

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Hydraulique

MEMOIRE DE Master

En vue de l'obtention du diplôme du master en hydraulique

Réalisé par :

- **MOKHTARI Oussama**

Thème :

**Elaboration de cartes thématiques des
caractéristiques des rejets des stations de
dessalement en Algérie**

Encadreur :

Mr. A.LEFKIR

Docteur (ENTP)

Président de jury :

Mr. A.BERMAD

Professeur (ENP)

Examineurs :

Mr. A.ALOUACHE

M.A.A (ENSKouba)

Mr. BENMOKHTAR

M.A.A (ENP)

Promotion 2015

Remerciements

Il apparaît opportun de commencer cette mémoire des remerciements à Dieu, mes parents et ma famille de m'avoir offert les bonnes conditions pour pouvoir continuer mes études, ceux qui m'ont beaucoup soutenu au cours de ce stage ainsi que ceux qui ont eu la gentillesse de le rendre très profitable.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements à :

- ***Mr. LEFKIR**, mon parrain qui m'a assuré de bonnes conditions pour le déroulement de mon master.*
- ***Mr. Abdelmalek. BERMAD**, pour l'encadrement technique et pour m'avoir guidé, encouragé et conseillé pendant toute la période du master.*
Je tiens à mentionner le plaisir que j'ai eu de travailler avec lui.

Je remercie tous ceux qui ont veillé à ce que ce travail soit ce qu'il est, leurs conseils, instructions, suggestions ou contributions.

Nos remerciements et notre gratitude vont également à l'ensemble des membres du jury qui ont bien voulu accepter examiner notre travail.

Nos remerciements et notre reconnaissance vont à tous les enseignants du département pour la qualité de la formation qu'ils nous ont donné durant les trois années de spécialité

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui ont fait de moi ce que je suis.

A mes sœurs pour qui j'ai toujours tenu à donner le meilleur de moi-même.

A mes grands-parents, qui m'a toujours soutenu.

A tout mes amis qui ont toujours été là pour moi.

A mes amis et camarades de l'Ecole Nationale Polytechnique, et toute la promotion Hydraulique de l'année 2015.

Aux anciens hydrauliciens qui m'ont servis d'exemples.

A tous ceux qui me sont chers, et qui me portent dans leurs cœurs.

MOKHTARI OUSSAMA

ملخص

الهدف من مشروع التخرج هذا هو أن ندرك خريطة المواضيعية للصرف لمحطات تحلية المياه في الجزائر عن طريق استخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافية.

هذا البرنامج هو أداة للمساعدة في القرار الذي سمح لنا لاستخراج أقصى قدر من المعلومات لحقول مختلفة محلول ملحي عن طريق إجراء دراسة مقارنة محلول ملحي و المعايير الدولية.

كلمات مفتاحية: محلول ملحي ، تحلية الماء، ماء البحر، المعايير.

Résumé

Le but de cette mémoire est réaliser une carte thématique des rejets des stations de dessalement en Algérie en manipulant un logiciel du système d'information géographiques c'est le MapInfo.

Ce logiciel est un outil d'aide à la décision, il nous a permis de faire des sectorisations pour les différentes champs du rejet de la saumure afin d'extraire le maximum d'information en faisant une étude comparative entre le rejet et la norme dont le but de juger et d'essayer de comprendre quel est la source de de cette forte variation.

Mots clés : le MapInfo, le rejet, la saumure, sectorisation, station de dessalement, eau de mer

Abstract:

The purpose of this work is to make a thematic map of discharges from desalination plants in Algeria by manipulating a software geographical information system, the MapInfo

This software is a tool for decision, it allowed us to make sectorization for different fields of rejection brine to extract the maximum information by making a comparative study of rejection and whose standard the purpose of prosecuting and trying to understand what is the source of this strong variation.

Keyword: MapInfo, rejection water, sectorization, desalination plant, Seawater,

Liste des tables

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale.....1

Chapitre1 : le dessalement en Algérie

I.1.solution peu rependre au manque d'eau.....2

1.2. La stratégie de dessalement en Algérie.....3

I.3.L'expérience Algérienne dans le dessalement.....5

I-3-1-Les stations existantes7

I-4- Le programme d'urgence.....10

Chapitre2 : les modes de rejets

II-1-Effets potentiels des rejets de saumures sur le milieu marin11

II-2- Origine et type des émissions et rejets12

II-2-1-La saumure concentrée.....14

II-2-2-Les rejets chimiques.....15

II -2-3- Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes.....17

II -3- Les émissions atmosphériques.....18

II -4- Pollution sonore.....20

II -5- Les enjeux techniques21

II -6- L'aspect économique22

II -7- Effets dus au prélèvement d'eau de mer23

II-8 Les modes de rejet24

Chapitre3 : les SIG

III.1. Présentation générale des systèmes d'information géographique29

III.1.1. L'apport de l'informatique pour la géographie et la cartographie30

III.2. La saisie des informations	31
III.3. Le rôle du SIG	31
III.4. Le concept de SIG	32
III.5. Les apports du SIG	35

Chapitre 4 : les cartes de rejets

IV.1. Présentation des fenêtres d'accueil de MapInfo	29
IV.2. Discussion de la qualité de l'eau de mer après dessalement.....	39
IV.3. Interprétation des résultats	43
Conclusion générale.....	55

Reference bibliographiques

Annexe

Figure n°	Les titres	Page
Figure I.1	Capacité de production et nombre de station pour différentes techniques	03
Figure I.2	Répartition des stations monobloc	14
Figure I.3	Choix du procédé de dessalement selon la salinité des eaux,	15
Figure II.1	Herbier de posidonies de Méditerranée	16
Figure II.2	Schéma d'un émissaire de rejet par diffusion »	16
Figure IV.1	Le rejet du chlorure et sa norme pour chaque station	32
Figure IV.2	L'excès du rejet du chlorure pour chaque station	33
Figure IV.3	Le rejet du Sulfate et sa norme pour chaque station	34
Figure IV.4	L'excès du rejet du chlorure pour chaque station	35
Figure IV.5	Le rejet du Magnésium et sa norme pour chaque station	36
Figure IV.6	L'excès du rejet du chlorure pour chaque station	37
Figure IV.7	Le rejet du sel et sa norme pour chaque station	38
Figure IV.8	L'excès du rejet du chlorure pour chaque station	39

Tableau n°	les titres	N° de page
Tableau I-1:	Stations exploitées par Sonelgaz	08
Tableau I-2:	Stations exploitées par «SONATRACH»,	09
Tableau I-3-	Stations exploitées par d'autres Compagnies	11
Tableau I-4-	Les Stations Monoblocs réalisées	11
Tableau I-5	Les 15 grandes Stations réalisées ou en cours de réalisation	14
Tableau II-1	Résumé des phases de la production d'eau potable par OI et devenir des produit utilisés	15
Tableau II -2	Composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer	19
Tableau II -3	Indicateurs de durabilité pour les usines d'OI et de MSF avec une source locale d'énergie électrique	22
Tableau II -4	L'évaluation des impacts associés à l'osmose inverse	23



Introduction Générale



INTRODUCTION GENERALE :

La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde.

En Méditerranée, les besoins en eau présents et futurs accusent une croissance effective. On estime que, d'ici à 2025, les demandes en eau augmenteront de 32% au moins pour les pays du sud et de l'est. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être uniquement couverts et satisfaits que si l'on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l'eau.

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

Le dessalement de l'eau de mer est, dans les pays méditerranéens, une industrie en essor constant. 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 de dessalement. 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 marin.

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.

A travers ce travail nous allons étudier les différents modes de rejet et l'influence de ces rejets liquides issus du dessalement, entre autre la saumure sur la composition de l'eau de mer, ainsi la valorisation de ces rejets.

Dans cette étude nous allons montrer les caractéristiques des rejets des stations de dessalement en Algérie en élaborant une carte thématique à l'aide d'un logiciel du SIG c'est le MapInfo.



CHAPITRE I

Le dessalement en Algérie



Introduction :

L'Algérie dispose des ressources en eau très limitées. Tout au moins au nord où vivent les trois quarts de la population. Et à cause des périodes de sécheresse et l'accroissement de la population qui sont autant des facteurs de déstabilisation de l'équilibre de l'environnement

Cette situation n'a jamais pu être réglée à ce jour, Notre pays souffre d'un manque d'eau à cause de :[1]

- ✓ Le Changement climatique, facteur aggravant
- ✓ Les impacts sur les écoulements de surface
- ✓ Les changements affectant les eaux de barrages
- ✓ Les changements affectant les nappes phréatiques
- ✓ Incidence du changement climatique sur l'irrigation
- ✓ Incidence du changement climatique sur l'assainissement
- ✓ Les risques d'inondations
- ✓ La mauvaise répartition spatiale de ressource.
- ✓ Coût élevé de l'exploitation des stations de purification et le stockage.
- ✓ Irrégularité des pluies, et mauvaise distribution de l'eau
- ✓ Manque de maintenance des puits, réservoirs et barrages
- ✓ La pollution des nappes et des eaux superficielles dépasse en volume les capacités de traitement des systèmes d'épuration installés ;
- ✓ Sécheresse a un impact négatif sur L'écoulement dans les rivières Le remplissage des barrages et réservoirs

I.1.solution pour répondre au manque d'eau :

Quelle est la méthode la plus envisageable pour répondre aux problèmes de pénurie d'eau douce

L'insuffisance des ressources en eau conventionnelles et la croissance démographique induisant des besoins de plus en plus importants en eau potable, les autorités algériennes ont retenu comme alternative le recours à l'option du dessalement de l'eau de mer. Cette solution revêt un caractère stratégique, garantissant ainsi l'alimentation en eau potable des populations indépendamment des aléas climatiques.

❖ **Le choix de la solution « dessalement »** doit faire l'objet d'une comparaison technico-économique avec le transfert de l'eau douce

❖ **Le dessalement permet :**

✓ Le renforcement des ressources en eau

✓ L'amélioration de la qualité de l'eau distribuée

✓ La sécurisation de la desserte des grands pôles de consommations localisés sur les zones côtières.

✓ Réduire les distances entre les lieux de production et de consommation de l'eau douce, il requiert d'importantes quantités d'énergie.

Le dessalement d'eau, bonne solution :

❖ Le dessalement d'eau est un des leviers de la stratégie nationale du secteur de l'eau, basée sur le principe de la gestion intégrée et durable des ressources en eau Le dessalement de l'eau est un processus qui permet d'obtenir de l'eau douce (potable) à partir d'une eau saumâtre ou eau de mer

❖ Le dessalement de l'eau de mer représente une ressource alternative qui apporte des réponses aux besoins en eau à court et à long terme, il permet notamment : d'augmenter la ressource en eau douce disponible, de fournir une solution en cas de sécheresse et de faire face aux situations de pénuries et de crise [2]

❖ Le dessalement est un moyen moderne et une technique qui a fait ses preuves dans le monde, est une très bonne solution pour répondre au manque d'eau par rapport à une filière de traitement d'eau de rivière.

❖ **Capitalisation d'un savoir-faire :**

✓ Etude et Choix des modes des prises

✓ Prise de conscience de l'aspect environnemental

✓ Choix des matériaux des canalisations et des équipements

✓ Maîtrise des ratios d'exploitation

✓ Acquisition d'une expertise en dessalement

✓ Veille technologique

1.2. La stratégie de dessalement en Algérie :

❖ L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie et tout particulièrement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution, il s'agit de l'unité de déminéralisation de Ouled Djellaba dans la wilaya de Biskra (sud-est algérien). et par cette expérience l'Algérie prend un chemin dans ce domaine, on peut noter :

- ✓ Déférente installations « monobloc » environ de 31 stations
- ✓ Déférente installations « grand bloc » environ de 09 stations

I.3.L'expérience Algérienne dans le dessalement:

La variante du dessalement de l'eau s'avère la solution convenable : le pays dispose de 1440 km de côtes sur la mer méditerranée. La première installation de dessalement remonte à l'année 1964 à Arzew, d'une capacité de 576 m³/j travaillant en Multiples effets. L'installation de l'usine de Mostaganem en 1980 a été la plus grande du monde à cet époque, produisant environ 57.600 m³ /j. [3]

Le nombre de stations de dessalement installées à ce jour est de 56 stations ayant une capacité totale de 146.000 m³ /j environ. Les techniques de dessalement qui ont été adoptées sont très diversifiées ; pratiquement tous les procédés membranaires et de distillation.

Divers organismes interviennent dans la construction des stations de dessalement (tutelle et exploitation): Ministère des ressources en eau (représenté par l'Algérienne Des Eaux : ADE), SONATRACH (la Compagnie nationale pétrolière), SONELGAZ (la Compagnie nationale de l'électricité et du gaz), la Compagnie nationale « l'Algérienne de l'Energie » (créé récemment entre SONATRACH et SONELGAZ), la société privée Tongo, etc, [3].

I-3-1-Les stations existantes :

Sur les 56 stations réalisées, 22 fonctionnent par la technique d'osmose inverse et produisent plus de 60% de la capacité totale installée, 12 fonctionnent par la technique d'échange d'ions, 9 stations par l'électrodialyse. , 3 stations par MFS, 3 stations par Multiples effets. [3]

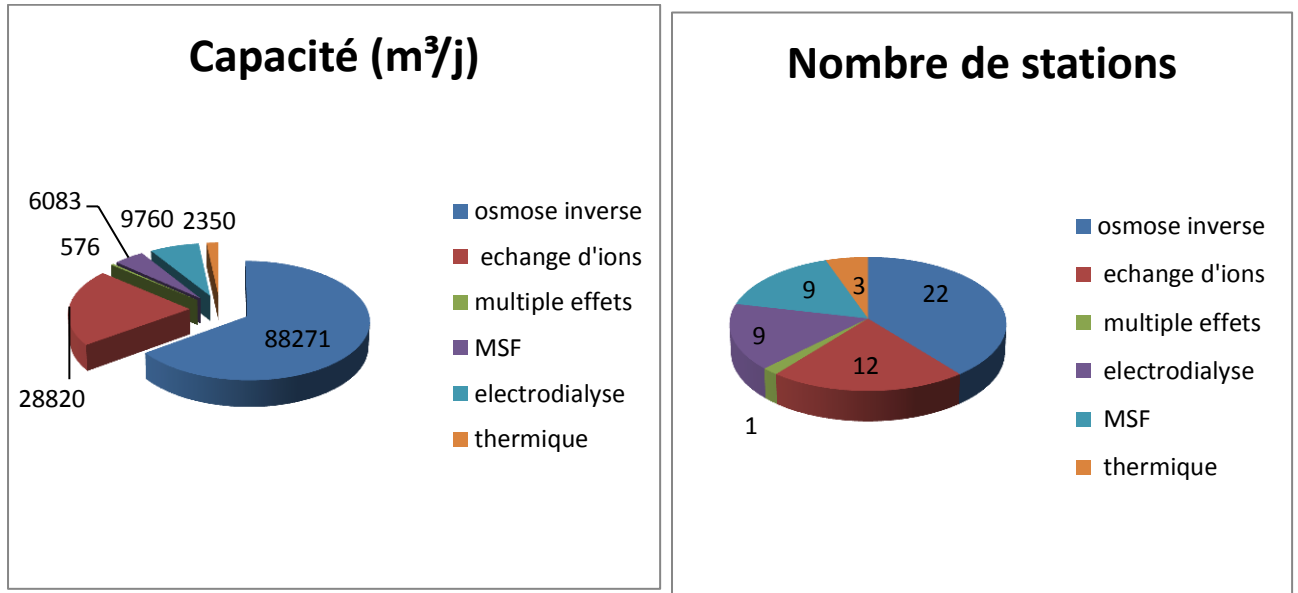


Figure I-1 : Capacité de production et nombre de station pour les différentes techniques

I-3-2-Stations exploitées par le Ministère des ressources en eau :

Pour l'alimentation en eau potable, deux installations seulement ont été réalisées :

- L'installation de l'Ouenza dans la wilaya de Guelma, type Osmose Inverse et d'une capacité de production de 3.360 m³/J
- L'installation de Ouled Djellal, type électrodialyse et dont la capacité de production est de 4.320 m³/J ; mise en service en 1981. [3]

I-3-3-Stations installées par la Compagnie «SONELGAZ»:

Pour des besoins de production d'énergie électrique et compte tenu de l'insuffisance et de la qualité des eaux distribuées dans les réseaux d'AEP, SONELGAZ a doté chacune de ces nouvelles centrales à vapeur, d'unité de dessalement d'eau de mer pour produire de l'eau nécessaire à l'appoint des chaudières. [3]

Tableau I-1: Stations exploitées par Sonelgaz

Centrale	Capacité (m ³ /j)	Technique	Année d'installation
Mers el Hadjadj	1500	Thermo compression	1977
Mers el Hadjadj	2000	MSF	1991
Mers el Hadjadj	500	Thermo compression	1989
Cap Djinet	2000	MSF	1985
Jidjel	2000	MSF	1992
Jidjel	500	Osmose inverse	1992

I-3-4-Stations installées par la Compagnie «SONATRACH»:

A l'époque de l'inauguration de la station de Mostaganem par la Compagnie citée plus haut, dont la capacité est de 57 600 m³/j, cette dernière a été la plus importante du monde.

La plus grande expérience dans le domaine de dessalement , ainsi que le plus grand nombre de stations installées revient à la Compagnie «SONATRACH», 31 centrales ont été construites pendant 18 ans : de 1964 à 1982. C'est l'équivalent de 107.401 m³/j produits par les différentes techniques , et dont la qualité de l'eau d'alimentation a été très diversifiée (eau de mer, eau chargée de barrage, eau saumâtre souterraine). [3]

Tableau I-2: Stations exploitées par «SONATRACH»,

Centrale	Capacité m3/j	Technique	Mise en service
Arzew	576	Multi effets	1964
Arzew	4560	MSF	1969
Skikda 1	2500	MSF	1971
Skikda 2	2500	MSF	1971
Skikda 3	5000	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	960	Echangeurs d'ions	1971
Annaba	3600	Echangeurs d'ions	1973
Ghazaouat	840	Echangeurs d'ions	1974
Arzew	3888	Electrodialyse	1975
Arzew	960	Echangeurs d'ions	1975
Hassi Messaoud	1000	Electrodialyse	1975
Hassi Messaoud	110	Electrodialyse	1976
Gassi Touil	55	Electrodialyse	1977
Arzew	350	Thermo-compression	1978
Annaba	14180	MSF	1978
Hassi Messaoud	350	Electrodialyse	1978
Bel Abbes	1500	Echangeurs d'ions	1978

Haoud Berkaoui	55	Electrodialyse	1979
Hassi Messaoud	300	Electrodialyse	1979
Rhourd El Baguel	25	Electrodialyse	1979
Arzew	960	MSF	1979
Annaba	144	Echangeurs d'ions	1979
Annaba	576	Echangeurs d'ions	1979
Bassi-Rmel	792	Osmose d'inverse	1979
Annaba	6240	Echangeurs d'ions	1980
Ghardaia	960	Osmose d'inverse	1980
Arzew	960	MSF	1980
Mostaganem	57600	Osmose d'inverse	1980
Rhourd El Baguel	300	Electrodialyse	1981
Annaba	1800	Echangeurs d'ions	1981
Reghaia	160	Echangeurs d'ions	1982

III-3-5-Stations installées par d'autres Compagnies:

Des petites stations sont aussi construites par des Compagnies du secteur économique privé pour répondre aux besoins de la production, comme la station construite par la Compagnie Tongo à Rouïba –Alger (production de boissons alcoolisées), donnant un débit de 1500 m³/j. [3]

Tableau I-3- : Stations exploitées par d'autres Compagnies

Campanie	Localité	Capacité (m³/j)	Technique	Réalisée par	Année d'installation
Tongo	Rouïba	1500	Échangeur d'ions	Chriwa: Allemagne	2000

I-3-6-Station expérimentale du Centre de Développement des Energies Renouvelables CDER :

C'est la Station de Hassi- khebbi (Béchar): d'une capacité de 20,4 m³/j dont le procédé est l'osmose inverse, et fonctionnant à l'énergie solaire. Cette station est destinée au dessalement des eaux saumâtres souterraines dont la salinité est de 3,5 g/l afin d'alimenter en eau potable la localité de Hassi Khebbi comptant 800 Habitants. La station a une configuration permettant de travailler à un taux de conversion de 31% sous une pression de 12 bars. Cette installation dont la date de mise en œuvre remonte à 1975, se trouve actuellement à l'arrêt à cause des problèmes d'entretien.

I-4- Le programme d'urgence (2002- 2003) :

Le programme de dessalement annoncé au début de l'année 2002 a prévu la construction de 21 petites stations mobiles monoblocs, d'une capacité totale de 57 500 m³/j. Celles-ci ont été réalisées, dans le cadre d'un programme d'urgence, dans sept wilayas de la bande côtière. Deux grands opérateurs ont un quasi- monopole d'intervention en matière de réalisation de ces usines, il s'agit de l'Algérienne des eaux (ADE) et l'Algerian Energie Company (AEC) dont Sonatrach et Sonalgaz se partagent la propriété des actions. [5]

I-4-1-Les Stations Monoblocs réalisées :

Les stations monoblocs réalisées sont consignées dans le tableau suivant

Tableau I-4- : Les Stations Monoblocs réalisées,

Wilaya	Site	Commune	Capacité m ³ /j	Population à servir
Alger	Palm Beach	Staoueli	2 500	16 660
Alger	Champ de tir	Zéralda	5 000	33 330
Tlemcen	Ghazaouet	Ghazaouet	5 000	33 330
Tipasa	Bou Ismail	Bou Ismail	5 000	33 330
Skikda	L.BenMhidi	L.BenMhidi	7 000	47 000
Tizi Ouzou	Tigzirt	Tigzirt	2 500	16 660
Oran	Bou Sfer	Bou Sfer	5 500	33 330
Oran	Les Dunes	Ain Turk	5000	33 330
Alger	La Fontaine	Ain Benian	5 000	33 330
A.Temouchent	Bou Zdjer	Bou Zdjer	5 000	33 330
A.Temouchent	Chatt el Ward	Bou Zdjer	5 000	33 330

La répartition de ces stations monoblocs dans la bande côtière est représentée dans la figure suivante :

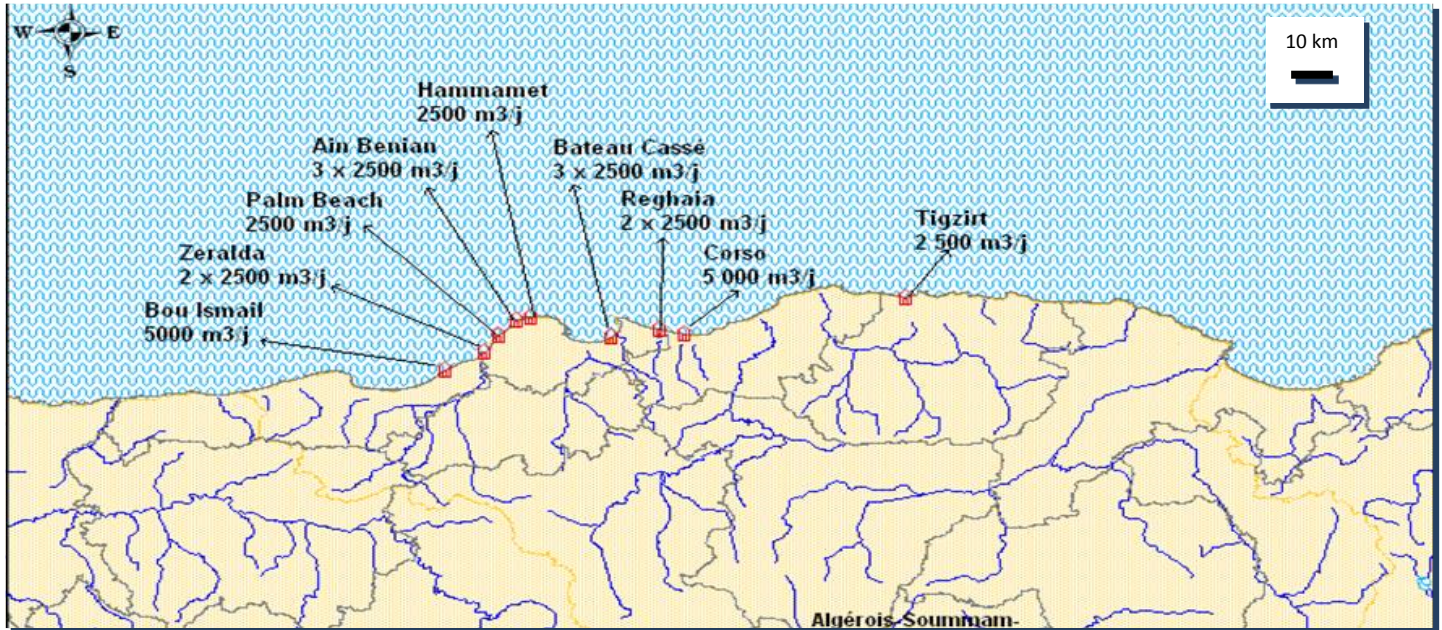


Figure I-2: Répartition des stations monobloc

I-4-2-Programme de réalisation des usines de dessalement:

L'objectif est la réalisation de 43 usines de dessalement opérationnelles d'ici 2019. Quinze grandes stations sont en cours de réalisation, certaines ont déjà été réceptionnées, leurs capacité de production dépassent les deux millions de m³/j, une capacité plus importante que celle régulée par le grand barrage de l'Algérie (Beni Haroune) qui est destiné à alimenter 5 wilayas à travers un transfert géant.

Tableau I-5 : Les 15 grandes Stations réalisées ou en cours de réalisation

Localité	Capacité (10 ³ m ³ /j)	Date de mise en service
Kahram	90	Novembre 2005
Skikda	100	Juin 2008
Hamma (Alger)	200	Février 2008
Beni Saf (A.Timouchent)	200	2010-2011
Fouka (Tipaza)	120	2010-2011
Souk Telta (Tlemcen)	200	2010-2011
Magtaa (Oran)	500	2012
Mostaganem	200	2011

Oued Sebt (Tipaza)	100	en cour de construction
Cap Djinet (Boumerdes)	100	2011
Tenes (Chelef)	200	en cour de construction
Honaine	200	2011
El Kala(El Taref)	50	2011
Jijel	100	-
Bejaia	100	-
Total : 15 Stations	2460	

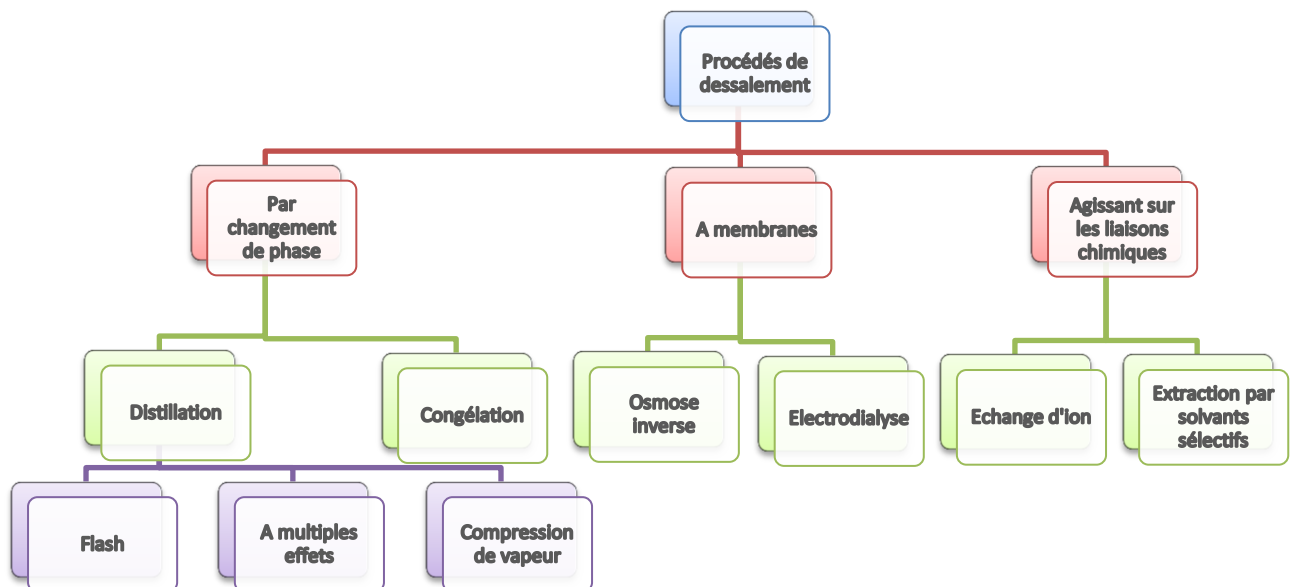
I-5- Classification des différents procédés de dessalement :

On peut classer les méthodes de dessalement en fonction des procédés utilisés pour se faire, un auteur a recensé 27 procédés différents de dessalement, soient :

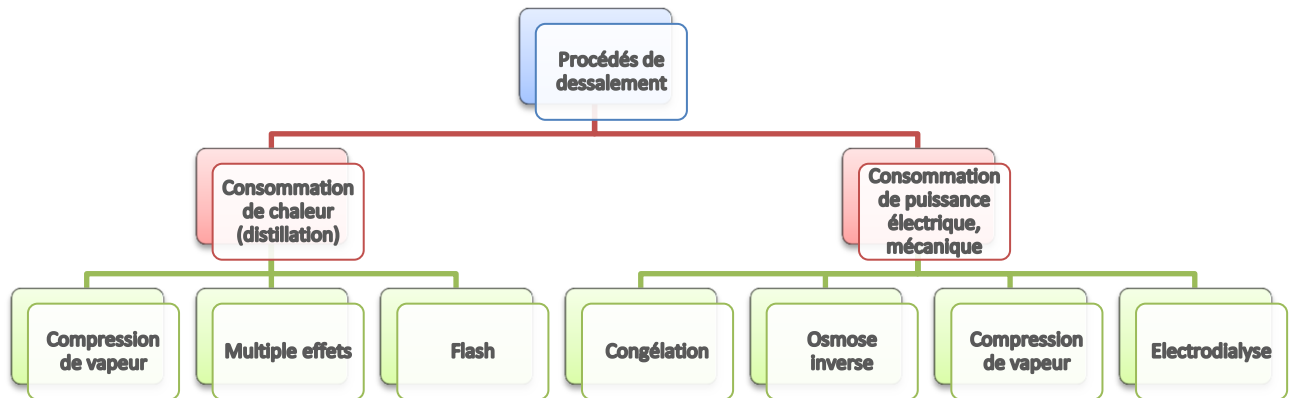
- Les procédés qui font intervenir un changement de phase (distillation et congélation) ;
- Les procédés qui utilisent des membranes (électrodialyse et osmose inverse) ;
- Les procédés qui agissent sur les liaisons chimiques (échange d’ions et extraction par solvant sélectif). [4]

Ces procédés peuvent être classés plus précisément, soit :

A) Selon le principe sur lequel ils se basent :



B) Selon le type d'énergie consommée :



I-6-Choix d'un procédé de dessalement :

Pour le choix d'un tel procédé de dessalement, plusieurs critères techniques et économiques rentrent en jeu. Pour les eaux saumâtres, l'osmose inverse est le procédé généralement retenu, alors que pour les eaux de mer, ce sont d'abord la nature et le coût qui orientent le choix vers une technologie plutôt que pour une autre et en tenant compte la minéralisation de l'eau. [5]



CHAPITRE II

Les modes de rejets



Introduction :

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 ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation des usines de dessalement peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marine, la perturbation d'écosystèmes importants (herbiers marins et autres habitats vulnérables par suite de l'emplacement choisi pour le trajet des canalisations).

En dépit du fait que des procédés différents ont été mis au point pour le dessalement, ils ont tous en commun de consister à ôter de l'eau de mer les substances minérales et notamment mais pas exclusivement les sels qui y sont dissouts. Il en résulte donc, un effluent (concentré) qui a une composition chimique similaire à l'eau de mer d'alimentation mais dont la concentration est de 1,2 à 3 fois plus élevée, plus les produits chimiques utilisés au cours des phases de prétraitement et de post-traitement.

Toute une série de produits chimiques et d'additifs servent en effet, lors du dessalement, à prévenir ou combattre l'entartrage ou la prolifération de microorganismes dans les circuits, faute de quoi la bonne marche de l'exploitation serait entravée.

II-1-Effets potentiels des rejets de saumures sur le milieu marin :

Le premier risque du dessalement vient du sel. En Méditerranée occidentale par exemple, la salinité naturelle de l'eau de mer se situe entre 37 et 38 (g/l), alors que la salinité du concentré osmotique peut atteindre les 70 g/l.

Or, en Espagne, des études menées en laboratoire et sur le terrain, ont montré que la plante à fleurs aquatiques « *Posidonia oceanica* » est très sensible aux variations du taux de salinité de ses habitats naturels. Des effets notables sur la structure de la plante ont été observés à des taux de salinité d'à peine 38,4 g/l et sur sa vitalité dès 39,1 g/l. [6]



Figure II -1: Herbier de posidonies de Méditerranée

« **herbier de posidonies** » : Une plante à fleurs aquatiques très sensibles aux variations du taux de salinité. Ces herbiers constituent un écosystème de premier plan en Méditerranée et exercent une fonction protectrice des littoraux contre l'érosion marine. Ces herbiers sont le refuge d'un grand nombre d'espèces animales (mollusques, poissons, crustacés etc.).

II-2- Origine et type des émissions et rejets :

II-2-1-La saumure concentrée :

Une concentration élevée en sels des eaux rejetées et des fluctuations du degré de salinité peuvent être, à proximité de l'émissaire, une cause de mortalité parmi les organismes qui y sont sensibles. De plus, les rejets provenant des usines de dessalement ont une densité plus élevée que celle de l'eau de mer et peuvent se déposer au fond de la mer et avoir éventuellement des effets préjudiciables pour les communautés benthiques.

Une variation de la salinité et/ou de la température due au rejet de saumure retentit aussi sur les habitudes migratoires du poisson le long des côtes. Si certaines espèces de poissons ressentent une variation de la salinité ou de la température, elles peuvent éviter la zone du panache et s'éloigner au large. Il s'ensuit que le poisson peut être forcé de nager sur une plus longue distance, de quitter la zone de plus grande disponibilité alimentaire. [6]

II-2-2-Les rejets chimiques :

Toutes les usines de dessalement utilisent des produits chimiques pour le prétraitement de l'eau d'alimentation ainsi que le post-traitement de l'eau produite. La plupart des produits sont utilisés avant tout comme agents biocides, antitartre, antisalissure, et ils finissent par modifier la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion du circuit, influent aussi sur la composition de la saumure concentrée. [6]

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les phases de traitement du procédé d'osmose inverse de production d'eau potable sont exposées sur le tableau suivant :

Tableau II-1 : Résumé des phases de la production d'eau potable par OI et devenir des Produits utilisés

Phases	objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des produits
Ajustement du pH	-Diminue la concentration de carbonate. -protège la membrane contre l'hydrolyse.	Acide (H ₂ SO ₄)	-Modifie le pH de l'eau brute et de la saumure ; Le sulfate est retenu dans la saumure concentrée.
Antitartre	-Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	-Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
Coagulation - Flocculation	- Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants - Flocculants	-Les agents flocculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration.
Désinfection	-prévient l'encrassement biologique ; - Elimine-les microorganismes qui se nourrissent des	Chlore (ou biocide, UV)	-Chlore également répartie dans le perméat et la saumure concentrée.

	matières des membranes.		
Décoloration	-Protéger les membranes sensibles au chlore	Bisulfite de sodium ou charbon actif granulaire (CAG)	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure.
Oxygénation	-Accroît l'oxygène dissout à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique.	Aération	Accroît l'oxygénation dans la saumure concentrée.
Élimination d'autres formes chimiques.	-Diminue tous les Polluants susceptibles d'être présents dans l'eau brute.	Est fonction des formes chimiques	-Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée

Les produits chimiques rejetés dans le milieu marin se répartissent entre les catégories suivantes:

- **Produits de la corrosion :**

Les produits de la corrosion ne sont pas si importants dans le procédé OI puisque celui-ci se déroule à des températures ambiantes et que les parties métalliques du système sont surtout en acier inoxydable.

- **Agents antitartre :**

Les dépôts de tartre se forment sur les surfaces du matériel de dessalement industriel. La présence de tartre entraîne inmanquablement des difficultés d'exploitation et/ou une perte de

rendement. Dans les usines OI, l'acide sulfurique est utilisé avec des adjuvants polymères pour prévenir la formation de tartre.

- **Agents antisalissures**

Les salissures «fouling» constituent un processus à phases multiples dans lequel interviennent de nombreux groupes d'organismes. Elles commencent par l'adsorption de substances polymères de l'eau non traitée sur les surfaces solides, ce qui permet la formation d'un film précurseur pour la colonisation par des bactéries. À ce premier biofilm adhérent des périphytes, puis des microalgues, des protozoaires et des champignons, et enfin des débris, détritrus et particules inorganiques.

Depuis longtemps, les composés de chlore sont utilisés pour désinfecter les systèmes d'apport d'eau de mer et l'usine située en amont, afin de prévenir les salissures. Habituellement, on ajoute du chlore.

- **Agents antimousse**

La formation de mousse est une fonction des constituants organiques de l'eau de mer qui sont principalement des produits d'excrétion et de dégradation d'algues planctoniques. Dans le cas de l'OI, il est donc nécessaire d'ajouter des agents antimousses.

II -2-3- Rejet des eaux de lavage à contre-courant des membranes:

Dans les usines OI, le nettoyage et le stockage des membranes peuvent engendrer des eaux potentiellement dangereuses. Les membranes doivent être nettoyées à des intervalles de trois à six mois en fonction de la qualité de l'eau d'alimentation et du fonctionnement de l'usine. Les formulations utilisées pour le nettoyage des membranes sont habituellement des solutions alcalines ou acides aqueuses. De plus, une solution chimique de préservation (généralement à base de bisulfite de sodium) doit être utilisée si les membranes sont stockées pendant la fermeture de l'usine. [6]

Un exemple de composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer dans une usine de dessalement est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II -2 : Composition chimique de la saumure par rapport à celle de l'eau de mer

(Données analysées dans des échantillons provenant d'une usine OI de la station de Fouka)

Analyse	Eau d'alimentation mg/l	saumure mg/l	Rapport (saumure/ eau d'alimentation)
Ca ²⁺	962	1583	1,64

Mg ²⁺	1,021	1,09	1,87
Na ⁺	11,781	19,346	1,64
K ⁺	514	830	1,61
NH ₄ ⁺	0,004	0,005	1,25
HCO ⁻³	195	256	1,31
SO ₄ ²⁻	3,162	5,548	1,75
Cl ⁻	21,312	43,362	2,03
NO ⁻³	2,6	4	1,54
PO ⁻⁴	0,08	0,4	5
Salinité totale (TSD)	38,951	63,840	1,64
Conductivité	46200 µs/cm	75300 µs/cm	
pH	7,85	6,92	

II -3- Les émissions atmosphériques :

Toute unité de dessalement doit généralement être accompagnée d’une unité de production d’énergie. Cette dernière génère évidemment une grande quantité de gaz à effet de serre, lesquels auront un impact négatif sur le climat et sur le cycle de l’eau. Certains craignent que la multiplication des usines de dessalement n’entraîne une relance à grande échelle de la construction de centrales nucléaires : chaque unité de dessalement serait accompagnée de son unité nucléaire « dédiée ».

Comme les émissions atmosphériques dues à un procédé de dessalement sont directement en rapport avec ses besoins respectifs en énergie, il va de soi que les émissions dues à l’OI sont moindres que celles dues à la MSF. Une étude qui porte sur des usines de dessalement des pays du Golfe a permis de calculer des indicateurs de durabilité qui ont confirmé ce qui précède, ainsi qu’il ressort du tableau suivant :

Tableau II -3 : Indicateurs de durabilité pour les usines d’OI et de MSF avec une source locale d’énergie électrique

Les indicateurs	MSF	OI
Indicateur de ressources en combustible, kg combustible /m ³	11	1,8
Indicateur environnemental pour CO ₂ , kg CO ₂ /m ³	37	7
Indicateur environnemental pour SO ₂ , kg SO ₂ /m ³	0,09	0,005
Indicateur environnemental pour NO _x kg NO _x /m ³	0,06	0,009

II -4- Pollution sonore :

Les usines d’osmose inverse utilisent des pompes à haute pression , des turbines et de récupérateurs d’énergie qui sont bruyantes et qui contribuent à la pollution sonore. Ces installations devraient donc être situées loin des régions peuplées à moins que des moyens de mitigation ne soient utilisés pour réduire leur niveau sonore. [6]

II -5- Les enjeux techniques :

En ce qui a trait aux procédés de filtration par membrane, la perméabilité de celle-ci ainsi que la susceptibilité au colmatage et la dégradation seront évaluées. Le colmatage d'une membrane peut résulter soit de l'obstruction des pores à l'intérieur même de la membrane, soit de phénomènes d'adsorption, ou encore par un dépôt de matière.

La dégradation des membranes peut survenir si les conditions d'opération les exposent à des pH ou des substances chimiques qui ne correspondent pas à leur condition d'opération idéale. Ainsi, la qualité de l'eau de mer peut avoir une influence sur la durée de vie de la membrane.

II -6- L'aspect économique :

La quantité d'énergie nécessaire demeure importante étant donné qu'il faut appliquer à l'eau salée une pression suffisante pour la faire passer à travers la membrane semi perméable, et donc la dépense de production est associée à l'énergie nécessaire pour le fonctionnement. Une autre dépense est associée aux systèmes de prétraitement qui comportent la filtration, la désinfection. Des coûts importants sont aussi liés à l'achat des membranes qui ont une durée de vie limitée, quoique moindres que les dépenses décrites précédemment, ils doivent tout de même être considérés puisqu'ils sont récurrent et qu'ils peuvent fluctuer en raison du marché ou de la technologie sélectionnée. [6]

Tableau II -4 : L'évaluation des impacts associés à l'osmose inverse

Aspect	Critère	Description	Évaluation de l'impact
Economique	Coûts initiaux.	Moindre, en comparaison à d'autre procédés comme la distillation.	+
	Coûts de maintenance et d'opération.	Nécessite un prétraitement.	-
	Consommation énergétique.	Moindre que pour la distillation.	+

Technique	Capacité de traitement.	Le procédé consomme moins d'eau de mer que la distillation pour produire la même quantité d'eau potable.	+
	Membrane : Colmatage ; Dégradation.	Susceptible au colmatage et à la dégradation.	-
Environnement	Écosystème marin.	Les produits chimiques utilisés lors du prétraitement peuvent contaminer le rejet.	-
	Bruit	Utilisation de turbines et de pompes à haute pression bruyantes.	-
	Source d'énergie	Consommation moindre.	+
	Gestion des résidus	Les membranes ont une courte durée de vie et constituent des déchets.	-
	Réponse au besoin	Possibilité d'usine à grande capacité.	+

Sociaux	Main d'œuvre	Procédé répandu et bien connu.	+
	Acceptation	Procédé le plus populaire.	+
	Santé humaine	Eau produite convient bien aux usages domestiques.	+

Légende : + Impact positif, - Impact négatif.

II -7- Effets dus au prélèvement d'eau de mer :

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Ce processus comporte des impacts potentiels pour la flore et la faune de la zone concernée.

Par exemple, des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de pré-traitement .Cependant, le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact :

- le heurt du poisson et d'autre organismes marins sur les tambours avec pour conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation.
- l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation, qui est une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton.

Les principaux impacts associés au passage dans les circuits de pré-traitement et de dessalement, sont liés à des activités tels que la chloration, les lésions de cisaillement et le changement rapide de pression dans le circuit. La conséquence générale de l'entraînement d'organismes dans le circuit est une réduction du recrutement pour les habitats existants et une chute de la productivité de l'écosystème. [6]

II-8 Les modes de rejet :

II-8-1-Introduction :

Les impacts du rejet de la saumure sur l'environnement peuvent être réduits au minimum si un certain nombre de mesures sont prises en ce qui concerne la conception du système de prélèvement d'eau et de l'émissaire de l'usine.

Parmi les moyens à adopter pour atténuer l'impact du rejet de la saumure, il y a ceux à mettre en œuvre durant la phase de projet et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation (Programme de surveillance continue). [6]

II-8-2- Mesures d'atténuations des impacts sur les ressources Marines :

Les mesures d'atténuation proposées pour réduire les impacts sur les ressources marines sont les suivantes :

- 1) La réalisation d'une cartographie sous-marine des habitats écologiques à protéger dans toute la région.
- 2) Le choix de l'emplacement du prélèvement d'eau de mer et de l'émissaire doit être effectué de manière à éviter les zones sensibles, dans le respect de la flore et de la faune marines.
- 3) Le choix de l'emplacement et la conception de l'émissaire doivent assurer un taux de brassage et un volume de dilution suffisants pour réduire au minimum les effets dommageables.
- 4) L'émissaire doit être situé au large, mais non dans un estuaire ou autre zone à faible circulation d'eau.
- 5) Il convient d'utiliser des techniques de prétraitement qui réduisent au minimum la nécessité de produits chimiques dangereux, et de bonnes techniques de post-traitement et désinfection qui permettent d'espacer le nettoyage régulier des membranes en raison de leur encrassement.
- 6) Dans la mesure du possible, il convient d'éliminer du flux de saumure, avant son rejet, les constituants qui sont dangereux (prévoir un bassin de neutralisation).
- 7) Prévoir un bassin d'évaporation de la saumure et récupération du sel.
- 8) -La dilution des saumures avec l'eau de mer (2 à 4 volumes d'eau de mer pour un volume de saumure) offre une solution intéressante, dans le cas où il y a des zones à protéger .

II-8-3-Programme de surveillance continue :

On dispose de fort peu de données concernant les impacts sur le milieu marin imputables aux usines de dessalement de l'eau de mer. Très peu d'études, pour ne pas dire aucune, sont menées dans la région méditerranéenne, le Proche-Orient et d'autres parties du monde, pour observer en permanence les effets des rejets d'usines de dessalement sur les ressources marines.

La surveillance continue des impacts sur le milieu marin est essentielle et indispensable, à l'égard notamment à la mise en service récente d'usines de dessalement de très grande capacité.

II-8-3-1-Surveillance et informations de base sur les ressources marines avant la mise en service des usines :

Avant la mise en service d'une usine de dessalement, les informations de base ci-après seront utiles à l'autorité nationale chargée d'évaluer les incidences des rejets sur les ressources marines :

- Données concernant les conditions hydrographiques, courants, vagues, etc., de la zone marine où l'émissaire sera situé;
- Application de modèles pour déterminer à l'avance les modalités de la dispersion de la saumure dans la zone de l'émissaire;
- Inventaire des organismes marins dans la zone de l'émissaire;
- Inventaires à long terme des organismes marins benthiques dans les quelques mm de la couche supérieure du fond de la mer;
- Données sur les sédiments de la zone de l'émissaire, y compris une analyse des particules;
- Données de base sur la qualité microbiologique de la zone marine où est prélevée l'eau d'alimentation de l'usine;
- Données sur l'état trophique de la zone de prélèvement d'eau d'alimentation.

II-8-3-2-Surveillance des effets sur les ressources marines après la mise en service :

- mesure des impacts sur les habitats du fond de mer;
- mesure des impacts sur le poisson dans la colonne d'eau;
- évaluation de la température, de la salinité et de la densité le long de la trajectoire du panache;
- tests aux moyen de colorant non toxique ou d'élément trace pour évaluer la dilution; échantillonnage des sédiments;
- mesure de la salinité à diverses stations d'échantillonnage au large.

II-8-4-Recommandations d'ordre général

Avant de prendre toute décision concernant la construction d'une usine de dessalement, les autorités nationales devraient explorer toutes les autres options qui s'offrent pour l'approvisionnement en eau afin de s'assurer de la nécessité de cette construction.

a) Consommation d'énergie

Les technologies de production couplée (eau + électricité), d'énergie alternative ou de réduction de la consommation d'énergie devront être prises en considération pour les nouveaux projets d'aménagement d'usines de dessalement.

Aussi les énergies renouvelables sont appelées à jouer un rôle important dans la protection de l'environnement.

b) Produits chimiques dangereux

Il convient de choisir les technologies et procédés qui réduisent au minimum les rejets des produits dangereux dans la mer. Il conviendrait de recourir au traitement et nettoyage des éléments de l'usine au moyen de produits respectueux de l'environnement.

c) Dilution des rejets

Il convint d'évaluer les options consistant à mélanger la saumure avec les rejets des centrales. Mélanger la saumure avec l'eau de refroidissement rejetée par la centrale est probablement la meilleure solution pour réduire au minimum les impacts dommageables résultant de l'indice de dilution.

d) Étude d'impact sur l'environnement :

Il convient de réaliser au préalable une étude d'impact sur l'environnement, pour toute nouvelle usine de dessalement, y compris pour la sélection du site. Les critères de sélection du site devraient comprendre entre autres: le milieu marin doit offrir une eau d'alimentation de bonne qualité avec un risque minimal de contamination due à d'autres activités proches

le site choisi doit être proche d'une infrastructure de distribution d'eau en vue d'un raccordement facile et rapide de l'usine au réseau existant.

Les informations concernant les impacts potentiels des rejets prévus sur les ressources marines peuvent être obtenues lors de la surveillance effectuée avant la mise en service et tirées des résultats de la surveillance continue recueillis pour d'autres usines de dessalement.

Impact	Degré d'impact	Origine de l'impact	Techniques d'atténuation
Pollution thermique Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes Bassins de retenue	M M	- saumure chaude	Mélange de la saumure avec de l'eau froide avant le rejet
Salinité accrue Effets nocifs pour les	M	-saumure concentrée	Dilution de la saumure avant rejet

espèces résistantes aux sels			Récupération de sels Bon choix de l'emplacement pour l'émissaire afin de permettre le maximum de brassage et de dispersion
Désinfectants	E	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques – hydrocarbures principalement	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine
Métaux lourds - toxicité	M	Corrosion du matériel de l'usine	Conception et choix judicieux du matériel de l'usine en recourant à des matériaux résistants à la corrosion
Produits chimiques : - Eutrophisation des eaux réceptrices - Toxicité - Hausse du pH	E F F	Adjonction d'agents Anticorrosion et antitartre	Réduction au minimum de l'utilisation de produits chimiques Utilisation d'additifs sans danger pour l'environnement
Pollution atmosphérique Plus acides Effet de serre Poussières	F M M	Utilisation de combustibles et activités d'élimination	Utilisation d'énergies propres et renouvelables autant que possible Application de systèmes mixtes et de production couplée Purification des gaz avant émission dans l'atmosphère
Sédiments	M	Perturbation des	Réduction au

Turbidité et limitation de la photosynthèse Difficultés de respiration		sables par des activités	minimum et contrôle des activités d'excavation et remblayage
chez les animaux aquatiques	M	d'excavation et de dragage	Bonne maîtrise du ruissellement dans la zone du site
Bruit	F	Activités de construction Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine	Limitation des activités de construction aux seuls horaires de travail Choix du matériel le moins bruyant

E- Impact de degré élevé , M- de degré moyen, F-de degré faible

II-8-5-L'élimination de la saumure :

Dans la plupart des cas, la manière la plus facile de se débarrasser du débit important de saumure (55 à 70% du débit d'alimentation) est de le décharger dans la mer grâce à une conduite.

La concentration en saumure varie de 50 à 75 g/L et a une densité beaucoup plus élevée que l'eau de mer. De ce fait, la saumure tombe sur le sol sous-marin proche de la sortie de la conduite (effet panache) et forme ainsi une couche très salée pouvant engendrer des impacts négatifs sur la faune et la flore maritime ainsi que d'éventuelles activités humaines [6]

Il existe trois concepts identifiés réalistes pour l'élimination de la saumure:

- Mélange.
- Dilution.
- Diffusion.

Afin d'éviter l'effet panache, il est avantageux de placer la sortie de la conduite au niveau d'un courant fort, optimisant ainsi le mélange de la saumure et de l'eau de mer.

La diffusion de la saumure peut être réalisée à l'aide d'une conduite perforée installée sur le sol sous-marin. Les diffuseurs consistent en des vannes anti retour caoutchouc. Une pompe de décharge doit alors être prévue afin de fournir une pression suffisante.

II-8-5-1- Dilution de la saumure :

Une solution déjà adoptée par Degremont, l'un des pionniers de la technologie de dessalement par osmose inverse qui met tout en œuvre, dans la conception des installations et

dans l'exploitation des usines, pour contrôler et minimiser la perturbation des écosystèmes, En premier lieu, l'emplacement du rejet est soigneusement choisi en fonction des flux marins, afin d'éviter les zones biologiques sensibles et de favoriser la dispersion des saumures. L'utilisation de modèles de courants et la cartographie des écosystèmes les plus sensibles permettent de choisir judicieusement ces emplacements. Localement, des études de bathymétries ont réalisées afin de déterminer la meilleure localisation pour les rejets, par exemple dans un courant fort, permettant ainsi un mélange rapide. L'énergie envoyée aux diffuseurs peut accélérer ce mélange.

Afin d'éviter la perturbation du milieu par une concentration en sel trop élevée, les saumures sont rejetées à travers un système de diffuseurs, qui permettent de diluer rapidement la salinité et de retrouver les concentrations du milieu naturel.

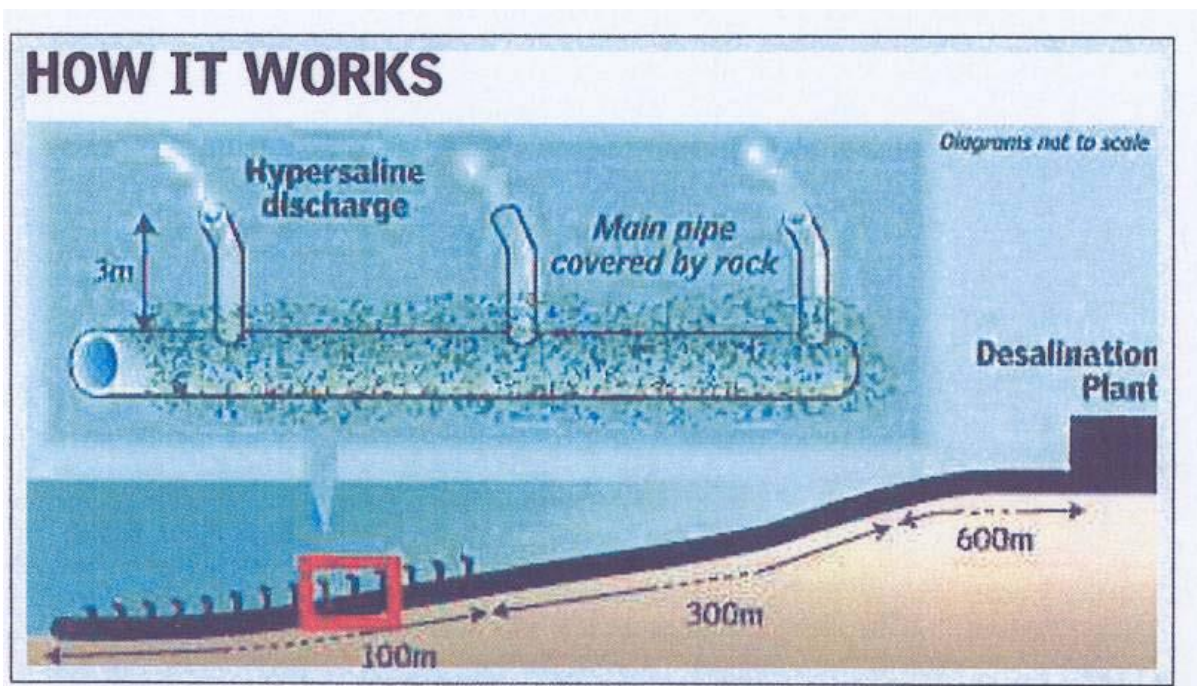


Figure II-2: Schéma d'un émissaire de rejet par diffusion

La modélisation hydraulique est utilisée afin de déterminer un positionnement et un type de prise d'eau et de diffuseurs qui minimisent l'impact sur l'environnement. Des études de bathymétrie, étude des courants, etc... sont réalisées afin d'évaluer les procédés, et des modèles sur maquette permettent de tester les différents systèmes, puis de choisir le procédé le plus adapté.

De plus, la qualité de l'eau, les rejets et l'efficacité des diffuseurs sont analysés en permanence afin d'étudier les impacts sur l'environnement.

II-8-5-2-Dimensionnement du collecteur de rejet de la saumure :

Dans le but de contrôler et minimiser la perturbation des écosystèmes. Une étude a été faite pour une solution qui paraît la plus stratégique du point de vue technique et économique.

À cet effet on a prévu un collecteur de rejet de la saumure situé au large, et dont l'emplacement est soigneusement choisi en fonction des flux marins, afin d'éviter les zones biologiques sensibles et de favoriser la dispersion des saumures.

II-8-6-Les critères de choix du site de rejet et milieu récepteur :

Il est essentiel que les caractéristiques hydrographiques, météorologiques, géologiques et topographiques de la zone côtière réceptrice soient étudiées au préalable. A cet égard, il convient de recueillir les informations suivantes:

- Carte bathymétrique du site au large et de ses environs ;
- Conditions géologiques et géomorphologiques de la zone de prélèvement d'eau d'alimentation et de l'émissaire de saumure, y compris les affleurements rocheux, les conditions sédimentologiques et la stabilité des falaises;
- Renseignements hydrographiques et météorologiques:
 - courants de surface dans diverses conditions de marée et météo
 - courants à la profondeur du rejet de saumure
 - existence et caractéristiques de la thermocline
 - température et salinité de l'eau de mer et leur variation en fonction de la profondeur
 - vitesse et direction des vents;
- Conditions biologiques:
 - État de la faune et de la flore benthiques et types de sédiment (gravier, boue et sable)
 - qualité microbiologique des eaux
 - connaissances disponibles sur la capacité de survie des agents pathogènes dans le milieu marin;
- Émissaire:
 - longueur et diamètre de l'émissaire, profondeur, matériaux constitutifs
 - méthode de pose de l'émissaire: sur le fond de la mer, enfoui dans le fond de la mer ou sur l'eau
 - méthode de contrôle de la corrosion
 - vitesse du rejet



CHAPITRE III

Le SIG



Introduction :

Les systèmes d'information géographique (SIG) regroupent différentes méthodes et techniques informatiques, permettant de modéliser, de saisir sous forme numérique, de stocker, de gérer, de consulter, d'analyser, de représenter des objets ou des collections d'objets géographiques, avec la particularité essentielle de prendre en compte les caractéristiques spatiales de ces objets au même titre que les attributs descriptifs qui y sont attachés. En fait, la dénomination « SIG » recouvre une grande variété de réalisations logicielles construites suivant des choix techniques différents, aux fonctionnalités et aux performances très diverses.

Les systèmes d'information géographique ont la particularité de faire appel à de nombreux domaines scientifiques et techniques et à de nombreuses méthodes, allant de la géodésie aux systèmes de gestion de bases de données, en passant par le traitement d'images, l'algorithmique géométrique, la modélisation et l'interpolation géométrique, la statistique, la cartographie automatique, l'analyse spatiale, etc. Construire un système d'information géographique sans s'éloigner de la rigueur scientifique est une tâche complexe, aussi bien en terme de définition des concepts, d'organisation fonctionnelle, d'architecture logicielle, d'algorithmique, d'ergonomie.

Il nous permet de présenter un travail de recherche et de développement informatique visant à apporter une réponse concrète à la question suivante : « comment construire un système d'information géographique complet et opérationnel, en suivant les principes théoriques de la gestion de données et en les adaptant aux données géographiques ». Il a pour vocation de décrire l'ensemble des connaissances résultant de cette expérience, ainsi que de présenter les principes du système informatique opérationnel qui en résulte. [7]

III.1. Présentation générale des systèmes d'information géographique

Depuis plus de vingt ans, le développement de l'informatique a entraîné des modifications importantes pour la géographie et la cartographie. La production de données s'est accélérée, grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition. Le traitement des données localisées s'est largement développé, avec la saisie numérique des données graphiques, cartes et plans, avec les systèmes de gestion de bases de données et les capacités de stockage des systèmes informatiques. Enfin, de nombreux aspects de la cartographie ont été automatisés et les techniques de production complètement modifiées, avec en corollaire une accélération de la diffusion et de l'utilisation de données géographiques.

Un système d'information géographique (SIG) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (et notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision.

Si l'informatique a d'abord permis des progrès dans l'automatisation de la production cartographique, les SIG vont bien au-delà d'une simple fonction de stockage et de restitution graphique. Par leurs possibilités de modélisation et de gestion, par leurs fonctions d'analyse et d'interrogation, par les possibilités de mises en relation des objets les uns par rapport aux autres, par leurs capacités à stocker et traiter de gros volumes d'information, les SIG ont profondément bouleversé les méthodes traditionnelles d'analyse et de gestion de l'espace. Grâce aux possibilités de modélisation et de calcul, l'informatique et les SIG n'ont pas seulement permis l'amélioration de techniques existantes, ils ont remis en cause bon nombre de concepts classiques de la géographie et renouvelé la dynamique de cette discipline. [7]

III.1.1. L'apport de l'informatique pour la géographie et la cartographie

L'informatique intervient depuis plusieurs dizaines d'années dans beaucoup de domaines et, depuis plus de vingt ans, son développement a entraîné des modifications importantes pour la géographie et la cartographie. Parmi les secteurs qui nous intéressent, on peut citer la gestion de données, le stockage numérique, la statistique, de nouvelles formes d'expression et de communication. De plus, de nouveaux moyens d'acquisition de données se sont développés : la télédétection spatiale et le positionnement par satellite en sont les principaux exemples. La géographie et la cartographie se sont construites peu à peu sur la base de possibilités techniques qui, pendant longtemps, n'ont pas évolué. Depuis une vingtaine d'années, beaucoup de ces fondements sont les uns après les autres remis en cause ou modifiés par des possibilités techniques inédites.

Chaque domaine a d'abord été touché, mais indépendamment des autres. Par exemple, les logiciels de dessin ont remplacé peu à peu des travaux manuels longs et fastidieux, des techniques de structuration et de gestion de données et de nouveaux moyens de stockage ont permis de mettre en œuvre de nouveaux moyens de traitement et d'analyse, notamment statistiques, des logiciels de présentation de données et d'images permettent d'envisager de nouvelles formes d'expression cartographique.

L'originalité des SIG, c'est d'essayer de réunir toutes les nouvelles techniques de traitement de données localisées, tous les nouveaux moyens d'expression dans un seul et unique environnement, décuplant en cela l'efficacité de chaque domaine et permettant de nouvelles avancées conceptuelles, impossible à concevoir dans la séparation des techniques : c'est donc aux fondements de la géographie qu'il faut retourner, pour ne pas conserver des limitations conceptuelles liées à des impossibilités techniques maintenant dépassées ou en passe de l'être. Cette remise en cause, cette renaissance conceptuelle ne peut être menée que dans le cadre des SIG, et c'est bien ce qui fait la force de ce courant, qui ne doit pas être conçu ou interprété uniquement sous l'aspect de l'avancée technique qu'il apporte : il doit fournir aux géographes et aux informaticiens l'occasion de réfléchir de nouveau sur l'espace géographique, sur la manière de le concevoir, de le traiter, de le représenter. [7]

Mais le concept de SIG n'a pas été défini directement, au début des années 60. Il s'est construit peu à peu, au fur et à mesure de l'introduction de l'informatique dans Les systèmes

d'information géographique l'ensemble des méthodes liées à l'analyse et à la représentation de données spatiales. Nous pouvons faire rapidement l'historique de ce champ d'activité.

L'information géographique :

- Désigne toute information sur des objets localisés à la surface de la Terre.

- L'information géographique a une double composante :

➤ Une composante graphique :

Description de la forme de l'objet géographique et sa localisation dans un référentiel cartographique

➤ Une composante attributaire :

Caractéristiques décrivant l'objet (description géométriques, caractéristiques thématiques)

L'information géographique concernant les stations de dessalement:

➤ sa composante graphique :

sa forme et sa localisation (dans un repère cartographique et selon des coordonnées géographiques basées sur un système de projection)

➤ sa composante attributaire (informations descriptives) :

Le rejet de la saumure et les composantes chimiques

L'ensemble des deux distances angulaires (longitude et latitude) qui servent à déterminer la position d'un point, par rapport à deux axes, à la surface de la Terre.

L'information géographique est difficile à représenter. On utilise des cartes :

on retrouve les deux composantes (graphique et attributaire). Pour la composante graphique, cela fonctionne bien mais on est vite limité pour les informations attributaires

- elles utilisent beaucoup de papier
- on trouve des échelles différentes
- on rencontre des difficultés à les mettre à jour
- elles sont parfois difficiles à lire et à interpréter
- elles sont une représentation à un instant « t » ; elles sont donc parfois
- obsolètes et périmées

III.2. La saisis des informations :

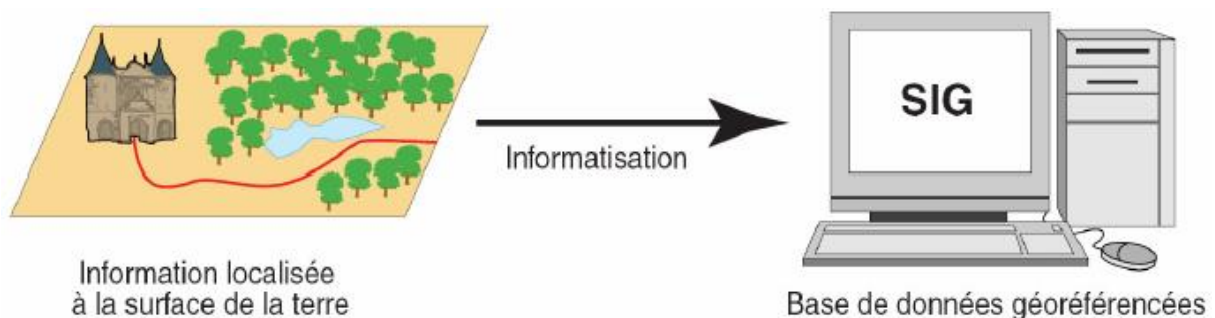
Pour saisir l'information géographique, on utilise plusieurs sources de données :

- levés terrain
- photographies aériennes
- images satellites
- données récupérées sur le web
- données GPS

Il y a énormément de sources d'informations qu'il faut intégrer, organiser et utiliser le mieux possible

III.3. Le rôle du SIG :

Système informatique qui permet, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. (*Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989*)



- Le SIG est capable de gérer aussi bien le graphique que les attributs
- Le SIG peut intégrer des informations de toutes provenance (cartes, terrain, photos...)

Le SIG est capable de gérer ces informations pour permettre leur accès et leur mise à jour

Le SIG permet de produire des informations (à jour)

Le SIG est donc capable de saisir, représenter, interroger, mettre à jour toute forme d'information positionnée géographiquement.

III.4. Le concept de SIG :

Un système regroupant : [7]

- une problématique (décrire, stocker, comparer, comprendre, communiquer, simuler..)
- du matériel (ordinateurs, périphériques, réseaux...)
- des logiciels (logiciels SIG du marché, développements professionnels spécialisés)
- des données (génériques, spécifiques)
- du savoir-faire et des hommes

III.5. Les apports du SIG

- les informations sont stockées de façon claire et définitive
- organiser des connaissances thématiques
- gérer le partage de l'information
- gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets
- comprendre les phénomènes, prévoir les risques (simulations)
- établir des cartographies rapides
- localiser dans l'espace et dans le temps
- réagir rapidement après des événements ayant un impact sur le territoire
- calculer des coûts ou des bénéfices
- associer un plus grand nombre de partenaires aux choix d'aménagement
- fournir des itinéraires, des plans adaptés
- décider, prévoir, simuler = Outil d'aide à la décision

III.6. Les domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant : [7]

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

Les utilisateurs des SIG font plutôt :

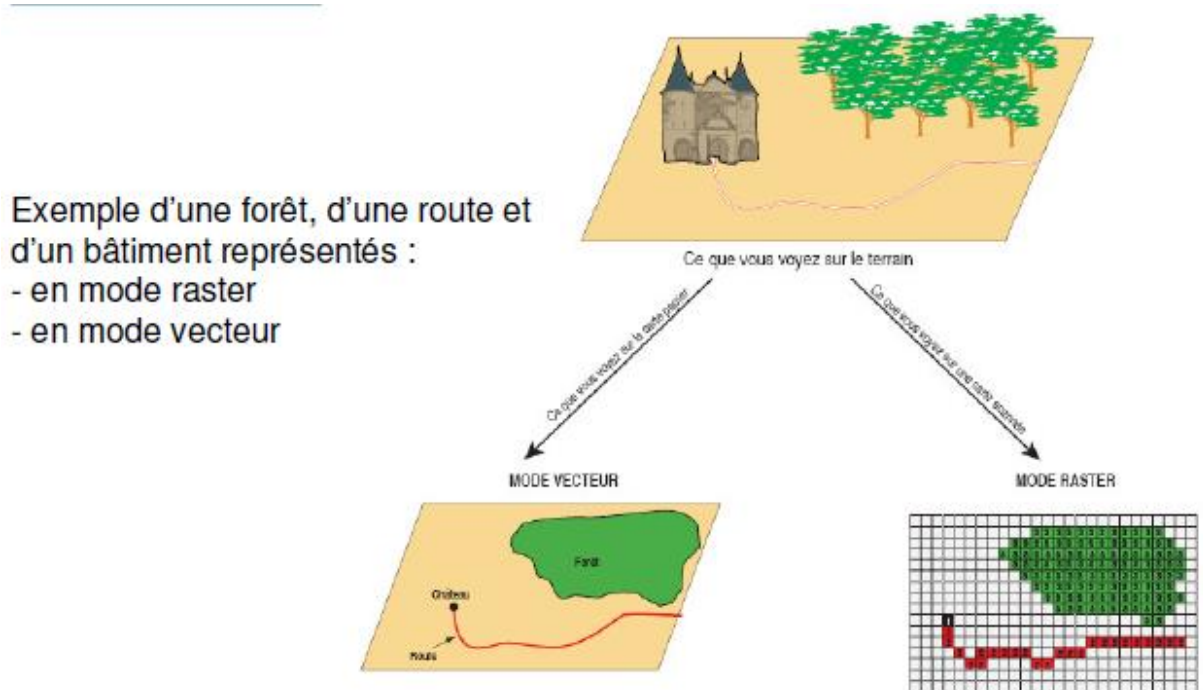
- de la gestion
- de l'aménagement
- de la recherche

III.7. Les types de données :

- les données de références = données de références pour positionner des informations spécifiques (ex : topographie générale, MNT, cadastre,...)
- les données métiers dites thématiques : géologie, écologie, végétation....

III.7.1. Les modes de représentation de l'information géographique dans un SIG :

- le mode raster
- le mode vecteur



➤ **Le mode raster :**

La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (= pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.

➤ **Le mode vecteur :**

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs et les arcs des polygones.

Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

Données graphiques : elles décrivent la localisation et la forme des objets géographiques

Données alphanumériques : elles décrivent la nature et les caractéristiques des objets spatiaux

✓ **Les points :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

✓ **Les lignes :**

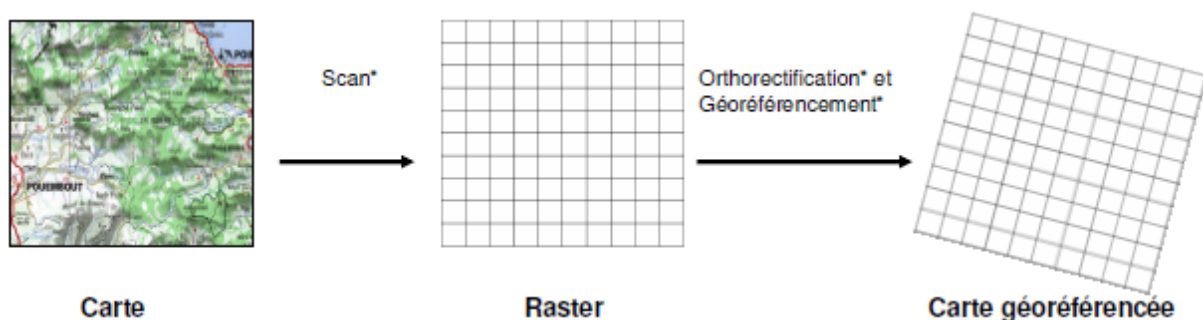
Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

✓ **Les polygones :**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols

Acquisition des données :

- ✓ Levers terrain, topographiques ou GPS
- ✓ Scanérisation : de plans, de cartes, de photos aériennes



➤ **Scanérisation :** Conversion des informations analogiques (image) en valeurs numériques (0 et 1) correspondantes, manipulables par ordinateur.

- Géoréférencement : Opération qui consiste à attribuer à une image des coordonnées géographiques (connues ou selon des repères géographiques) permettant de la positionner dans un système de référence.
- Orthorectification : Ensemble de procédés et de traitements mis en oeuvre pour corriger les déformations géométriques liées aux conditions de prises de vue, à la rotondité de la Terre et au relief du terrain.
- ✓ Digitalisation (vectorisation) :
 - sur une table à numériser
 - sur l'écran (après un scan préalable)
 - vectorisation automatique
- ✓ Import de données :
 - données graphiques raster ou vecteur et fichiers attributaire
 - données endogènes ou exogènes (interne au service ou provenant d'autres organismes, administrations, sociétés...)

Une fois les données acquises et avant de les intégrer dans le système d'information géographique, il faut vérifier leur intégrité :

- pour la composante attributaire :
 - analyser la structure de la table et vérifier sa cohérence,
 - supprimer les doublons,
 - vérifier qu'il ne manque pas d'attribut,
 - vérifier l'orthographe
- pour la composante spatiale :
 - vérifier que le système de coordonnées utilisé soit compatible avec le système source,
 - vérifier la géométrie des objets,
 - vérifier la topologie (relation entre les objets),
 - vérifier par comparaison avec des données de référence,

III.8.Structuration et modélisation des données :

Décrire le produit attendu :

- en faisant un état des lieux
- en recensant les éléments à modéliser au regard du résultat attendu (informations, type d'objet...) sans préjuger de la façon de modéliser
- en choisissant la méthode de modélisation appropriée (UML, Merise...)
- Réaliser les modèles conceptuels, logiques et physiques de données :
- en s'appuyant sur la méthode choisie

- en définissant les relations, les clés, les types de champs, d'objets...
- Structurer les données
- en implémentant le modèle

III.8.1 Restitution des données :

Différents modes de restitution :

- mise en page (règles de présentation d'une carte)
- impression, édition
- export vers d'autre logiciel (DAO par exemple...)
- publication sur internet
- édition de statistiques

III.8.2. Gestion des données :

Les données sont le capital du SIG, il faut :

- Bien les ranger : par projet, par type de données (raster, vecteur, tables..) par version (données de base, données une fois les traitements subis...) d'où l'importance de créer des dictionnaires de données (notion de métadonnées)
- Les protéger : mode de stockage stable (ordi, serveur), gestion des droits d'accès, réalisation de sauvegarde, gestion de l'historique...
- Mettre à jour les données : définir qui réalise ces mises à jour, le rythme des mises à jour, quelles informations intégrer, vérifier leur intégrité...
- Archiver les données : en fin de projet décider de ce que l'on garde, choisir le support...
- d'où la nécessité d'un administrateur de données



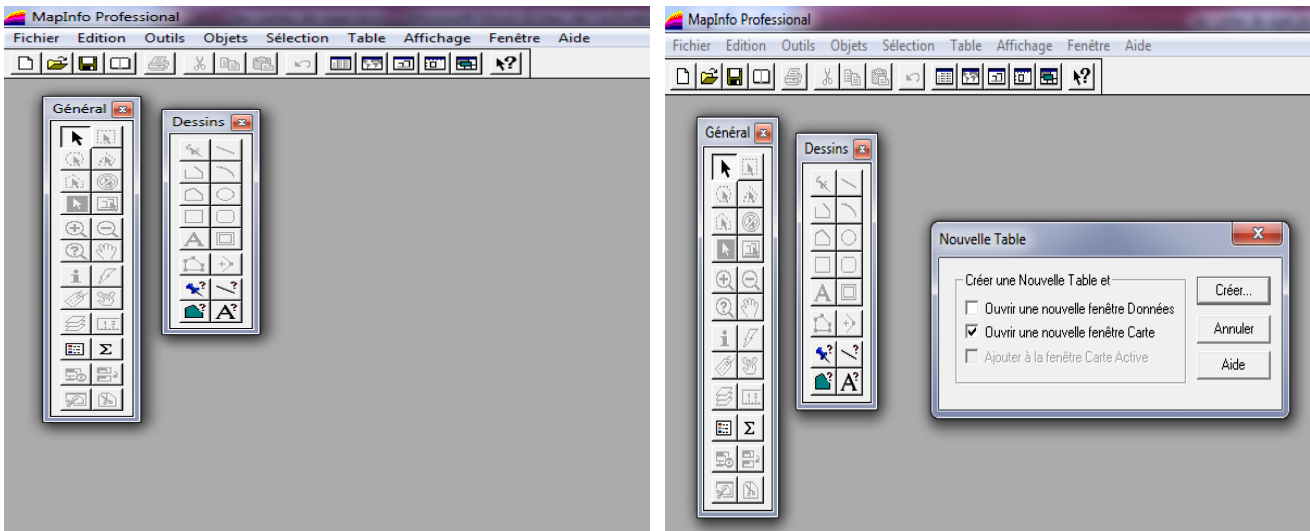
CHAPITRE IV

Les cartes de rejets

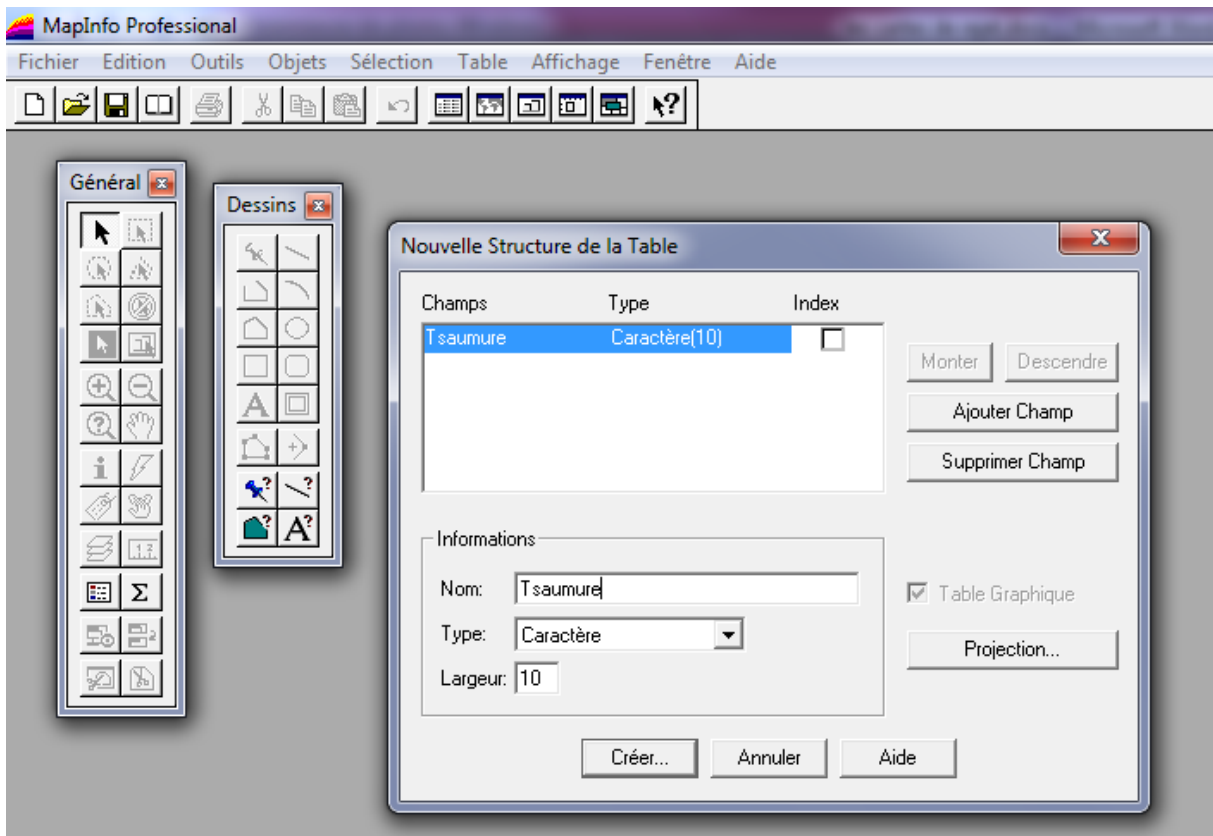


IV.1.Présentation des fenêtres d'accueil de MapInfo :

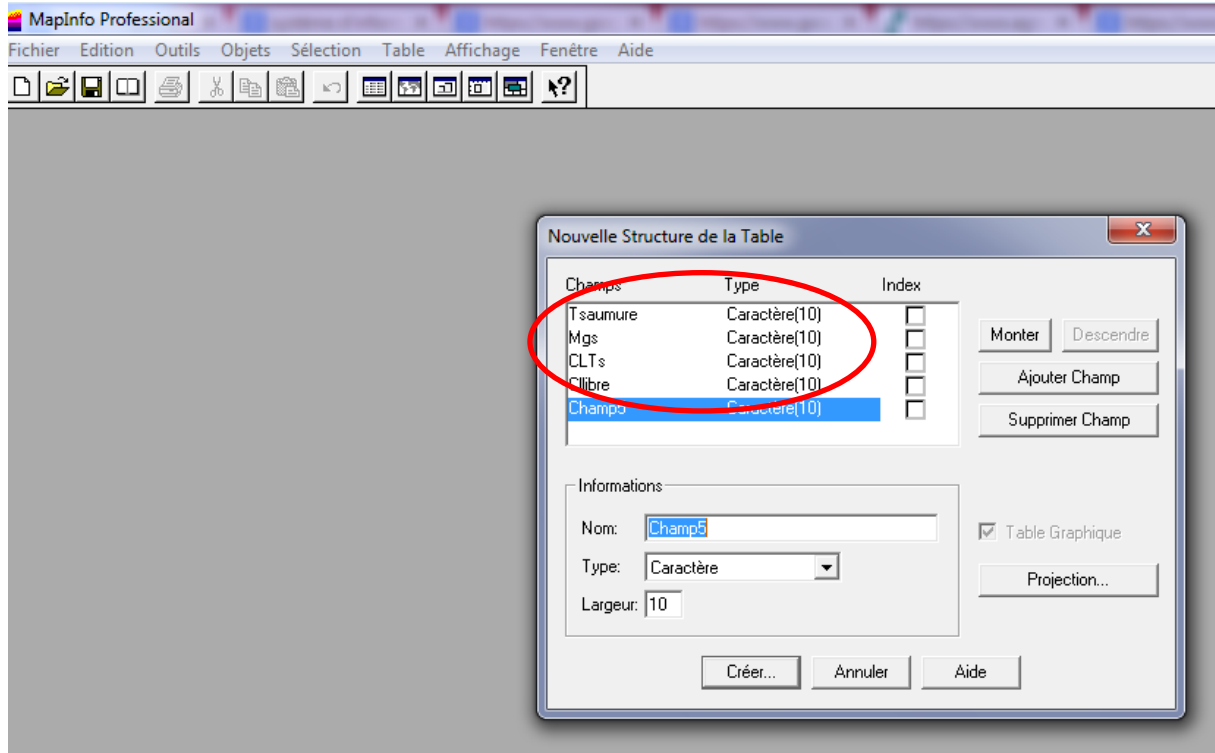
La première étape : la création une base de données en créant des nouvelles tables



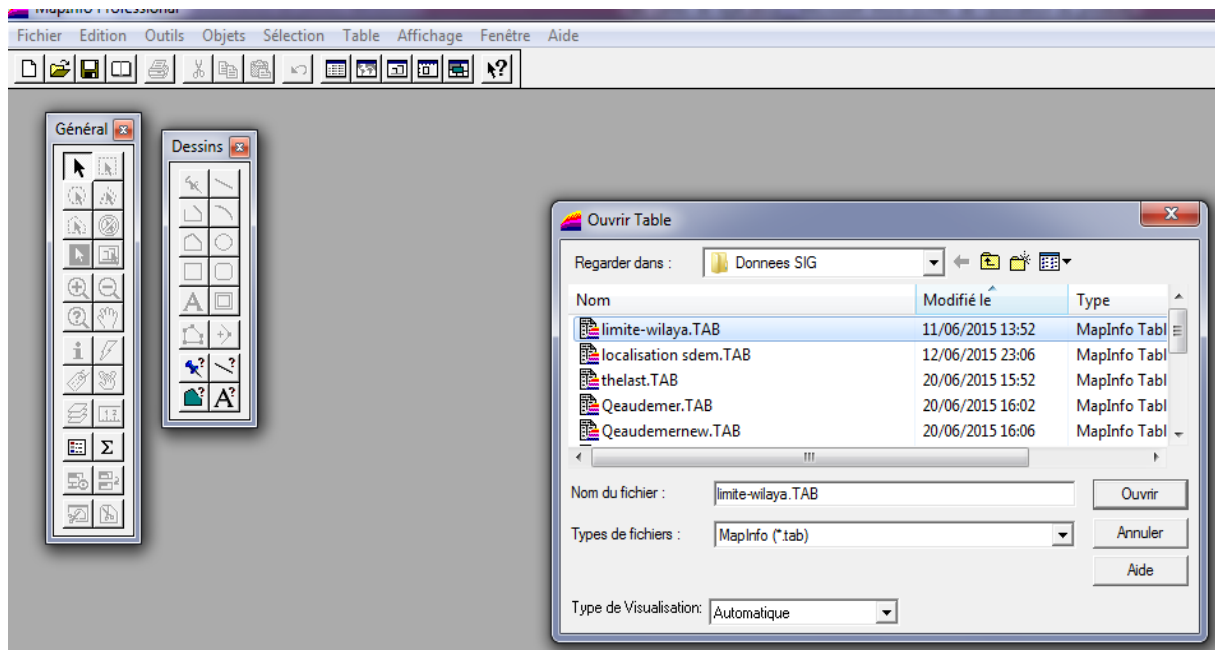
La deuxième étape : la création des champs dans ces tables, ces champs la représentent les composants de la saumure qui vont caractériser les rejets de chaque station de dessalement

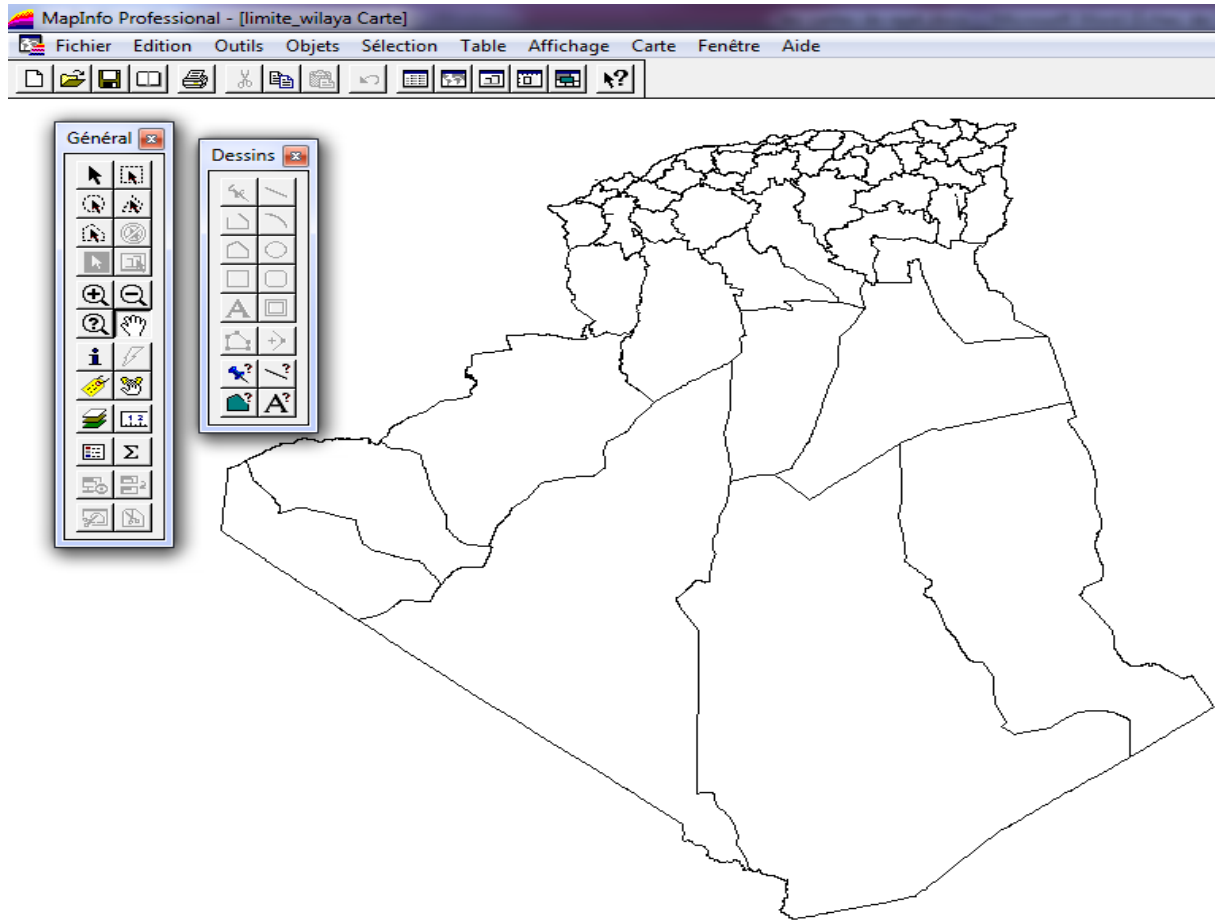


On doit ajouter champ par champ afin de définir notre table de la saumure

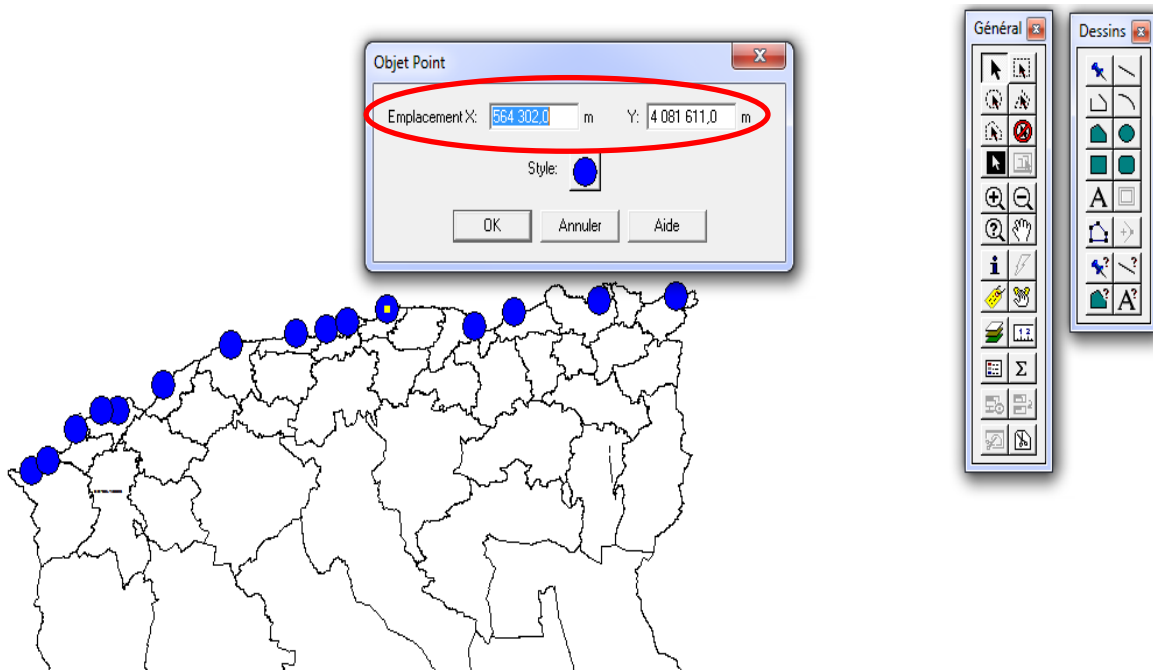


La troisième étape : entrer la carte numérique ou on va placer les stations avec ses différents champs

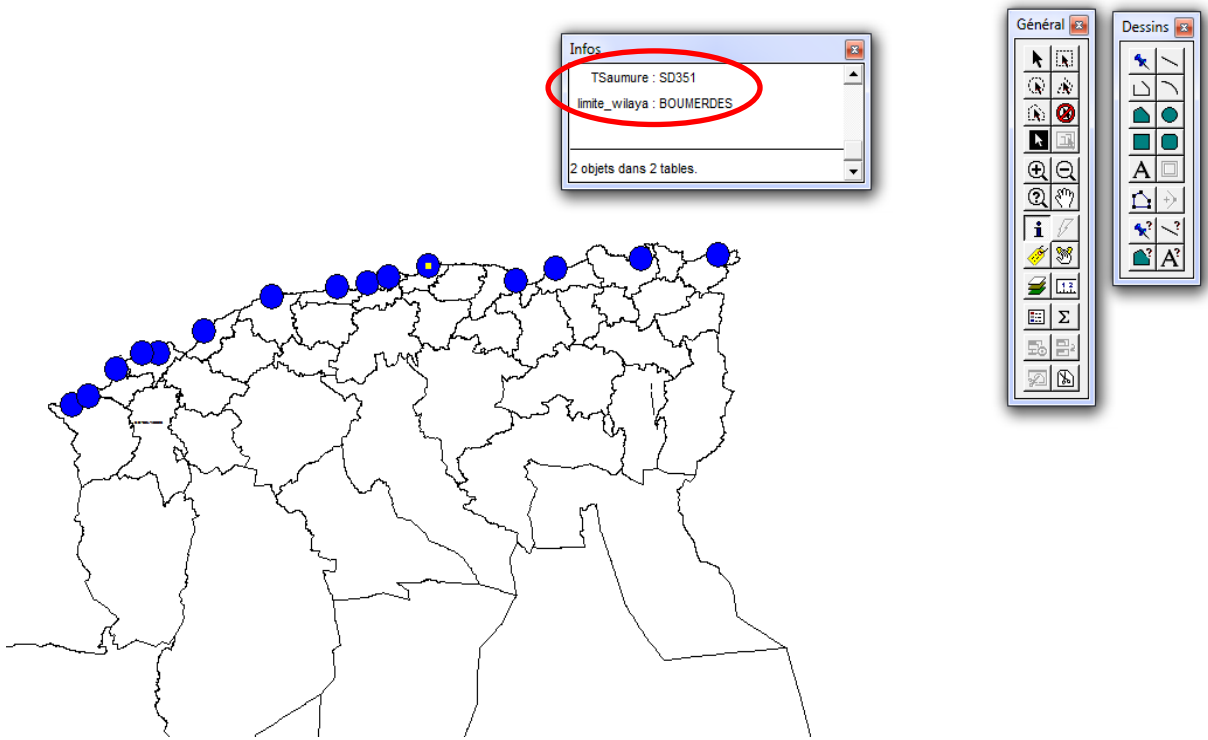




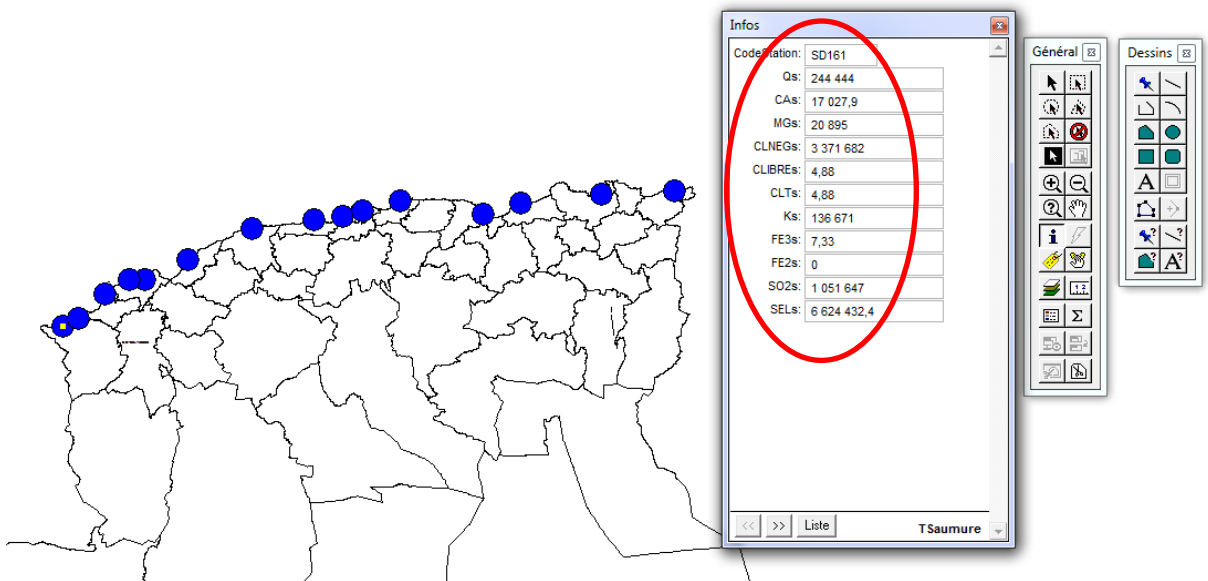
La quatrième étape : localiser les stations avec des points ou les coordonnées géographiques sont tiré a partir de Google earth avec le système de projection Mercator, sachant que les données sont dans l'annexe 1 et 2



La cinquième étape : caractérisation des stations avec la table de la saumure créée précédemment



La saisis des données de la saumure dans la table

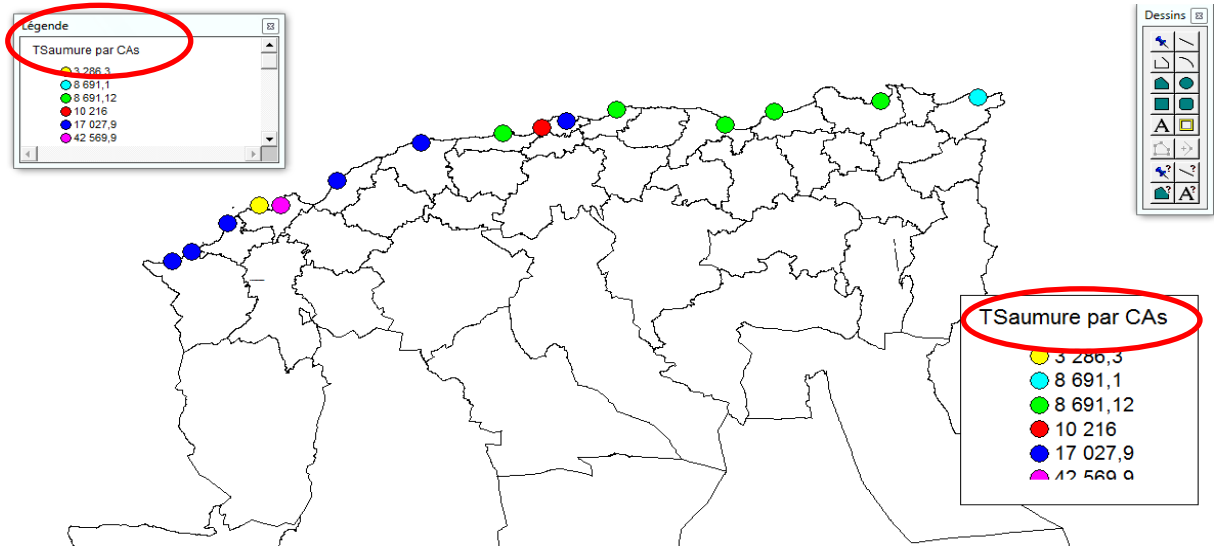


La sixième étape :

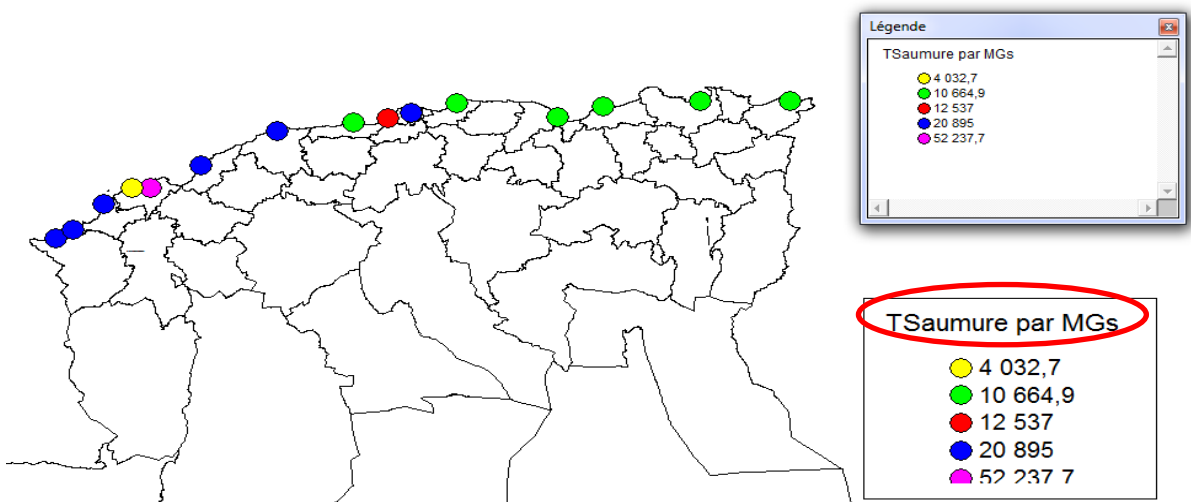
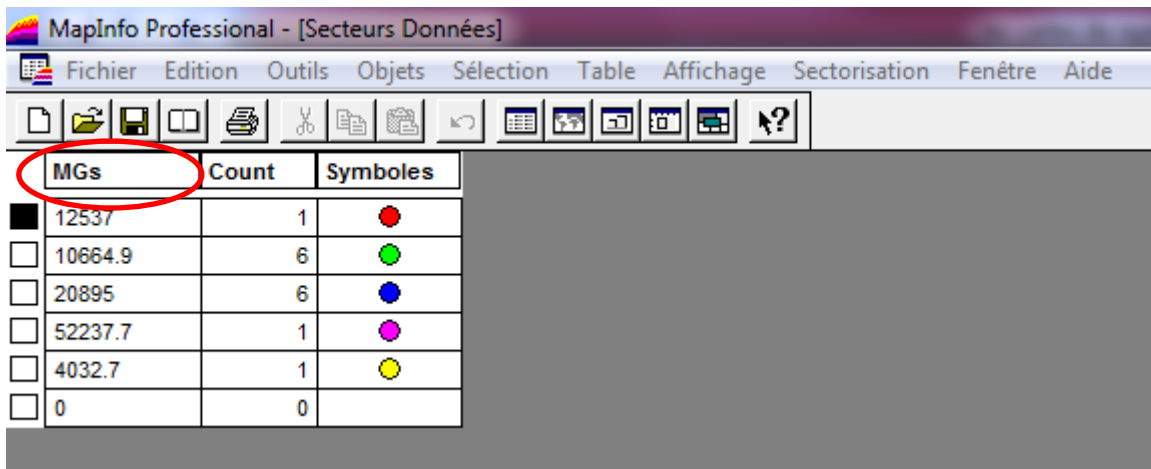
La sectorisation du rejet des stations par rapport à chaque champ crée c.à.d. par rapport à chaque composante de la saumure et avec un code pour chaque SDEM

➤ **La sectorisation par rapport au calcium :**

CAs	Count	Symboles
10216	1	●
8691.12	5	●
17027.9	6	●
42569.9	1	●
3286.3	1	●
8691.1	1	●
0	0	



➤ **La sectorisation par rapport au Magnésium :**

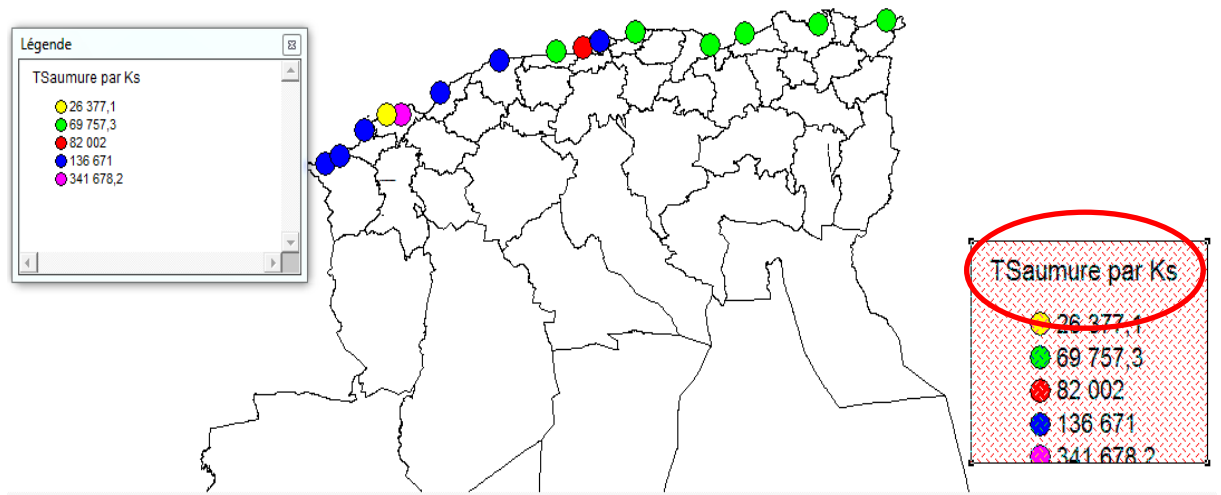


➤ La sectorisation par rapport au Potassium:

MapInfo Professional - [Secteurs Données]

Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Affichage Sectorisation Fenêtre Aide

Ks	Count	Symboles
82002	1	●
69757.3	6	●
136671	6	●
341678.2	1	●
26377.1	1	●
0	0	



➤ La sectorisation par rapport au sulfate:

MapInfo Professional - [Secteurs Données]

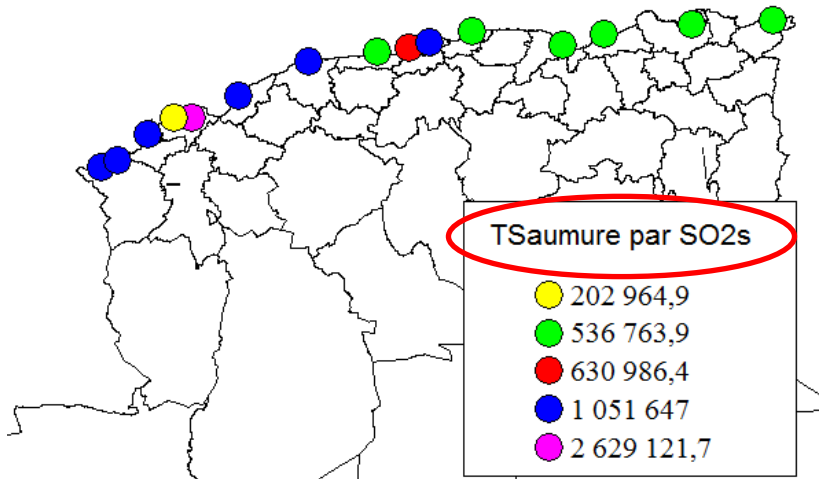
Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Affichage Sectorisation Fenêtre Aide

SO2s	Count	Symbole:
630986.4	1	●
536763.9	6	●
1051647	6	●
2629121.7	1	●
202964.9	1	●
0	0	

Légende

Saumure par SO2s

- 202 964,9
- 536 763,9
- 630 986,4
- 1 051 647
- 2 629 121,7



➤ La sectorisation par rapport au fer:

MapInfo Professional - [Secteurs Données]

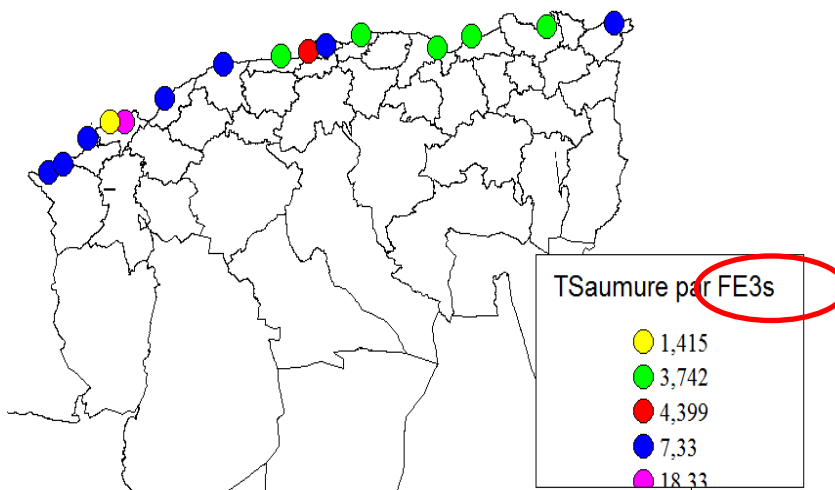
Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Affichage Sectorisation Fenêtre Aide

FE3s	Count	Symboles
4.399	1	●
3.742	5	●
7.33	7	●
18.33	1	●
1.415	1	●
0	0	

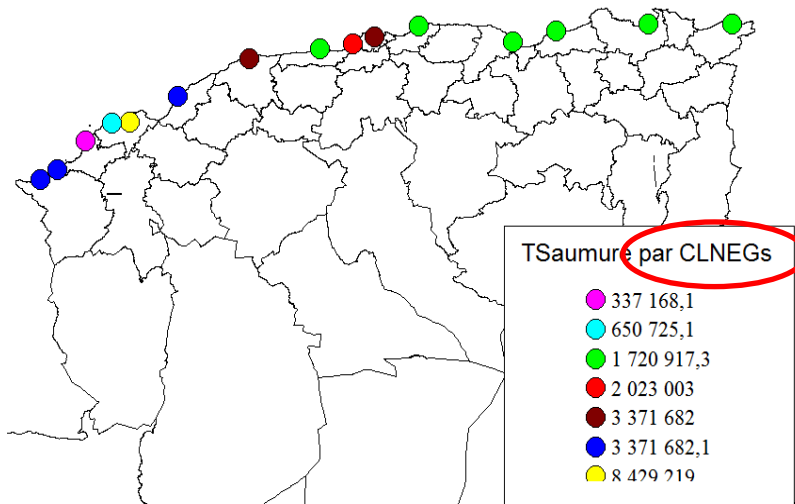
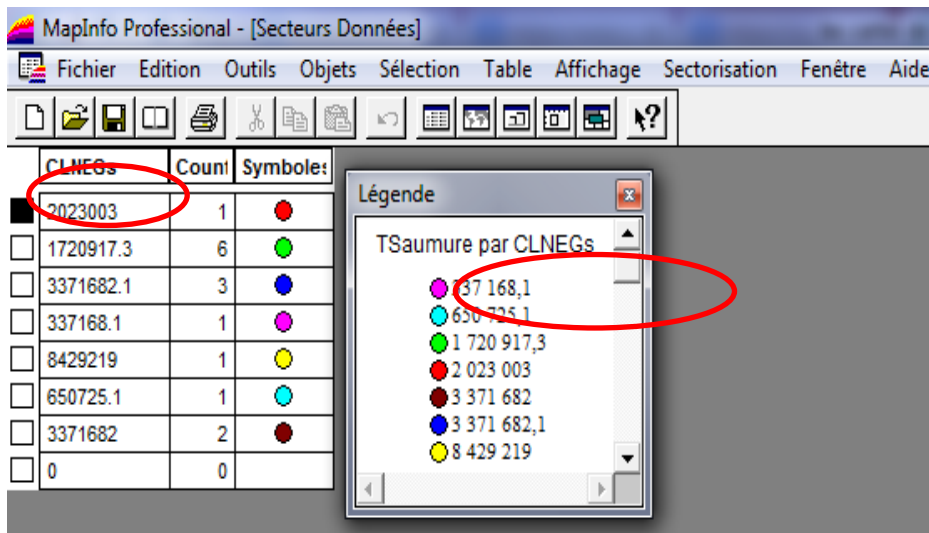
Légende

TSaumure par FE3s

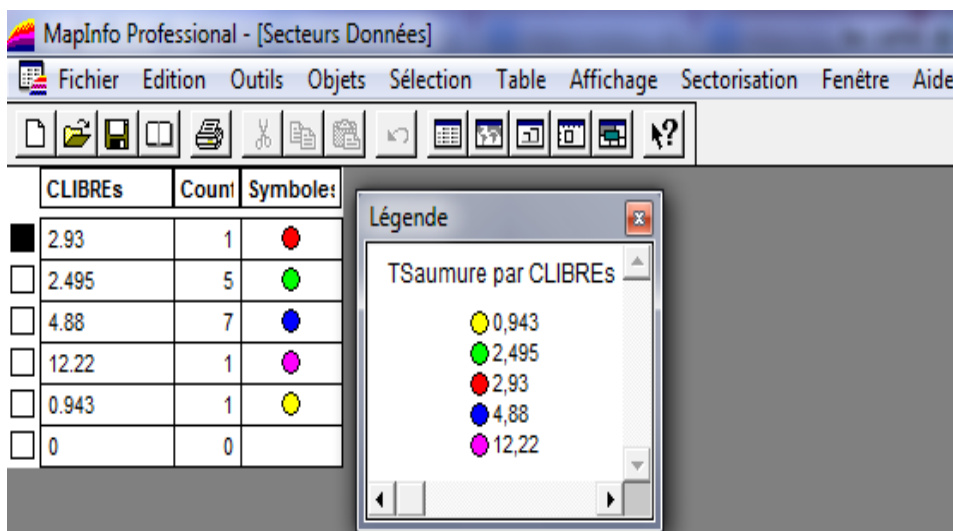
- 1,415
- 3,742
- 4,399
- 7,33
- 18,33

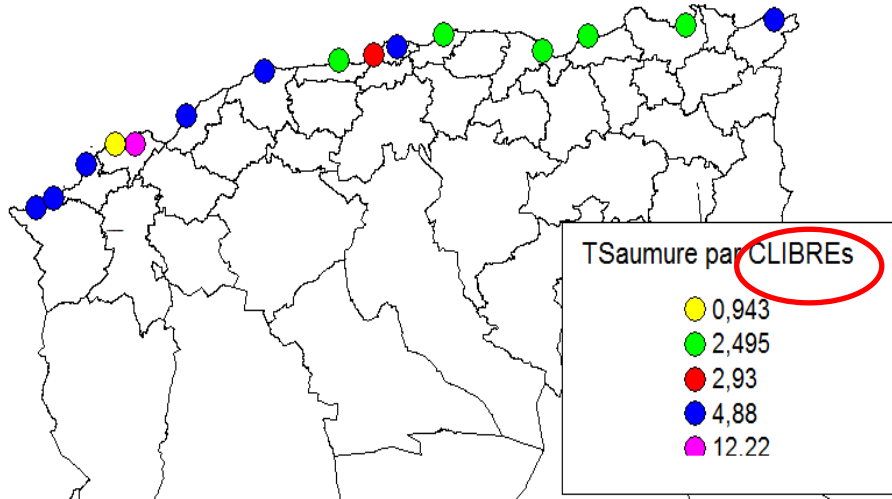


➤ La sectorisation par rapport au CI- :



➤ la sectorisation par rapport au CI libre:





➤ La sectorisation par rapport au CLTs:

MapInfo Professional - [Secteurs Données]

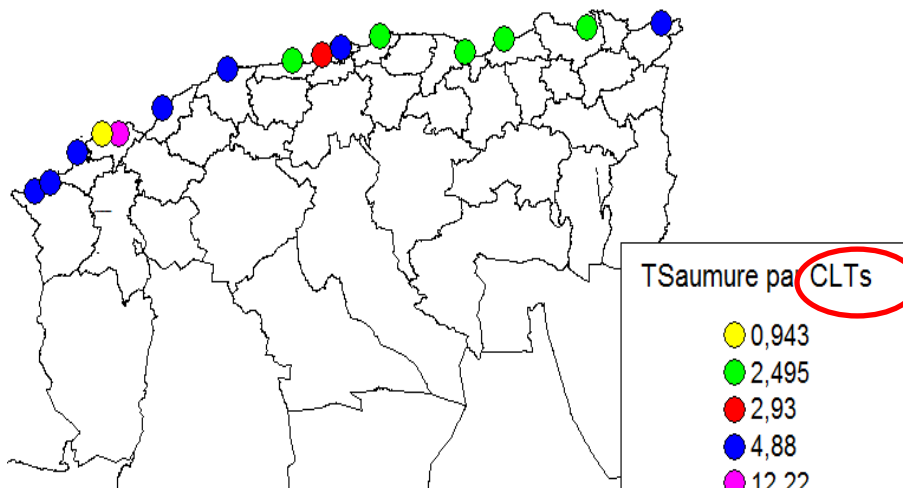
Fichier Edition Outils Objets Sélection Table Affichage Sectorisation Fenêtre Aide

CLTs	Count	Symbole
2.93	1	●
2.495	5	●
4.88	7	●
12.22	1	●
0.943	1	●
0	0	

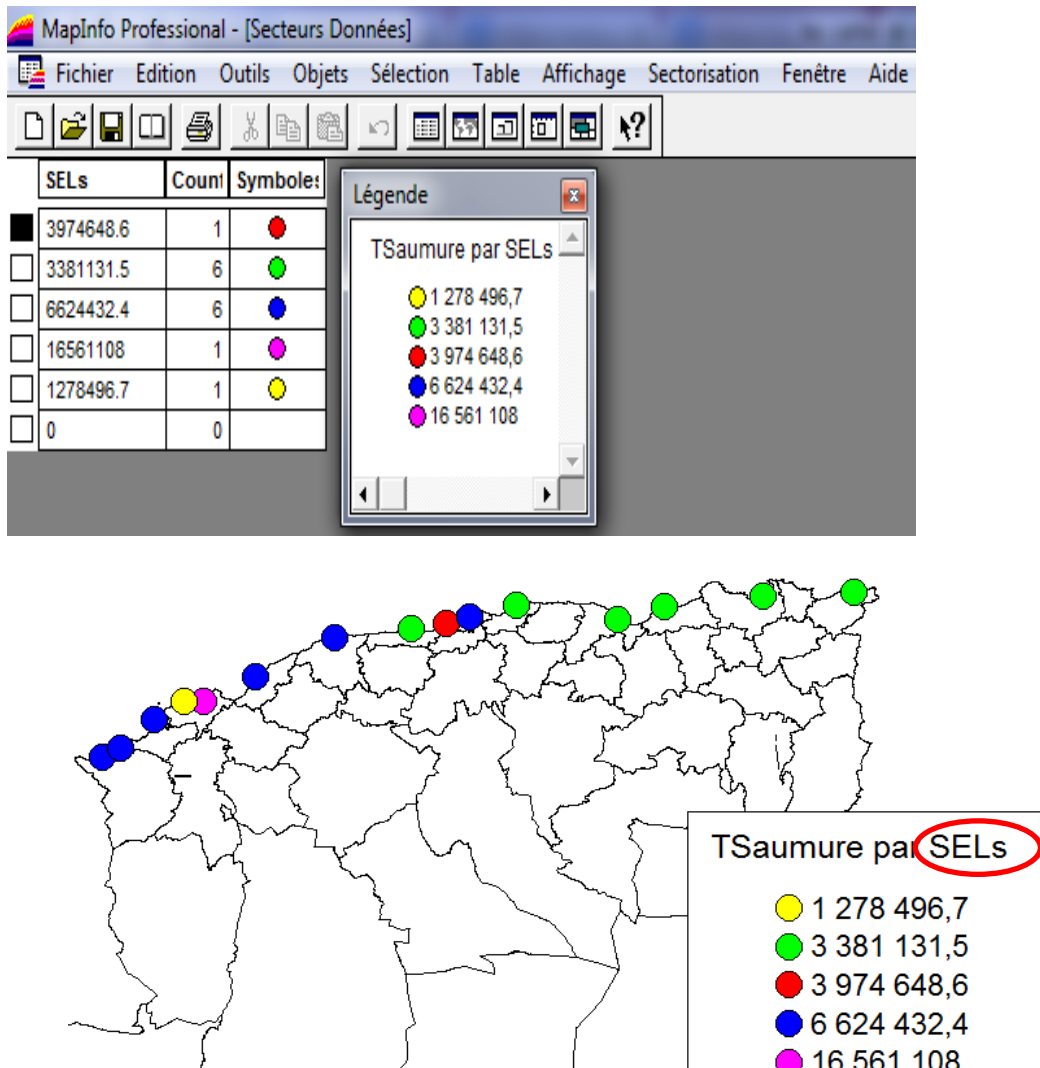
Légende

TSaumure par CLTs

- 0,943
- 2,495
- 2,93
- 4,88
- 12,22



➤ La sectorisation par rapport au taux de salinité:



IV.2. Discussion de la qualité de l'eau de mer après dessalement

A la lumière des résultats acquises lors des différents sectorisations pour les différentes paramètres physico-chimiques, paramètre de pollution et microbiologique de l'eau rejetée par les différentes unités de dessalement.

Néanmoins et d'après l'analyse présentée au-dessus, certains paramètres ont des valeurs excèdent ou au-dessus des valeurs donnés par les normes de l'OMS et les normes Algériennes. Voir **annexe3**

C'est pour cela nous avons suggéré de traiter quatre composantes ou on a l'information sur ses normes.

➤ **Les chlorures**

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, leurs éliminations sont difficiles et les méthodes classiques de traitement sont inefficaces. On signale un taux d'élimination de 87% dans le cas d'un dispositif de traitement basé sur l'absorption sur charbon actif granulaire et l'osmose inversée. Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection et des sels de chlore. Les eaux destinées à la consommation humaine, ont une teneur en chlorure de 500 mg/l et des fois 600 mg/l (norme Algérienne) (Rodier.J, 2005).

Nos données montrent une présence d'une teneur en chlorure très élevée. Cette variation est due à l'étape de poste chloration qui enrichie également cette eau en chlorures. **Figure IV.1**

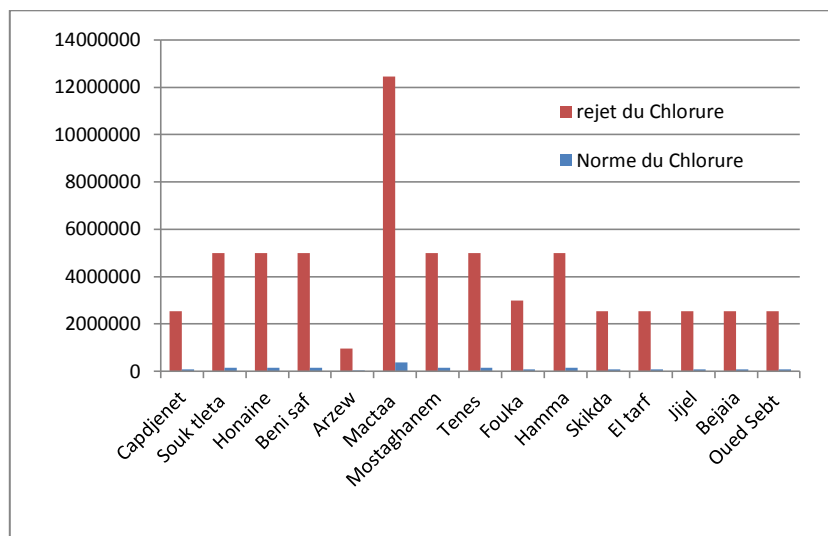


Figure IV.1 :Le rejet du chlorure et sa norme pour chaque station

A partir de cet histogramme, il y a une énorme différence entre la norme et le rejet du Chlorure, elle représente l'excès de cette composante voir **Figure IV.2**

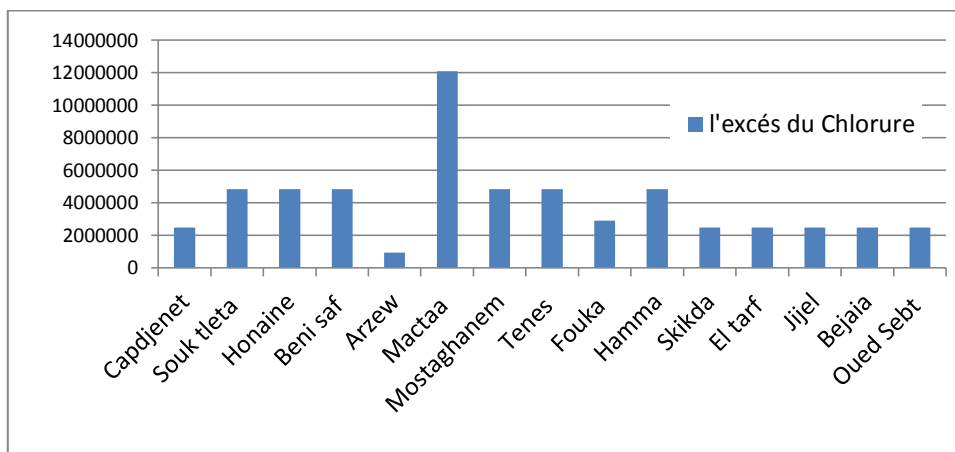


Figure IV.2 :l'excès du rejet du chlorure pour chaque station

➤ **Les sulfates**

L'eau destinée à la consommation humaine, en raison de problèmes particuliers susceptibles d'introduire une gêne pour le consommateur (goût, corrosion). L'OMS recommande comme valeur limite 250/400 mg/l. Leur teneur élevée dans l'eau de boisson entraîne des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable (Rodier.J, 2005).

Selon Monique T.H et *al* (1984), la présence des sulfate résulte de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches par exemple : la pyrite.

Nos données montrent une présence d'une teneur en chlorure très élevé. **Figure IV.3**

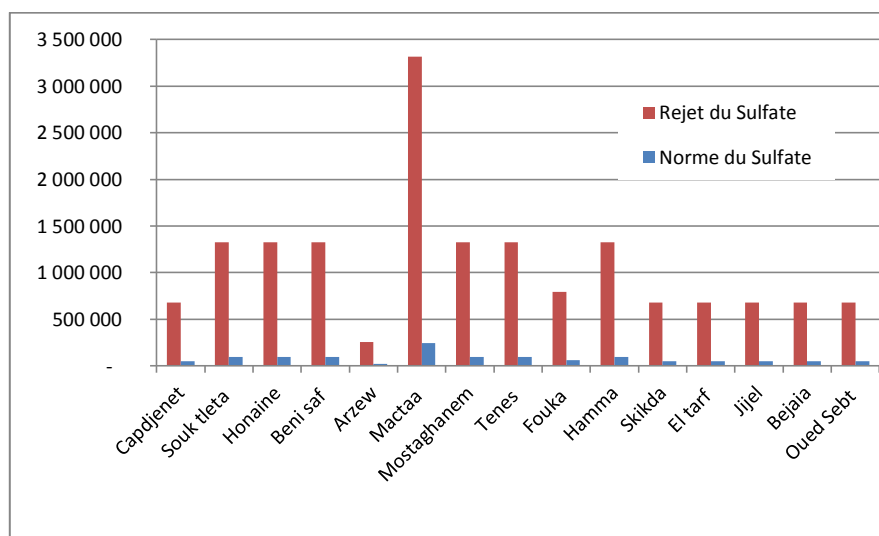


Figure IV.3 : Le rejet du Sulfate et sa norme pour chaque station

Notre rejet à une teneur en sulfate qui est assez grande. Les teneurs élevées en sulfates dépendant généralement de l'étape de dosage de réduction de chlore par le bisulfite de sodium qui enrichie également cette eau en sulfate.

A partir de l'histogramme précédent, il y a une forte variation entre la norme et le rejet du Magnésium, elle représente l'excès de cette composante **voir Figure IV.4**

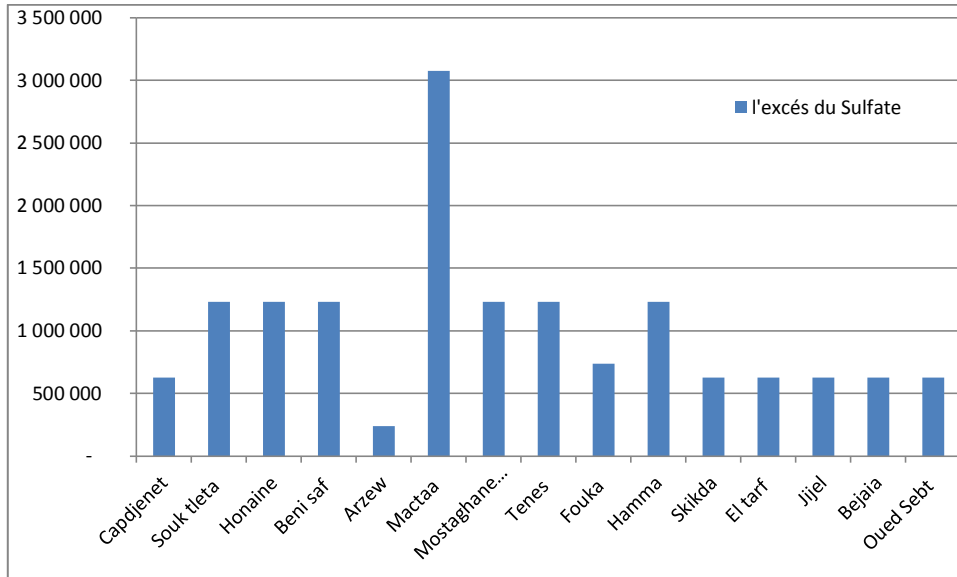


Figure IV.4 : l'excès du rejet du chlorure pour chaque station

➤ **Magnésium :**

L'histogramme pour l'étude comparative entre la norme et le rejet ce qui concerne la matière du Magnésium **Figure IV.5**

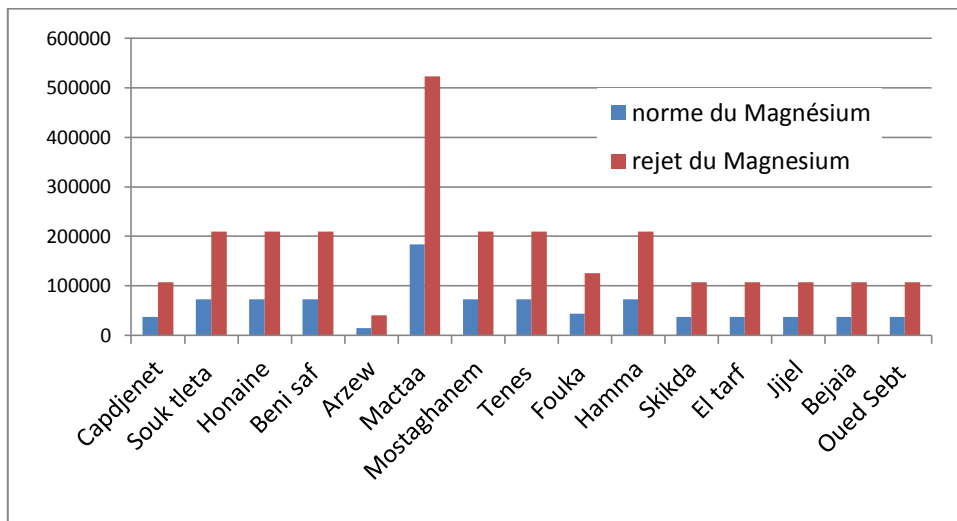


Figure IV.5 : le rejet du Magnésium et sa norme pour chaque station

A partir de cet histogramme, il y a une forte différence entre la norme et le rejet du Magnésium, elle représente l'excès de cette composante. **Figure IV.6**

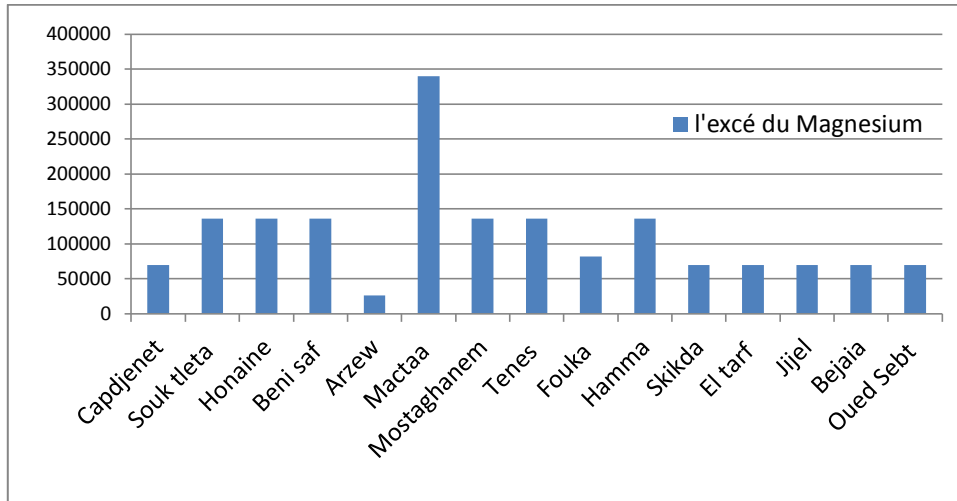


Figure IV.6 :l'excès du rejet du chlorure pour chaque station

➤ **Sels ou taux de salinité :**

Nos données montrent une présence d'une teneur en sel très élevée, nous constatons visuellement une importante variation **Figure IV.7**

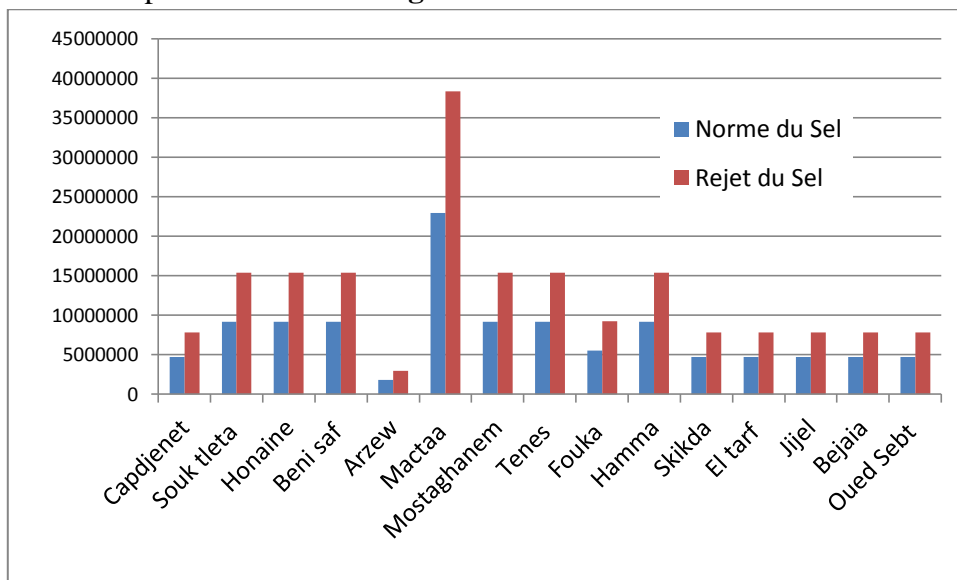


Figure IV.7 : Le rejet du sel et sa norme pour chaque station

Toujours nous remarquons qu'il y a une forte différence entre la norme et le rejet du Magnésium, l'excès du TDS est exprimé par cette variation **Figure IV.8**

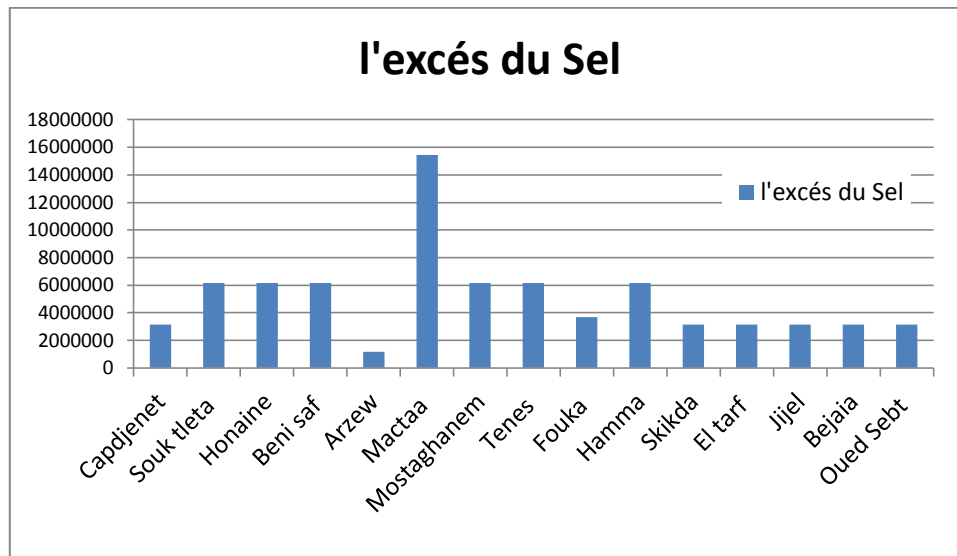


Figure IV.8 :L'excès du rejet du chlorure pour chaque station

IV.3. Interprétation des résultats :

Afin de pouvoir évaluer l'impact de dessalement sur le milieu aquatique, il faut savoir quel est la cause de cette importante variation qui a engendré l'excès de ces composantes chimique dans le rejet de la saumure

➤ Les chlorures

Les chlorures sont très solubles dans l'eau, il est difficile de les éliminer (Rodier.J, 2005). Les données mesurées montrent un taux en chlorures considérable élevé dans le point de rejet allant de 2470347 à 12099997kg/j par rapport à l'eau de mer normale qui a généralement une valeur de 21436.66 mg/l.

➤ Les sulfates

De façon générale, dans un milieu marin les concentrations en sulfates sont plus importantes. L'augmentation de la teneur en sulfates dissous dans les eaux de mers, peuvent contribuer à la formation des sulfures qui se volatilisent dans l'air sous forme de sulfure d'hydrogène (H₂S), ou elles donnent un précipité sous forme d'un sel insoluble qui est incorporé dans les organismes vivants.

Cette réduction se fait sous l'action des micro-organismes appelés bactéries sulfato-réductrices, qui deviennent donc dominant, car ils ont plus de substrats à transformer. Si la teneur en sulfate est faible, les bactéries productrices de méthane deviennent dominantes (Rodier.J, 2005).

A la lumière de nos résultats, les saumures rejetées dans l'environnement aquatique ont une concentration élevée en sulfates, d'une valeur allant jusqu'au 627 568kg/j plus élevée que

celle de l'eau de mer. Ces teneurs élevées en sulfates proviennent des produits utilisés dans les prétraitements.

➤ Le Magnésium et le TDS

il provient surtout des résultats du métabolisme des organismes aquatiques. Une eau chargée en matière organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée en oxygène. En effet, la forte présence de matière organique, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (Arrignon.J, 1976).

Pour le sel, la forte variation est due à la phase du traitement à travers des membranes semi perméable qui ont un taux de conversion de 45% c.à.d. avec un 55% de rejet c'est la saumure.

Conclusion :

Nous avons remarqué que le rejet chimique de la station de Mactaa est vraiment très élevé par rapport aux autres stations en terme de quantité mais la concentration est toujours constante pour toutes les stations.

Vu que Mactaa est une méga station c'est la plus grande en Afrique, elle engendre cette forte variation alors le problème qui se pose c'est au niveau de la gestion de telle quantité ainsi l'influence de ces rejets sur le milieu aquatique



Conclusion Générale



Conclusion générale

Bien que le dessalement de l'eau de mer soit une industrie en développement constant dans de nombreux pays méditerranéens, on ne dispose que quelques études sur les impacts que cette activité exerce sur le milieu marin. Ces impacts vont du changement de l'occupation du sol, des conséquences esthétiques et des nuisances sonores aux rejets dans l'eau, émissions dans l'atmosphère et dommages potentiels pour le milieu récepteur. Les deux principaux procédés de dessalement de l'eau de mer, MSF et OI, diffèrent par le type de leurs impacts. Dans le cas du procédé MSF, les principaux impacts sont la chaleur, les effluents thermiques et le rejet de métaux comme, alors qu'avec OI c'est la salinité élevée de la saumure concentrée (1,2 à 3 fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation).

Un caractère inédit du dessalement de l'eau de mer tient à l'interaction mutuelle entre l'usine qui le pratique et le milieu marin attenant. Un milieu marin propre est un préalable à la production d'eau propre. D'un autre côté, l'effluent et les émissions émanant de l'usine affectent le milieu marin.

Un procédé de dessalement nécessite un apport d'énergie thermique ou mécanique, laquelle, à son tour, se traduit par une élévation de la température des effluents de saumure concentrée, par des rejets thermiques et des émissions atmosphériques associées à la production d'électricité. Au cours du pré-traitement, du traitement et du post-traitement qui interviennent lors du processus de dessalement, sont ajoutés un certain nombre de produits chimiques à savoir les agents antitartre, désinfectants, agents anticorrosion et antimousse. Une partie de ces produits ou de leurs dérivés peuvent être rejetés dans le concentré de saumure. Leur ajout doit être soumis à des conditions bien définies afin d'éviter qu'ils n'aient un impact sur le milieu marin.

Ces dernières années ont été marquées par une tendance à construire de grandes usines de dessalement à osmose inverse en Algérie. Eu égard aux perfectionnements constants apportés aux procédés de dessalement qui permettent d'obtenir un taux de conversion de l'eau de mer d'environ 45%, il convient d'assurer une élimination correcte des effluents de saumure dont la salinité est d'environ trois fois supérieure à la salinité de l'eau d'alimentation.

La saumure concentrée provenant d'une usine de dessalement devrait faire l'objet d'un règlement avant d'être rejetée dans le milieu marin, conformément aux dispositions pertinentes du Protocole « tellurique ». Par exemple, les rejets, comme le chlorure, émanant des usines de dessalement, devraient être effectués conformément aux prescriptions du Protocole.

C'est pour cela nous avons pris l'initiative d'élaborer des cartes thématiques des rejets des stations de dessalement en Algérie à l'aide d'un logiciel du système d'information géographique c'est le MapInfo qui nous a permis de faire la sectorisation pour les paramètres du rejet.

La cartographie des champs de rejets et la sectorisation de chaque paramètre nous a aidé à faire une étude comparative entre la norme et le rejet afin d'établir l'excès et savoir sa nature.

Références bibliographiques

- [1] Alain .MAUREL. «Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres», édition technique et documentation, 2001
- [2] Dickson 2007, Composition de l'eau de mer: best practices in ocean CO2 measurements (S=35)
- [3] A.D.E (2008) « Dessalement en ALGERIE », situation actuelle et programme de développement
- [4] R.A. HORNE, « Marine chemistry the structure of water and the chemistry of the hydrosphère», Wiley-Interscience, 1969.
- [5] L'œuvre monumentale de René Quinton l'eau de mer milieu marin" (Réimprimé Ed Ancre 1995)
- [6]Publication WATMED 5, Lille - France, 26-28 Mai 2010 : Qualité des eaux de mer après dessalement au niveau de la station de dessalement de la ville de Ténès, Chlef. Impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique).
- [7] Marc Souris 2007,Les principes des systèmes d'information géographique Principes, algorithmes et architecture du système Savane.

Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de mer des différentes stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie

Paramètres	Unité	Station de Cap Djinet (Boumerdes)	Station Hamma (Alger)	Station Fouka (Tipaza)	Station de Mostaghane	Station EL Hilel (Ain Témouchent)
pH		8,22	7,8	7,7	7,6	7,85
conductivité	ms/cm	56	55,4	56,2	56,8	56,4
turbidité	NTU	0,32	1,08	1,05	0,66	0,95
TDS	g/l	35,7	35,2	36,1	36,6	36,3
T	C°	15,7	17,8	15,6	18,1	16,88
Ammonium NH ₄ ⁺	Mg/l	0	0	0	0	0
Nitrites NO ₂ ⁻	Mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrate NO ₃ ⁻	Mg/l	6,33	5,9	5,8	5,1	6,4
TA	°F	0	0	0	0	0
TAC	°F	13	13,5	13,4	13	13,8
Bicarbonates HCO ₃ ⁻	Mg/l	130	135	134	131	137
TH	°F	441	560,6	450,3	442	467
Calcium Ca ²⁺	Mg/l	381	200	220	237	213
Magnésium Mg ²⁺	Mg/l	724	780,9	807	776,87	751,44
Chlorures	Mg/l	6472,2	6816	6532	6453,56	6779,11
Chlore libre	Mg/l	0	0	0	0	0
Chlore totale	Mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Potassium K ⁺	Mg/l	142,15	148,8	145,7	144,9	146,09
Fe ⁺⁺⁺	Mg/l	0,015	0,011	0,011	0,014	0,011
Fe ⁺⁺	Mg/l	0,085	0,087	0,09	0,082	0,091
Sulfate SO ₄ ²⁻	Mg/l	1023,4	1260	1100	1180,1	1039,8
Bore	Mg/l	3,81	3,72	3,46	3,51	3,84
MES	mg/l	3,3	4,6	4,6	4,08	4,12
Résidus sec	g/l	32	30,2	30,5	31,1	30,6
O ₂ dissous	mg/l	0,16	0,18	0,2	/	/

Les quantités journalières des différents éléments chimiques des stations de dessalement en Algérie

Station	Q _{saumure} (m ³ /j)	Ca ²⁺ (kg/j)	Mg ²⁺ (kg/j)	Chlorure Cl ⁻ (kg/j)	Chlore libre (kg/j)	Chlore total (kg/j)	K ⁺ (kg/j)	Fe ⁺³ (kg/j)	Fe ⁺² (kg/j)	So ₄ ²⁻ (kg/j)	Sels (kg/j)
Cap-djenat (boumerdes)	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10
Souk tleta (telmcen)	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	7433542
Honaine (telmcen)	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	7433542
Beni saf (aintemouchent)	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	7433542
Arzew (oran)	47177	3286.3	40586	650725	0.943	0.943	26377	1.415	1.415	202964	1434652.5
Mactaa (oran)	611111	42569.9	52573.8	8429219	12.22	12.22	341678	18.33	18.33	2629121	18583885
Mostaghanem	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	7433542
Tenes (chlef)	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	7433542
Fouka (tipaza)	146666	10216	12617.6	2023003	2.93	2.93	82002	4.399	4.399	630986	4460113
Hamma (alger)	244444	17027.9	21029.5	3371682	4.88	4.88	136671	7.33	7.33	1051646	4460113
Skikda	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10

El tarf (projetée)	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10
Jijel (projetée)	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10
Bejaia (projetée)	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10
Oued Sebt (projetée)	124765	8691.12	10733.5	1720917.3	2.495	2.495	69757.3	3.742	3.742	536763.9	3794.10
Total	Kg/j	210386.3	296355.4	<u>41658542.8</u>	60.34	60.34	1688626	90.57	90.57	<u>69102666.6</u>	<u>62102666.5</u>
	Tan/ans	576400.8	811932.6	<u>114132994</u>	165.3	165.3	4626372	248.13	248.13	<u>189322372</u>	<u>170144291.8</u>

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D.EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS selon le journal officiel de la république Algérienne N° 26 (24 Rabie El Aouel 1427, 23 avril 2006)

N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension