tunisie, l'extension des terrains sodiques est due à l'action du vent. Enfin, en région Saharienne proprement dite, l'évaporation d'eaux d'oueds, aux vallées peu creusées et aboutissant dans de grandes zones endoréiques, crée d'immenses surfaces de sols sodiques. Dans la zone du Tell et dans les régions septentrionales, ils n'apparaissent que par place, zones basses littorales et vallées au climat aride; ils prennent une grande extension sur les Hauts-Plateaux, mais là où ils couvrent les plus grandes étendues, c'est en zone Saharienne. Ces mêmes sols sont abondants en Algérie, dans les basses plaines et vallées d'Oranie, vallée de la Mina, près de Relizane par exemple, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains chotts comme le Chott Melrhir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà. L'utilisation agricole des sols salés est rendue malaisée par la présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures [17].

## Retour d'expérience

---

En vu de tous ces exemples, on voit bien que les études sur les impacts du rejet de la saumûre sur le sol, sont peu nombreux ou inexistantes, étant donné que toutes les stations de dessalement dans le monde, rejette la saumûre dans la mer, car même la station de dessalement des eaux saumâtres de la station de El Atabal (Malaya) Espagne, a un rendement de 80% d'eau douce et 20% de rejets salins qui sont rejetés à la mer à l'aide d'un conduit de 800 mm de diamètre. De plus, en Algérie, la déminéralisation de l'eau saumâtre du forage Albien "Aïn Sahara" pour l'alimentation en eau potable de la ville de Touggourt, utilise la technique d'électrodialyse. Nous trouvons dans la littérature que les études liées au rejet dans la mer ou celles faites sur les sols salins qui existent et qui sont affectés par le phénomène de salinisation dû aux pluies, à l'apport des nappes phréatiques ou des oueds etc.... Pour cela, en ce qui concerne le retour d'expérience on s'imprègne de la salinisation des sols et de leurs effets sur la faune et la flore pour étayer notre étude [17], [18].

En ce qui concerne les effluents industriels, le raccordement aux réseaux d'assainissement ou le rejet en milieu récepteur est conditionné par l'exécution préalable d'une installation de traitement et l'autorisation des autorités compétente. Malheureusement, cette disposition réglementaire n'est pas appliquée et la quasi-totalité des unités industrielles déchargent leurs effluents sans traitement. Seulement 14 unités industrielles se sont très récemment dotées de stations de traitement d'eaux résiduaires. Le rapport sur l'état de l'environnement complété en 1999 indique qu'environ 200 millions de m<sup>3</sup> d'effluents industriels non traités sont rejetés chaque année. Ces effluents transportent des charges de pollution assez importantes et ont déjà eu des impacts négatifs sur la santé, sur l'agriculture et sur la durabilité de certaines ressources en eau. Les pratiques de lessivage et de drainage agricole constituent une autre source de pollution des ressources en eau. Elles ne sont ni contrôlées ni proprement surveillées [18].

Au courant de ce quinquennat l'Etat algérien a décidé de lancer un plan de développement des ressources en eau pour un montant très important. Cependant, afin de ne pas répéter les mêmes accidents survenus au cours des expériences vécues par les différents pays cités ci-dessus, nous devons réfléchir sur le choix des procédés à adopter et ne pas être attiré seulement par le coût d'investissement mais aussi par les coûts d'exploitation et particulièrement rechercher l'efficacité dans la maintenance des installations et surtout la protection de l'environnement. Nous ne devons pas répéter les mêmes erreurs que par le passé. La condition sine qua non pour qu'une station de dessalement puisse prendre en compte la préservation de l'environnement et sa protection, est une étude d'impact bien établie et surtout un respect de la réglementation en vigueur [19].

Pour ne pas reproduire les mêmes incidents que par le passé, il faut procéder à une évaluation des impacts de ces installations afin de déterminer les raisons pour lesquelles elles n'ont pas respectées les normes internationales.

## Retour d'expérience

---

Dans son message à l'occasion de la journée mondiale de l'eau le président de la République a insisté sur le fait que « la problématique de l'eau n'est pas seulement une technique, elle réside également dans son respect au quotidien, qui doit faire partie intégrante de nos comportements et, par conséquent de notre culture. La mise en valeur efficace des ressources en eau et leur gestion cohérente doivent constituer les composantes clés pour un développement durable » [20].

Le problème de l'eau a depuis longtemps existé pour les habitants d'Oran. Cette ville qui ne cesse de s'étendre en superficie et dont le nombre d'habitants croit très rapidement. Pour satisfaire les besoins en eau potable des recherches avaient été réalisées sur un rayon de plusieurs kilomètres autour d'Oran, d'où la solution était le lancement du projet de la réalisation d'une unité de déminéralisation des eaux saumâtres de la nappe de Brédéah (Daira de Boutlelis Wilaya d'Oran) d'une capacité de 34.000 m<sup>3</sup>/j, en vue de rabaisser le taux de salinité des eaux de cette nappe de 7 g/l à moins de 1 g/l [21].

La prise en compte des rejets de cette station après son implantation, n'a pas été pris en compte au début de sa mise en marche, d'où les effets négatifs observés après ces quelques années de production, sur la végétation avoisinante.

## **Chapitre III**

# **Réglementation et Législation**

**I- Introduction**

La sécurité humaine est synonyme de protection contre les événements imprévisibles qui viennent troubler les vies et les moyens de subsistance, la définition et la mise en place de politiques globales en faveur de la protection et de la gestion des ressources naturelles passent notamment par l'élaboration et par la mise en œuvre des conventions internationales sur l'environnement.

Les pouvoirs publics sont de plus en plus rigides sur l'application des lois et s'intéressent à la maîtrise qualitative et quantitative quand à la pollution de l'air, du sol et de l'environnement de façon général. Dans ce cadre, la protection de l'environnement représente une préoccupation politique et économique importante, actuellement, et qui se fait par la surveillance de la qualité cet environnement

**. I-1. La législation en vigueur dans le monde aujourd'hui.**

Des directives européennes tendent à harmoniser l'ensemble des législations des pays membres de l'union en matière de rejets. En septembre 1989, la Commission a soumis au Conseil et au Parlement européens, une communication relative à la stratégie communautaire pour la gestion des déchets. Les principales dispositions, révisées en 1996, préconisent la priorité à la valorisation et la limitation de la production de déchets par l'utilisation de technologies propres. Le cadre légal français est globalement en phase avec l'ensemble de ces textes. Très récemment (Conseil des Ministres du 27 octobre 1999), une réforme de la politique de l'eau a été annoncée pour 2001. Elle vise à réformer les redevances perçues par les Agences de l'eau afin de renforcer le principe du «pollueur-payeur» et couvrir des champs nouveaux comme les excédants d'azote et les rejets thermiques. L'article 45 de la loi de finance 1999 a même introduit dans le code des douanes, des articles créant la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP). Elle doit s'appliquer dès l'an 2000 aux lessives, aux produits phytosanitaires et aux granulats [9].

Les industriels sont donc soumis à une pression de plus en plus forte des autorités mais aussi de l'opinion publique, de plus en plus soucieuse de son cadre de vie, et doivent gérer avec de plus en plus de rigueur leurs effluents et leurs rejets.

Ces nouvelles orientations dans la politique d'élimination des déchets, ainsi que les coûts plus élevés qu'entraîne ce meilleur souci de la protection de l'environnement, nécessitent la connaissance et la mise au point de nouveaux outils technologiques.

Il existe plusieurs lois appliquées en France, qui est réglementée par les deux grandes lois, en rapport avec La gestion de l'eau, respectivement votées en 1964 et en 1992. Mais une réforme de la loi française sur l'eau est en projet pour l'an 2001 : elle contribuera, notamment, à harmoniser les systèmes de gestion de l'eau au niveau européen (voir Le projet de loi sur l'eau pour 2001).

---



**-loi du 16 décembre 1964** sur la répartition des eaux et la lutte contre leurs pollutions.

Première grande loi française sur l'eau, organise la gestion de l'eau autour des six grands bassins hydrographiques français, issus d'un découpage naturel selon les lignes de partage des eaux. Elle promeut, à l'intérieur de chaque bassin, la notion de "gestion globale de l'eau" dans l'intérêt de tous.

Elle instaure aussi le principe du "pollueur-payeur", visant à préserver la qualité de l'eau. Au sein de chaque bassin, la gestion de l'eau est attribuée à une Agence de l'eau.

**-Loi du 13 juillet 1992 renforce celle de 1964** sur les aspects "respect du milieu naturel". Elle affermit le principe de protection des écosystèmes aquatiques, de la qualité et de la quantité des ressources en eau. En particulier, elle rend obligatoire, d'ici à l'an 2005, la collecte et le traitement des eaux usées domestiques - transcrivant ainsi en droit français la directive européenne de mai 1991 sur les eaux résiduaires urbaines. Elle établit aussi un périmètre de protection autour de chaque captage d'eau potable, et elle fortifie le rôle de la police des eaux.

En outre, cette loi renforce le principe de concertation entre les usagers et acteurs de l'eau et elle étend les prérogatives des collectivités locales pour l'assainissement et l'aménagement des eaux. Elle prévoit, pour l'information du public, que les résultats des contrôles sanitaires soient transmis aux mairies "en termes compréhensibles par tous" et affichés.

Cette loi de 1992 instaure aussi, au sein de chaque bassin versant, un nouveau système de planification globale de la ressource en eau : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schéma d'Aménagement et de Gestion des eaux (SAGE).

Enfin, cette loi permet aux associations de se porter partie civile en matière de police des eaux. Elle a rénové la loi cadre sur les déchets du 15 juillet 1975. Elle axe sur le développement de la prévention, de la valorisation et du recyclage avec pour corollaire la limitation du stockage et des boues.

**-Arrêté du 1er mars 1993** qui fixe les valeurs limites de rejet « sur la base de l'emploi des technologies possibles à un coût économique acceptable et des caractéristiques particulières du milieu récepteur ».

Des dispositions doivent être prises pour le rejet adéquat des déchets des usines de traitement d'eau, comme les déchets sanitaires, les déchets de laboratoires, les boues de clarification (hydroxyde d'aluminium), les boues d'hydroxyde ferreux, les eaux de rinçage des filtres et les déchets de saumure. Lors du choix de l'emplacement des installations d'élimination des déchets, une attention particulière doit être accordée à la prévention du risque encouru et doit fixer des valeurs limites de rejet qui se résument Ces valeurs limites concernent :

- le débit des effluents
  - la température et le pH des eaux rejetées
  - les flux
  - les concentrations des principaux polluants.
-

Les paramètres choisis des valeurs limites, se fait selon l'effet de ces derniers sur l'environnement, car chacun d'eux a un impact sur le milieu récepteur choisi.

L'arrêté d'autorisation fixe le débit maximal journalier. Lorsque ce débit est supérieur à  $100\text{m}^3/\text{j}$ , l'arrêté fixe également une limite à la moyenne mensuelle du débit journalier. La température des effluents doit être inférieure à  $30^\circ\text{C}$  et le pH compris entre 5,5 et 8,5.

Au-delà d'un certain seuil journalier en polluant, l'exploitant doit réaliser des mesures journalières. Lorsque le débit journalier dépasse  $100\text{ m}^3$ , la détermination du débit rejeté doit se faire en continu (tableau 1).

Dans les autres cas, le débit devra être déterminé par une mesure journalière ou estimé à partir de la consommation d'eau.

**Tableau 1. Seuils de mesures journalières ou permanentes**

Polluants	Seuil (kg/jour)
Arsenic et composés, chrome hexavalent, cyanures	0,2
DCO (Demande chimique en oxygène)	300
MES, DBO <sub>5</sub> (Matières en suspension), Demande biochimique en oxygène)	100
Azote total	50
Phosphore total	15
Hydrocarbures totaux, fluor et composés	10
Aluminium, fer et composés	5
Etain, zinc et composés	4
Composés organiques du chlore, manganèse et composés	2
Chrome, cuivre, nickel, plomb et composés	1
Indice phénol	0,5

(Source : arrêté du 1er mars 1993) (France)

Pour certaines substances, un prélèvement continu proportionnel au débit et une mesure journalière doivent être réalisés lorsque le rejet annuel dépasse les valeurs suivantes :

- Mercure: 7, 5 kg/an
- Cadmium: 10 kg/an
- Tétrachlorure de carbone : 30 kg/an.

De plus, les concentrations maximales dans les rejets polluants principaux sont fixées (tableau 2).

**Tableau.2. Concentrations maximales dans les rejets polluants principaux**

Polluants	Valeurs limites (mg/l)	Remarque
MES <sup>7</sup> , DBO <sub>5</sub> <sup>8</sup>	100	Flux 10 kg/jour 30mg/l au-delà
DCO <sup>9</sup>	300	Flux 45 kg/jour 120 mg/l au-delà
Azote total	30	Flux 20 kg/jour
Phosphore	10	Flux 5 kg/jour
Phénols, chrome hexavalent, cyanures, arsenic et composés	0,1	Si flux > 2 g/jour
Plomb et composés	1	Si flux > 20 g/jour
Cuivre, étain, manganèse et composés	2	Si flux > 50 g/
Zinc, fer, nickel aluminium et composés	5	Si flux > 100 g/
Hydrocarbures, fluor et composés	15	Si flux > 100 g/

Pour certaines substances (mercure, cadmium) les valeurs limites dépendent du secteur d'activité.

<sup>7</sup> MES : Matières en suspension.

<sup>8</sup> DBO<sub>5</sub> : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

<sup>9</sup> DCO : Demande chimique en oxygène.

**-L'arrêté du 1er mars 1993** préconise, en plus, la séparation des réseaux d'eau de l'industrie et d'eau pluviale. Il interdit le refroidissement en circuit ouvert et la dilution des effluents pour pouvoir les rejeter sans traitement.

Chaque bassin hydrographique est géré par une Agence de l'eau. Elles fonctionnent suivant un principe simple : « celui qui investit pour la protection de l'environnement est aidé, celui qui prélève de l'eau ou rejette de la pollution est soumis à une redevance ». Conformément à **la loi du 16 décembre 1964**. Cela coûte souvent moins cher de payer la redevance que d'épurer ses effluents.

**-La loi du 3 janvier 1992 complète celle de 1964**, en renforçant la réglementation en matière d'autorisation de prélèvement d'eau et de rejet. Par ailleurs, **la loi du 13 juillet 1992** a rénové **la loi cadre sur les déchets du 15 juillet 1975**. La réforme de la politique de l'eau, dans le cadre de cette réforme, un projet de loi a été examiné par le Parlement en 2001-2002, répondant à la nécessité d'harmoniser les législations sur l'eau au niveau européen, ainsi qu'à trois grands objectifs :

- Renforcer la transparence et la démocratie et satisfaire les attentes des consommateurs, qui aspirent à plus de solidarité et d'équité dans la définition du prix de l'eau.
- Renforcer l'application du principe "pollueur-payeur", en réformant le système des redevances des Agences de l'eau.
- Enfin, augmenter l'efficacité de l'action de l'État et de ses établissements publics. Il s'agirait, entre autres, de renforcer le contrôle du Parlement sur le régime des redevances des Agences de l'eau et sur leurs programmes d'intervention quinquennaux et de renforcer les moyens de la police de l'eau.

Elle initie une politique générale ambitieuse axée sur le développement de la prévention, de la valorisation et du recyclage avec pour corollaire la limitation du stockage des déchets et des boues.

A partir du 1<sup>er</sup> juillet 2002, ce stockage sera réservé aux seuls déchets ultimes, c'est à dire qui ne seront pas susceptibles d'être traités aux vues des connaissances techniques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction du caractère polluant ou dangereux [1].

### **1-a- Une politique européenne**

**L'Organisation Mondiale de la Santé** a publié des **recommandations** sur la qualité des eaux. Des dispositions **européennes** (directive n°80-778 du 15 juillet 1980) (voir annexe)

---

**-Loi relative aux installations classées pour la protection de l'environnement du 19 juillet 1976.**

**-Arrêté du 02 février 1998 limite les émissions polluantes des installations classées.**

**Art. 2.** - Les installations doivent être conçues de manière à limiter les émissions de polluants dans l'environnement, notamment par la mise en oeuvre de technologies propres, le développement de techniques de valorisation, la collecte sélective et le traitement des effluents et déchets en fonction de leurs caractéristiques, et la réduction des quantités rejetées.

Les prescriptions du présent arrêté qui ne présentent pas un caractère précis en raison de leur généralité, ou qui n'imposent pas de valeurs limites, sont précisées dans l'arrêté d'autorisation. A défaut de telles précisions, l'exploitant est tenu de respecter les engagements et valeurs annoncés dans le dossier de demande d'autorisation dès lors qu'ils ne sont pas contraires aux dispositions du présent arrêté.

**Art. 3.** - Les consignes d'exploitation de l'ensemble des installations doivent comporter explicitement les contrôles à effectuer en marche normale et à la suite d'un arrêt pour travaux de modification ou d'entretien de façon à permettre en toutes circonstances le respect des dispositions du présent arrêté. S'imposent, en outre, à tous les Etats membres de l'Union Européenne : normes de qualité, obligations de contrôle. Ces recommandations et directives sont prises en compte dans la réglementation française élaborée dans ce domaine. D'une manière générale, la réglementation française est plus stricte que la **réglementation européenne** [2].

### **I-2-En Algérie**

L'Algérie souffre d'un déficit chronique en eau aggravée par des aléas climatiques persistants, doublés d'une forte croissance de la population dans les grands centres urbains. Dans le cadre du plan de relance économique, le gouvernement algérien a relancé l'investissement public pour la gestion intégrée des ressources en eau et devrait continuer à consacrer dans les 10 prochaines années d'importantes ressources à ce secteur. Il convient donc d'être attentif aux opportunités offertes par les différents segments de ce marché (infrastructures, traitement, assainissement, distribution, études.).

Le caractère stratégique du secteur de l'eau en Algérie, rappelé sans cesse par l'acuité des besoins, devrait justifier le maintien d'un haut niveau d'investissement de l'Etat algérien. La disponibilité des financements multilatéraux offre une marge de manœuvre supplémentaire aux autorités algériennes pour mener à bien leur politique.

Face à la gravité des problèmes environnementaux, le gouvernement algérien a décidé en 2001 de consacrer une enveloppe financière importante, de près de 970 Md USD, pour atteindre les objectifs inscrits dans le Plan National d'actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD), en vigueur en 2010.

---

### **I-2-a-état de l'environnement en Algérie**

L'Algérie affronte aujourd'hui de nombreux problèmes liés à :

- La gestion des ressources naturelles (eau, espaces et couvert végétal en dégradation).
- La lutte contre les pollutions et les nuisances.
- La protection et la préservation des patrimoines face à la situation critique atteinte en matière d'environnement, les pouvoirs publics ont élaboré une Stratégie Environnementale Nationale (SNE), impliquant l'élaboration de politiques publiques efficaces, le renforcement du cadre législatif et réglementaire, la gestion durable des ressources naturelles, l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

Le « Rapport National sur l'Etat et l'Avenir de l'Environnement » (RNE 2000), qui a servi de base à l'élaboration du Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD), dresse un bilan alarmant sur l'environnement. Le recensement des problèmes a fait apparaître :

- Des ressources en sols et en couvert végétal en dégradation constante ce qui aboutit à la désertification des parcours steppiques des Hauts Plateaux et du sud. Les surfaces agricoles ainsi perdues depuis 1962 sont estimées à 250 000 ha.
- Des ressources en eau limitées et de faible qualité : l'Algérie ne dispose en moyenne annuelle que de 11,5 milliards de m<sup>3</sup> et ce volume restreint est en outre menacé par diverses pollutions et une gestion de l'eau qui a favorisé jusque là, l'utilisation irrationnelle de la ressource, des pertes dans les réseaux AEP<sup>10</sup> et divers gaspillages.
- Une couverture forestière qui est passée de 5 M ha en 1830 à 3,9 M ha aujourd'hui dont 2 M sont constitués de maquis.
- L'urbanisation non contrôlée des zones littorales ainsi que le processus d'industrialisation mal maîtrisé ont généré des pollutions industrielles et urbaines croissantes qui sont à l'origine de sérieux problèmes de santé publique.
- Un cadre institutionnel et juridique avec des mécanismes réglementaires souvent peu appliqués [10].

Pour cela, le secteur de l'environnement connaît actuellement des mutations à travers, notamment, le renforcement du cadre institutionnel et juridique.

- **Sur le plan de la politique environnementale**, le Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAEDD) fixe les différents programmes environnementaux du pays pour la période allant de 2001 à 2010.

---

<sup>10</sup> AEP : assainissement en eau potable.

Ces politiques sont appuyées par le Fonds National de l'Environnement et de dépollution (FEDEP) qui intervient notamment pour aider les entreprises industrielles à réduire ou à éliminer leurs pollutions et les unités de collecte, de traitement et de recyclage des déchets, ainsi que par la nouvelle fiscalité écologique basée sur le principe du pollueur payeur afin d'inciter à des comportements plus respectueux de l'environnement.

Le code de l'environnement pose le principe général de la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

L'Algérie, à la suite des sommets de Rio (1992) et de Johannesburg (2002), prend progressivement conscience de ce que la préservation de l'environnement et, d'une façon générale, des actifs naturels est un gage de durabilité et de stabilité du processus de développement économique et social. Cette préoccupation est attestée par la promulgation de textes législatifs [10].

• **Sur le plan législatif et réglementaire**, plusieurs lois ont été promulguées ces dernières années:

- Loi n°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.

- Loi n°01-20 du 12 Décembre 2001 relative à l'aménagement du territoire dans le cadre du développement durable.

- Loi n°02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.

- Loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'Environnement dans le cadre du développement durable.

- Loi n°04-03 du 23 Juin 2004 relative à la protection des zones de montagne dans le cadre du développement durable.

- Loi n°04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

- Loi n°04-20 du 25 Décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

-Le journal officiel n°43 du 20 jomada el oula 1424/ 20 juillet 2003, chapitre 4, articles 61 et 62.

-Le journal officiel n°60 du 30 rajab 1426 /04 septembre 2005, page 14; titre VII .L'eau agricole, on trouve les articles suivants: 125, 126, 127, 130,135.

-Décret exécutif n°90-78 du 27/02/1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement

-Décret exécutif n°93-163 du 10/07/1993 portant sur l'institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielle

---

- Ratification par l'Algérie du Protocole de Kyoto
- **Sur le plan institutionnel**, création de plusieurs organismes :
  - L'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable.
  - L'Agence Nationale des Déchets.
  - Le Conservatoire National des Formations à l'environnement
  - Le Centre National de Développement des Ressources Biologiques
  - Le Commissariat National du Littoral.
  - Le Centre National des Technologies de Productions plus Propres.
  - Le Haut Conseil de l'Environnement et du Développement Durable.

Les travaux effectués par ces différentes structures indiquent un état très alarmant de l'environnement en Algérie, décrit plus haut.

### **I-3-La législation en vigueur aujourd'hui en Algérie**

La réglementation essentielle en rapport avec ce thème se résume en:

#### **Lois en vigueur**

##### **-Loi n°03-10 du 19 Juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable**

Cette loi Définit les principes généraux d'un développement harmonieux des ressources et milieux naturels. Elle énonce l'établissement d'un régime juridique particulier pour les aires protégées et des prescriptions de protection de la mer, de la terre et du sol.

##### **-Décret exécutif n°90-78 du février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement (EIE):**

Ce décret a pour objet de déterminer les conditions et les modalités d'application du titre V de la loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Cet instrument de base de protection et de préservation de l'environnement a pour objectif l'établissement de l'état zéro, l'évaluation des effets directes et indirectes à court, moyen et long terme. Cette évaluation concerne l'ensemble des composantes de l'écosystème : espèces, paysages, processus naturels, le cadre de vie.

##### **-Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents d'eaux usées industriels:**

---



**-Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.**

Ce décret énonce les conditions d'obtention, de retrait ou de modification des autorisations. Les conditions de contrôle que définies ce décret autorise des visites d'inspection inopinées et périodiques des caractéristiques biologiques, physiques et chimiques des rejets liquides par les directions de l'environnement. Sont annexées à ce décret les valeurs limites des paramètres de rejets des installations de déversement industrielles (pH, MES, DBO5, DCO, N, P, Al, Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Hg, Pb, Ni, Cu, Zn, huiles et graisses et Hydrocarbures).

**-Loi n°90-25 du 18 Novembre 1990 portant orientation foncière:**

Fixe la consistance technique et le régime juridique du patrimoine foncier. Il permet la constitution de périmètres protégés et préservés pour la faune et la flore.

**Titre I du patrimoine foncier.**

**Art. 2.** - Est considéré, au sens de la présente loi, comme patrimoine foncier, l'ensemble des terres ou fonds fonciers non bâtis.

**Chapitre I****De la consistance technique du patrimoine foncier**

**Art. 3.** - Outre le domaine public naturel, la consistance technique du patrimoine foncier comporte :

- des terres agricoles et à vocation agricole,
- des terres pastorales et à vocation pastorale,
- des terres forestières et à vocation forestière,
- des terres alfatières,
- des terres sahariennes,
- des terres urbanisées et urbanisables,
- des périmètres et sites protégés.

**-Loi n° 04-20 du 13 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 25 décembre 2004**

Relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, Il est entendu par : Zone à risques majeurs : une zone exposée à un risque majeur entraînant des conséquences immédiates et graves aux personnes, aux biens et à l'environnement

---

**CODE DES EAUX**

-Loi N° 83-17 du 16 juillet 1983 modifiée par l'ordonnance N° 96-13 du 15 juin 1996.

**PROTECTION DES SOLS**

**ARTICLE 92** : La protection et la préservation des sols nécessitent la réalisation des travaux d'assainissement et de drainage pour lutter notamment contre :

- La submersion prolongée des terres agricoles,
- La salification des terres agricoles,
- La remontée du niveau des nappes phréatiques sur les terres cultivées,
- L'érosion des sols.

Les modalités d'application de l'alinéa 1<sup>er</sup> ci-dessus seront déterminées par voie réglementaire.

**ARTICLE 93** : La lutte contre l'érosion des sols nécessite la réalisation par l'exploitant, à quelque titre qu'il intervienne, avec le concours de l'administration concernée, de travaux sur les terrains dont il a la charge.

**ARTICLE 94** : Il est interdit d'effectuer tous travaux qui provoquent l'érosion des sols, notamment les façons culturales.

**ARTICLE 95** : Les bassins versants à l'amont des sites de barrages, réservoirs ou projetés, font l'objet de reboisement par l'administration concernée.

**RESSOURCES EN EAUX  
NON CONVENTIONNELLES**

**ARTICLE 131** : Au sens de la présente loi, on entend par ressources en eau non conventionnelles

- les eaux saumâtres et les eaux de mer ayant fait l'objet d'une déminéralisation partielle ou totale en vue de leur utilisation.
- les eaux usées ayant fait l'objet d'un traitement d'épuration permettant leur réutilisation.

**ARTICLE 132** : La déminéralisation de l'eau saumâtre ou de l'eau de mer s'entend comme une technique permettant l'élimination partielle ou totale des sels dissous dans l'eau.

**ARTICLE 133** : Le recours à la déminéralisation des eaux saumâtres ou des eaux de mer comme sources d'approvisionnement en eau se fait dans le cas de rareté des ressources en eau naturelles ou de leur disponibilité à un niveau de qualité non adapté à l'utilisation qui en est prévue.

---

---

**ARTICLE 134 :** En matière d'alimentation en eau des populations, la déminéralisation peut être utilisée pour rendre la qualité de l'eau de consommation compatible avec les normes de solubilité.

En conclusion, nous pouvons dire que la réglementation énumérée plus haut, montre l'implication de l'état Algérien quand à l'élaboration de textes strictes et pertinents pour la protection de l'environnement, mais l'on se rend compte que le cadre institutionnel et juridique se retrouvent avec des mécanismes réglementaires souvent peu appliqués, d'où la persistance des situations environnementales critiques et l'enchevêtrement des prérogatives environnementales dispersées à travers les différents secteurs concernés.

### **I-3-b-le cadre réglementaire :**

L'Algérie est l'un des premiers pays en voie de développement à avoir adopté une législation couvrant les principaux aspects de la protection de l'environnement.

L'ouverture du cadre juridique, par l'adoption de la loi n° **83-03 du 25 février 1983 relative à la protection de l'eau.**

Le caractère ressource rare que constitue l'eau est enfin reconnu et le Ministère chargé de l'hydraulique a introduit à cet effet d'importants réaménagements d'ordre législatif et réglementaire visant à une gestion et une utilisation rationnelle de l'eau. **Une ordonnance modifiant la loi de 1984 portant Code des eaux a été adopté en 1995.**

L'Algérie ayant adopté, le principe du pollueur payeur ce concept a été introduit en 1992 par L'Organisation de coopération et de développement économique (l'OCDE) : " le pollueur doit assumer le coût et la mise en œuvre des mesures de prévention et de contrôle, définies par les autorités publiques pour maintenir l'environnement dans un état acceptable ".

Le secteur de l'assainissement est dans une situation critique, malgré les mesures prises depuis 1992 par le Ministre chargé de l'hydraulique : relèvement des tarifs et institution d'une taxe d'assainissement (20% de la redevance) destinées aux entreprises de production d'eaux chargées de mettre en œuvre progressivement cette mission dans le cadre de relations contractuelles avec L'Agence Nationale de l'Eau Potable (AGEP).

Malgré l'importance de ces mesures, la gestion de l'eau reste encore centralisée marginalisant autant les collectivités locales que les citoyens.

**-Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.**

**Décrète :**

**Article 1<sup>er</sup> :** En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

---

Les rejets des installations d'échange d'ions, des usines de déminéralisation ou d'autres installations qui produisent de la saumûre, peuvent être déversés par écoulement contrôlé dans un cours d'eau si une dissolution adéquate est réalisable. Les exigences de l'organisme de réglementation en matière d'eau de surface régiront le débit de l'écoulement.

A l'exception de déversement dans de vastes cours d'eau, un bassin de rétention d'un volume suffisant devrait être installé pour permettre à la saumûre d'être déversée sur une période de vingt-quatre heures. En cas de déversement dans un égout sanitaire, l'installation d'un bassin de rétention peut être nécessaire pour éviter le débordement de l'égout ou l'interférence avec les procédés de traitement des déchets. L'effet du déversement de la saumûre vers les bassins de stabilisation des eaux usées peut dépendre du taux d'évaporation des lagunes.

De plus l'eau de rinçage des filtres provenant des usines de traitement d'eau de surface devrait contenir des solides en suspension en quantité réduite au niveau acceptable pour l'autorité de contrôle avant d'être déversée dans un cours d'eau récepteur, conformément à la LCPE. Plusieurs usines construisent des réservoirs de rétention qui assurent le retour de l'eau à l'entrée de l'usine. Le réservoir de rétention doit être de dimension telle qu'il contiendra le volume anticipé de déchets d'eau de lavage produit par l'usine dans des conditions normales de fonctionnement. Une usine qui possède deux filtres devrait avoir un réservoir de rétention qui contiendra la totalité des déchets d'eau de lavage des deux filtres, dimensionné en utilisant les données d'un lavage de 15 minutes à 50 m/h. Dans les usines ayant plusieurs filtres, le volume du réservoir de rétention variera en fonction de la durée de fonctionnement anticipée. Il est recommandé que les déchets d'eau de lavage des filtres soient ramenés à un débit inférieur à 10 % du débit instantané d'eau de lavage entrant dans l'usine.

L'eau provenant du lavage à contre-courant du filtre ne devra pas être recyclée lorsque l'eau brute contient une quantité excessive d'algues, lorsque sont survenus des problèmes de goût ou d'odeur de l'eau prête à boire ou lorsque les niveaux de sous-produits de désinfection peuvent dépasser les niveaux admis. Une attention particulière doit être accordée à la présence de protozoaires comme la concentration de *Giardia* et de *Cryptosporidium* dans l'écoulement de l'eau résiduaire. Les usines de traitement de l'eau peuvent être tenues de filtrer l'eau résiduaire avant le recyclage ou d'éviter de récupérer l'eau de lavage de filtre en raison du risque accru pour la qualité de l'eau traitée [18].

Pour ce qui concerne les rejets de la saumûre, la température et l'oxygène dissous sont des variables naturelles qui sont altérées par le dessalement. Leurs valeurs d'effluent s'écartent des valeurs ambiantes au site de rejet et pourraient être nocives pour la faune et la flore (tableau 3).

La faible teneur en oxygène de la saumûre est souvent due à la désaération physique et non à la présence de désoxygénant, mais l'effet est le même. Les variations de la salinité naturelle sont généralement tolérées, mais de fortes concentrations de sels dissous dans les effluents peuvent être préjudiciables à la faune et à la flore marines [16].

Le tableau 3, ci-dessous résume quelques normes de surveillance des effluents dus au dessalement des eaux

Tableau 3- Limitations et normes de surveillance continue des variables des effluents

Caractéristique l'effluent	Valeur maximale	Objectif qualité	Normes de surveillance	
			Fréquence	Type d'échantillon
Débit de rejet (m <sup>3</sup> /jour)			continue	enregistrement
Conductivité (mS/cm)	max. 10% au-dessus de la ambiante		continue	enregistrement
Température max.10% au-dessus de	max.10°C au-dessus du degré ambia		continue	enregistrement
Salinité (ppt) ou chlorures (ppm)	max.10% au-dessus de la valeur ambiante		1/semaine	localisé
Oxygène dissous	min. absolu de 4 mg/l; 5 mg/l en moyenne sur 24 heures 6,5-8,5 1/se		1/semaine	localisé
pH	6,5-8,5		1/semaine	localisé
Turbidité	max. 10% au-dessus de la valeur ambiante		1/semaine	localisé
Chlore résiduel 1/semaine localisé	En- dessous de la limite de détection		1/semaine	localisé
Cuivre récupérable total	500µg/l	8µg/l	1/semaine	localisé

**Résumé :**

Le nombre important de textes promulgués, montre que l'Algérie est l'un des pays les plus actifs en matière de législation de l'environnement, pourtant la situation environnementale est inquiétante, les ressources naturelles continuant à se dégrader en raison :

- de la non conformité des textes d'application avec la loi-cadre de l'environnement.
- des conflits de compétences existant dans les institutions chargées de l'environnement.
- Du manque de ressources, de moyens financiers et de l'insuffisance en matière de formation des agents affectés à cette mission

Pour cela, nous remarquons qu'il y a nécessité de rénover cette loi en vue de son adaptation au contexte socio-économique ainsi que son harmonisation avec le dispositif législatif du pays. De plus l'élaboration d'un code de l'environnement fondé sur la notion de partage des responsabilités et de la participation de tous les acteurs économiques permettra d'avoir un dispositif institutionnel applicable à notre pays pour la protection de l'environnement.

Il serait de même nécessaire de mettre en place un système de contrôle et d'auto conformité pour les différentes industries. Chaque industrie devra élaborer un plan d'action pour la conformité, basé sur le contrôle de l'environnement. Le Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement et/ou les inspecteurs au niveau des Wilayas auront la responsabilité de veiller à l'application de ce plan. Il serait de même nécessaire d'identifier d'une manière précise et claire et de délimiter les responsabilités des différentes organisations et institutions concernées par la mise en oeuvre le plan d'action.

Des efforts importants sont nécessaires pour l'amélioration et le contrôle de l'application des lois et textes en vigueur. Une approche nouvelle basée sur la concertation, la communication et la participation de tous les secteurs s'impose donc pour protéger l'environnement en Algérie qui est l'affaire de tous [9].

## **Chapitre IV**

# **Analyses et Interprétations**

**I- Qualité des eaux pour l'irrigation :****1-Introduction :**

La région du périmètre de Brédéah est une zone à vocation agricole, ce qui lui nécessite une grande quantité d'eau pour l'irrigation des cultures, viticultures et arboricultures. Raison pour laquelle la qualité des eaux utilisées dans ce domaine vital de la région doit présenter des paramètres physico-chimiques tolérables par les plantes.

Les eaux chargées en sels minéraux posent des problèmes pédologiques et agronomiques entraînant une perturbation de la croissance des plantes. Parmi ces sels, on peut citer le cas du sodium où les fortes teneurs en cet élément entraînent un changement de la structure physique du sol à cause du gonflement des particules d'argiles, provoquant une circulation plus lente de l'eau dans le sol. Cette détérioration de la qualité du sol va se traduire par une baisse de sa perméabilité, son aération et son rendement.

**2-Aptitude de l'eau à l'irrigation :**

Il est connu que les sels minéraux contenus dans l'eau ont des effets sur le sol, les plantes et les êtres humains. Ces sels peuvent perturber le développement physique des plantes par l'absorption de l'eau qui agit sur le processus osmotique, ou chimiquement par les réactions métaboliques telles que celles causées par les constituants toxiques. En plus, (Person J.1978) les sels causent des changements dans la structure du sol, sur sa perméabilité et sur son aération, affectant directement le développement de plante.

Une grande quantité d'ions sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû au fait que le sodium présent dans le sol en forme échangeable remplace les calcium et les magnésium adsorbés sur les argiles de sol et cause la dispersion des particules dans le sol (c.-à-d. si le calcium et le magnésium sont les cations prédominants adsorbés sur le complexe d'échange du sol, le sol tend à être facilement cultivé et a une structure perméable et granulaire).

Cette dispersion a comme conséquence l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure.

Ce problème est également relié avec plusieurs facteurs tels que le taux de salinité et le type de sol. Par exemple les sols sableux ne subiront pas de dommage si facilement en comparaison aux plus lourds quand ils sont irrigués avec de l'eau à haut SAR.

Par conséquent, la consommation de cette dernière peut être à l'origine de maladies dans cette perspective qu'on a orienté l'exploitation des données physico-chimiques en utilisant la méthode universellement connue celle du **SAR**.

---



La dégradation de la qualité chimique de l'eau a causé l'abaissement du rendement des terres à vocation agricole de la région d'étude [19].

### **3-Analyse des eaux rejetées par la station de Brédéah**

Nous avons pris des échantillons d'eau rejetée, à différents endroits de la station de désalement, et nous les avons analysées [20], les résultats obtenus sont inscrits dans les tableaux suivants :

#### **Tableau 4 :**

**Echantillon N° 1** : Rejet de l'eau juste à la sortie de la station.

<b>Paramètres physiques</b>	<b>Unités</b>	<b>Paramètres chimiques</b>	<b>Unités (Mg/l)</b>
PH	3.4	TH	3070
Température	21°C	Ca <sup>+2</sup>	884
TDS	10.09 mg/l	Mg <sup>+2</sup>	209
Conductivité	14847.5µS/cm	Na <sup>+</sup>	1237.88
		Cl <sup>-</sup>	8342.5
		CO <sub>2</sub>	9.263
		MO	1

#### **Tableau 5 :**

**Echantillon N°2** : Rejet de l'eau à la fin de la canalisation (en contact avec la terre).

<b>Paramètres physiques</b>	<b>Unités</b>	<b>Paramètres chimiques</b>	<b>Unités Mg/l</b>
PH	4.6	TH	0
Température	21°C	Ca <sup>+2</sup>	892
TDS	12.08mg/l	Mg <sup>+2</sup>	0
Conductivité	17344.76µS/cm	Na <sup>+</sup>	1239
		Cl <sup>-</sup>	9194.5
		CO <sub>2</sub>	9.263
		MO	2.4

L'eau brute de Brédéah est une eau saumâtre très dure, le taux de sels dissous est de 7.09 mg/l et la conductivité est de 10 180 $\mu$ S/cm, après traitement la conductivité diminue du fait du retrait des sels après le processus et on obtient une conductivité de 1642 $\mu$ S/cm et un TDS<sup>11</sup> de 0.85 mg/l, par contre pour les rejets le taux de salinité est très élevé ainsi que la concentration des chlorures.

Pour ce qui est des valeurs limites de rejets (voir annexe).

Le taux de chlorures est très élevé ce qui montre l'impact négatif produit sur la végétation.

#### **4-LE SAR (Sodium absorption, ration) :**

Pour classer les eaux d'irrigation, on fait appel au diagramme de Richard (1954). Dans ce diagramme, les classes sont définies sur la base du taux d'absorption du sodium (SAR), en fonction de la conductivité électrique., Si l'eau est très riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante. Pour apprécier le risque la concentration en ions Na<sup>+</sup> et celle en ions Ca<sup>+2</sup> et Mg<sup>+2</sup>.

$$\text{S.A.R} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{[\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}]}}$$

Avec :

Na : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l.

Ca : concentration de l'eau en ions de calcium en méq/l.

Mg: concentration de l'eau en ions magnésium n méq/l.

Quatre classes de risques alcalins ont été définies en relation avec le risque salin.

S1 risque faible	→	S.A.R ≤ 1
S2 risque moyen	→	10 < S.A.R ≤ 18
S3 risque élevé	→	18 < S.A.R ≤ 26
S4 risque très élevé	→	S.A.R > 26

<sup>11</sup> TDS : Taux de sels dissous.

En tenant compte de la salinité globale des eaux, la conductivité électrique définie toujours quatre classes :

C1 risque faible	⇒	$CE \leq 0.25$
C2 risque moyen	⇒	$0.25 < CE \leq 0.75$
C3 risque élevé	⇒	$0.75 < CE$
C4 risque très élevé	⇒	$CE > 2.25$

L'application de la méthode du SAR aux eaux rejetées par la station de Brédéah résumé dans le tableau suivant :

**Tableau 6 :**

N° Echantillon	Na <sup>+</sup> Meq/l	Ca <sup>+2</sup> Meq/l	Mg <sup>+2</sup> Meq/l	S.A.R	CND µs/cm
01	53.82	44.2	17.42	9.7	14847.5
02	53.87	44.6	0.00	11.41	17344.76

permet de dire que ces eaux sont de qualité moyenne mais de risque de salinité très élevé pour l'irrigation de classe C4S2 par conséquent, l'utilisation de cette eau doit être traitée et contrôlée avant d'être rejetée et ne pas l'utiliser pour l'irrigation des cultures moyennement tolérables à tolérables au sel sur sol ayant une bonne perméabilité et bien drainée [19].

### **5-Analyses du sol**

Nous avons aussi procédé à des analyses du sol touché par ces rejets [21] et les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau suivant :

**Tableau 7**

**Echantillon N° 1** : Terre mouillée à la fin de la canalisation  
En contact directe avec le rejet

**Echantillon N°2**: Terre sèche aux alentours de la fin de la canalisation

Echantillon N° 1	PH	Concentration des Chlorures
	3.4	3.5 me/100 g
Echantillon N° 2	PH	Concentration des Chlorures
	4.6	122.5 me/g

**6-Interprétation des résultats**

La signification des résultats dépend de la texture des sols :

**Tableau 8 :**

Texture	Légèrement chloruré Cl- en me <sup>12</sup> / 100g	Fortement chloruré Cl- en me / 100g
Très grossière	0.3-0.85	> 0.85
Grossière	0.55-2	> 2
Moyenne	0.85-3.5	>3.5
Fine	1.4-5.5	>5.5
Très fine	2-8.5	>8.5

La terre analysée est une terre de texture moyenne, d'après nos analyses, pour l'échantillon N°1, nous pouvons dire que le sol est Légèrement chloruré, étant donné que nous avons trouvé une concentration en chlorure de 3.5 me /100 g, par pour le second échantillon, d'après le tableau, nous pouvons affirmer que le sol est extrêmement salé, du fait de l'évaporation de l'eau et présence de chlorure à un taux très élevé. Le type de salinisation auquel nous avons abouti est une salinisation secondaire car elle est Induite par l'activité humaine; lié fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées.

Cependant, cette interprétation est tempérée par la tolérance maximum propre à chaque type de culture, de plus il existe une concentration critique au-dessus duquel une chute de rendement significative se manifeste (mesuré sur un extrait de pâte saturée), noté Cs

**Concentration critique Cs en sels pour différentes cultures** [19].**Cultures sensibles :**

$$Cs = 2 \text{ mS}^{13} \cdot \text{cm}^{-1} (1.3 \text{ g. l}^{-1})$$

La plupart des fruits et arbres fruitiers; quelques légumes (carotte, haricot, salade, radis,...)

<sup>12</sup> Me :milliéquivalent c'est la millièème partie de la masse en gramme d' un élément susceptible de se substituer à un atome-gramme d'hydrogène,dans une réaction chimique.

<sup>13</sup> mS :milli siemens,unité de mesure de la conductivité (TDS).

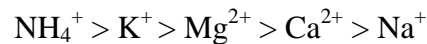


### III- Conséquences de la salinité sur les plantes et l'homme

#### 1 -Influence d'une salinité de l'eau trop importante sur les êtres vivants

Chaque être vivant dispose d'un organisme ayant des besoins particuliers en sels minéraux, en revanche lorsque le besoin est dépassé, l'individu ou la plante peut ressentir des effets secondaires.

Chez les plantes, ce surplus de sel peut ralentir le développement naturel de l'espèce. En effet, la flore, en cas général, absorbe les éléments par l'ordre préférentiel suivant :



Et en complémentarité :



Sachant que les ions sodium  $\text{Na}^+$  sont les derniers dans l'ordre de préférence et que les ions chlorure  $\text{Cl}^-$  sont second dans l'ordre de choix de l'ion complémentaire, on peut ainsi en déduire de que le sel comporte une influence néfaste pour la santé de la plante.

Quant à la santé de l'Homme, le sel constitue un élément essentiel de son alimentation. En effet, les composantes du liquide de ses cellules sont le sodium et le chlore, ions du sel. Par conséquent, il serait amené à déshydratation sans sel. Lors d'une déshydratation ou d'une hospitalisation, on lui injecte alors, par intraveineuse, une solution physiologique\* à 0,9% de sel. Les ions sodium lui apportent une bonne transmission des messages nerveux et les ions chlore lui permettent un bon fonctionnement de l'estomac et du système immunitaire. Après un excès d'ingestion de sel, un être humain voit son flux de sang artériel passer en hypertension.

Le surplus de consommation de sel est donc un danger potentiel autant pour la flore que pour les Hommes.

## 2 -Les conséquences de l'utilisation de l'eau dessalée

### a) Conséquences sur les sols

L'utilisation de l'eau dessalée comme celle de l'eau douce dans l'irrigation augmente les probabilités de formation de sols salins (salisols) et/ou de sols alcalins (sodiques ou sodisols) par accumulation des sels minéraux dans la terre. On appelle ce processus la salinisation des sols. Si le sol absorbe trop de sel, on peut alors assister à la formation de cristaux à la surface du sol, remontés par capillarité comme sur la figure 11 :

**Figure 11 :**  
Efflorescence saline à la surface d'un sol salé

Source : Photographie Futura-Sciences



Parmi les différentes cultures existantes, on distingue trois classes de niveau de tolérance de salinité du sol :

- Les cultures sensibles qui réunissent la plupart des fruits et arbres fruitiers ainsi que certains légumes tels que la carotte, le haricot, la salade ou le radis avec une concentration critique en sels de 1,3g/L.
- Les cultures à tolérance moyenne comptant les autres légumes, les grandes cultures, quelques fruits comme l'olive, le raisin, la figue ou la grenade. Ces cultures peuvent supporter une concentration maximale de 2,5g/L de sels dans le sol.
- Les cultures tolérantes avec les prairies, les cultures de coton, orge, colza, betteraves à sucre, dattiers et autres cocotiers qui acceptent jusqu'à 5g/L de sels dans le sol.

### b) Conséquences sur l'Homme

La consommation de tels aliments, plus salés que la normale, contribuent à ne pas respecter les doses normales de sel admises par le corps de l'Homme, soit entre 6 et 10 grammes par jour.

Selon un bulletin de l'Académie nationale de médecine sur le contenu en sel de l'alimentation, les consommations de sel aussi bien aiguës que chroniques présentent chez l'être humain comme chez l'animal une baisse de leur pression artérielle. Ces apports excessifs vont à l'encontre de notre matériel génétique. Ainsi, l'individu ressent les symptômes de l'hypertension artérielle\* qui peuvent apporter à long terme des désagréments cardiaques ou des accidents vasculaires cérébraux.

Le World Cancer Research Fund International confie, dans un communiqué de presse, qu'une surconsommation de sel peut favoriser le développement de maladies cancéreuses. On note cependant que des campagnes sont menées par les différentes académies de médecine et les gouvernements afin de réduire les habitudes de consommation de sel de la population de 20 %, et de mieux l'informer sur la teneur en sel de ses aliments contre les dangers de ce condiment. Lorsque la présence d'aliments naturellement plus salés sera devenue récurrente, le corps acceptera normalement la nourriture qui lui est proposée, si d'ici là une mutation génétique visant à réduire la concentration maximum de sel acceptée ne s'est pas produite sur les générations futures [14].



# **Chapitre V**

**Rappels théoriques sur la méthode**

**MADS-MOSAR**

**RAPPELS THEORIQUES SUR LA METHODE D'ANALYSE DE  
RISQUES : MADS-MOSAR**  
**Méthode Organisée et Systémique**  
**D'Analyse de Risques**

**I- Définition du contexte de l'analyse:**

Le contexte peut être défini par deux situations principales :

1. On s'intéresse à un *objet* par exemple un avion, un véhicule automobile, une machine .....
2. On s'intéresse à un *milieu plus complexe* par exemple un atelier de fabrication, une usine, une installation de type industrielle, agricole, urbaine .... Celui-ci comportera bien sûr des objets tels que les machines, les stockages, les alimentations en fluides .....

Les méthodes et outils mis en oeuvre pour l'analyse de risques ne seront pas les mêmes dans chacun des deux cas. Dans le premier cas ce sont plutôt les outils classiques de la *Sûreté de fonctionnement* qui seront utilisés. Dans le deuxième cas ces outils seuls ne permettront qu'une analyse parcellaire notamment des objets de l'installation et il sera nécessaire de disposer de *méthodes*, c'est à dire de démarches complètes (incluant bien sûr les outils mais capables d'en organiser la mise en oeuvre) telles que la méthode MOSAR.

Les outils disponibles peuvent se classer en deux catégories :

- 1 - Des outils semi-empiriques tels que l'AMDE et l'AMDEC (bien que normalisé il reste dans cette catégorie), HAZOP, l'Analyse Fonctionnelle
- 2 - Des outils logiques tels que les arbres logiques (Arbre des causes, Arbres causes conséquences, Arbres d'événements) et des outils de type Réseaux tels que les chaînes de MARKOF ou les réseaux de PETRI. Tous ces outils permettent des approches par le calcul notamment en matière de probabilité. Leur mise en oeuvre présente un certain nombre de difficultés. Ce sont en effet pour la plupart des outils dont l'origine est liée à l'analyse de fiabilité " d'objets "ou d'éléments "d'objets " et leur adéquation à l'analyse de risques n'est pas totale. D'autre part leur mise en oeuvre nécessite de l'information et l'outil en lui-même n'est pas générique de cette dernière.

On voit donc apparaître une double nécessité :

- 1 - essayer de rationaliser les outils à caractère empirique. Le modèle MADS (Méthode d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes) tente de répondre à ce besoin.
- 2 - construire des méthodes qui assurent à la fois une cohérence dans le déroulement de la démarche analytique, qui facilitent et articulent la mise en oeuvre des outils précités, et qui participent à la genèse de l'information nécessaire à la bonne utilisation de ces derniers. MOSAR essaie de répondre à ces contraintes.

**II- Problématique de MOSAR :**

La **PROBLEMATIQUE** de MOSAR est essentiellement la suivante :

- Identifier, évaluer, maîtriser a priori les risques d'une installation.
- Négocier des objectifs et donc faire apparaître l'acceptabilité des risques par les acteurs concernés.

-Intégrer les réglementations spécifiques c'est à dire ne pas se contenter de simplement les appliquer ou de se cacher derrière (sécurité parapluie), mais aller souvent plus loin que ce qu'elles imposent (car elles sont toujours apparues après des accidents) tout en vérifiant que les mesures de prévention et de protection les satisfont.

-Intégrer l'approche déterministe et l'approche probabiliste lorsque cette dernière est possible.

-Mettre en oeuvre des concepts logiques, systématiques, systémiques. Les premiers entrent comme nous l'avons vu dans le déroulement et la stratégie de la méthode. Les seconds se traduisent par des découpages divers auxquels il n'est pas possible d'échapper et par des identifications systématiques en référence à des typologies (par exemple à la typologie des sources de dangers en milieu industriel). Les troisièmes apparaissent tout d'abord dans les points de vue qui sont pris en compte. Le point de vue principal est celui de l'installation mais celui de l'opérateur est aussi en partie pris en compte ainsi que celui des autres cibles. La systémique nous apprenant que tout découpage est artificiel, la méthode par des combinaisons de grilles et la mise en oeuvre d'outils tels que les boîtes noires, permet de remettre en relation ce qui a été découpé et de faire apparaître ainsi des rapprochements et combinaisons événementiels qui autrement n'auraient pas été vus.

### **III- Méthode Organisée Systémique d'Analyse de Risques**

La méthode MOSAR est née des travaux de P. PERILHONet d'une réflexion menée par le groupe de travail Méthodologie d'Analyse des Dysfonctionnements dans les Systèmes, ou MADS, réunissant les acteurs du Commissariat à l'Energie Atomique (ou CEA) de Grenoble, l'Institut National Supérieur des Techniques Nucléaires (ou INSTN) et l'IUT Hygiène, Sécurité, Environnement de Bordeaux. Développée au début des années 1980, elle a été appliquée avec succès dans de grandes structures telles que EDF et le CEA. La méthode MOSAR est une démarche :

- structurée, qui permet notamment, par le biais de l'analyse systémique [LE M 77], de prendre en compte les interfaces entre les éléments constituant de l'entité considérée et d'avoir ainsi une vue globale et non réductrice [PER 96], [GAR et al. 99] ;
- Graduelle et progressive, "fonctionnant par paliers avec possibilité de s'arrêter provisoirement ou définitivement à chaque palier" en fonction de l'entité considérée et des objectifs visés ;
- Participative, car menée par un groupe de travail pluridisciplinaire, capitalisant les savoir-faire et faisant appel à l'imagination et à l'expérience.

La méthode MOSAR complète les méthodes traditionnelles d'analyse des risques qui, la plupart du temps, "sont mises en oeuvre de manière fragmentaire, sans démarche guide" [PER 96].

### **IV-Objectifs**

L'objectif principal de la méthode MOSAR est d'identifier les dysfonctionnements issus de l'entité considérée ou de son environnement et dont les enchaînements peuvent conduire à un Evénement Non Souhaité, ou ENS, susceptible d'atteindre un système cible.

Plus largement, la méthode MOSAR cherche à "identifier, évaluer, maîtriser, gérer les processus de danger" [PER 96] en mettant en évidence les scénarios possibles d'accidents et en déterminant les barrières de prévention et de protection à mettre en place pour neutraliser les événements initiateurs de ces scénarios [INS 96]. A cette fin, la méthode MOSAR s'appuie sur la notion d'acceptabilité des risques et sur une mise en oeuvre conjointe des approches déterministe et probabiliste.

### V-Le Modèle MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes) :

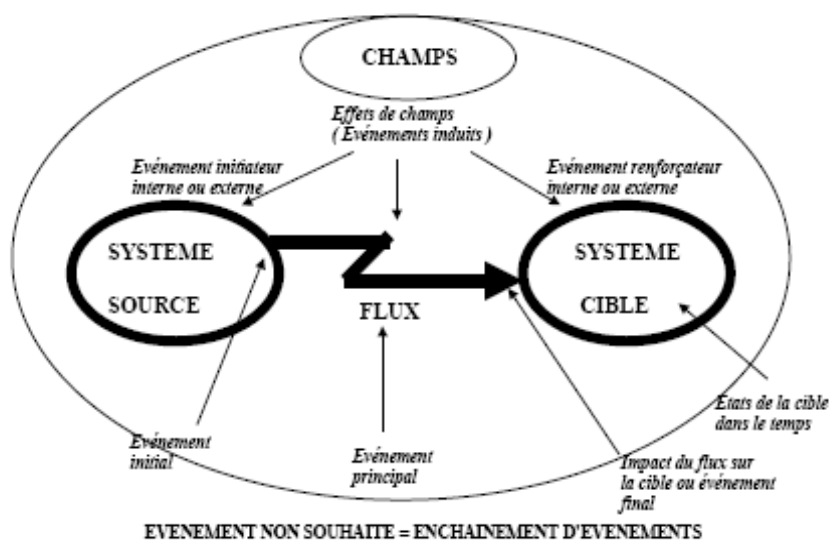
Un modèle a été développé par le groupe de réflexion MADS.

Il modélise le danger et donc le risque comme un ensemble de processus au sens systémique du terme.

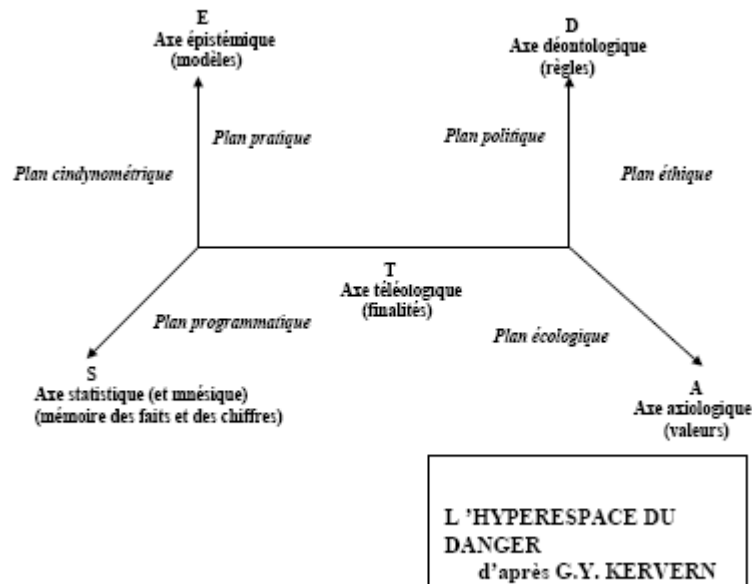
Le danger est l'ensemble des processus qui conduisent à un processus principal pouvant être généré par un système source de danger. Le flux de danger est généré par une source de flux de danger à partir du système source de danger et il est constitué de matière, énergie, information. Si ce flux peut atteindre un système cible et avoir des effets sur ce dernier on parle alors de *risque*. L'ensemble des processus est situé dans un environnement spécifique (partie de l'environnement qui le concerne) générateur de champs processant des effets sur ces processus. La source de flux de danger est générée par un processus initiateur d'origine interne ou externe (et donc provenant de l'environnement spécifique).

Symétriquement, il peut y avoir un processus renforçateur du flux sur la cible, d'origine interne ou externe (et donc provenant de l'environnement spécifique). Certains champs sont plus spécifiquement des champs de danger dans la mesure où ils génèrent des processus origines ou renforçateurs des autres processus de danger.

Le modèle montre l'enchaînement des événements qui, partant de l'événement initiateur, conduit aux différents états de la cible.



En réduisant cette modélisation à cinq axes et cinq plans et en la centrant plus spécifiquement sur la cindynique ou science du danger, on arrive à la modélisation de l'Hyperespace du Danger de Georges-Yves KERVERN (de l'Institut Européen de Cindyniques).



La méthode MOSAR est une démarche progressive de deux niveaux successifs :

-Un niveau macroscopique, décrit par le module A de la méthode dont le résultat est une étude de sécurité principale de portée limitée à l'analyse des risques principaux.

-Un niveau microscopique, décrit par le module B de la méthode, et dont la portée étend l'analyse macroscopique à l'ensemble des risques de l'entité considérée, en ayant en particulier recours à des méthodes telles que l'AMDEC pour une analyse détaillée, orientée sûreté de fonctionnement, des dysfonctionnements opératoires ou techniques.

## **VI- Identification des sources de danger**

Le premier travail est d'identifier les sources de danger de chaque sous-système ou d'identifier en quoi chaque sous-système peut être source de danger.

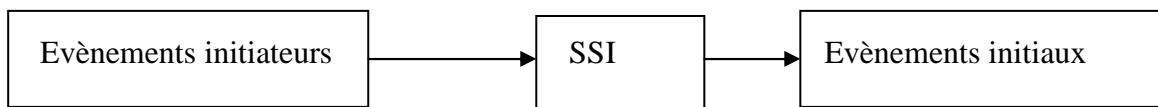
On remplit alors la première colonne du tableau A ci-dessous. En faisant cette identification pour tous les sous-systèmes, on obtient une liste des dangers de l'installation. (Cette liste n'est pas exhaustive, en effet, il est toujours possible de retrouver d'autres sources de danger).

Le deuxième travail est l'identification des processus de danger. Ligne par ligne, on va rechercher les événements qui constituent les processus de danger pour aboutir à un ou plusieurs événements principaux.

**TABLEAU A**

Types des sources de dangers	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
		Externes (Environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système dans le tableau A, on le représente sous forme de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs d'origine externes ou internes et les sorties sont les évènements principaux.



Il s'agit maintenant de s'occuper de la génération de scénarios courts et de scénarios d'autodestruction. En effet, pour l'instant nous n'avons, dans la génération du processus du tableau A, fait apparaître que les liaisons directes entre les évènements d'entrée et de sortie des boîtes noires. Il faut maintenant combiner les évènements d'entrée entre eux, les évènements de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des évènements de sortie et des évènements d'entrées.

Après avoir déterminé quelques scénarios courts et d'autodestruction, nous allons envisager des scénarios dits longs. En mettant toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

### **VII- Une vision macroscopique :**

Dans celle-ci on ne cherche pas à entrer dans le fonctionnement détaillé de l'installation. On recherche les risques de **proximité**, c'est-à-dire les risques qui apparaissent du fait que les éléments de l'installation sont à proximité les uns des autres et que les processus de danger que peut générer chaque source de danger peuvent s'enchaîner les uns les autres pour donner les scénarios d'accidents principaux que l'on appelle dans certains cas scénarios dominos.

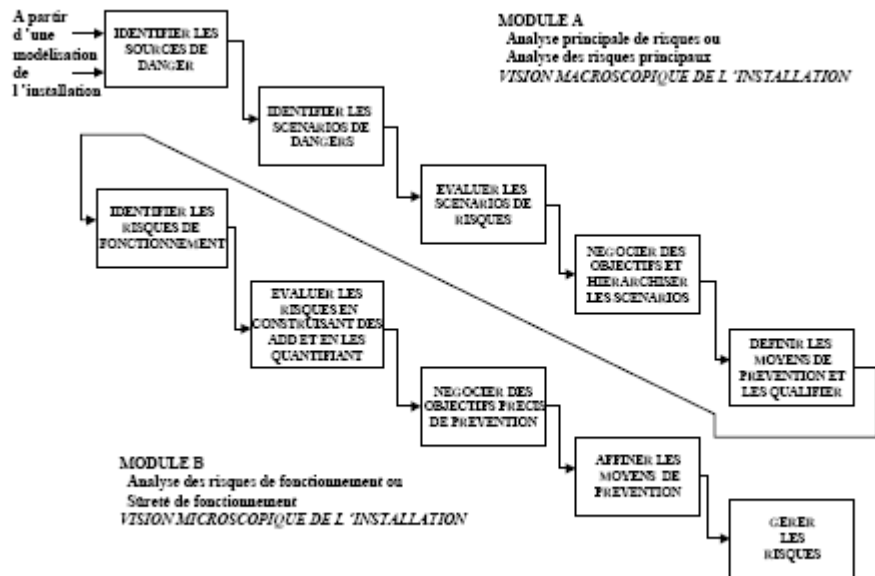
Le module A de MOSAR permet d'identifier ces scénarios et de les neutraliser.

**VIII- Une vision microscopique :**

On entre alors dans le fonctionnement détaillé de l’installation, aussi bien au niveau technique qu’au niveau opératoire. Pour rechercher les dysfonctionnements issus de ces deux niveaux on met en oeuvre les outils de la sûreté de fonctionnement.

**IX- Structure de la méthode**

Pour répondre aux critères de l’analyse macroscopique et de l’analyse microscopique, la méthode est structurée en deux modules symétriques. Le déroulement complet de la démarche consiste en fait à parcourir deux fois le schéma à travers cinq étapes chaque fois.



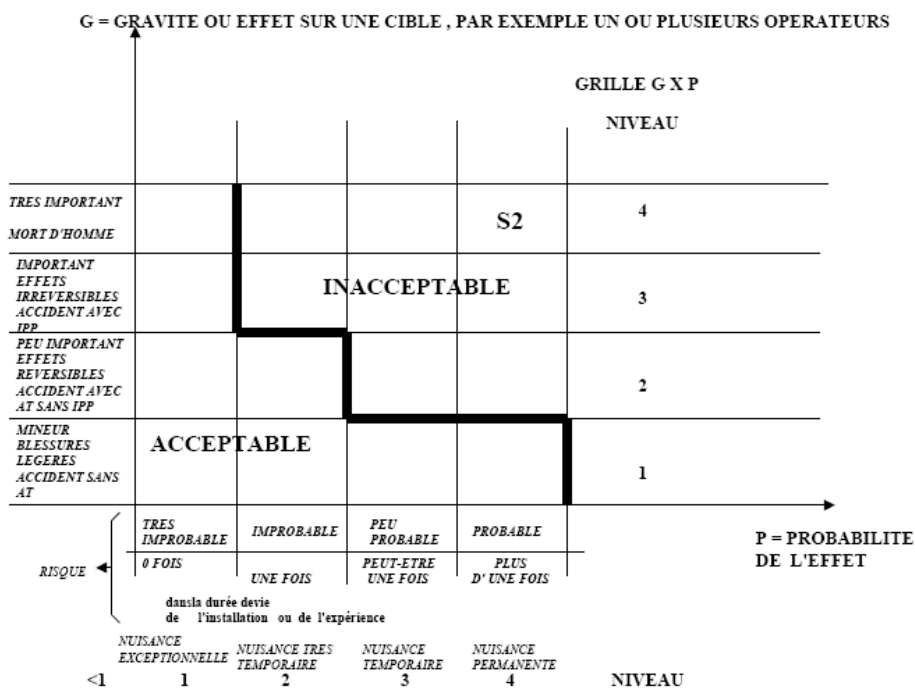
**X- Négociation d’objectifs et hiérarchisation des scénarios**

Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilité. Nous allons négocier les niveaux des deux axes de la grille. Nous allons construire des axes à quatre niveaux (nombre pair afin de ne pas se situer à un niveau médian). Dans un deuxième temps, il est nécessaire de faire passer la frontière entre ce qui acceptable et ce qui ne l’est pas [22].

**XI- Définition des gravités ou effets sur une cible:**

- G1 : mineur, blessures légères, accident sans arrêt de travail
  - G2 : peu important, effets réversibles, accident avec arrêt de travail sans invalidités physiques
  - G3 : important, effets irréversibles, accident avec arrêt de travail avec invalidités physiques
  - G4 : très important, mort d'homme.
- La mise en évidence de scénarios de risques et leur évaluation permet de mieux définir les objectifs.

Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité\*probabilité. On peut en construire une par cible. La première chose à faire est de négocier les niveaux des deux axes de la grille. La deuxième chose est de situer dans la grille la frontière entre ce qui est considéré comme acceptable et ce qui est considéré comme inacceptable. Ceci constitue un deuxième niveau de négociation [22].





## **Chapitre VI**

# **Application de la méthode**

## **MADS-MOSAR au rejet de la station de Brédéah**

**Application de la méthode MADS-MOSAR au rejet de la station****Modélisation du système et décomposition en sous-système.****-Découpage en sous systèmes :**

**SS1** : Canalisation de rejet saumûre aérienne inachevée.

**SS2** : Sols

**SS3** : Facteur humain.

**SS4** : Environnement

**1<sup>ème</sup> Etape : Identification des sources de danger.**

L'étape 1, consiste à identifier les sources de danger de chaque sous système ou d'identifier en quoi chaque s/système peut-être source de danger. Pour cela un tableau A est rempli dans toutes ses colonnes.

**Tableau A** : Liste des sous-systèmes sources de dangers.

Types des sources de dangers	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
		Externes (Environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
<b>SS1 : Canalisation de rejet de saumûre aérienne non achevée</b>						
Tuyauterie	MO	Usure Corrosion Choc	Obstruction Mauvais entretien	Fissuration Dégradation du matériau	Dépôt de sels Entartrage	Fuite Cassure du tuyau
Raccords	MO	Corrosion Brèche	Usure	Eclatement Fissuration		Eclatement Déversement de l'eau
Vannes	MO	Choc Blocage Corrosion	Usure des joints Non contrôle des vannes Pas d'entretien	Brèche Déformation Perforation des joints	Débit élevé Elévation de la pression	Fuite Eclatement de la canalisation
Pompes	EX	Choc Corrosion Usure Mauvaise maintenance	Panne Mauvais fonctionnement	Court circuit Blocage		Arrêt Incendie

Types systèmes sources de danger	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
		Externes (Environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
<b>SS2 : Sols</b>						
Inondation	EX	Stagnation des eaux rejetées par la station	Saturation des plantes par le sel	Détérioration Dégradation de la végétation	Déversement	Terres salées Perte de la biodiversité
Contamination de la nappe phréatique	EX	Saturation	Dépérissement des plantations	Augmentation du niveau de l'eau contaminée	Mélange de produits de nettoyage des membranes et de saumûre	Augmentation du taux de salinité de l'eau. Présence de virus et de bactéries.

Types systèmes sources de danger	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
		Externes (Environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
<b>SS3 : Facteur humain</b>						
Employés	EX	Mauvaise communication Manque d'informations	Mauvaise coordination Négligence	Absence de communication	Manque de responsabilités Pas de prise de décision	Conséquences désastreuses Dégradation de l'environnement Dépérissement de la végétation (arbres fruitiers, oliviers.)

Types systèmes sources de danger	Phase de vie	Evènements initiateurs		Evènements initiaux		Evènements principaux
		Externes (Environnement actif)	Internes	Liés au contenant	Liés au contenu	
<b>SS4 : Environnement</b>						
Risque sanitaire (microbien et chimique)	EX	Présence de pathogènes dans les rejets.	Prolifération de bactéries	Contamination des fruits	Présence de bactéries et virus	Maladie à transmission hydrique
Risque environnemental	EX	Excès des éléments de sodium, bore azote, potassium...	Apport des eaux chargées de saumâtre	Contamination	Taux de salinité élevé. Rendement de la fertilisation du sol en régression.	Perte de la biodiversité. Dégradation de la flore.

**2<sup>ème</sup> étape du module A : identification des scénarios de danger**

Dans beaucoup de cas, on admet que les scénarios d’accidents sont connus notamment grâce au retour d’expérience. Il est cependant intéressant de pouvoir générer des scénarios d’accidents possibles. Ceci permet de démontrer leur genèse, d’identifier des variantes voir des scénarios insoupçonnés et enfin de créer une suite logique d’évènements pouvant conduire à un arbre montrant l’enchaînement de tous ces évènements.

La première partie de ce travail consiste à isoler chaque sous-système. En reprenant chaque sous-système dans les tableaux A, on les représente sous formes de boîtes noires dont les entrées sont les évènements initiateurs d’origine externes ou interne et les sorties sont les évènements principaux.



Ce travail est une simple compilation du tableau A. On obtient les différentes boîtes noires suivantes :

Usure  
Corrosion  
Choc  
Brèche  
Blocage  
Mauvais maintenance

**SS1 :**  
**Canalisation de rejet**  
**de saumâtre aérienne**  
**inachevée**

Fuite  
Cassure du tuyau  
Eclatement de la  
canalisation  
Arrêt  
Incendie  
Déversement de l'eau

Stagnation des eaux  
Rejetées par la station  
Saturation  
Saturation des plantes par le sel  
Dépérissement des plantations

**SS2 :**  
**Sols**

Terres salées  
Perte de la biodiversité  
Augmentation du taux de  
Salinité de l'eau  
Présence de virus et de  
bactéries.

Mauvaise communication  
Manque d'information  
Mauvaise coordination  
Négligence

**SS3 :**  
**Facteur**  
**humain**

Conséquences désastreuses  
Dégradation de l'environnement  
Dépérissement de la végétation  
(arbres fruitiers, oliviers.)

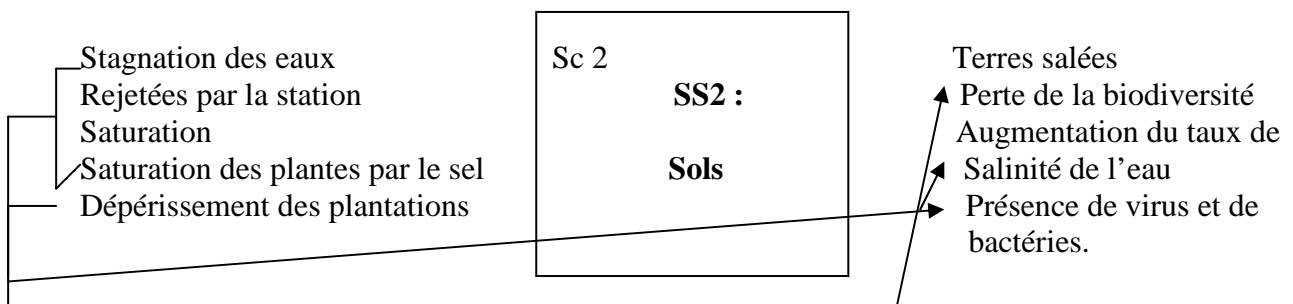
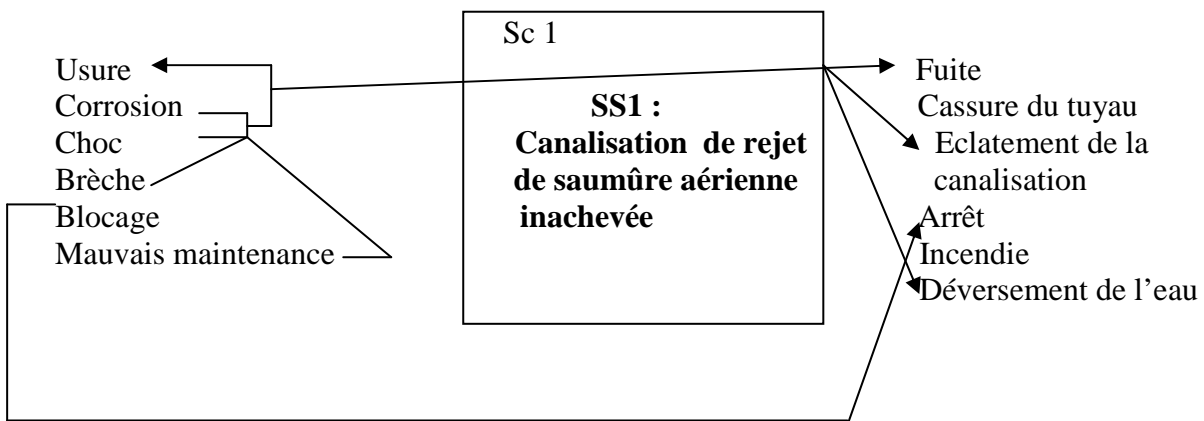
Présence de pathogènes  
dans les rejets.  
Excès des éléments de  
sodium, bore azote, potassium...  
Prolifération de bactéries  
Apport des eaux chargées  
de saumâtre

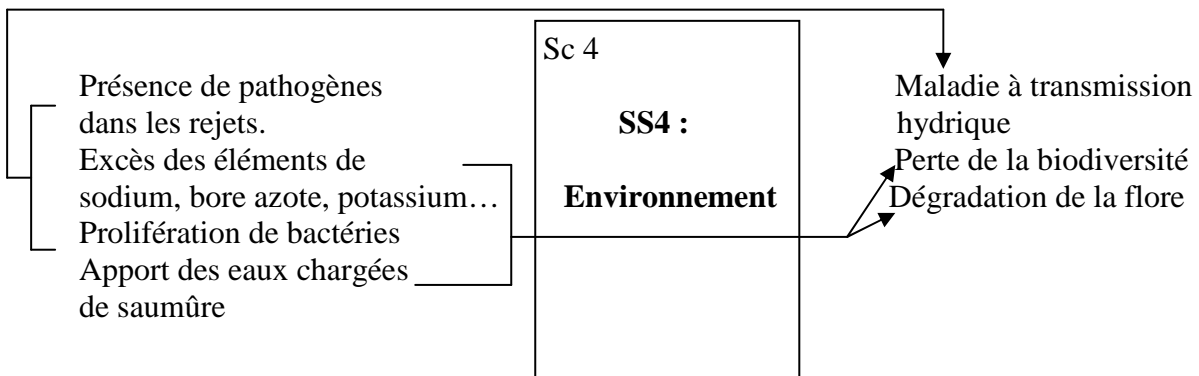
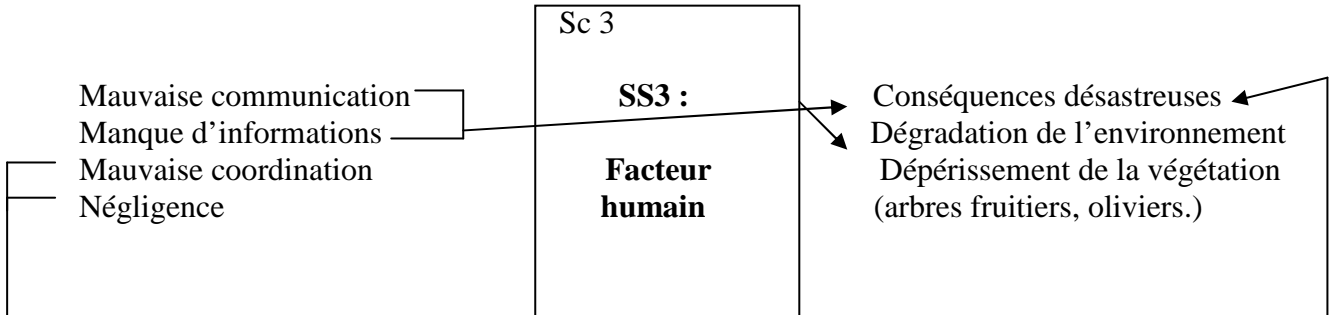
**SS4 :**  
**Environnement**

Maladie à transmission  
hydrique  
Perte de la biodiversité  
Dégradation de la flore

**2<sup>ème</sup> Etape: Identification des scénarios de dangers.**

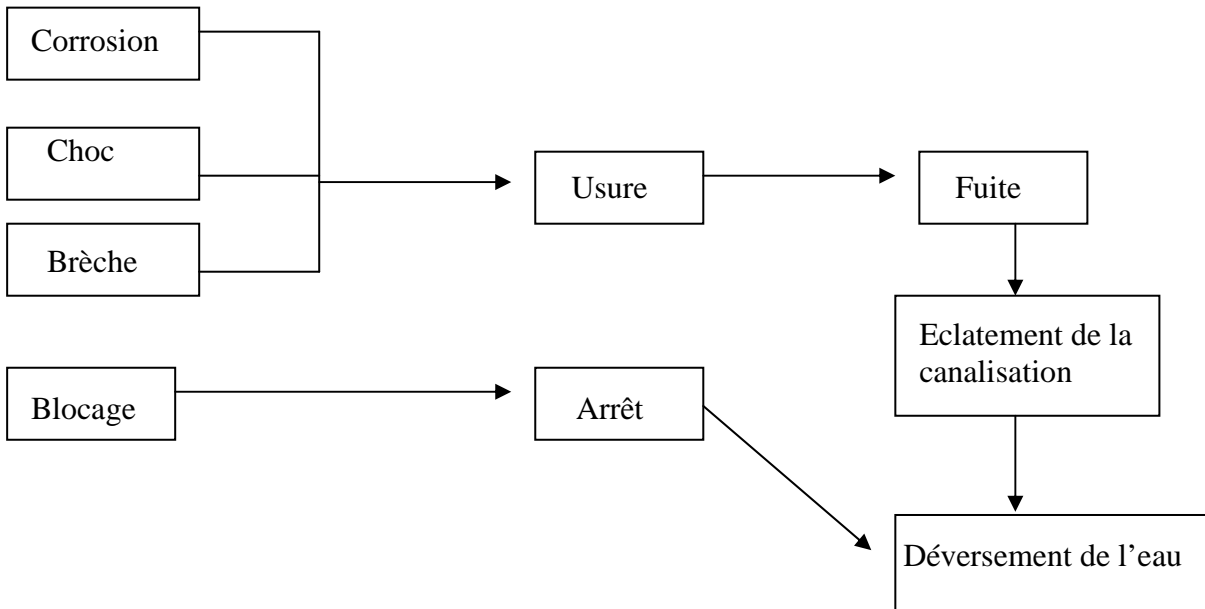
Nous allons, maintenant, effectuer la génération des scénarios courts et d'autodestruction, pour cela, il faut combiner les évènements d'entrée entre eux, ceux de sortie entre eux et identifier les retours en bouclage des évènements de sortie et d'entrée.



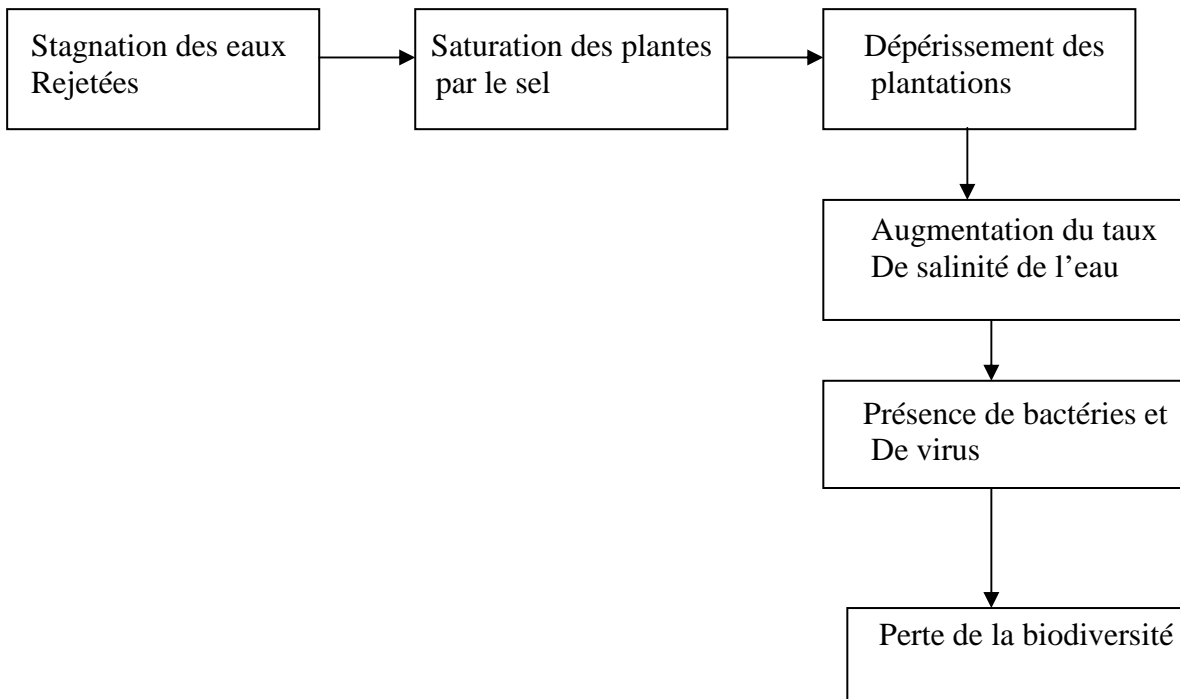


On peut réécrire ces scénarios de manière plus lisible :

**Sc1 :**

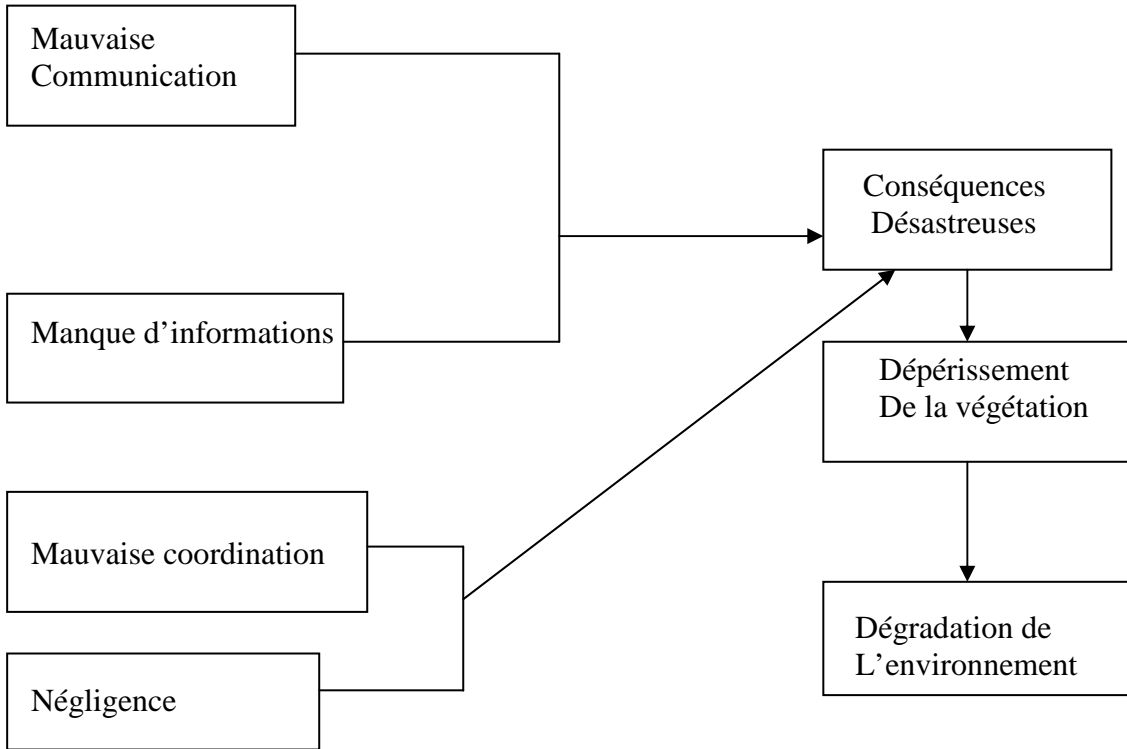


**Sc2 :**

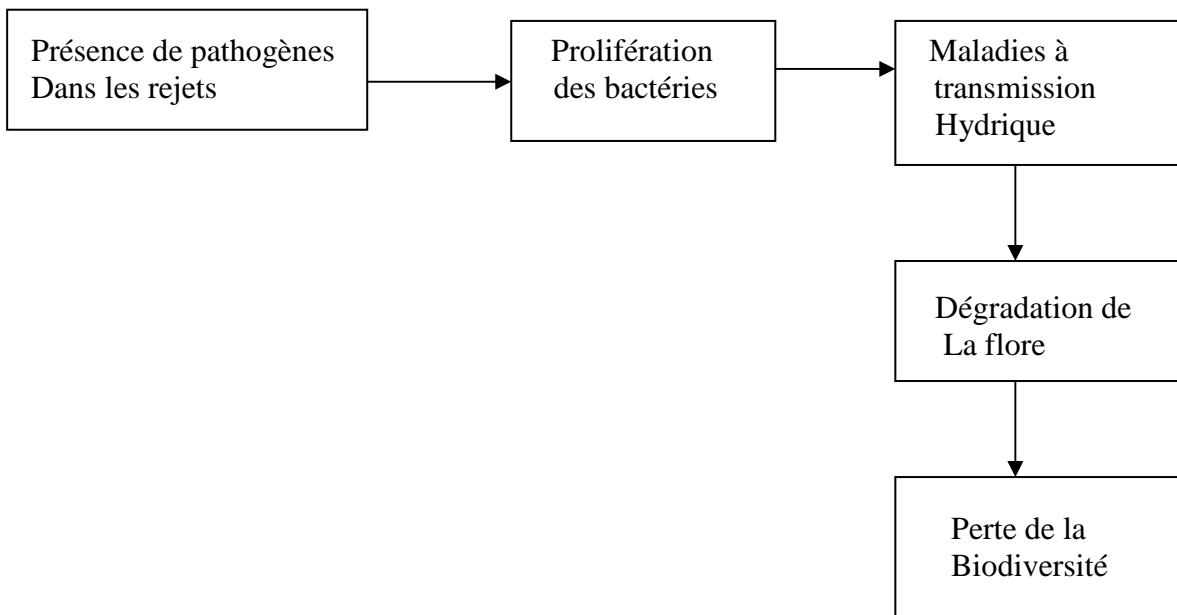




**Sc3 :**

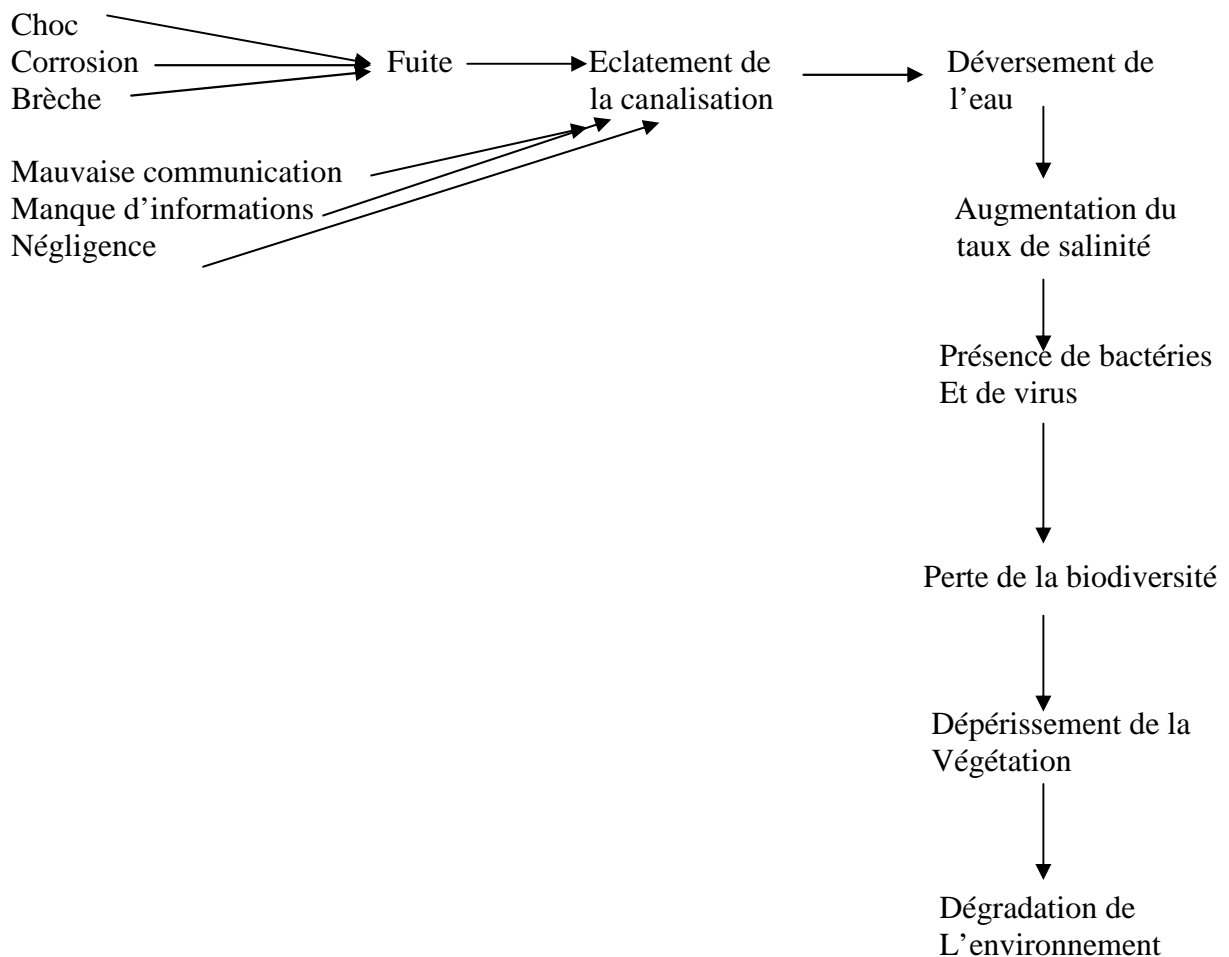


**Sc4 :**



Après avoir déterminé quelques scénarios courts et d'autodestruction, nous allons envisager des scénarios dits longs. En mettant toutes les boîtes noires sur une même page, il est possible de relier les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements ou scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

### Sc5 :



### 3<sup>ème</sup> Etape : Evaluation des scénarios de risques:

Les scénarios étant construits il faut les évaluer afin de déterminer leur gravité par rapport aux cibles concernées. Nous allons nous inspirer de la probabilité de la survenance de cet évènement et la gravité qu'il a déjà engendré. En s'inspirant des définitions ci-dessous, nous allons maintenant faire une situation des scénarios dans les grilles GxP et une hiérarchisation de ces derniers.

**4<sup>ème</sup> Etape : Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios :**

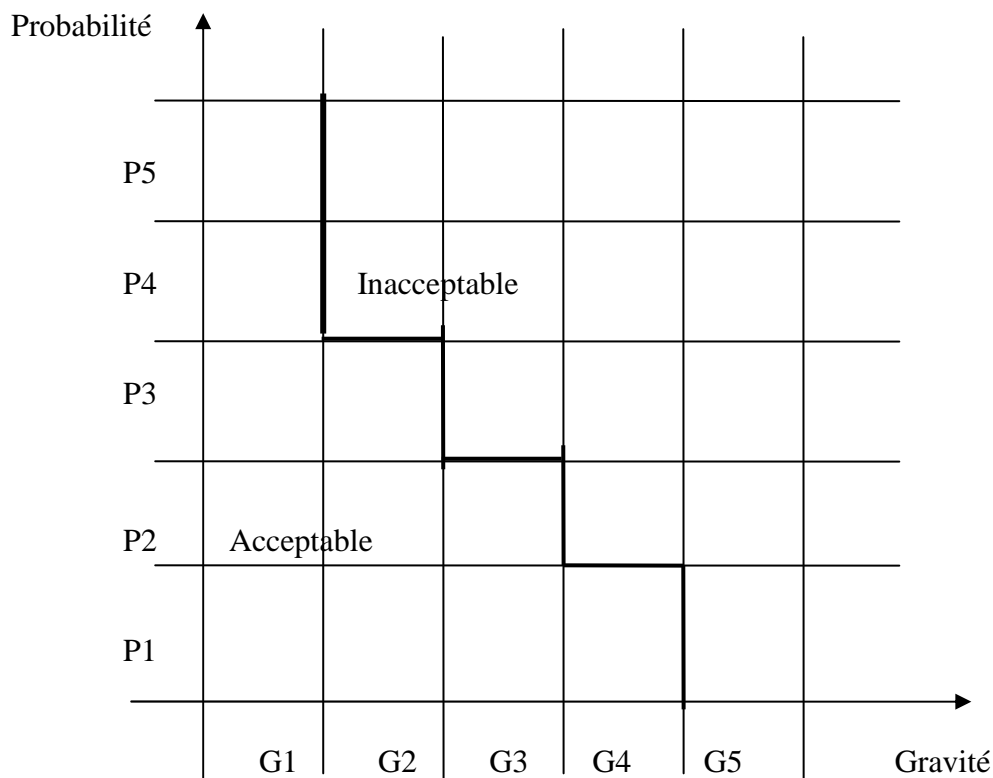
**a- Négociation de grilles gravité x probabilité :**

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des **objectifs**. La mise en évidence de scénarios de risques et leur évaluation permet de mieux définir ces objectifs.

Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille gravité x probabilité. On peut en construire une par cible.

La première chose à faire est de négocier les niveaux des deux axes de la grille. En principe on construit des axes à 4, 6 ou 8 niveaux (toujours en nombre pair pour éviter la tendance à se situer dans un niveau médian).

La deuxième chose à faire est de situer dans la grille la frontière entre ce qui est considéré comme acceptable et ce qui est considéré comme inacceptable. Ceci constitue un deuxième niveau de négociation.



**b- Définition des gravités ou effets sur une cible:**

G1 : mineur

G2 : peu important, effets réversibles.

G3 : important, effets irréversibles.

G4 : très important.

G5 : conséquences critiques ou catastrophiques, effets très importants.

**c- Définition de la probabilité de l'effet:**

P1 : très improbable

P2 : improbable

P3 : peu probable

P4 : probable

P5 : très probable

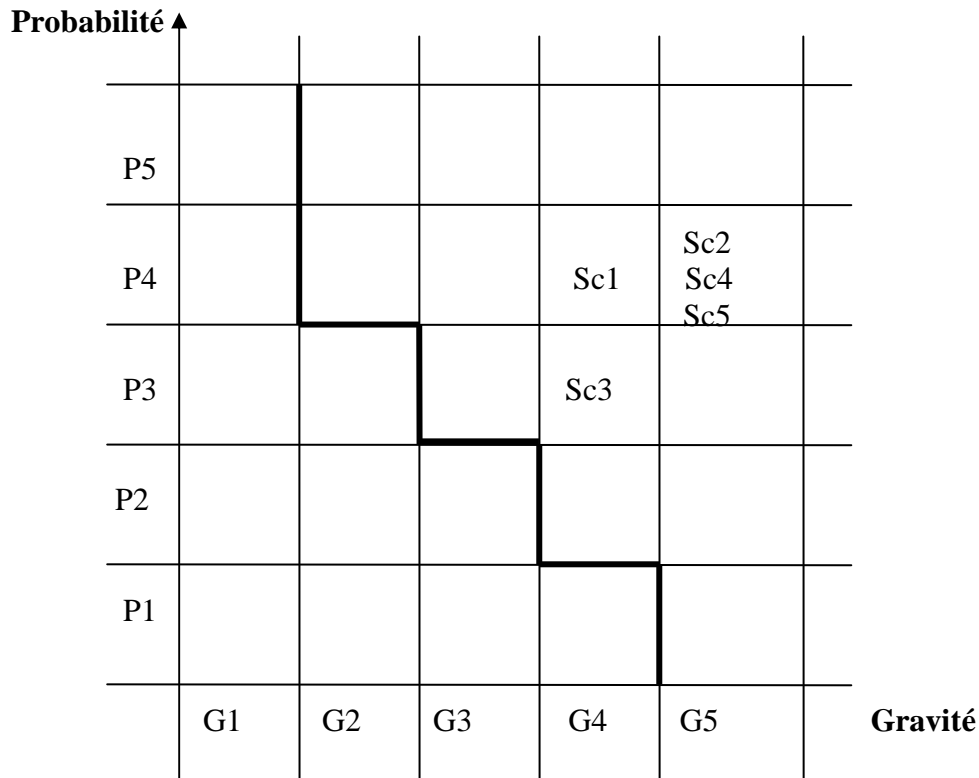
Au vu des définitions de gravité et de probabilité, on classe les différents scénarios de la manière suivante :

Scénarios	Probabilité	Gravité
Sc 1	P4	G4
Sc 2	P4	G5
Sc 3	P3	G4
Sc 4	P4	G5
Sc 5	P4	G5

**d- Situation des scénarios dans les grilles GxP et hiérarchisation de ces derniers:**

On peut ainsi les situer dans la grille G\*P afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou de l'inacceptabilité.

## Niveau de Probabilité



Diag : Domaine d'acceptabilité et d'inacceptabilité des scénarios.

**5<sup>ème</sup> Etape : Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens :**

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risque, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du côté acceptable de la frontière.

Elles sont de deux ordres :

**a- Barrières technologiques (BT)**

Ce sont des éléments ou ensemble technologique faisant partie de l'installation empêchant l'apparition d'événement gênant et indépendant de l'activité humaine.

**b- Barrières opératoires ou d'utilisation (BU)**

Ce sont des actions nécessitant une intervention humaine, reposant sur une consigne précise, activée ou non par un ensemble technologique.

L'identification se fait à l'aide d'un tableau : le tableau B qui facilite le travail.

<b>TABLEAU B</b>				
Scénario	Phase	1-1 Conception	1-2 Ventilation	2-1 Protection individuelle Du personnel
Sc 1		Achèvement des travaux de la canalisation		Respect des consignes de sécurité (BU)
Sc 2				
Sc 3				
Sc 4				
Sc 5				

2-2 surveillance médicale	2-3 formation du personnel	2-4 Habilitations	2-5 Identification des facteurs d'ambiance	2-6 Comportement humain
	Formation du personnel au contrôle des rejets			
				Plusde communication Echange d'informations

3-1 Consignes	Consignations	Procédures	3-2 Réglementation applicable	3-3 Contrôles et vérifications techniques	3-4 Télé-surveillance
			Non applicable	Contrôle laboratoire	
				Contrôle agents de l'environnement	
			Non applicable		

3-5 Maintenance	5-1 Implantation	Balisage - Accès Circulations	5-2 Influence sur l'environnement	FN	AC
	Loin des terres cultivables		Pollution, dégradation de la végétation	×	
	Présence de bassin de rétention des rejets			×	
			Pollution organique, bactéries	×	
				×	
			Perte de la biodiversité	×	

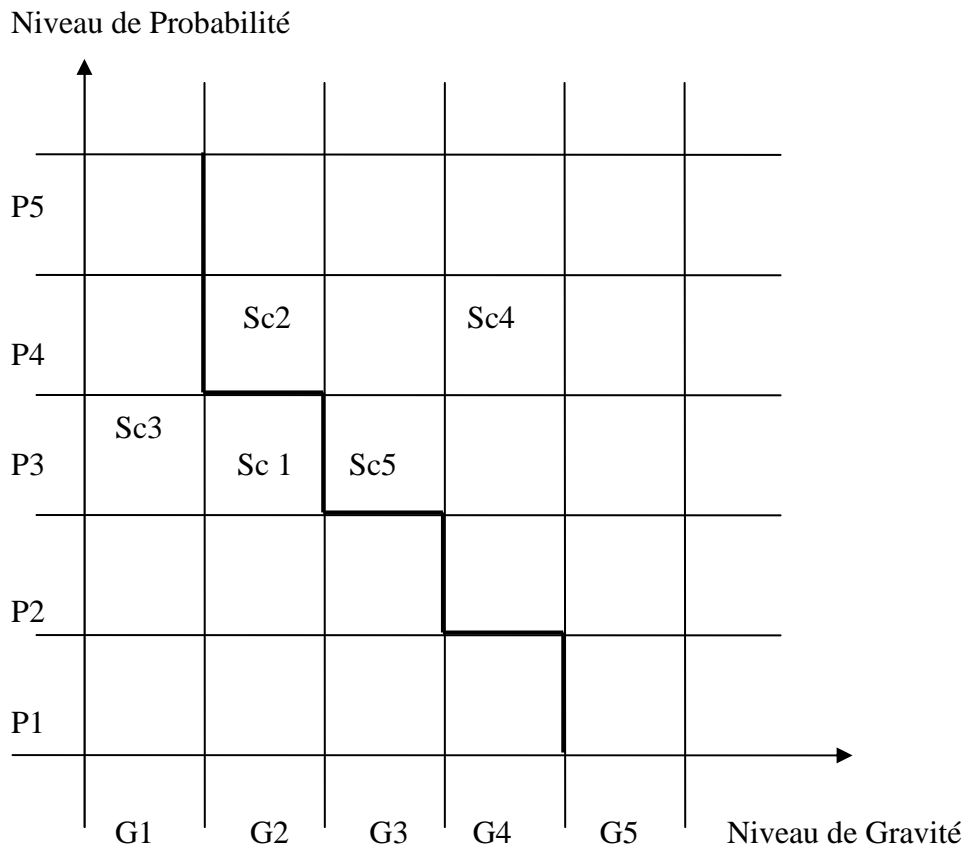
Nous venons de définir des barrières sensées limiter la fréquence ou la gravité de scénarios envisagés. Toutefois, il faut nous assurer que ces mesures ne génèrent pas de nouveaux risques. Pour cela, nous allons réaliser une qualification des barrières de prévention et de protection. Ainsi, on introduit chaque élément du tableau B dans le tableau C pour valider ces solutions.

TABLEAU C					
Barrière de conception	Scénario	Type	Éléments de conception de ces barrières	Contrôles et Vérifications techniques	Maintenance
Achèvement des travaux de la canalisation	Sc1	BT	Matériaux anti-corrosifs	Vérification pendant travaux et annuellement	Préventive
		BU	Matériaux anti-corrosifs et résistant au sel et aux mélanges de produits chimiques	Vérification hebdomadaire	Préventive
	Sc 2	BT	Laboratoire	Déjà existant	Prise en compte
Plus de communication	Sc 3	BU	Fiches explicatives		
Pus d'informations	Sc 4	BU	Prévention des risques		

La dernière chose à faire maintenant est de déterminer si les scénarios considérés présentent un risque acceptable ou non lorsque l'on tient compte des barrières mises en place.



Pour cela, nous allons examiner la nouvelle situation des scénarios dans les grilles GxP :



**Diag : Domaine d’acceptabilité et d’inacceptabilité des scénarios.**

On constate que deux scénarios passent du côté acceptable, et les trois autres restent du côté inacceptable, ce qui montre que les solutions proposées peuvent être prise en compte, sont réalisables mais les conséquences engendrées par ce genre de rejet sont très importants et causent des dangers pour la faune et la flore, de plus les risques encourus sont très graves. On trouve trois risques résiduels.

**XII- Conclusion**

Globalement, nous pouvons dire que MADS est une bonne méthode d'analyse de risque. En effet, si elle a été essentiellement créée pour des applications dans le monde de l'industrie, elle n'en reste pas moins parfaitement transposable à d'autres domaines comme pour les études d'impact sur l'environnement.

Par conséquent, les faiblesses et les points forts de l'analyse des risques dans ce domaine sont les mêmes que pour tout autre domaine. Le point négatif de la méthode est qu'elle ne nous dit pas si notre liste de scénarios ou de source de danger (tableau A) est complète, nous avons en permanence une liste non exhaustive d'évènements, ce qui peut amener à oublier certains risques. Mis à part cet aspect, la méthode MADS s'utilise très facilement.

De plus, et cela est très intéressant pour notre étude mais aussi pour d'autres, elle est extrêmement flexible et s'adapte très bien à divers domaines.

Nous pensons que dans le futur, il faudra compléter cette étude en recherchant de nouveaux scénarios de risque, de nouvelles sources de danger et de nouvelles barrières.

Le module A de la méthode MADS, nous a permis de voir que le problème lié au risque engendré par les rejets de la station peuvent être résolu par simple amélioration et réparation des dégâts mais que les effets lié à ce problème sont très importants. La détérioration de l'environnement, particulièrement l'état des terres agricoles est désolant et déplorable.

# **Conclusion générale**

---

## **CONCLUSION GENERALE :**

Suite à l'étude effectuée sur l'impact des rejets de la station de déminéralisation de Brédéah, nous sommes arrivés à différents résultats qui indiquent les effets négatifs de ces rejets sur l'environnement extérieur à la station, en particulier la salinisation des sols et la dégradation de la végétation. La démarche adoptée pour l'analyse des risques par le biais de la méthode MADS-MOSAR, a donné des résultats identiques à ceux obtenus via les analyses physico-chimiques, ceci nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Dégradation du sol par les rejets de résidus.
- Stagnation des rejets libres d'eau de rinçage des filtres et des eaux chargées de saumûre, de la Station de déminéralisation.
- Dégradation des plantations (pêchers et oliviers).
- Disparition de la végétation naturelle et salinisation du sol.
- Risque accru d'érosion des sols.
- Inondation des terres agricoles par les eaux chargées de sel et dépérissement des arbres.
- Une salinisation effrénée des terres agricoles et contamination verticale et latérale de la nappe par les rejets titrant plus de 24,23g/l de sels (résidus secs).
- Perte de la biodiversité et fragilisation des écosystèmes.
- Conflits d'usage.

C'est pourquoi, les pouvoirs publics doivent accorder une attention particulière à cette menace de pollution par la saumûre, notamment par l'application de la réglementation sévère existante dans le domaine de la protection de l'environnement.

Par conséquent, cette étude devra, éventuellement, être suivie par d'autres études complémentaires.

Dans la plupart des cas, les modifications dans les sols dues à l'action humaine directe, sont de loin plus grandes que les effets directs induits par le climat. Pour protéger les sols contre n'importe quel effet négatif telles qu'une carence ou un excès de nutriments (pollution), le mieux que pourrait faire les utilisateurs du sol, serait:

## **RECOMMANDATIONS :**

- 1- Pour la bonne gestion des rejets des eaux salées de la station et la prise en charge complète du problème de la pollution à ce niveau, on doit éviter tout conflit entre la direction de la station et les agriculteurs, concernant les différents problèmes liés aux rejets des eaux chargées de saumûre.
  - 2- Un strict respect de l'application des règlements ayant trait aux rejets des effluents liquides.
  - 3- La protection du sol contre tout type de pollution peut contribuer à la réduction des dépenses pour le traitement spécifique de l'état de salinisation des terres cultivables, afin de préserver l'environnement et la santé publique qui reste l'objectif primordial.
-

---

4- L'installation de bassins de rétention de rejet reliés à des canalisations en relation directe avec le lieu de rejet choisi (ex : sebkha d'Oran) à la sortie de la station et ce, afin d'éviter sinon limiter toute pollution d'origine industrielle.

5- Les responsables de la station de traitement doivent veiller scrupuleusement au contrôle de la qualité des eaux rejetées à l'extérieur.

En outre, l'étude effectuée sur ce phénomène a montré que :

Les risques encourus suite à ces rejets des eaux déminéralisées induit une dégradation de l'environnement, qui se manifeste par la prolifération des bactéries, des coliformes et des pathogènes ; ce qui a un impact direct sur l'être humain ; vu qu'il le premier consommateur des produits de l'agriculture, ensuite le bétail se trouve touché ainsi que toute la culture faite par les agricultures, habitant ce genre d'emplacement, où s'effectue les rejets sans contrôle. Pour cela on parle de risque sanitaire et environnemental.

**a- Le risque sanitaire (microbien et chimique):**

-Il est associé à la présence de pathogènes dans les eaux recyclées.  
-Présence de probabilité d'infection en fonction de la dose admissible obtenue à partir d'études épidémiologiques.

**b- Le risque environnemental:**

-Affectation du rendement par la salinité par l'influence d'excès d'éléments (Na, Bore,...), éviter des excès de N, P, K, et tenir compte des apports des eaux usées dans la fertilisation du sol.

Notre conclusion se résume, sur le fait que, l'absence de prise en compte de l'impact des rejets de la station sur l'environnement, a causé un problème encore plus grave que celui existant naturellement dû aux aléas climatiques, nous souhaitons que ce travail intéressera les instances concernées pour prendre en charge ce problème et trouver les solutions satisfaisants les deux parties concernées.

La protection de l'environnement est l'affaire de tous.

# **Bibliographie**

---

## **Bibliographie**

- [1] THESE doctorat, Valérie JACQUET VIOLLEAU déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant Application au lactosérum, Soutenue le 15 décembre 1999, Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle – UMR, Toulouse.
  
- [2] UNEP, Dessalement de l'eau de mer en Méditerranée, évaluation et lignes directrices. MAP Technical, Reports Séries N°139, Athènes, 2003.
  
- [3] Compréhension et modélisation des processus de dégradation, IRD (Institut de recherche et de développement).
  
- [4] L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agro-environnementaux — Rapport No 2
  
- [5] Etude des possibilités de la réutilisation des eaux de drainage dans la cuvette de Ouargla. F. AMMOUR\* Y. TOUIL\*  
Laboratoire de mobilisation et valorisation des ressources en eau (M.V.R.E), (E.N.S.H).  
\*Maître assistant chargé de cours, Université de Ouargla
  
- [6] Dessalement d'eau, Dossier informatif, Rencontre hispano – marocaine 25, 26 et 27 septembre 2006
  
- [7] Les eaux continentales, Rapport sur la science et la technologie N°25.
  
- [8] Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne : Risques et recommandations Handicap International, novembre 2001.

- 
- [9] Plan d'action pour la méditerranée commission méditerranéenne de développement durable PNUE, Atelier Gestion des demandes en eau Fréjus, 12-13 septembre 1997, Compte Rendu Original, Octobre 1997.
- [10] Déminéralisation des eaux saumâtres de Brédéah dans la région du bassin hydrographique Oranie–Chott–Chergui Partie I : Hydrogéologie de la nappe de Brédéah B. Dahmania\*, C. Bithorelb ,21 November
- [11] Degrémont, Mémento Technique de l'Eau, 9ième édition, Paris : Lavoisier, 1989, 2, 1459p, (collection Technique et Documentation)
- [12] Principaux textes législatifs et réglementaires relatifs à la protection de l'environnement.  
**Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.**
- [12] journaux officiels
- JO N°06 du 08/02/1983  
JO N°46 du 14/07/198  
JO N°07 du 06/02/1994
-



- 
- [13] Plan d'action pour la méditerranée, Réunion des Coordonnateurs nationaux pour le MED POL ,Sangemini, Italie, 27 - 30 mai 2003 ,PNUE, Athènes, 2003
- [14] Cours de physique du sol, maîtrise de la salinité des sols, Prof. A. Mermoud, Janvier 2006
- [15] Culture Sciences-Chimie articles rédigé par Viviane Renaudin (Maître de conférences au Département Génie Chimique, Génie des Procédés de l'IUT de Nancy Brabois, Université Henri Poincaré et chercheur au LSGC (Laboratoire des Sciences du Génie Chimique), CNRS, Nancy), 18 novembre 2003.
- [16] Etude et gestion des sols, 5, 4, 1998, dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau **La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau une menace pour l'avenir de l'agriculture et pour l'environnement des pays au sud de la Méditerranée**, Cl. Cheverry(1) et M. Robert(2)  
(1) Professeur de Science du Sol à l'ENSA de Rennes.  
(2) Directeur de Recherches à l'INRA.
- [17] Déminéralisation de l'eau saumâtre du forage Albien ,“Aïn Sahara” l'alimentation en eau potable de la ville de Touggourt, Salim Mebrouk Oussedik ,21 August 2000
- [18] Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision Ahmed Kettab, 30 August 2000
- [19] Risque du SAR dans l'eau d'irrigation – Lenntech ; Traitement de l'eau et de l'air 1998-2007 (2).
-

- 
- [20] RODIER J. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer) - éditions dunod technique. tome I - 629 Pages
- [21] Travaux pratiques, D.A.A. Science du sol-aménagement, D.E.A. Agronomie (option pédologie), P.HERRMAN, Décembre 1980.Ecole National de Montpellier
- [22] Du risque à l'analyse des risques, Développement d'une méthode MOSAR, Méthode Organisée et Systémique d'Analyse de Risques, Pierre PERILHON, Juin 2003.

### **Webographie :**

<http://www.lesoirdalgerie.com/articles/2005/05/23/article.php?sid=23488&cid=2> (1)

<http://www.lenntech.com/français/>

<http://www.worldwatercouncil.org/index.php>

[http://www.unesco.org/water/index\\_fr.shtml](http://www.unesco.org/water/index_fr.shtml)

[http://www.lesnouvelles.org/P10\\_magazine/16\\_analyse/16026\\_dessalinisation.html](http://www.lesnouvelles.org/P10_magazine/16_analyse/16026_dessalinisation.html)

<http://hydram.epfl.ch/docs/Ma%E9trise%20salinit%E9.pdf>

<http://grenoble.eau.pure.free.fr/analyses.htm>

<http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier645-7.php>

---

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=15956009>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Portail:Eau>

<http://www.comlive.net/sujet-130870.html>

[http:// www.Ondéo-dégremont.com](http://www.Ondéo-dégremont.com)

<http://www.sefrance.com>

[http://www.agr.gc.ca/nlwis-snite/index\\_f.cfm?s1=pub](http://www.agr.gc.ca/nlwis-snite/index_f.cfm?s1=pub) et [s2=hs\\_ssetpage=14](http://www.agr.gc.ca/nlwis-snite/index_f.cfm?s2=hs_ssetpage=14)

<http://www.mate-dz.org>.

<http://www.lenntech.com/français/feedbackfr.htm> (2).

# Annexes

---

**Arrêté du 23 février 2001 fixant les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant de la rubrique 2.3.0 (1°, b, et 2°, b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié**

(JO du 27 février 2001)

Arrête :

***Chapitre II : Dispositions techniques spécifiques***

**Section I : Conditions de conception, d'implantation et de réalisation**

**Article 4 de l'arrêté du 23 février 2001**

Le dispositif de rejet est aménagé de manière à réduire autant que possible la perturbation apportée par le déversement au milieu récepteur, aux abords du point de rejet, compte tenu des utilisations de l'eau à proximité immédiate de celui-ci.

- pour un arrêté de biotope, le rejet ne doit pas entraîner une dégradation du biotope considéré tel que protégé par arrêté pris en application de l'article R. 211-12 du Code rural.

**Section II : Conditions d'exploitation des travaux et ouvrages**

**Article 7 de l'arrêté du 23 février 2001**

Les eaux rejetées ne sont pas de nature à porter atteinte à la santé publique et ne compromettent pas l'équilibre biologique du milieu.

Après dilution dans le milieu récepteur, la qualité des eaux dans le champ proche du rejet ne porte pas atteinte à la vie piscicole.

**Article 8 de l'arrêté du 23 février 2001**

Les rejets sont dépourvus de matières surnageantes, de toute nature, ne provoquent pas de coloration inhabituelle du milieu récepteur, ne sont pas la cause de dégradation notable des abords du point de rejet ou d'ouvrages de toute nature situés dans le milieu récepteur.

Les rejets ne contiennent pas de substances, en quantité et concentration, capables d'entraîner la destruction de la flore et de la faune. Ils ne dégagent pas d'odeur putride ou ammoniacale avant et après 5 jours d'incubation à 20 °C.

Lorsque les nécessités de protection du milieu et des usages le justifient ou lorsque l'hydrodynamisme ne permet pas d'assurer une bonne dilution et dispersion du rejet, le déclarant doit prévoir un système de traitement.

---

Le préfet peut imposer des valeurs limites de rejets en demande chimique en oxygène (DCO), demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO), carbone organique total (COT), matières en suspension (MES), ammoniac (NH<sub>4+</sub>), pH, température, ... en flux journalier moyen ou en concentration maximale, si le rejet présente une qualité variable dans la journée. Il peut également imposer une qualité bactériologique au rejet, notamment lorsque le rejet est situé à moins d'un kilomètre d'une des zones mentionnées à l'article 4 du présent arrêté.

En outre, lorsque le rejet est effectué dans l'une de ces zones, son pH doit être compris entre 5.5 et 8.5, et sa température ne doit pas excéder 30°C. De plus, la différence maximale de température entre l'eau prélevée et l'eau rejetée ne dépassera pas 11°C.

#### **Article 9 de l'arrêté du 23 février 2001**

Tout incident est immédiatement déclaré au préfet et aux maires concernés conformément à l'article L. 211-5 du Code de l'environnement et sans préjudice des mesures que peut prescrire le préfet, le déclarant prend ou fait prendre toutes les mesures possibles pour mettre fin à la cause de danger ou d'atteinte au milieu aquatique et y remédier.

En prévision de ces pollutions, en amont du rejet ou du site de traitement, s'il existe, le préfet peut imposer une vanne d'isolement permettant la retenue d'un écoulement accidentel dans un réceptacle approprié.

### **Section III : Conditions de suivi des aménagements et de leurs effets sur le milieu**

#### **Article 10 de l'arrêté du 23 février 2001**

Le déclarant met à disposition des fonctionnaires chargés du contrôle, sur leur réquisition, le personnel et les appareils nécessaires pour procéder à toutes les mesures de vérification et expériences utiles pour constater l'exécution des présentes prescriptions.

#### **Article 13 de l'arrêté du 23 février 2001**

Si le rejet est périodique, le préfet peut demander au déclarant de modifier les débits, les périodes et les temps de rejet pour s'adapter aux conditions hydrodynamiques, aux débits en période d'étiage naturel ou de crue, et/ou par mesure de salubrité publique.

### **Section IV : Dispositions diverses**

#### **Article 14 de l'arrêté du 23 février 2001**

Le service chargé de la police de l'eau peut, à tout moment, procéder à des contrôles inopinés. Le déclarant permet aux agents chargés du contrôle de procéder à toutes les mesures de vérification et expériences utiles pour constater l'exécution des présentes prescriptions.

---

---

À cet effet, les accès aux points de mesure ou de prélèvements sur les ouvrages d'aménée et d'évacuation sont aménagés, notamment pour permettre la mise en place du matériel de mesure et de prélèvement.

Les agents chargés de la police de l'eau et des milieux aquatiques ont constamment libre accès aux installations de rejet.

À cet effet, un regard accessible en permanence est mis en place aux frais du pétitionnaire, permettant de réaliser les prélèvements aux fins d'analyses.

Les frais d'analyses inhérents à ces contrôles inopinés sont à la charge du déclarant. Les analyses sont réalisées par des laboratoires agréés par le ministère de l'environnement.

#### **Article 19 de l'arrêté du 23 février 2001**

Les dispositions du présent arrêté ne sont pas applicables aux installations, ouvrages, travaux et activités existants et légalement réalisés ou exercés à la date de publication du présent arrêté.

#### **Article 20 de l'arrêté du 23 février 2001**

Le directeur de l'eau est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait Paris, le 23 février 2001.

Pour la ministre et par délégation ; Le directeur de l'eau,

**B. Baudot**

---

**Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, p.5 (N° JORA : 046 du 14-07-1993)**

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale,

Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116;

Vu la loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement;

Vu la loi n°83-17 du 16 juillet 1983 relative au code des eaux;

Vu la loi n°85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé;

Vu la loi n°89-23 du 19 décembre 1989 relative à la normalisation;

Vu la loi n°90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune;

Vu la loi n°90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya;

Vu le décret présidentiel n°92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du Gouvernement;

Vu le décret présidentiel n°92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement;

Vu le décret n°92-489 du 28 décembre 1992 fixant les attributions du ministre de l'éducation nationale;

Décète:

**Article 1**

Le présent décret a pour objet, en application des dispositions de la loi n°83-03 du 5 février 1983 et de la loi n°83-17 du 16 juillet 1983 susvisées, de réglementer les rejets d'effluents liquides industriels.



---

## **CHAPITRE I**

### **DISPOSITIONS GENERALES**

#### **Article 2**

Au sens du présent décret, il est entendu par rejet tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel.

#### **Article 3**

Les rejets, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, sont soumis à autorisation conformément aux dispositions du présent décret.

L'autorisation détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets.

## **CHAPITRE II**

### **DES CONDITIONS D'OBTENTION, DE RETRAIT OU**

### **DE MODIFICATION DES AUTORISATIONS**

#### **Article 4**

Sans préjudice des conditions de l'article 101 de la loi n°83-17 du 16 juillet 1983, susvisée, les rejets d'effluents liquides industriels, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, ne peuvent être autorisés que:

- s'ils ne dépassent pas à la source les valeurs limites maximales telles qu'annexées au présent décret.
- s'ils remplissent les conditions techniques dont la définition fera, l'objet d'un arrêté du ministre chargé de la protection de l'environnement.

#### **Article 5**

Les conditions techniques prévues à l'article 4 ci-dessus tiennent compte notamment:

- du débit et du degré de pollution des eaux réceptrices et de leur capacité de régénération naturelle,
- des conditions d'utilisation des eaux réceptrices et des exigences de l'alimentation en eau des populations,
- de la protection de la faune et de la flore et des exigences sanitaires économiques et touristiques,
- de l'importance et de la nature des rejets.

---

## **Article 6**

L'autorisation de rejet prévue à l'article 3 du présent décret, est délivrée par le ministre chargé de l'environnement après avis du ministre chargé de l'hydraulique.

## **Article 7**

Les demandes d'autorisation de rejet sont adressées en trois exemplaires au ministre chargé de l'environnement par l'intermédiaire du wali territorialement compétent.

## **Article 8**

Les dossiers de demande d'autorisation de rejet comportent notamment:

- 1) les noms, prénoms, qualité et domicile du demandeur ou si la demande émane d'une collectivité, d'une entreprise publique ou de toute autre personne morale, les indications suivantes: nature, siège, objet, noms, prénoms et qualité du ou des représentants habilités auprès de l'administration,
- 2) la description de l'emplacement de l'opération projetée et le cas échéant de sa profondeur et des niveaux souterrains dans lesquels elle s'effectue,
- 3) la nature et l'importance du rejet, les conditions d'évacuation ou de dépôt notamment sa répartition dans le temps, les mesures proposées pour remédier à la pollution des eaux,
- 4) la nature des agents polluants susceptibles d'altérer la qualité des eaux,
- 5) la description technique des installations prévues pour éviter d'altérer la qualité des eaux ou de nuire à la salubrité publique.

A la demande est jointe une carte à l'échelle minimale de 1/50.000 sur laquelle est reporté l'emplacement de l'opération projetée.

Lors de l'instruction de la demande, il peut être exigé la présentation d'un plan à grande échelle où seront reportés les exploitations, les immeubles et les établissements situés dans le périmètre considéré.

## **Article 9**

L'acte d'autorisation définit les prescriptions techniques que devront respecter les rejets.

Il prescrit, le cas échéant, l'exécution par le demandeur et à ses frais de puits permettant de contrôler la qualité des eaux souterraines.

---

## **Article 10**

Lorsque les conditions de rejet sont jugées, par l'inspecteur de l'environnement, non conformes à celles prévues par l'autorisation de rejet, à sa demande, le wali territorialement compétent met en demeure le propriétaire de l'installation de prendre, dans le délai qu'il lui aura fixé, l'ensemble des mesures et actions à même de rendre le rejet conforme aux prescriptions de l'acte autorisant le rejet.

## **Article 11**

A l'expiration du délai prévu ci-dessus, et lorsque le propriétaire n'aura pas obtempéré, le wali décide de l'arrêté provisoire du fonctionnement des installations responsables de la pollution jusqu'à l'exécution des conditions imposées.

Dans ce cas, sur rapport du wali, le ministre chargé de l'environnement prononce le retrait de l'autorisation de rejet et ce, sans préjudice des poursuites judiciaires prévues par la législation en vigueur.

## **Article 12**

L'autorisation de rejet peut faire l'objet d'une modification dans les mêmes formes que celles qui ont prévalu pour son obtention, soit à la demande du titulaire de l'autorisation ou des tiers intéressés, soit d'office de la part de l'autorité compétente.

## **Article 13**

Les autorisations de rejets sont modifiées ou retirées d'office sur proposition de l'inspecteur de l'environnement ou à la demande de tout autre service concerné et notamment ceux chargés de la protection de la nature, de la santé ou de l'hydraulique.

## **Article 14**

Les autorisations de rejets sont modifiées ou retirées d'office:

- en cas de non respect des délais et prescriptions prévues par l'acte autorisant le rejet,
- lorsqu'il aura été mis obstacle à l'accomplissement des contrôles et exercices de leurs fonctions aux inspecteurs chargés de la protection de l'environnement sans préjudice de l'application de l'article 139 de la loi n°83-03 du 5 juin 1993 susvisée.

Les modifications ou retraits d'autorisation ne donnent lieu à aucune enquête publique. Toutefois, le titulaire de l'autorisation peut faire usage de son droit de recours.

---

## **CHAPITRE IV**

### **DES CONTROLES**

#### **Article 15**

Il est institué des contrôles périodiques et inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets.

Les contrôles sont effectués soit à l'occasion des visites et vérifications prévues par le présent décret, soit en vue de constater les infractions aux dispositions des lois n°83-03 du 4 février 1983 et n°83-17 du 16 juillet 1983 susvisées.

#### **Article 16**

Sont habilités à effectuer les contrôles prévus à l'article 15 ci-dessus les inspecteurs de l'environnement.

Les inspecteurs, cités ci-dessus agissant dans le cadre de leurs attributions, ont, à cette fin, accès impérativement aux installations de rejet qu'ils sont chargés de contrôler.

#### **Article 17**

Le contrôle des rejets comporte, selon le cas, un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.

Les méthodes d'échantillonnages, de conservation et de manipulation des échantillons sont effectuées selon la norme algérienne en vigueur.

#### **Article 18**

Lorsque les dispositifs d'épuration existent, le contrôle des rejets est opéré à l'aval de ces dispositifs.

Lorsqu'il est fait appel au procédé de l'épandage, le contrôle des rejets est également opéré avant épandage.

#### **Article 19**

Les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi par l'inspecteur de l'environnement habilité à cet effet.

---

---

Le procès verbal comporte:

- les noms, prénoms et qualité de l'inspecteur de l'environnement chargé du contrôle,
- la désignation du ou des auteurs présumés du rejet et de la nature de leur activité,
- la date, l'heure, l'emplacement et les circonstances de l'examen des lieux et des mesures faites sur place,
- les constatations relatives à l'aspect, la couleur, l'odeur du rejet, l'état apparent de la faune et de la flore à proximité du lieu de rejet et les résultats des mesures et des analyses opérées sur place.

### **Article 20**

Lorsque des prélèvements et des analyses sont opérés, le procès-verbal comporte:

- l'identification de chaque échantillon prélevé, accompagnée de l'indication de l'emplacement, de l'heure et des circonstances de prélèvement,
- le nom du ou des laboratoires destinataires de l'échantillon prélevé.

### **Article 21**

Tout prélèvement opéré aux fins d'analyse donne lieu à l'établissement d'échantillons placés chacun dans un récipient approprié et mis sous scellés avec étiquette portant:

- les dates, heures et lieu de prélèvement,
- l'identification complète de chaque échantillon,
- la signature de l'inspecteur de l'environnement chargé du contrôle.

Les échantillons sont conservés sous la responsabilité de l'inspecteur de l'environnement qui les place dans des conditions de bonne conservation.

### **Article 22**

L'analyse des échantillons porte sur leurs caractéristiques physique, chimique et biologique.

Elle peut être accompagnée d'analyses bactériologiques.

Des analyses spéciales, déterminées selon les activités qui sont à l'origine des rejets, peuvent compléter le contrôle.

Les analyses sont effectuées, selon les normes algériennes en vigueur, par des laboratoires agréés dont la liste est fixée par un arrêté conjoint du ministre chargé de l'environnement, du ministre chargé de l'hydraulique et du ministre chargé de la santé.

---

### **Article 23**

Lorsque des termes du procès-verbal ou des analyses, il ressort la commission d'infraction, l'inspecteur de l'environnement chargé du contrôle transmet le procès-verbal contenant lesdites infractions au ministère public territorialement compétent.

### **Article 24**

Toute infraction aux dispositions du présent décret sera punie conformément aux lois en vigueur.

### **Article 25**

Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

**Fait à Alger, le 10 juillet 1993.**

**Bélaïd ABDESSELAM.**

### **Lutte contre les maladies à transmission hydrique :**

- **Arrêté interministériel du 26 Mai 1996, portant** création organisation et fonctionnement du comité national de lutte contre. les maladies à transmission hydrique (J.O n°81/96),

---

**ANNEXE**

**VALEURS LIMITES MAXIMALES DES PARAMETRES DE REJET DES  
INSTALLATIONS DE DEVERSEMENT INDUSTRIELLES**

<b>PARAMETRES</b>	<b>UNITES</b>	<b>VALEURS MAXIMALES</b>
<b>Températures</b>	<b>C°</b>	<b>30</b>
<b>PH</b>	<b>"</b>	<b>5,5 à 8,5</b>
<b>Mes</b>	<b>mg/l</b>	<b>30</b>
<b>DBO5</b>	<b>"</b>	<b>40</b>
<b>DCO</b>	<b>"</b>	<b>120</b>
<b>Azote Kjeldahl</b>	<b>"</b>	<b>40</b>
<b>Phosphates</b>	<b>"</b>	<b>02</b>
<b>Cyanures</b>	<b>"</b>	<b>0,1</b>
<b>Aluminium</b>	<b>"</b>	<b>5</b>
<b>Cadmium</b>	<b>"</b>	<b>0,2</b>
<b>Chrome 3+</b>	<b>"</b>	<b>3,0</b>
<b>Chrome 6+</b>	<b>"</b>	<b>0,1</b>
<b>Fer</b>	<b>"</b>	<b>5</b>
<b>Manganèse</b>	<b>"</b>	<b>1</b>
<b>Mercure</b>	<b>"</b>	<b>0,01</b>
<b>Nickel</b>	<b>"</b>	<b>5</b>
<b>Plomb</b>	<b>"</b>	<b>1</b>
<b>Cuivre</b>	<b>"</b>	<b>3</b>
<b>Zinc</b>	<b>"</b>	<b>5</b>
<b>Huiles et Graisses</b>	<b>"</b>	<b>20</b>
<b>Hydrocarbures</b>	<b>"</b>	<b>20</b>
<b>Phénols</b>	<b>"</b>	<b>0,5</b>
<b>Solvants organiques</b>	<b>"</b>	<b>20</b>
<b>Chlore actif</b>	<b>"</b>	<b>1,0</b>
<b>PCB</b>	<b>mg/l</b>	<b>0,001</b>
<b>Détergents</b>	<b>"</b>	<b>2</b>
<b>Tensio-actifs anioniques</b>	<b>"</b>	<b>10</b>