



Année Universitaire : 2012-2013



Master Sciences et Techniques : Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

# Analyses physico-chimiques pour l'amélioration de la qualité de l'eau de mer de la zone de Jorf Lasfar, Maroc

Présenté par:

**Yassine Mastour**

Encadré par:

- Mr. M. EL SOSSA, OCP, El Jadida
- Mr. A. DRIDRI, FS Dhar El Mehraz

Soutenu Le 25 Juin 2013 devant le jury composé de:

- Mr. Abderrahim Lahrach
- Mr. Abdellah Oulmekki
- Mr. Abdellah Dridri
- Mr. Lahcen Benaabidate

Stage effectué à : OCP, Jorf Lasfar, El Jadida





Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

**Nom et prénom: Yassine Mastour**

**Année Universitaire : 2012/2013**

**Titre: Analyses physico-chimiques pour l'amélioration de la qualité de l'eau de mer de la zone de Jorf Lasfar, Maroc.**

### Résumé

Le milieu marin est un vaste milieu contenant beaucoup d'organismes vivants et des encrassements qui peuvent engendrer des grands problèmes d'entartrage et de colmatage au niveau des pompes, des conduites et des filtres.

La présence de certain types d'algues, de moules et de vers dans l'eau de mer et à cause de l'inefficacité du système de filtration et de chloration, on a l'échappement de ces organismes vivant qui vont causer le bouchage des canalisations de refroidissement.

Avant de faire une analyse de traitement de l'eau de mer, on a fait une étude approfondie pour savoir la composition chimique de notre eau aux différents points de son trajet (PEM, REM, et atelier refroidissement), aussi il faut comparer ces analyses avec une eau de mer provient d'une autre région pour savoir si on a une contamination par les rejets des effluents au niveau de Jorf Lasfar.

Le traitement de l'eau de mer va être assuré par une étude de traitement par différents coagulants suivi d'une filtration sur sable et charbon actif, et enfin une analyse de contrôle de la chloration.

Les coagulants utilisés :

- La chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- Le sulfate d'aluminium (sulfate d'alumine)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ .
- Le sulfate de fer (sulfate ferreux)  $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ .
- Le sulfate de cuivre  $\text{Cu SO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ .

Les analyses des différents échantillons de l'eau de mer montre les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire l'absence de toute contamination par les rejets des effluent et des eaux de lavage au niveau de la région de Jorf Lasfar.

Les résultats des analyses de la coagulation et de la chloration favorisent l'obtention d'une bonne qualité de l'eau de mer.

**Mots clés: Eaux, eau de mer, moule, algue, coagulation, floculation, filtration, charbon actif, sable, chlore, méthode d'analyse.**



## Sommaire:

Remerciements.....	3
Avant propos.....	4
Introduction.....	5
Liste des abréviations.....	7
Liste des figures.....	8
Liste des tableaux.....	9
Liste des graphes.....	10

## Partie I : PRESENTATION DU GROUPE OCP JORF LASFAR

Organigramme du groupe OCP.....	12
Présentation de l'OCP JORF LASFAR :	
II.1- Situation géographique.....	13
II.2- Historique.....	14
II.3- Complexe industriel JORF LASFAR.....	15
II.3.1- Domaine d'activité.....	16
II.3.2- Présentation de TED.....	18
II.3.3- Présentation du laboratoire central et organisation .....	21

## Partie II : CIRCUIT DE L'EAU DE MER

I-Utilisation de l'eau de mer.....	26
II-Description de la station PEM :	
1-Introduction.....	26
2-Paramètres de marche des pompes de PEM.....	28
3-L'équipement de PEM.....	28
4-Description des batardeaux, degriilleurs et filtres :	
a-Introduction.....	29
b-Description des batardeaux.....	29
c-Description des degriilleurs.....	30
d-Description des filtres.....	32
e-Description de bassin d'aspiration.....	35
f-Description de salle des pompage.....	36

## Partie III : LES PROBLEMES DE L'EAU DE MER

1-Problématique.....	39
2-Les types de moules et d'algues.....	43



**Partie IV : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES POUR L'AMELIORATION  
DE LA QUALITE DE L'EAU DE MER**

<b>1-comparaison entre l'eau d'el Jadida et l'eau d'Azemmour.....</b>	<b>48</b>
<b>2-Les analyses chimiques de l'eau.....</b>	<b>50</b>
<b>3-Résultats et discussion.....</b>	<b>54</b>
<b>4-Traitement de l'eau de mer.....</b>	<b>60</b>
<b>5-Analyse de la chloration.....</b>	<b>68</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>76</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>77</b>

**Remerciements**

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements à Monsieur le Directeur de Maroc Phosphore III et IV JORF LASFAR pour son accueil au sein du site Maroc phosphore JORF LASFAR du groupe OCP.

A Mr. M.EL SOSSA chef de la centrale pour son encadrement, son aide et ses conseils précieux ainsi que Mr A.SOUGRATI chef d'usine TED, Mr DARKAOUI et Mr MOURCHID.

Mes sincères remerciements sont encore à :

Mr. A.MANSOURI, Mr. HEL MERNISSI, Mr. M.MADANI et Mr. BANANI Agents au service TED.

Mr. BENAOUA et Mr. LAMRAMI au service REM.



Mr. TOUFIKI, Mr. LEKNIZI, et Mr. RASSILI au service PEM.

Mes remerciements vont également à :

Mr H. BOUDDOU chef de service laboratoire central ainsi que Mr A. FERMAS et Mr S.KOUNBACH.

Mr B.AHAZAM mon parrain dans le laboratoire central qui m'a accompagné avec son aide et ses conseils précieux.

Mr A.DOUIBI, Sans toutefois oublier toute l'équipe des agents et des chimistes qui n'ont épargné aucuns efforts pour m'aider durant mon séjour dans le TED, le PEM, le REM et le laboratoire, j'ai pour vous l'estime et l'admiration qu'imposent votre compétence, votre sérieux et votre professionnalisme.

J'exprime également mon grand respect et gratitude à Mr. A. DRIDRI mon encadrant à la faculté des sciences Dhar El Mehraz pour sa disponibilité, son assistance et ses précieux conseils.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à l'ensemble des jurys qui ont accepté d'assister à cette soutenance.

Enfin, que toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouve ici l'expression de mes gratitude.

### Avant propos

Au terme de sa formation, tout étudiant est tenu d'effectuer un stage dans l'un des établissements publics ou privés, ce stage fera l'objet d'un rapport que le stagiaire doit rédiger, déposer et le discuter pendant l'épreuve de la soutenance. Grâce à ce stage, l'étudiant pourra rapprocher ses acquis théoriques à la pratique, il lui permet de confronter le milieu professionnel, de se familiariser avec le domaine du travail et de connaître les différentes tâches effectuées par les différents services.

Ainsi, le stage est une conséquence évidente pour un passage durant une formation professionnelle, qui permet de mettre en œuvre les techniques et les outils de travail acquis pendant la formation. Mon stage a été effectué au sein du groupe OCP, pour une durée de quatre mois, s'étalant du 15/01/2013 au 31/05/2015.



## Introduction

L'industrie des phosphates, grâce à la stratégie du groupe office chérifien des phosphates, relève le défi de l'industrie chimique au Maroc. En effet, la demande mondiale des phosphates et de ses produits dérivés connaît un développement soutenu ses dernières années.

Par ailleurs, le commerce international du phosphate et de ses dérivés continue de connaître une mutation profonde, passant d'un marché de matières premières à un marché de produits finis et semi-finis.

La direction des industries chimiques de JORF LASFAR détient une grande part de la production en matière d'acide phosphorique et des engrais, et dans le but d'établir des suivis et contrôles permanents de la qualité de tel produit. Cette direction a instauré au départ de son installation un laboratoire central, permettant d'établir des analyses sur la totalité des produits existants. Ces analyses sont établies selon des normes nationales et internationales, elles portent sur les phosphates, l'acide phosphorique, le gypse, les engrais et également sur les eaux, le soufre et l'acide sulfurique.

La zone industriel de JORF LASFAR Maroc phosphore III-IV, IMACID, EMAPHOS, disposent de grandes installations qui nécessitent une quantité d'eau de mer très élevées soit pour :

- Le refroidissement d'acide, huile, eau de noria.
- Condensation.
- Assainissement des gaz.
- Évacuation de gypse.

Grace à la station P.E.M et la station R.E.M le groupe O.C.P est servi par cette quantité de l'eau de mer.

Le complexe a besoin de l'eau de mer pour assurer le refroidissement des appareils et des composants des installations.

La manipulation de l'eau de mer s'effectue en deux temps : le premier consiste à pomper l'eau de mer et son acheminement vers le complexe et le second consiste a réceptionné et distribué cette eau aux différents ateliers.

La station de pompage de l'eau de mer (PEM) est située au port JORF LASFAR. Elle est destinée à alimenter le complexe en eau de mer traitée et filtrée.

Vu que la turbidité, la salinité de l'eau de mer et sa charge en matière vivante en différent dimension et à cause de l'inefficacité de système de filtration et de chloration, on a l'échappement de certain types d'algues, de moules, et de vers qui vont causer le bouchage des canalisations de refroidissement.

Le but de ce stage est de trouver des solutions pour l'amélioration de la qualité de l'eau de mer, pour cela l'analyse physico-chimique de l'eau de mer de la station de pompage PEM en comparaison avec d'autre types de l'eau de mer (celle d'AZEMOUR, de REM et de refroidissement) suivie d'un traitement de l'eau de mer de la station pompage et d'une filtration sur sable et charbon actif et enfin une étude sur la chloration au niveau de service de pompage afin d'obtenir une qualité d'eau satisfaite au besoin de différent consommateur (atelier de phosphorique, sulfurique...).



---

**Le rapport est subdivisé en quatre parties :**

- 1- Présentation du groupe OCP Jorf Lasfar.**
- 2-Circuit de l'eau de mer.**
- 3-Les problèmes de l'eau de mer.**
- 4-Analyses physico-chimique pour l'amélioration de la qualité de l'eau de mer.**



**Liste des abréviations :**

- **OCP : L'Office Chérifien des Phosphates.**
- **EMAPHOS : Euro Maroc phosphore. L'usine d'Emaphos a été construite sur le site de JORF LASFAR, en partenariat avec la société Chemische Fabrik Budenheim (CFB-Allemagne). Elle a une capacité de production de 120.000 tonnes d'acide phosphorique purifié par an.**
- **IMACID : Indo Maroc Phosphore.**
- **ODEP : L'Office d'exploitation des ports.**
- **ONCF : L'Office National des chemins de fer.**
- **ONE : L'Office National de l'Électricité.**
- **ONEP : L'Office National de l'eau potable.**
- **MAP : Mono Ammonium Phosphate.**
- **DAP : Di ammoniac Phosphate.**
- **ASP : Amono-Sulfo-Phosphate.**
- **NKP : Azote Phosphore Potassium.**
- **TSP : Triple super phosphate.**
- **Engrais : Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures.**
- **TED : Traitements des Eaux Douces.**
- **PEM : Pompage de l'Eau de Mer.**
- **REM : Reprise de l'eau de Mer.**
- **CAP : Concentration d'Acide Phosphorique.**
- **HP : Haute Pression.**
- **PE : Prise d'Essai.**
- **BP : Basse Pression.**
- **MP : Moyen Pression.**
- **TAF : Titre en acide fort.**
- **TH : Titre hydrométrique.**





- TA : Titre alcalimétrique.
- TAC : Titre alcalimétrique complet.

### Liste des figures :

Figure 1 : Organigramme du groupe OCP.....	12
Figure 2 : Carte schématique de la région de Jorf Lasfar.....	13
Figure 3 : Image satellitaire de la région de Jorf Lasfar.....	13
Figure 4 : Diagramme bloc de l'ensemble industriel de Jorf Lasfar.....	15
Figure 5 : Schéma d'une chaine de filtration.....	18
Figure 6 : Chaine de filtration.....	19
Figure 7 : Schéma d'une chaine de déminéralisation.....	20
Figure 8 : Photo satellitaire de la station de pompage de l'eau de Mer.....	26
Figure 9 : Photo satellitaire de déversoir et des reprises de l'eau de Mer.....	27
Figure 10 : Image du chariot racleur.....	30
Figure 11 : Filtre de l'eau de Mer.....	33
Figure 12 : Schéma du batardeau.....	36
Figure 13 : Moteur asynchrone triphasé qui entraine la pompe centrifuge.....	37
Figure 14 : Problème de corrosion du matériel.....	39
Figure 15 : Problème de colmatage des pompes.....	39
Figure 16 : Les résidus de nettoyage du bassin de pompage.....	40
Figure 17 : Nettoyage des conduites.....	40
Figure 18 : Présence de moules et d'algues dans le bassin de REM.....	41
Figure 19 : Conduite et filtre de l'eau de Mer de l'atelier sulfurique.....	42
Figure 20 : Nettoyage de moule et d'algues bloquées par le filtre.....	42
Figure 21 : Les Types de moules.....	43
Figure 22 : Serpula vermicularis.....	44
Figure 23 : Chthamale étoilé.....	44
Figure 24 : Mytiloida (moule).....	45
Figure 25 : Algues vertes.....	45
Figure 26 : Algues rouges.....	46
Figure 27 : Image satellitaire de la région d'Azemmour.....	48



---

Figure 28 : Mesure de la distance par google.map.....	48
Figure 29 : Image satellitaire du point de prélèvement au niveau d’Azmmour.....	49
Figure 30 : Image satellitaire du point de prélèvement au niveau du pompage.....	49
Figure 31 : SCALARE.....	52
Figure 32 : Schéma du principe de SCALARE.....	52
Figure 33 : Godet.....	53
Figure 34 : ICP.....	53



## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les paramètres de marche des pompes.....	28
Tableau 2 : Les équipements de la station de pompage de l'eau de mer.....	28
Tableau 3 : La hauteur de l'eau dans le bassin d'aspiration.....	35
Tableau 4 : Les analyses de l'eau de Mer.....	54
Tableau 5 : Les analyses de l'eau de Mer par ICP.....	54
Tableau 6 : Les analyses de coagulation avant filtration.....	62
Tableau 7 : Les analyses de coagulation après filtration.....	62
Tableau 8 : Les analyses de coagulation par ICP après filtration.....	63
Tableau 9 : Les analyses de contrôle de chloration.....	71



## Liste des Graphiques :

Graphique 1 : Turbidité.....	55
Graphique 2 : pH.....	55
Graphique 3 : TA et TAC.....	56
Graphique 4 : TH.....	56
Graphique 5 : Conductivité et salinité.....	57
Graphique 6 : Les orthophosphate.....	57
Graphique 7 : Fer Total.....	57
Graphique 8 : Silice.....	58
Graphique 9 : Le chlorure.....	58
Graphique 10 : Le sodium.....	59
Graphique 11 : Analyse de sodium par ICP.....	59
Graphique 12 : Analyses de la chaux avant filtration.....	63
Graphique 13 : Analyses de la chaux après filtration.....	64
Graphique 14 : Analyses du sulfate de fer avant filtration.....	64
Graphique 15 : Analyses du sulfate de fer après filtration.....	65
Graphique 16 : Analyses du sulfate d'aluminium avant filtration.....	65
Graphique 17 : Analyses du sulfate d'aluminium après filtration.....	66
Graphique 18 : Analyses du sulfate de cuivre avant filtration.....	66
Graphique 19 : Analyses du sulfate de cuivre après filtration.....	67
Graphique 20 : Présence de l'acide hypochloreux en %.....	69



Graphique 21 : Présence du chlore dissout et des ions hypochlorite en %.....69

Graphique 22 : Zone de présence des ions hypochlorite et de l'acide hypochloreux en fonction  
du ph.....69

Graphique 23 : Comparaison entre l'acide hypochloreux et l'acide hypobromeux.....70

Graphique 24 : Analyse du chlore en fonction du débit pour le mois d'Avril.....74

Graphique 25 : Analyse du chlore en fonction du débit pour le mois de Mai.....74



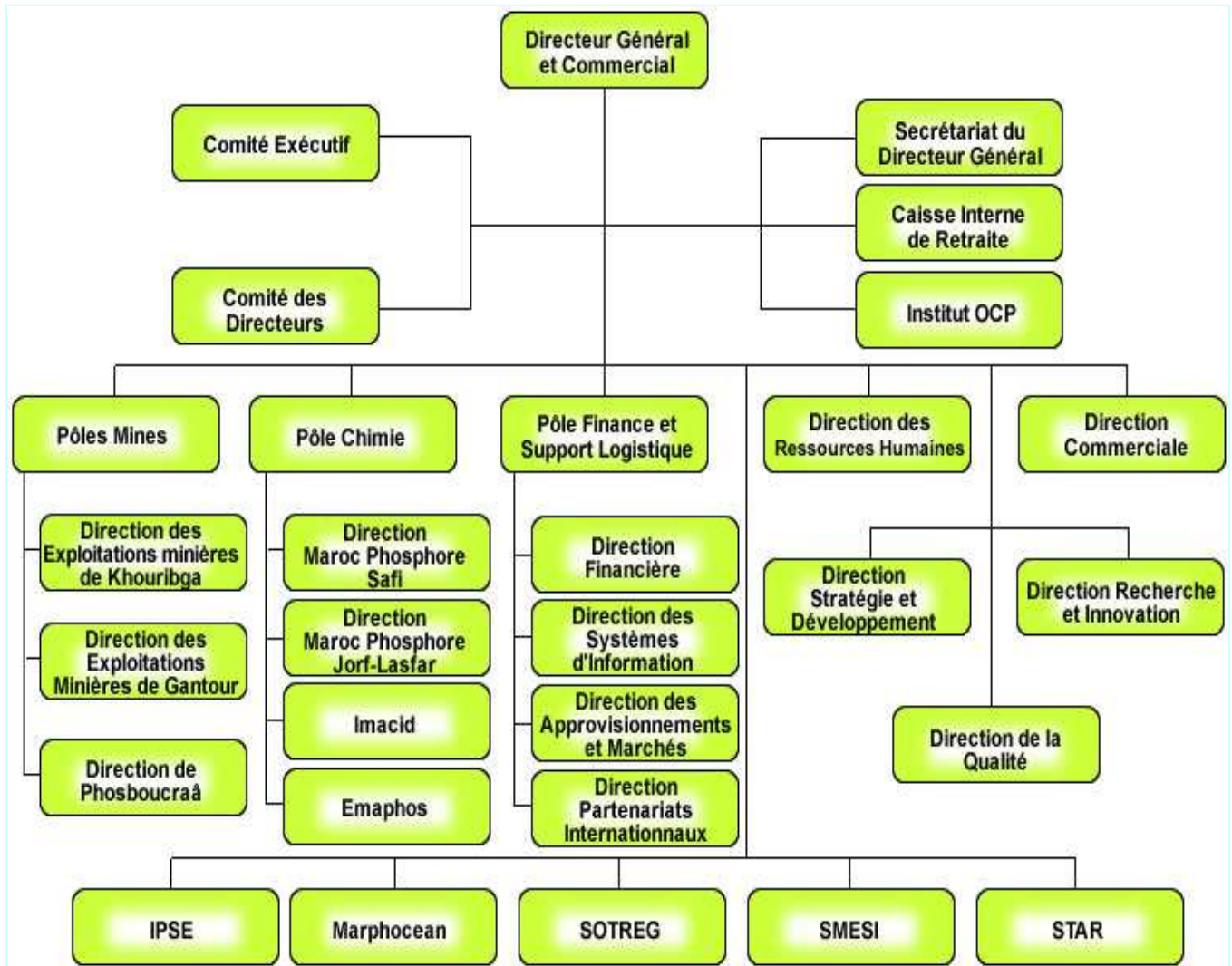
**Partie I**  
**PRESENTATION DU GROUPE**  
**OCP JORF LASFAR**



## I-Organigramme du groupe OCP :

L'organigramme du groupe OCP se présente comme suit :

**Figure 1 : organigramme du groupe OCP**



## II-Présentation de l'OCP Jorf lasfar :

### II-1. Situation géographique :

La figure suivante représente la situation géographique du site du groupe OCP JORF LASFAR



**Figure 2 : carte schématique de la région de Jorf Lasfar**



**Figure 3 : Image satellitaire de la région de Jorf Lasfar (google.map.com).**

## **II-2. Historique :**

Les ressources phosphatées que recèle le sous-sol marocain représentent les trois quarts des réserves mondiales. L'exploitation de cette richesse a fait du Maroc le premier pays exportateur ; environ 31% des livraisons mondiales, et le troisième producteur mondial des phosphates et de leurs dérivés avec une capacité de 30 millions de tonnes par an.



---

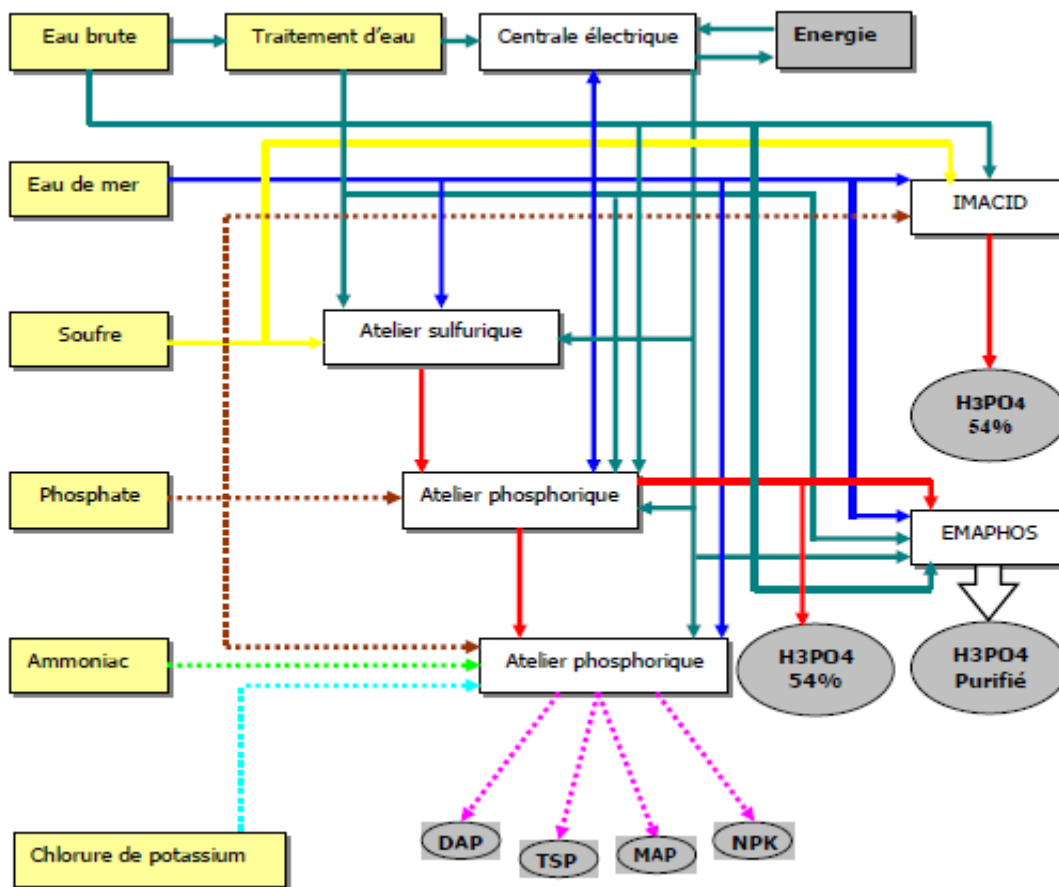
Pour l'exploitation de cet énorme potentiel, le Maroc a créé en 1920 l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) qui est une entreprise publique à caractère industriel et commercial.

L'OCP, ainsi dispose du monopole de l'extraction, du traitement, de la valorisation et de la commercialisation des phosphates ainsi que de leurs dérivés.

Au départ les activités étaient orientées vers l'extraction et la commercialisation du minerai. Mais l'OCP a élargi, dès 1965, son domaine d'action par la construction à Safi du complexe Maroc Chimie pour la valorisation des phosphates par la production de l'acide phosphorique et des engrais. L'OCP a ensuite consolidé cette tendance au début des années 70 par l'élargissement du complexe industriel de Safi par la construction des usines Maroc Phosphore I et II, ce qui porta la capacité annuelle de production d'acide phosphorique à près de 1,5 millions de tonnes d'anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), soit douze fois la capacité installée à Maroc Chimie en 1965. Le leadership de l'OCP en matière de valorisation des phosphates se renforçât en 1986 par l'édification d'un nouveau pôle industriel à Jorf Lasfar par la construction de Maroc phosphore III et IV à Jorf Lasfar. Des partenariats internationaux ont par ailleurs permis à l'OCP d'étendre ses activités au-delà des frontières nationales ainsi que de renforcer son potentiel de valorisation par la production d'acide phosphorique purifier.



### II-3. Complexe industriel Jorf Lasfar :



**Figure 4 : Diagramme bloc de l'ensemble industriel de Jorf Lasfar**

Poussé par le souci de décentralisation d'une part, et de subvention aux besoins du marché mondial en produits phosphatés d'autre part, le group OCP a installé un complexe chimique à Jorf Lasfar, pour traiter les phosphates en provenance de Khouribga.

Cet ensemble s'étale sur une superficie d'environ 1700 ha et permet de produire annuellement environ deux millions de tonnes de  $P_2O_5$ , sous formes d'acide phosphorique, nécessitant la transformation d'environ :

- ❖ 7.7 millions de tonnes des phosphates extraits de Khouribga.
- ❖ 2 millions de tonnes de soufre.
- ❖ 0.5 millions de tonnes d'ammoniac.



Une partie de cette production est transformée localement en engrais DAP, MAP, NPK et TSP, soit environ 1.8 millions de tonnes équivalent DAP et en acide phosphorique purifié, soit 0.12 million de tonne de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par an. L'autre partie est exportée en tant qu'acide phosphorique marchand.

Le complexe industriel du groupe OCP à Jorf Lasfar comporte :

- ❖ Les unités de production d'acide phosphorique et d'engrais Maroc Phosphore III et IV qui ont démarré en 1986 et qui appartiennent totalement à l'OCP.
- ❖ L'unité de production d'acide phosphorique purifié Euro Maroc Phosphore (EMAPHOS), en partenariat avec le groupe Belge Prayon (40%) et le groupe allemand CF Budenheim (20%), qui a démarré en 1998.
- ❖ L'unité de production d'acide phosphorique Indo Maroc Phosphore (IMACID) en partenariat avec le groupe Indien Birla (50%), qui a démarré en 1999.

L'installation du complexe de Jorf Lasfar a permis le développement d'une infrastructure moderne et diversifiée (ONCF, ONE, ONEP, ODEP, etc.).

### II-3-1. Domaine d'activité :

#### II.3.1.1. Production d'acide sulfurique :

L'acide sulfurique est un mélange de trioxyde de soufre et de l'eau, c'est un liquide lourd, huileux, corrosif et miscible dans l'eau.

Il est utilisé par les industries chimiques comme agent d'attaque des phosphates minéraux au cours de la fabrication d'acide phosphorique. Le reste, en moindre quantité, sert à la fabrication des engrais azotés.

La fabrication de l'acide sulfurique comporte les principales étapes suivantes :

- Combustion du soufre et obtention de SO<sub>2</sub>.



- Transformation de l'anhydride sulfureux SO<sub>2</sub> en anhydride sulfurique SO<sub>3</sub>.



- Absorption de SO<sub>3</sub> par l'eau former l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.





### II.3.1.2. Production d'acide phosphorique :

L'acide phosphorique  $H_3PO_4$  est produit à partir des phosphates naturels au moyen de deux grandes catégories de procédés : Thermique et Humide.

- ❖ Le procédé thermique : Il consiste à oxyder  $P_2O_5$  qui est ensuite hydraté pour obtenir finalement de l'acide phosphorique  $H_3PO_4$ .
- ❖ Le procédé humide : Il est basé sur l'attaque du phosphate broyé par l'acide sulfurique avec formation de l'acide phosphorique et de sulfate de calcium qui précipite (gypse).

Ce procédé qui est le plus utilisable pour produire  $H_3PO_4$ , il nécessite cinq étapes :

- Broyage du phosphate.
- Attaque du phosphate broyé par l'acide sulfurique.
- Filtration de la bouillie phosphorique.
- Concentration de l'acide phosphorique dilué produit.
- Clarification de l'acide phosphorique concentré.

### II.3.1.3 Production des engrais :

Les engrais sont des produits azotés utilisés dans le domaine agricole comme produit de base pour enrichir le sol et donner aux plantes leur besoins en azote, potassium, phosphate et autres éléments nécessaires pour leurs croissance. Ils occupent une très grande partie dans l'industrie mondiale et valeur importante dans le développement agricole.

Le pôle chimie du groupe OCP produit les types d'engrais suivant :

- ❖ Triple Super Phosphate (TSP) : Engrais Simple à un seul élément fertilisant (phosphate). La fabrication du TSP est basée sur la réaction du phosphate broyé avec l'acide phosphorique à 42%. L'attaque est ensuite complétée par un séchage progressif de la bouillie. Après granulation, le produit subit un sélectionnement par des tamis vibrant.
- ❖ Amono-Sulfo-Phosphate (ASP), Mono-Ammonium Phosphate (MAP) et Diammoniac phosphate (DAP): Engrais binaires à deux élément fertilisants (phosphore et azote).



On procède par une neutralisation partielle d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique avec l'ammoniac.

- ❖ Azote Phosphore Potassium (NKP) : Engrais complexe qui renferme les trois éléments fertilisants nutritifs primaires. Il est directement désigné par son pourcentage en azote, en phosphate sous forme de  $P_2O_5$  et potassium sous forme de  $K_2O$ .

#### II.3.1.4. Production d'électricité :

Au cours de la fabrication d'acide sulfurique, la réaction exothermique de combustion de soufre, libère une grande quantité d'énergie, cette énergie est utilisée pour produire de la vapeur d'eau qui sert à actionner les turbosoufflantes des ateliers sulfurique et les alternateurs de la centrale thermique (production d'électricité).

#### II.3.2. Présentation de TED :

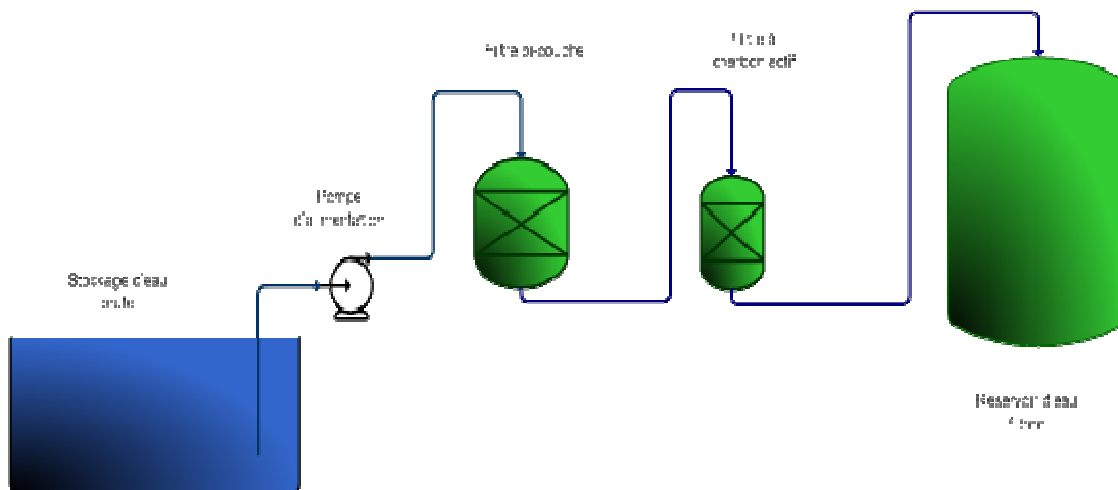
##### 1-Réseau d'eau brute :

L'office national des eaux potables «ONEP» alimente le service TED par l'eau brute avec un débit de 2000 à 3000 m<sup>3</sup>/h.

- ✓ La distribution vers l'atelier  $H_2SO_4$  et centrales.
- ✓ L'alimentation des chaînes de filtration.
- ✓ Maintenance de la pression dans le réseau incendie.

Le traitement d'eau brute est destiné à éliminer les matières en suspension et les matières organiques, il consiste en une double filtration sur des matériaux granuleux (sable – anthracite) et sur charbon actif (figure 5).

##### a- Réseau de filtration :



**Figure 5 : Schéma d'une chaîne de filtration**

Cette station comprend quatre chaînes de filtration, chacune d'elle comprend : un filtre à sable et un filtre à charbon actif (Figure 6).

L'eau filtrée est stockée dans un bac de 1000 m<sup>3</sup>.

➤ Filtration :

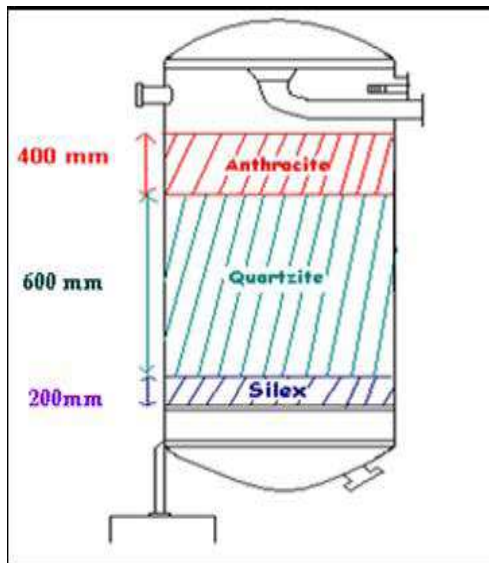


Schéma de filtre à sable

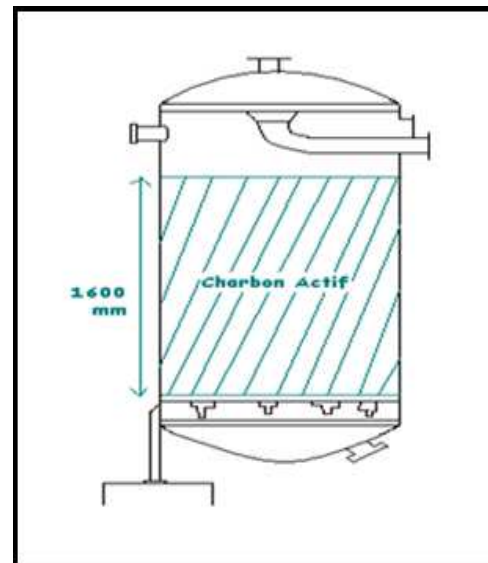


Schéma de filtre à charbon actif

Figure 6 : chaîne de filtration

➤ Lavage des filtres :

- ❖ Filtre à sable : subit un lavage à contre-courant afin de permettre l'évacuation des matières en suspension après 23h de production durant une heure de temps.
- ❖ Filtre à charbon actif : c'est une opération qui peut s'effectuer juste après la remise en production d'un filtre par ouverture des vannes, le débit de détassage sera réglé par un orifice calibré à section variable, le lavage se fait par un traitement par vapeur chaque 15 jours afin de tuer les microbes et les parasites, le détassage s'effectue périodiquement par un contre-courant d'eau filtrée à un débit nominal.

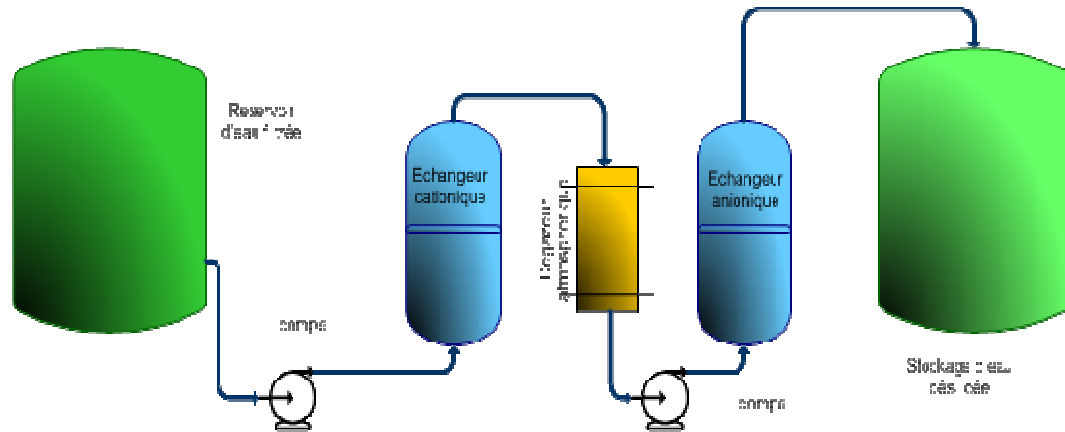
Le volume des effluents rejetés après lavage des filtres est de l'ordre de

- 74 m<sup>3</sup> pour les filtres à sable
- 17 m<sup>3</sup> pour les filtres à charbon actif

b-Réseau de désiliciation :

L'installation de traitement des eaux douces à MP III et IV permet de produire l'eau desiliciée nécessaire pour l'alimentation des ateliers sulfurique, EMAPHOS, la centrale thermique et les unités de production d'acide phosphorique nord et sud. La dureté de l'eau est principalement causée par la présence de certains sels, principalement les ions calcium (Ca<sup>2+</sup>), Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) et Bicarbonate (HCO<sup>3-</sup>)... dans l'eau. Ces ions ou minéraux

engendrent des problèmes sérieux d'entartrage, de primage ou de corrosion. Chaque chaîne de desilicication comprend un échangeur cationique, un dégazeur et un échangeur anionique (Figure 7).



**Figure 7 : Schéma d'une chaîne de déminéralisation**

Les critères de demande de régénération des résines seront le volume passé ou le défaut qualité de l'eau en sortie des chaînes vis-à-vis de la conductivité et de la teneur en silices, le nettoyage des résines se fait périodiquement.

Le volume passé sera calculé selon le TAF mesuré à la sortie de l'échangeur cationique.

$$V \text{ à traiter} = 1443 * 53,4 / \text{TAF } (^\circ\text{F})$$

Après la saturation des résines, on pratique une régénération au début des cycles de production :

- les résines cationiques sont régénérées par  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- les résines anioniques sont régénérées par  $\text{NaOH}$

#### c- La régénération des résines :

Après un cycle de production, la résine est saturée par les ions retenus et perd sa capacité d'échange. La saturation de la résine est mise en évidence par une augmentation de la conductivité de l'eau produite, une chute éventuelle de pH ou par la présence de traces de silice à la sortie, cette régénération se fait avec l'acide sulfurique à différentes concentrations pour la résine cationique et avec de la soude caustique pour la résine anionique.



## 2-Généralités sur les chaudières :

L'eau absorbe plus de chaleur pour une augmentation de température donnée que tous les autres substances inorganiques courantes. Elle augmente 1600 fois en s'évaporant pour former de la vapeur à pression atmosphérique. La vapeur est capable de transporter une grande quantité de chaleur. Ces propriétés uniques de l'eau la rendent idéale pour les procédés de chauffe et de génération de puissance.

Toutes les eaux naturelles contiennent des quantités variées de matière dissoute et suspendue et de gaz dissout, la quantité en minéraux dissous dans l'eau varie entre 0 et 30 mg/l dans l'eau de mer et 0.005 et 1 mg/l dans les eaux douces d'approvisionnement. Depuis que les impuretés de l'eau causent des problèmes dans les chaudières, une grande attention doit être portée sur la qualité d'eau.

Le traitement et le conditionnement de l'eau d'alimentation de la chaudière doit satisfaire quatre objectifs principaux :

- L'échange continu de chaleur.
- La protection à la corrosion.
- La production de haute qualité de vapeur.
- Réducteur d'oxygène : sulfite de sodium, tanins, hydrazine, dérivés d'hydroquinone, dérivés d'hydroxylamine, dérivés d'acide ascorbique, etc. Ces réducteur, catalysés ou non, réduit les oxydes et l'oxygène dissous. Passive aussi les surfaces des métaux. Le choix du produit et la dose requise dépendra de la manière dont le dégazeur thermique est utilisé.

### II.3.3. Présentation du Laboratoire Central et Organisation :

Il s'agit d'un service rattaché à la direction logistique et ressources de Maroc Phosphore III et IV de Jorf Lasfar. Il a pour mission générale de contribuer à la réalisation, au moindre coût, des objectifs de la direction par les prestations fournies dans le domaine de la qualité des produits et de l'environnement.

La personne morale, juridiquement responsable du laboratoire central est la société Maroc Phosphore, filiale du Group OCP.



Le service Laboratoire Central a pour mission principale, le suivi et le contrôle de la qualité des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis du pôle chimie Jorf Lasfar ainsi que les effluents gazeux, liquides et solides.

Il dispose des cellules suivantes :

- ❖ Une cellule technique composée des sections techniques.
- ❖ Une cellule de gestion.
- ❖ Une cellule métrologique.
- ❖ Une cellule de coordination du système de managements de l'environnement.

#### **II.3.2.1. Cellule technique :**

Elle comprend les sections techniques qui ont pour mission d'effectuer, pour le compte de différents ateliers de Maroc Phosphore Jorf Lasfar, IMACID et EMAPHOS, des analyses chimiques, physiques, granulométriques et environnementales.

##### ❖ **Section «phosphore» et la section «phosphate et engrais» :**

Ces sections réalisent les analyses physico-chimiques des phosphates, des acides phosphoriques et des engrais nécessaires pour le bon fonctionnement des ateliers phosphoriques et des engrais de Maroc Phosphore Jorf Lasfar et de l'atelier phosphorique d'IMACID, ainsi que les analyses granulométriques des phosphates et des engrais.

Ces deux sections réalisent également toutes les analyses de l'acide phosphorique et des engrais exportés.

##### ❖ **Section «fusion, utilités et sulfurique» :**

Cette section à la charge de réaliser les analyses nécessaires aux ateliers sulfuriques, centrales et traitement des eaux de Maroc Phosphore Jorf Lasfar et d'IMACID. Les échantillons analysés peuvent être soit de l'acide sulfurique, du soufre et des eaux des ateliers sulfurique, de traitement des eaux soit des condensas de la centrale thermique.

##### ❖ **Section «analyses environnementales» :**

En outre, cette section assure le suivi des émissions gazeuses et des rejets liquides et solides de tout l'ensemble industriel de Jorf Lasfar.

##### ❖ **Section «prétraitement et purification» :**





Cette section réalise le contrôle et le suivi des produits de l'unité de prétraitement et de l'usine d'EMAPHOS. Elle effectue des analyses physico-chimiques et granulométriques de ces ateliers.

Par ailleurs pour chaque section technique, on effectue :

- La réception des échantillons.
- La préparation des échantillons.
- La préparation des réactifs et des étalons.
- La granulométrie pour les phosphates et les engrais.

Les prestations effectuées par le laboratoire central sont réalisées pour des clients internes, qui sont les différents ateliers et services du pôle chimie.

Parfois, le laboratoire central effectue des prestations pour des clients externes soit du groupe OCP ou autre.

Différents équipements sont ainsi utilisés pour la réalisation de ces analyses à savoir :

- Les spectromètres à plasma (ICP).
- Les spectrophotomètres d'absorption atomique (SAA).
- Les minéralisateurs.
- Les analyseurs automatiques du  $P_2O_5$  (Scalare) et du carbone organique (TOC).
- Les spectrophotomètres UV visible.
- Les pH-mètres, les conductimètres, les Ionomètre, les potentiographes, les densimètres automatique, les turbidimètres, etc.
- Les balances, les étuves, les fours, les plaques chauffantes, etc.

#### II.3.2.2. Cellule de gestion :

La cellule de gestion est chargé de :

- L'élaboration des budgets d'investissement.
- L'élaboration des cahiers de charges de matériels.
- La réception de matériels.
- La gestion de matériel.

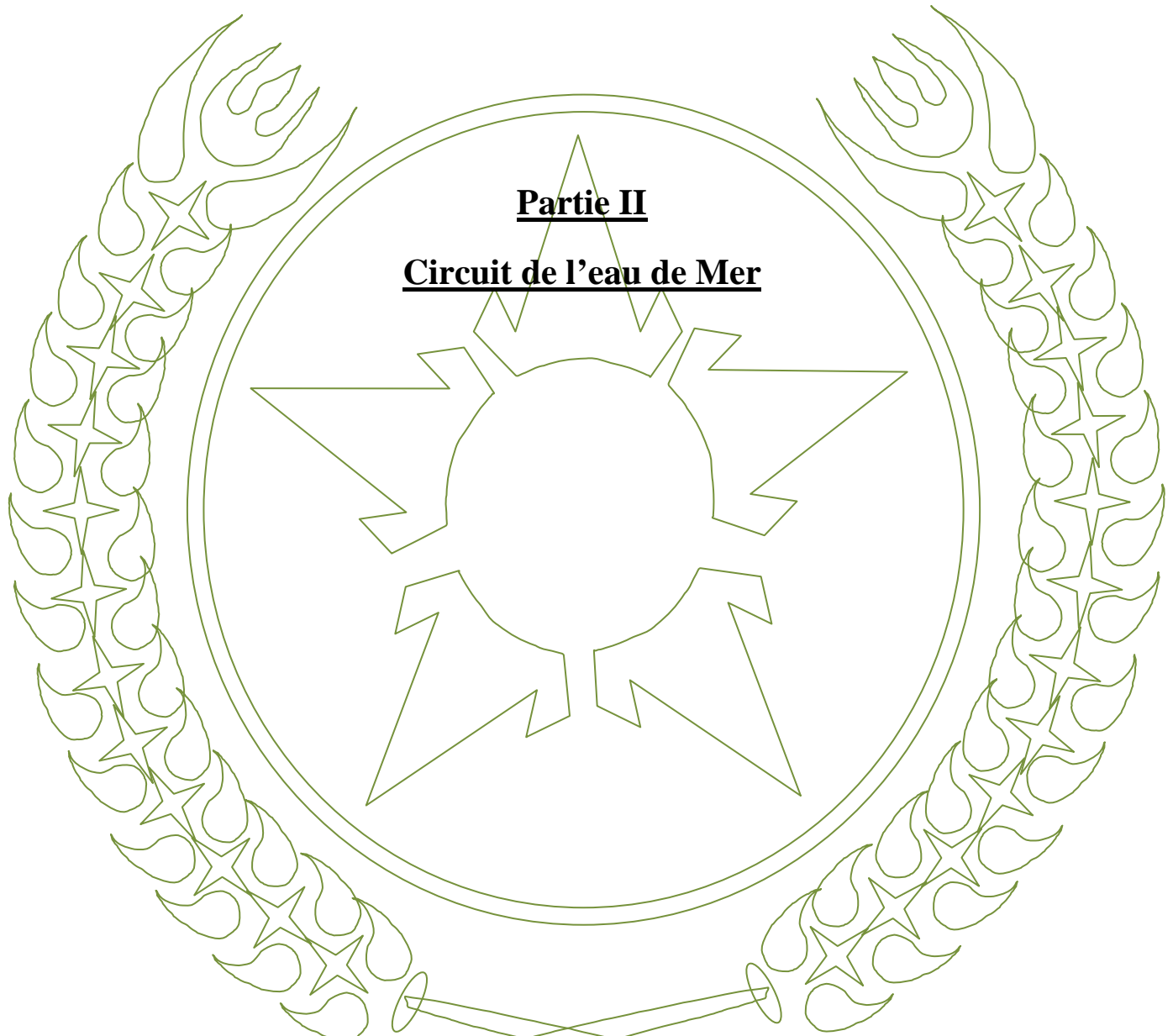


- L'élaboration des expressions des besoins pour l'approvisionnement en produits consommables.
- De la réception de produits chimiques et matériels consommables.
- Du suivi et la gestion de matériel consommable reçu.
- L'élaboration et le suivi des besoins en personnel en coordination avec le service gestion du personnel du IDJ/LC (Industrie Direction Jorf Lasfar/ Laboratoire centrale).
- L'expression des besoins en formation, en coordination avec le responsable technique du laboratoire.
- Le suivi des mouvements du personnel (planning des congés, pointage, absence...).

#### **II.3.2.4. Cellule de coordination du système de management de l'environnement (SME) :**

Elle est assurée par le représentant de la direction du système de management de l'environnement (SME) qui est responsable de la maîtrise et du suivi des aspects environnementaux au sein du laboratoire central conformément aux exigences du référentiel ISO14001. La coordination de cette cellule est assurée par le coordinateur du SME au sein du laboratoire.

Les analyses environnementales sont assurées par la cellule technique, qui transmet les résultats à la cellule de coordination du SME. Cette dernière se charge de leur diffusion auprès des concernés.



## Partie II

### Circuit de l'eau de Mer

#### I. Utilisation de l'Eau de mer :

La zone industrielle de Jorf Lasfar Maroc phosphore III-IV, IMACID, EMAPHOS, dispose de grandes installations qui nécessitent une quantité d'eau de mer très élevée soit pour :

- le refroidissement d'acide, huile, eau de noria.

- Condensation.
- Assainissement des gaz.
- Évacuation de gypse.

Grace à la station P.E.M et la station R.E.M le groupe O.C.P est servi par cette quantité de l'eau de mer.

## II. Description de la station P.E.M :

### 1- Introduction :

Le complexe a besoin de l'eau de mer pour assurer le refroidissement des appareils et des composants des installations.

La manipulation de l'eau de mer s'effectue en deux temps : le premier consiste à pomper l'eau de mer et son acheminement vers le complexe et le second consiste à réceptionner et à distribuer cette eau aux différents ateliers.



**Figure 8 : Photo satellitaire de la Station de pompage de l'eau de Mer**

La station de pompage de l'eau de mer (PEM) est située au port Jorf Lasfar. Elle est destinée à alimenter le complexe en eau de mer traitée et filtrée. Elle comprend les installations suivantes (Figure 8):

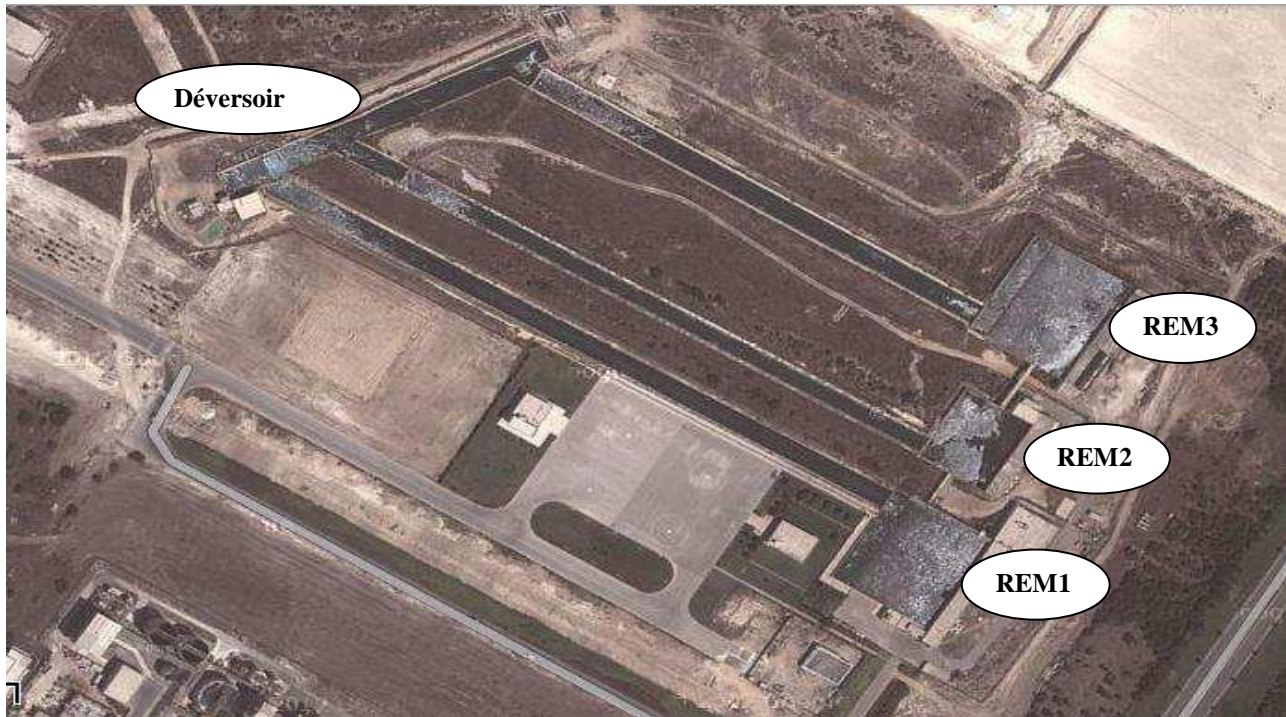
- Z 1 : une digue de protection qui réduit l'agitation de l'eau de mer due à la houle de l'océan.
- Z 2 : un bassin de tranquillisation séparé de la zone de Z1 par un mur pour diminuer le passage des sables.



- Z 3 : un canal creusé dans les rochers.
- Z 4 : un bassin de tranquillisation et d'aspiration.
- Une installation de filtration de l'eau de mer.
- Une salle des pompes qui abrite :
  - ❖ un groupe de 18000m<sup>3</sup>/h chacun.
  - ❖ deux groupes de 9000m<sup>3</sup>/h chacun.
  - ❖ deux groupes de 7500m<sup>3</sup>/h chacun.
  - ❖ sept groupes de 15000m<sup>3</sup>/h chacun.

Ces groupes sont distribués sur 4 fils de la façon suivante :

- Un système de protection anti-bélier au refoulement des pompes.
- Une installation de protection d'hypochlorite de sodium.
- Un réseau d'eau de mer constitué de quatre conduites (4 fils) et deux cheminée d'équilibre reliant la station de pompage au déversoir qui alimente les différentes stations de reprise : REM1, REM2 et REM3 (Figure 9).



**Figure 9 : photo satellitaire de déversoir et des reprises de l'eau de Mer**

Chaque station est alimentée par un canal à ciel ouvert (Figure 9):

- REM1 alimente MP3 et 4 et EMAPHOS.
- REM2 alimente IMACID.
- REM3 alimente Pakistan Maroc Phosphore (PMP) et Brésil Maroc Phosphore (BMP).

En plus la station comprend les installations suivantes :

- une installation des batardeaux.
- un portique 10T pour la manutention des batardeaux, filtres et dégrilleurs.
- un pont roulant 25T pour la manutention des motopompes dans la salle des pompes.

Des équipements électriques nécessaires au fonctionnement des installations.



## 2- Paramètres de marche des pompes de P.E.M :

	Grosses pompes (nombre : 7)	Nouvelle grosse pompe (nombre : 1)	Petites pompes (nombre : 2)	Nouvelle petites pompes (nombre : 2)
Ampérage (A)	200-240	330-340	100-125	140_170
Débit (m3/h) d'une pompe	15.000	18.000	7.500	9000
Pression de refoulement (bar)	5.8 - 6.8			

**Tableau 1 : Les paramètres de marche des pompes**

## 3- Les équipements de P.E.M :

Équipement	Nombre
pompes	12
Anti-bélier	4
filtres	4
dégrilleurs	4
compresseurs	6
électrolyseurs	4
Bacs de chlore actif	2
pompes de salles de chloration	5
ventilateurs	2

**Tableau 2 : Les équipements de la station de pompage de l'eau de mer**

## 4- Description des batardeaux, dégrilleurs et filtres :

### **a-Introduction :**

Une installation de filtration d'eau de mer est constituée de quatre cellules identiques fonctionnant en parallèle comprenant Chacune :

- Une glissière de batardeau B10 type 3000x5000.
- Un dégrilleurs type GDMH29.
- Deux détecteurs de perte de charge radar.
- Une grille rotative filtrante type NCC24/08/63 avec sa vanne automatique de lavage.
- Une glissière de batardeau B20type2300x5000.
- Une armoire électrique de commande.



Pour l'ensemble de l'installation :

- Deux fosses contenant chacune une benne de déchet.
- Une pelle de batardeau B10 type 3000x5000.
- Une pelle de batardeau B20 type 2300x5000.
- Une pelle de batardeau B30 type 3800x4000.

**b- Description de batardeau (Figure 12):**

**Constitution**

Du type à étanchéité sur les quatre arêtes, chaque batardeau comprend trois partis essentiels :

- La pelle d'obturation constituée d'un cadre rigide réalisé en profilés mécano-soudés sur lequel est fixé le joint d'étanchéité. La face avant de la pelle est obturée par une tôle en acier soudée sur le cadre en profilés. Un jeu de glissières réalisées en acier inoxydable, à sceller sur la paroi verticale de l'ouvrage. Un jeu de cames fixes soudées permet de plaquer les joints sur leurs portées pour assurer une étanchéité relative quand la différence de niveau entre l'amont et Laval est encore voisine de 0.
- Un système de relevage de la pelle comprenant : deux chaînes fixées sur la pelle par des anneaux soudés et un câble de traction.

**Le rôle :**

- isoler l'eau de mer en cas des travaux sur les files.

**c- Description de Dégrilleurs :**

**1) Le rôle de dégrilleurs :**

Le rôle du dégrilleurs est l'élimination des déchets de grandes dimensions supérieures à 5cm.

**2) Le dégrilleurs se compose de :**

- Une grille à barreaux permettant de retenir les déchets de dimensions supérieures à l'écartement entre barreaux (500 mm).
- Une charpente métallique munie de deux glissières latérales.
- Un mécanisme de dégrilleurs.
- Un chariot racleur (Figure 10).
- Un vérin de manœuvre.
- Deux systèmes de galets de guidage.
- Un enrouleur de flexible, à ressorts.
- Une centrale hydraulique.



**Figure 10 : Image du chariot racleur**

**La grille :**

Elle est réalisée en fers plats réunis par des tirants servant d'entretoises pour obtenir un écartement constant.

Elle est liée latéralement aux rails de guidage permettant ainsi un démontage aisé de l'ensemble de la grille par l'amont.

**Les dimensions de grille :**

- La hauteur de la grille : 7.43 m.
- La largeur de la grille : 2.86 m.
- Le débit nominal : 37500 m<sup>3</sup>.
- Espace entre barreaux : 5 cm.

**La charpente :**

Elle est constituée de trois parties :

- Un élément inférieur sur lequel est fixée la grille.
- Un élément inférieur servant de liaison.
- Un élément supérieur supportant la partie motrice de l'appareil.

Chaque élément comporte les rails de guidage latéraux. L'élément supérieur comporte de plus :

- Deux rails courbes de déversement.
- La traverse supportant le treuil.
- La passerelle sur laquelle est montée la centrale hydraulique et permettant un accès aux systèmes mécanique et hydraulique.





Elle est munie d'une rambarde de protection et d'une échelle d'accès à partir du niveau de la dalle béton.

**Le mécanisme de dégrilleur comprenant :**

- Un moteur électrique triphasé.
- Un réducteur à arbre creux sous carter à bain d'huile.
- Un système de tambours d'enroulement rainurés pour les deux câbles de traction du râteau.
- Deux paliers.
- Un sélecteur de position basse et haute, monté directement en bout d'arbre évitant ainsi l'immersion d'un fin de courses bas.

**Le chariot racleur comprenant :**

- Deux flasques en tôle reliés par un tube carré.
- Deux chapes pour articulation de la poche.
- Une chape avec axe en acier inox pour liaison avec vérin.
- Les galets en acier inox assurant le guidage, montés sur bagues en fibre d'amiante.
- Les carrés empêchant la pénétration des refus entre les galets.
- Un secteur en fer UAP assurant le guidage des flexibles de l'enrouleur.

**Le vérin de manœuvre :**

**Vérin double effet :**

- Course 200mm.
- Pression de service 200 bars.

Lié par chape à la poche et au chariot, il permet l'ouverture et la fermeture de la poche.

La chape visse sur la tige permet d'ajuster la longueur tige rentrée du vérin.

**Des systèmes de galets guidages**

Constitués chacun par galet étagé monte sur un axe en acier inoxydable ils sont situés à chaque extrémité de la poche et limitent l'usure des peignes lors du raclage sur tôle au-dessus de la grille à barreaux.

**Un enrouleur de flexible, à ressorts**

Du type S4 2T à bride et support équerre, orifices  $\frac{1}{4}$ , il est équipé d'un flexible duplex alimentant le vérin.

Deux raccords tournants permettent la liaison à la centrale hydraulique.

**La centrale hydraulique équipée de :**

- Un groupe motopompe verticale.
- Un réservoir avec orifices de remplissage et de vidange.
- Un filtre sur retour.
- Un électro-distributeur à trois positions.

- Deux réducteurs de pressions.

d- Description des filtres (Figure 11) :

1) Le rôle de filtre comme le rôle de crépine :

- Évite l'aspiration des corps (solides.....) dans la pompe.
- Permet le tamisage à travers un élément filtrant dont les vides ont une dimension choisie.



Figure 11 : Filtre de l'eau de mer (diamètre = 2mm)

2) Fonctionnement :

Le filtre type NCC est constitué d'une bande filtrante mobile sans fin entraînée en rotation par un système.

L'eau brute traverse la bande filtrante de l'extérieur vers l'intérieur du filtre : tout passage d'eau de la partie « eau brute » vers la partie « eau filtrée » est interdit du fait de la présence d'un système d'étanchéité.

Les sédiments arrêtés par la bande filtrante créent une perte de charge en l'obturant. Le système de détection de perte de charge réagit alors suivant ces réglages et enclenche le cycle de marche correspondant.



Une rampe de lavage intérieure nettoie sous pression la bande filtrante. Les sédiments déposés sont évacués dans un caniveau de réception situé sur le plancher de manœuvre. Un réseau d'évacuation conduit les sédiments vers une benne de réception.

**3) Les constituant des pertuis de filtre :**

- La longueur de pertuis est 4 m.
- La largeur de pertuis est 3 m.
- La profondeur est 12.02 m.

**4) Les différents éléments qui constituent les filtres :**

- ⇒ Moteur asynchrone réducteur.
- ⇒ 63 tamis (finesse 2mm).
- ⇒ Châssis (63 châssis).
- ⇒ Les palettes.
- ⇒ Tourteaux : palier du Tourteaux.
- ⇒ Glissière La chaîne : les galets.
- ⇒ La rompe de lavage + les buses.

**Le fonctionnement des 4 filtre est rigoureusement le même :**

A partir d'un réseau 660v 3 $\approx$  et à travers un sectionneur général ; le moteur à 2 vitesses entraîne un filtre rotatif à savoir :

- ⇒ petite vitesse.
- ⇒ grande vitesse.

Ce moteur est protégé par un relais thermique pour chaque vitesse.

Une électrovanne de lavage est ouverte lorsque le moteur de filtre démarre.

**Marche automatique :**

- ⇒ commutateur pupitre générale position automatique.
- ⇒ commutateur sur armoire de commande est en position auto.

a) lorsque la perte de charge atteint 10 cm (12 cm pour le filtre 5), le moteur démarre aussitôt en petit vitesse et l'électrovanne de lavage permet le nettoyage des tamis.

b) si la perte de charge diminue, le moteur et l'électrovanne s'arrête après temporisation pour avoir un bon nettoyage.

**N.B :**

Le même phénomène se produit tous les 3 heures si la perte de charge 10 cm (12 cm pour le filtre 5) n'est par atteinte, par l'intermédiaire de la minuterie.

c) Au contraire si la perte de charge augmente toujours et atteint les 20 cm (22 cm pour le filtre 5), le moteur de filtre passe alors en grand vitesse et l'électrovanne reste ouverte.

d) si la perte charge diminue et quitte la 20 cm le moteur de filtre passe en petite vitesse après un certain temps pour éviter les chocs mécaniques dues à l'ouverture de l'électrovanne pendant ce temps reste ouverte.

En suite le fonctionnement peut être celui du (b) ou à nouveau celui du (c).

e) si la perte de charge atteint 30 cm (32 cm pour le filtre 5) l'alarme il active.

Si la perte de charge atteint 40cm (70 pour le Filtre 5), déclenchement.



**Marche manuel :**

- ⇒ commutateur pupitre générale position local.
- ⇒ commutateur sur armoire de filtre dépend, dans ce cas particulier de l'utilisation ; grâce au commutateur de choix PV-GV.

Le fonctionnement de l'électrovanne restant toujours asservit à celui du moteur ; à savoir :

- ⇒ position P.V.
- ⇒ position G.V.

**N.B :**

Un Bouton poussoir vert « test lampes » permet de vérifier si chaque voyant est en état de bon fonctionnement.

Il y a donc 3 voyant rouges clignotant ; à savoir :

- ⇒ défaut thermique de la P.V, qui d'enclenche l'alarme ; fait clignoter son voyant.
- ⇒ défaut thermique G.V (qui déclenche l'alarme ; fait clignoter sur voyant).
- ⇒ défaut fusion fusible détecte par le dispositif contre la marche monophasé (DPMM).

- un Bouton Poussoir rouge « réarmement » permet d'arrêter le klaxon de faire passer les voyants clignotants en feux fixes et d'allumer un voyant rouge « défaut général ».

**e- Description du bassin d'aspiration (Figure 12):**

L'eau, après avoir été filtrée au niveau du bassin d'aspiration et au moyen des filtres rotatifs, est aspirée par des pompes situées à la salle des pompes.

Il y a un indicateur qui donne les niveaux comme suit :

**1. Les niveaux de bassin en mètre (m) :**

	Bassin N°1	Bassin N°2
NTH (niveau très haut)	7,25m	7,25m
NH (niveau haut)	6,25m	6,1m
NB (niveau bas)	4,75m	4,85m
NTB (niveau très bas)	3,65m	3,65m

**Tableau 3 : La hauteur de l'eau dans le bassin d'aspiration**

**2. Les dimensions du bassin en mètre (m) :**

Langueur : 71,70m

Largeur : 13,30m

Hauteur : 8,02m

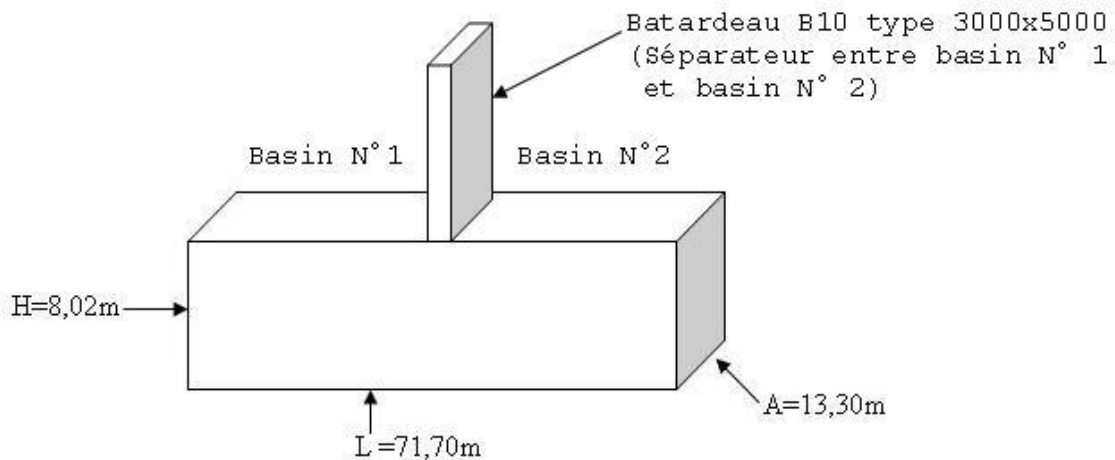


Figure 12 : schéma du batardeau :

#### f-Description de la salle des pompes :

##### 1-Introduction :

La salle des pompes est équipée par :

- 12 Moteurs asynchrones qui entraînent les pompe chacune.
- 12 pompes centrifuges monocellulaires verticales.
- 12 refoulements (vanne d'isolement).
- 12 Clapet anti-retour.
- 12 Circuit d'arrosage.

##### 2-Moteurs des pompes (Figure 13):

Les moteurs qui entraînent les pompes sont des moteurs asynchrones triphasés à cages.

##### ➤ Définition :

Moteur asynchrone triphasé à cage est plus utilisé. Il est aussi connu comme étant un moteur à champs tournant dont la vitesse n'est pas rigoureusement constante. Par rapport au moteur synchrone.

##### ➤ le principe de fonctionnement :

Le principe de moteur à courant alternatif réside dans l'utilisation d'un champ magnétique tournant produit par des tensions alternatif.

La circulation d'un courant dans une bobine, sa direction et son intensité sont fonction du courant I. C'est une grandeur vectorielle.

Le circuit du rotor est constitué de barres conductrices régulièrement réparties entre deux couronnes métalliques formant les extrémités, le tout rappelant la forme d'une cage d'écureuil.

Bien entendu, cette cage est insérée à l'intérieur d'un circuit magnétique analogue à celui du moteur à rotor bobiné.



➤ **L'avantage et l'inconvénient du moteur asynchrone triphasé :**

**L'avantage :**

- être alimenté directement par le réseau triphasé.
- Son prix d'achat est moins élevé.
- Il est plus robuste (car il ne nécessite quasiment pas d'entretien. Donc à bas coût).

**L'inconvénient :**

- couple réduit au tiers de sa valeur en direct.
- Coupure entre les positions étoile et triangle d'où apparition de phénomènes transitoires.
- Variation de vitesse (nécessité d'un variateur de vitesse).
- La vitesse dépend de la charge.

➤ **branchement de moteur de pompes :**

Dans la station de pompage d'eau de mer, le démarrage qui est utilisée c'est le démarrage direct.



**Figure 13 : Moteur asynchrone triphasé qui entraîne la pompe centrifuge**



### **Partie III** **Les problèmes de l'eau de mer**

#### **1-Problématique :**

Le milieu marin est un vaste milieu contenant beaucoup d'organismes vivants et des encrassements qui peuvent engendrer des grands problèmes d'entartrage et de colmatage au niveau des pompes, des conduites et des filtres d'eau de mer de refroidissement.

La présence de certains types de moules et d'algues au niveau de l'océan atlantique dans la région de Jorf Lasfar engendre des dégâts importants au matériel :

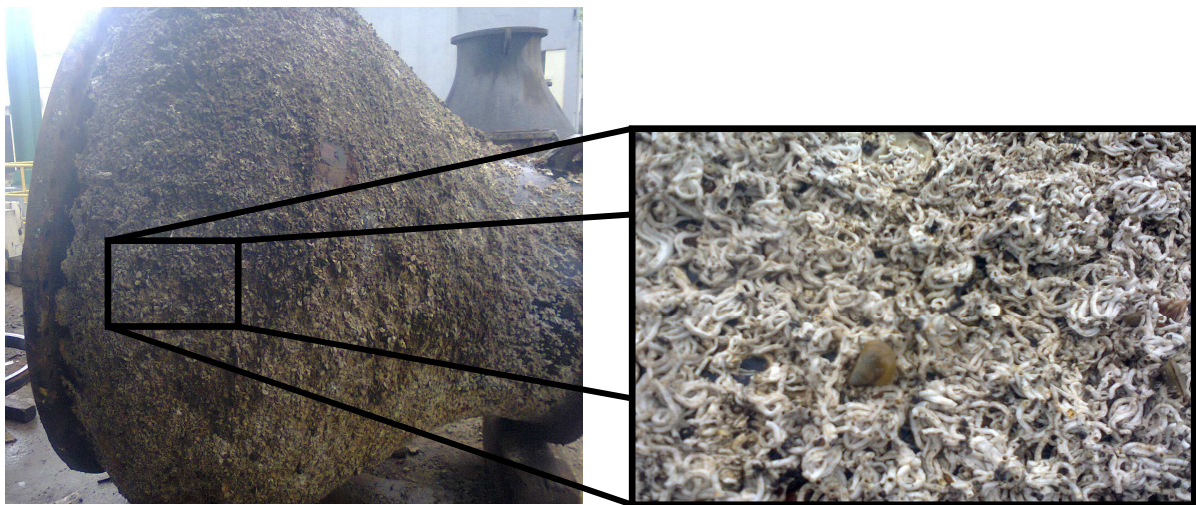
#### **1.1-Problème au niveau de PEM:**

-corrosion de matériel (Figure 14).

-entartrage et colmatage des moules au niveau des parois intérieures et extérieures (Figure 15).



**Figure 14 : Probleme de corrosion du materiel**



**Figure 15 : Problème de colmatage des pompes**

Malgré le système de dégrillage et de filtration une énorme quantité des moules et des algues et d'autres organismes vivants, traverse ces dernier soit sous une forme très petite (inferieur a 2 mm) ou bien sous forme des œufs qui vont être se développer a l'autre coté du filtre (dans le bassin de pompage) (Figure 16).





**Figure 16 : les résidus de nettoyage du bassin de pompage :**

Même au niveau des conduites qui acheminent l'eau vers le déversoir (conduites sous terrain) on a la présence d'une quantité très énorme d'amas de moules et d'algues qui est collé à la paroi (Figure 17).

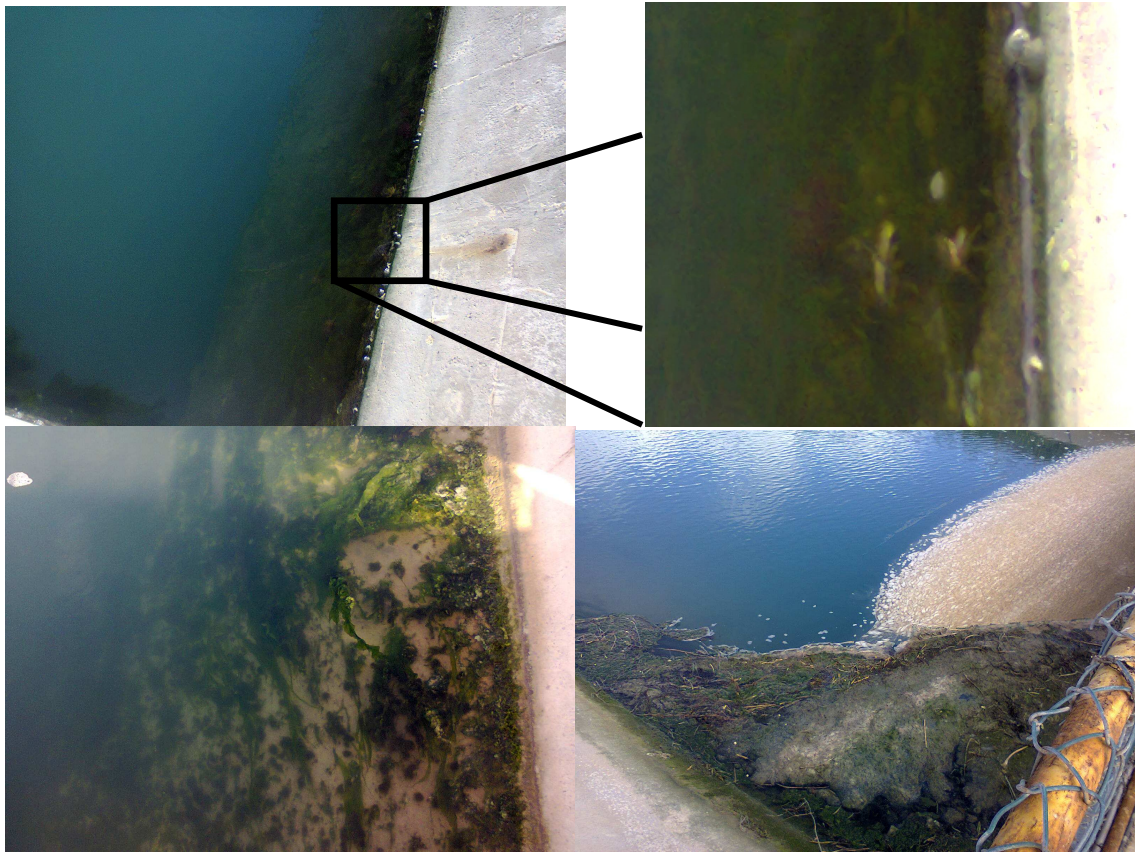


**Figure 17 : nettoyage des conduites :**

### **1.2-Problème au niveau du REM :**

Le REM (reprise de l'eau de mer) est un ensemble de bassins REM1, 2, et 3 qui sont destinée à la réserve et à la distribution de l'eau dans le complexe de Jorf Lasfar.

Les amas de moules et d'algues présents au niveau du bassin de pompage et au niveau des conduites vont être entraînés vers les REM, et ils vont même se développer (présence de différent type de vie : moules, algues, poissons, oursins, crabes ... etc.) (Figure 18).



**Figure 18 : Présence de moules et d'algues dans le bassin de REM :**

**1.3-Problème au niveau de l'atelier de sulfurique :**

Les trois REM alimente le complexe de Jorf Lasfar par l'eau de mer soit pour :

- Le refroidissement d'acide, huile, eau de noria (Figure 19).
- La condensation.
- L'Assainissement des gaz.
- L'Évacuation de gypse.

Mais la présence de cette grande quantité de moules et d'algues pose un obstacle à la marche normale de l'usine, et cela demande beaucoup de maintenance et de nettoyage des appareils (ce qui entraîne la diminution ou l'arrêt de la production) (Figure 20).



Filtre de l'eau de mer

Conduite de l'eau de mer

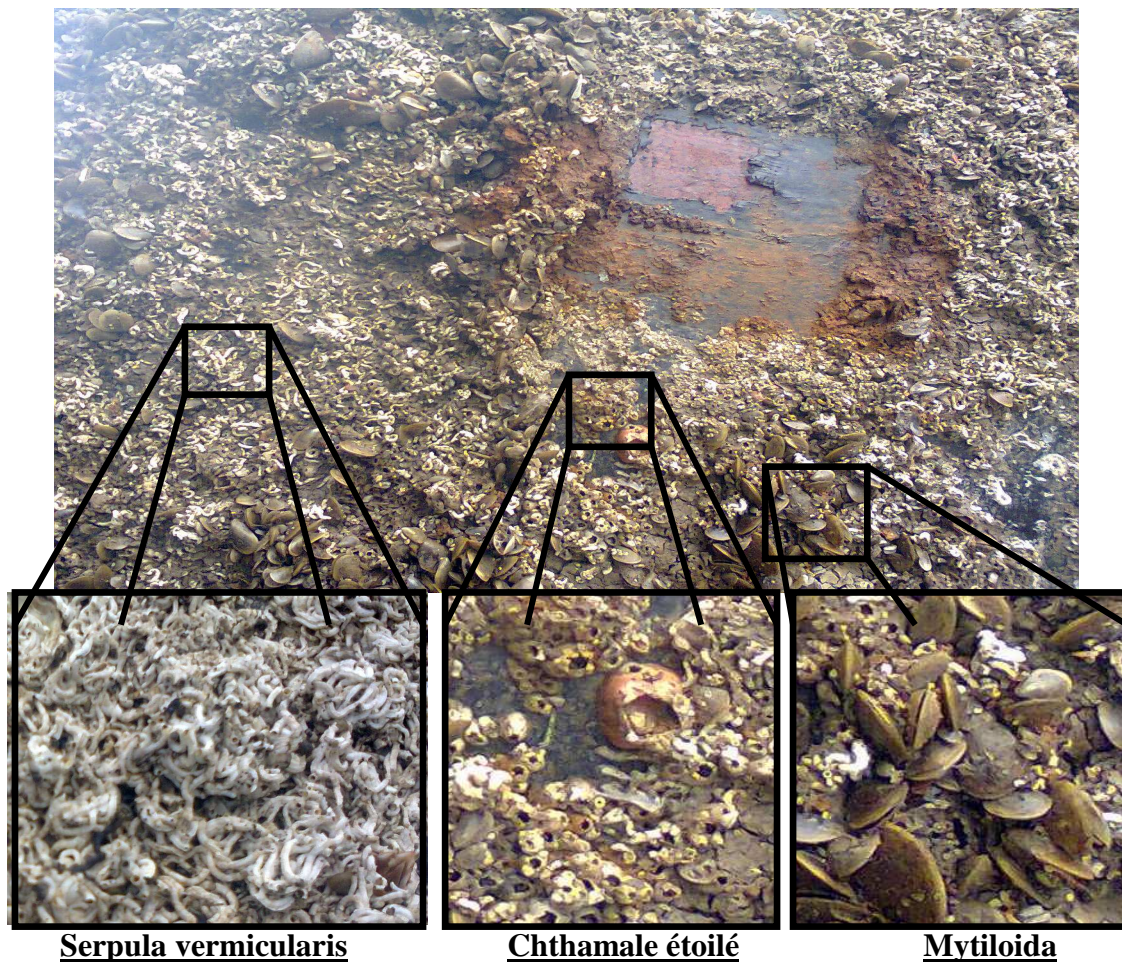
**Figure 19 : Conduite et filtre de l'eau de mer de l'atelier de sulfurique :**



**Figure 20 : Nettoyage de moules et d'algues bloquées par le filtre :**

## **2-Les types de moules et d'algues les plus fréquentes :**

### **2.1-Les types de moules :**



Serpula vermicularis

Chthamale étoilé

Mytiloida

**Figure 21 : les types de moules :**

### **2.1.1- Serpula vermicularis :**

C'est un petit ver benthique, logé dans un tube de calcaire (Figure 22) qu'il a construit lui-même, parfois caché dans le substrat où il s'est fixé (débris rocheux, coquillages, algues du genre Lithophyllum, fonds coralligènes). Sa tête, qu'il peut rétracter dans son tube lorsqu'il est dérangé et le refermer avec un petit opercule en forme de trompe conique rougeâtre possède, de part et d'autre de la « trompe », deux panaches de tentacules filamenteux, divisés en deux lobes, tous soudés entre eux par une membrane et rayés de blanc et de rouge, qui lui servent à attraper sa nourriture (plancton et particules microscopiques) et pour respirer. Les deux panaches, formant une couronne, sont soudés en bas de la trompe.

Les œufs sont planctoniques et donnent naissances à des larves trochophores.



**Figure 22 : serpula vermicularis :**

### **2.1.2- Chthamale étoilé (Figure 23) :**

Encore appelé "dent de cochon", l'étude de sa morphologie et de sa reproduction a montré qu'il s'agit d'un crustacé cirripède dont le corps est recouvert d'une muraille calcaire gris blanchâtre, 10 à 12 mm, tronconique, soudée au rocher et fermée par des plaques également calcifiées.

Les pattes thoraciques sont transformées en cirres (appendices articulés mobiles).

Émergé, il est capable de mener une vie ralentie et de résister à la déshydratation et à l'asphyxie grâce à une réserve d'eau retenue dans la carapace.

Immergé, il mène une vie active, la respiration et la collecte de la nourriture (petites proies et débris organiques en suspension dans l'eau : il est microphage suspensivore) se font à l'aide d'appendices biramés articulés, les 6 paires de cirres couvertes de soies qui rentrent et sortent continuellement de la carapace.

Ces animaux sont hermaphrodites (possèdent les glandes reproductrices mâles et femelles) mais la fécondation est croisée ; les larves planctoniques se fixent sur un support avant métamorphose.

Benthique, fixé (sessile), il vit dans les anfractuosités des rochers battus et éclairés de l'étage médiolittoral (sous étage supérieur émergé et mouillé par les vagues).

Il résiste à une forte agitation hydrodynamique, aux chocs des vagues et à une longue émergence. Il supporte aussi de fortes variations de la teneur du milieu en eau (espèce euryhaline) puisqu'il est tantôt complètement émergé et tantôt mouillé par les vagues.



**Figure 23 : chthamale étoilé :**

### **2.1.3- Mytiloida (Figure 24) :**

Les mytiloïdes plus communément appelées moules sont des [mollusques bivalves](#).



Ces espèces sont équivalves et très inéquilatérales, leurs formes allant du triangulaire au flabelliforme, dépourvues de dents de charnière. Les crochets se trouvent à l'extrémité antérieure. Le ligament est développé mais les muscles adducteurs sont vestigiaux.

La moule comme tous les lamellibranches est caractérisée par :

- Une coquille bivalve permettant la sauvegarde de la muqueuse.
- Un manteau (épiderme + derme) très développé qui est formé de 2 lames palléales enveloppant la totalité du corps.
- Une cavité palléale délimitée par le manteau.
- Deux muscles adducteurs permettant la fermeture de la coquille (le muscle adducteur postérieur est plus développé que le muscle adducteur antérieur).
- Des branchies baignant dans la cavité palléale, en forme de lamelles (d'où le nom Lamellibranches).
- Un byssus (faisceau de filaments protéiques) pour se fixer à un support ou encore bien appelée « filaments de Byssus » produit par une glande byssogène située sous le pied.
- La régression des organes sensoriels dans la région antérieure, donc plus de tête nettement différenciée : les moules sont acéphales.



**Figure 24 : Mytiloida (moule)**

## **2.2-Les algues :**

On a trouvé 5 types d'algues qui sont réparties en 2 grandes familles :

### **2.2.1-Algues vertes (Figure 25) :**

Les algues vertes sont un ensemble d'algues dont les pigments photosynthétiques principaux sont les chlorophylles a et b. Comme leur nom l'indique, les algues vertes sont généralement de couleur verte.

Elles regroupent des organismes variés dont les tailles peuvent aller de quelques micromètres à plus d'un mètre et dont les aspects peuvent être très divers. Certaines algues vertes, les Streptophyta, sont à l'origine des plantes terrestres. Cette hypothèse serait confirmée par la présence de chlorophylle *a* et *b* dans les deux cas, ainsi qu'une ressemblance des différentes parties de la plante et de l'algue et des études phylogénétiques.



**Figure 25 : Algues vertes**

**2.2.2-Algues rouges (Figure 26) :**

Les algues rouges, ou Rhodophytes (*Rhodophyta*), sont un grand groupe d'algues pour la plupart marines et pour la plupart multicellulaires (et le plus souvent fixées sur les rochers, les coquillages ou d'autres algues).

Elles sont caractérisées par une composition pigmentaire avec un seul type de chlorophylle, la chlorophylle *a*, des caroténoïdes et des pigments caractéristiques, les phycobiliprotéines.

La grande majorité des algues rouges est rencontrée dans le milieu marin. Certaines algues rouges sont abondantes dans les récifs de coraux. Les corallines produisent une enveloppe extracellulaire de carbonate de calcium et peuvent participer à la construction du récif de corail.



**Figure 26 : Algues rouges**



## **Partie IV** **Analyses physico-chimiques pour l'amélioration** **de la qualité de l'eau de mer**

### **Introduction :**

Le complexe de Jor Lasfar a connu certains problèmes à cause de la charge importante de l'eau de mer par des différents matières et l'inefficacité du système de la filtration et de la chloration ; mais avant de faire une analyse de traitement de l'eau de mer, on va faire une étude approfondie pour savoir la composition chimique de notre eau aux différents points de son trajet (PEM, REM, et refroidissement), aussi il faut comparé ces analyses avec un eau de mer provient d'une autre région pour savoir si on a une contamination par les rejets des effluents au niveau de Jorf Lasfar.

Le traitement de l'eau de mer va être assuré par une étude de traitement par différents coagulants suivi d'une filtration sur sable et charbon actif, et enfin une analyse de contrôle de la chloration.

### **1-Comparaison entre l'eau de mer de pompage et l'eau de mer d'Azemmour :**

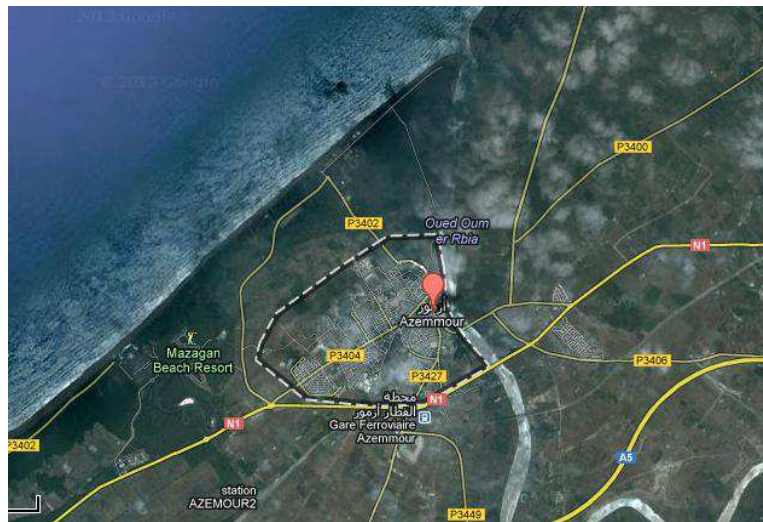


### 1.1-Situation géographique d’Azemmour (Figure 27) :

Azemmour est une petite ville située à 16 km au nord d'El Jadida et à 72 km au sud de Casablanca, à l'embouchure du fleuve Oum Errabiaa.

Azemmour est sans doute établie sur l'antique cité d'Azama, cité occupée par les Phéniciens avant de tomber sous les mains des Carthaginois et des Romains. Sous ces derniers, Azemmour connut une période de prospérité. Le roi Juba II favorisa à Azemmour la pêche à l'alose, poisson qui venait frayer dans le fleuve l'Oum Errabiaa.

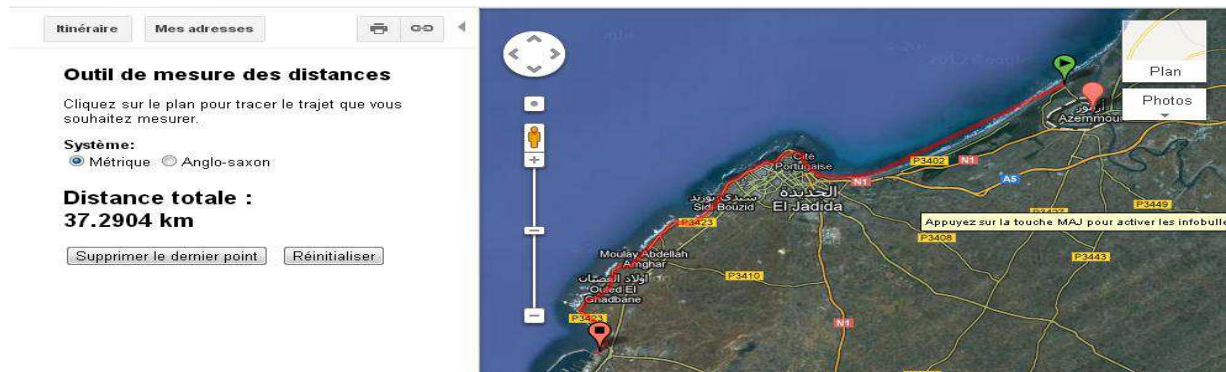
Pays : Maroc  
Région : Doukkala-Abda  
Coordonnées : 33° 17' 16" Nord  
8° 20' 32" Ouest  
Altitude : 28 m



**Figure 27 : Image satellitaire de la région d’Azemmour**

### 1.2-Distance entre les 2 points de prélèvement :

La distance entre les 2 points d'échantillonnage on peut le calculer à l'aide de Google Map, il est de 37 Km.



**Figure 28 : mesure de la distance par google.map**

### 1.3-Les deux points de prélèvement :

Le but de l'échantillonnage au niveau de la région d'Azemmour (Figure 29) c'est pour s'assurer de l'existence d'une contamination par le rejet des effluents ou pas au niveau de Jorf Lasfar (Figure 30) et aussi pour prendre l'eau d'Azemmour comme référence durant notre analyse.



**Figure 29 : Image satellitaire du point de prélèvement au niveau de la région d'Azemmour**



**Figure 30 : Image satellitaire du point de prélèvement au niveau du pompage à Jorf Lasfar**

## 2-Les analyses chimiques de l'eau de mer :

### 2.1-Les modes opératoires :

#### 2.1.1-Mesure du pH :

Le pH se mesure par la méthode électro-métrique à l'aide d'un pH-mètre.

#### 2.1.2-Mesure de la turbidité :

Elle est faite par le turbidimètre, suivant le principe de l'effet Tyndall. Le phénomène dit Tyndall stipule qu'un liquide s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux dû aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux. L'intensité de la lumière dépend de certains facteurs. Elle est liée au



nombre et à la dimension des particules, à leur indice de réfraction, ainsi qu'à celui du liquide dans lequel elles sont en suspension. Elle est fonction aussi de la longueur d'onde de la lumière incidente.

### 2.1.3-Mesure de la conductivité électrique :

Elle se fait à la température de 25 °C à l'aide d'un conductimètre. Cet appareil nous permet de lire directement la température de l'eau et la salinité.

### 2.1.4-Détermination des titres alcalimétriques (TA) :

L'alcalinité d'une eau est liée à la présence des hydroxydes, des carbonates et des bicarbonates. La méthode utilisée est la méthode volumétrique.

#### ❖ Principe :

Les déterminations des titres alcalimétriques sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

#### ❖ Mode opératoire :

##### ❖ Détermination du TA :

Le TA mesure la teneur des ions hydroxydes et carbonates. On fait une prise d'essai de 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute quelques gouttes de la solution alcoolique de phénolphthaléine. Une coloration rose apparaît et on dose avec l'acide sulfurique  $H_2SO_4$  jusqu'à la décoloration. Soit  $n$  la chute de la burette. Dans le cas où il n'y a pas de coloration après ajout de la phénolphthaléine, le TA est nul (cas des eaux dont le  $pH < 8.3$ ).

##### ❖ Détermination du TAC :

Le TAC mesure la teneur des ions carbonates, bicarbonates et des ions hydroxydes. A 100 ml d'échantillon, on ajoute 2 gouttes d'hélianthine (methyl orange) que nous titrons avec l'acide sulfurique  $H_2SO_4$ . Soit  $n'$  la chute de la burette.

#### Expression des résultats :

$n$  et  $n'$  : expriment respectivement le TA et le TAC en milliéquivalent par litre (mécq/l).

$5n$  et  $5n'$  expriment respectivement le TA et le TAC en degré français (°f).

### 2.1.5-Dosage des chlorures :

#### ❖ Principe :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium comme indicateur. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### ❖ Mode opératoire :

On fait la dilution de 5ml/100ml de l'eau distillé. A une prise d'essai de 10 ml, on ajoute 1 ml de chromate de potassium puis on titre avec le nitrate d'argent  $AgNO_3$  (1/50 N) jusqu'au passage de la coloration jaune à une teinte brunâtre. Soit  $TB$  la tombée de la burette du nitrate d'argent.

#### ❖ Expression des résultats :



$[Cl^-] \text{ (mg/l)} = ((TB * 35.5 * 0.02 * 1000) / P) * F$  avec P : prise d'essai et F : facteur de dilution (20).

#### 2.1.6-Dosage du fer total :

La méthode utilisée est la méthode spectrophotométrique à la phénantroline.

##### ❖ Principe :

Le fer transformé en Fer (II) en milieu tamponné forme un complexe rouge orangé avec la phénantroline. L'absorbance du complexe est mesurée au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à 510 nm.

#### 2.1.7-Dosage des orthophosphates :

Le dosage s'effectue par la méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire.

##### ❖ Principe :

Formation en milieu acide du complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium et réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu. L'absorbance du complexe bleu formé est mesurée à 700 nm.

#### 2.1.8-Détermination des titres hydrotimétriques :

##### ❖ Titre hydrotimétrique total (TH) :

Le titre hydrotimétrique ou dureté total exprime la somme des concentrations des cations calciques et magnésiens.

##### ❖ Principe :

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylènediamine tétraacétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation de magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

##### ❖ Mode opératoire :

On fait la dilution de 5ml/100ml de l'eau distillé. Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit 10 ml d'eau à analyser, quelques grains de Noir Eriochrome T (NET) et 4 ml de la solution tampon ammoniacale pH 10. Titrer avec l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) jusqu'au virage de l'indicateur du rouge bordeaux au bleu. Soit TB, la tombée de burette.

$TH(\text{en } ^\circ F) = TB * 20.$

#### 2.1.9-Dosage de silice :

Le dosage s'effectue par la méthode spectrophotométrique d'absorption moléculaire.

##### ❖ Mode opératoire :

A une prise d'essai de 10 ml, on ajoute 3 ml de Molybdate de  $NH_4^+$ , 3ml d'acide oxalique  $H_2C_2O_4$  et 3ml de solution réductrice.

#### 2.1.10-Analyse de P2O5 :

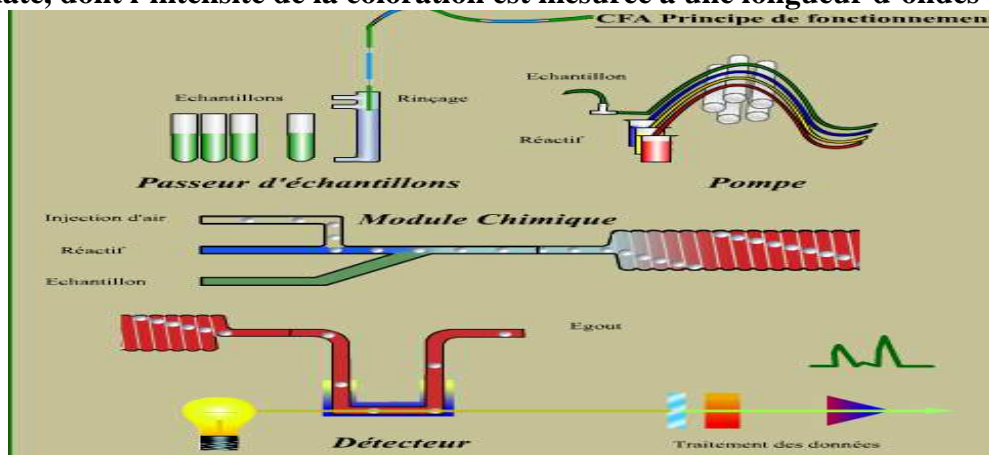
Appareillage :  
-SCALARE.



**Figure 31 : SCALARE**

Principe :

Les ortho phosphates donnent en milieu acide un complexe jaune, en présence de vanadate et de molybdate, dont l'intensité de la coloration est mesurée à une longueur d'ondes de 430 nm.



**Figure 32 : Schéma du principe de SCALARE**

❖ Mode opératoire :

Préparation des échantillons:

Mettez la solution dans des tubes (godet) pour passer au Scalare.



**Figure 33 : godet**

### **2.1.11-Analyse des éléments de traces :**

**Appareillage :**

**-ICP.**



**Figure 34 : ICP**

❖ **Principe :**

Un courant d'argon très pur est ionisé en traversant un champ électromagnétique très intense. L'ionisation produit libère une quantité d'énergie calorifique très importante dont la température atteint  $10.000^{\circ}\text{C}$ . Les échantillons mis en solution sont aspirés au niveau de ce plasma qui va exciter à son tour, tous les éléments minéraux présents. Ces éléments minéraux vont émettre des photons sous forme de radiations caractéristiques, en dehors du champ d'excitation. Ces radiations en traversant un système optique, vont être décomposées et détectées par un système informatique adéquat permet à la fin de la chaîne, de saisir toutes les données, les traiter et de les convertir en information exploitables.

❖ **Préparation des échantillons:**

Mettez la solution dans des tubes (godet) pour passer à l'ICP.

## **3-Résultats et discussion :**

### **3.1-Résultats d'analyse :**

Les analyses et la comparaison de l'eau de Mer est faite entre l'eau de Mer d'AZEMMOUR, l'eau de Mer de pompage, l'eau de Mer de REM (reprise de l'eau de mer), l'eau de Mer de refroidissement de NORIA (l'eau de NORIA c'est l'eau désiliciée qui refroidie les machines  $T = 40^{\circ}\text{C}$ ), et l'eau de refroidissement de sulfurique.

	E.M AZEMMOUR	E.M POMPAGE	E.M REM	E.M R.NORIA	E.M R.SULFURIQUE
Turbidité	11.4	6.62	6.16	9.05	7.8



pH	8	8.1	8.1	8.1	8.2
TA (°F)	0.96	0.7	0.88	0.92	1.1
TAC (°F)	12.46	12.52	12.04	12.52	12
TH (°F)	831.6	831.6	812.7	869	775
Conductivité (ms/cm)	53.3	55.3	55.4	55.3	55.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/l)	11.2	11.2	8	8	7
Silice (mg/l)	0.4	0.4	0.8	0.9	0.9
Fer Total (mg/l)	0	0.08	0.04	0	0
Cl <sup>-</sup> (g/l)	20.16	21.16	20.59	22.15	21.58
Na <sup>+</sup> (g/l)	13.06	13.71	13.34	14.55	13.98
Salinité (g/l)	34.5	35.8	36.3	36.3	36.4

**Tableau 4 : les analyses de l'eau de Mer**

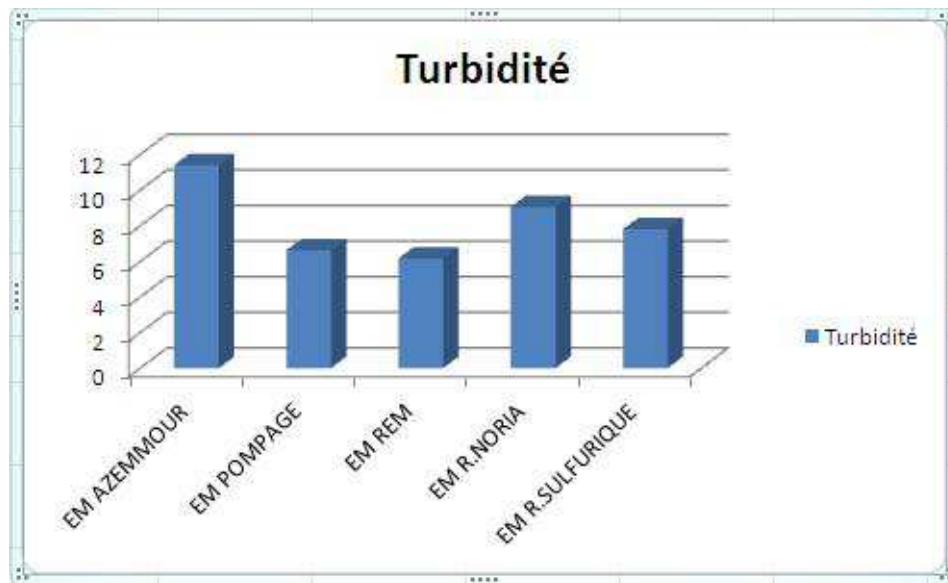
	E.M AZEMMOUR	E.M POMPAGE	E.M REM	E.M R.NORIA	E.M R.SULFURIQUE
Cr (ppm)	0	0	0	0	0
Fe %	0	0	0	0	0
K (mg/l)	2300	2280	2300	2300	2300
Mg (mg/l)	1960	1980	2020	2020	2060
Na (mg/l)	10580	10740	10900	10780	10740
Pb (mg/l)	1.15	0.764	0.870	0.874	0.986
S %	0	0	0	0	0
Se (ppm)	0	0	0	0	0
Cd (mg/l)	21.8	21.2	21.2	21.4	21.2
Ca %	0	0	0	0	0
As %	0	0	0	0	0
Al (mg/l)	940	940	940	920	940

**Tableau 5 : Les analyses de l'eau de Mer par ICP**

### 3.2-Discussion :

#### ❖ La turbidité :

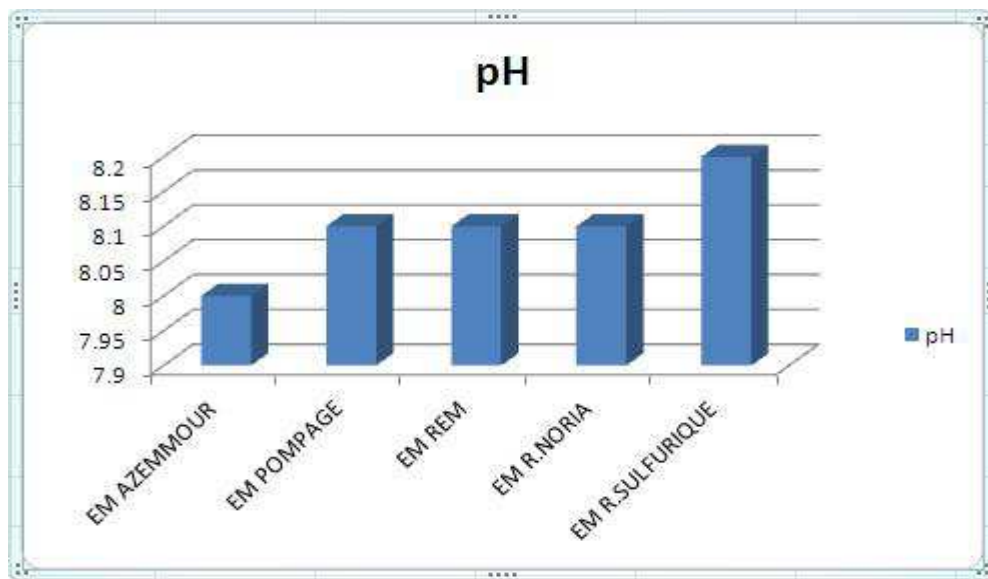
- La présence des vagues au niveau de mer d'Azemmour augmente la turbidité de l'eau.
- La présence du canal de tranquillisation au niveau de pompage diminue la turbidité de l'eau.
- à cause de la température élevée de l'eau de noria et de sulfurique on a une perte de charge de l'eau de mer de refroidissement ce qui explique l'augmentation de la turbidité.



**Graphique 1 : Turbidité**

❖ pH :

-Le pH de l'eau de mer est dans les normes.



**Graphique 2 : pH**

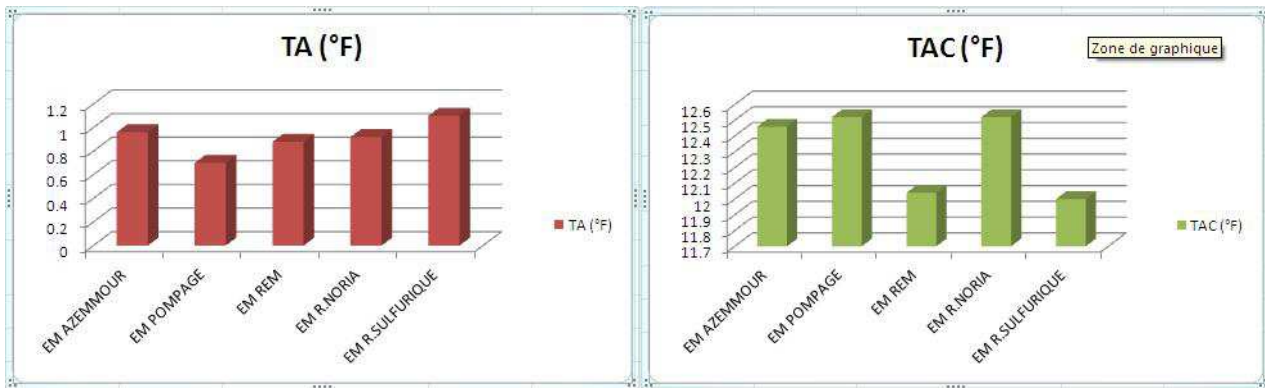
❖ TA et TAC :





À cause du pH de l'eau de mer la mesure de TA (les ions hydroxydes et carbonates) est presque nul ( $>1^{\circ}\text{F}$ ), la mesure de TAC montre la présence des ions bicarbonate (pas de différence entre les 5 échantillons).

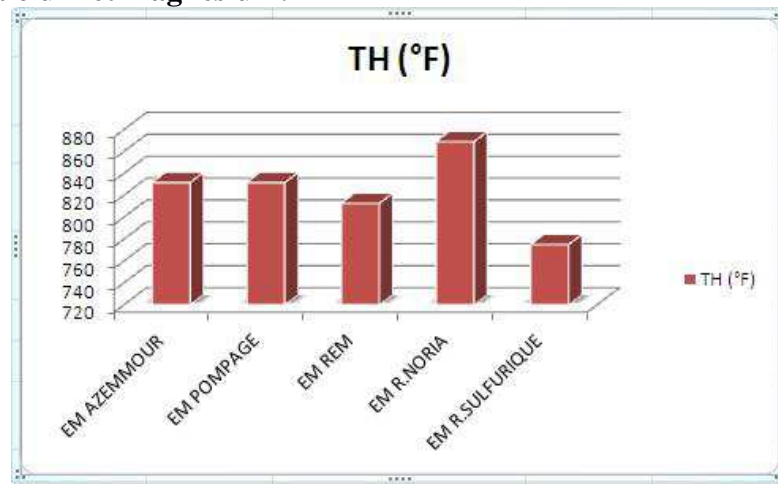
En effet, l'équilibre chimique relatif au carbonate de calcium, dit équilibre calcocarbonique, peut se déplacer sous l'action du  $\text{CO}_2$  : c'est ainsi qu'il peut y avoir des réactions de dissolution du carbonate de calcium (l'eau est dite agressive), ou de précipitation du carbonate de calcium (l'eau est dite incrustante). Les résultats confirment l'incrustation de notre eau.



**Graphique 3 : TA et TAC**

❖ **TH :**

Le titre hydrotimétrique ou dureté total exprime la somme des concentrations des cations calciques et magnésiens. Les résultats montrent la présence d'un taux élevé de la teneur en calcium et magnésium.

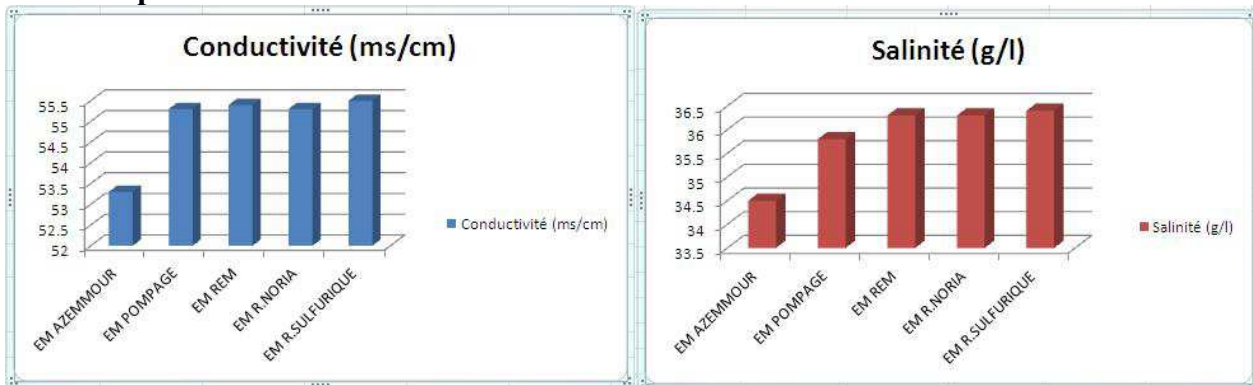


**Graphique 4 : TH**



❖ **Conductivité et salinité :**

La conductivité et la salinité montre une forte concentration en sel ionique ( cation et anion), l'augmentation de la conductivité et de la salinité au niveau de l'eau de mer de refroidissement de noria et de sulfurique dû au perte de charge a cause de la température élevé.

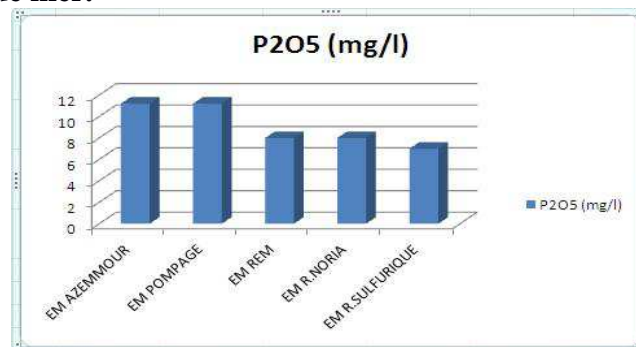


**Graphique 5 : conductivité et salinité**

❖ **Les orthophosphate :**

La teneur faible d'orthophosphates est liée à l'absence de contamination par le rejet des eaux de lessivage et les effluent résultant des engrais phosphatés.

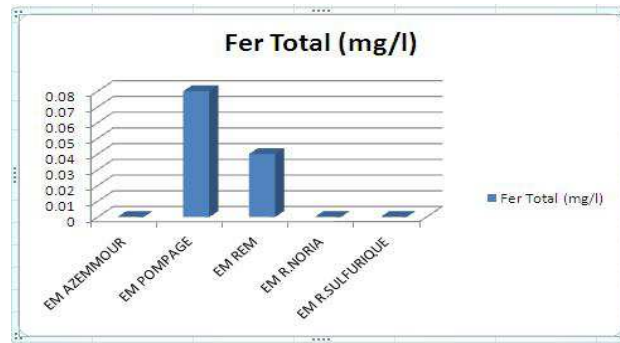
La diminution de la teneur en phosphate au niveau de l'eau de Mer de REM, NORIA, et sulfurique dû à la formation de couches de phosphate sur la surface du métal des conduites de l'eau de mer.



**Graphique 6 : les orthophosphates**

❖ **Fer total :**

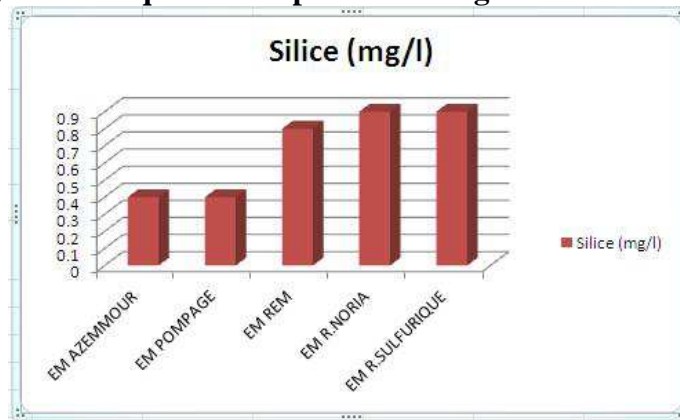
La teneur faible en fer montre une oxydation forte due à la présence de l'oxygène. Le fer oxydé, se complexe avec la matière organique. Ce complexe peut être retenu lors de la décantation.



**Graphique 7 : Fer total**

❖ **Silice :**

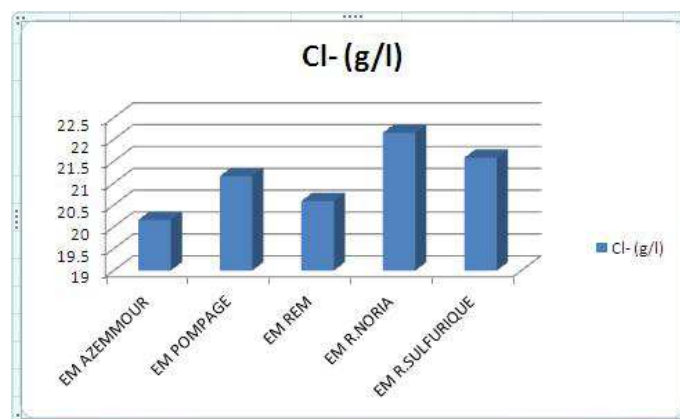
La teneur en silice est généralement faible et l'augmentation au niveau de l'eau de mer de REM, NORIA, et sulfurique dû à la perte de charge à cause de la température élevée.



**Graphique 8 : Silice**

❖ **Chlorure Cl<sup>-</sup> :**

Une forte concentration en chlorure dû à la salinité élevée de l'eau de mer (la salinité de l'océan atlantique 35 à 36 g/l).

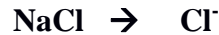


**Graphique 9 : Le chlorure**

❖ **Sodium :**



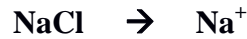
Le calcul de la teneur en sodium dans le premier tableau se fait théoriquement selon la relation :



$$58 \text{ g/l} \rightarrow 35.5 \text{ g/l}$$

$$X \rightarrow 20.16 \text{ g/l (ex : E.M d'Azemmour)}$$

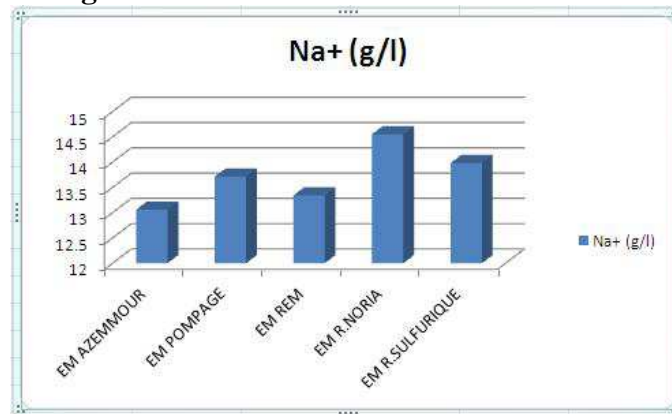
$$X = 20.16 \times 58 / 35.5 = 32.94 \text{ g/l}$$



$$58 \text{ g/l} \rightarrow 23 \text{ g/l}$$

$$32.94 \text{ g/l} \rightarrow X'$$

$$X' = 32.94 \times 23 / 58 = 13.06 \text{ g/l Na}^+$$

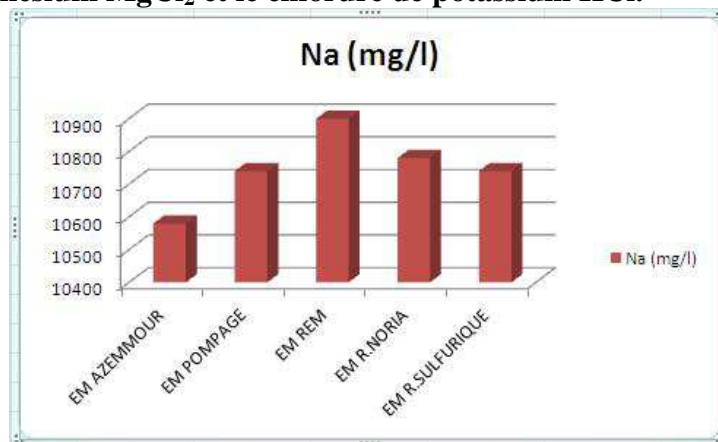


**Graphique 10 : Le sodium**

❖ **L'analyse des éléments trace par ICP :**

-L'analyse des éléments trace par ICP ne montre pas de différence entre les échantillons de l'eau de Mer. Le chrome, le fer, le soufre (sulfate), le sélénium, le calcium, et l'arsenic sont absents dans l'eau de mer ou bien sont présents dans l'eau de mer à des teneurs très faibles et qui ne sont pas détectables à la longueur d'onde de l'ICP et il faut changer la méthode d'analyse pour les détecter.

-La teneur exacte de sodium est de 10 g/l, qui se différencie avec la méthode théorique de calcul de sodium, et cela va s'expliquer par la présence de d'autres sels tels que le chlorure de magnésium  $\text{MgCl}_2$  et le chlorure de potassium  $\text{KCl}$ .



**Graphique 11 : analyse de sodium par ICP**



### **3.3-conclusion :**

Les analyses des différents échantillons de l'eau de mer montre les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire l'absence de toute contamination par les rejets des effluent et des eaux de lavage au niveau de la région de Jorf Lasfar.

## **4-Traitement de l'eau de mer :**

### **4.1-Généralités :**

Pour éviter les activités biologiques, les dépôts et l'entartrage dans les circuits eau de mer, de nombreuses méthodes existent : mécaniques, chimiques, et physiques.

Elles sont utilisées en fonction de l'efficacité souhaitée, de leurs effets sur l'eau de mer et sur les matériaux, des risques de pollution et, bien évidemment, des possibilités d'intégration dans le circuit. D'autre part, certaines méthodes ne sont utilisées que des circuits à grand débit où des investissements importants peuvent leur être consacrés.

Les moyens mécaniques utilisés à titre préventif agissent en évitant, par filtration (grille, tamis), la pénétration dans le circuit de débris et d'espèces vivantes, de particules minérales ou organiques. Différents systèmes peuvent être installés en série suivant la taille maximale des particules admissibles dans le circuit (de quelques millimètres à quelques dixièmes de micron).

D'autres moyens mécaniques sont utilisés à titre curatif pour enlever les dépôts et fixations sur les surfaces encrassées. Il s'agit de méthodes de nettoyage soit en continu, soit en discontinu pendant les périodes d'arrêt. Dans ce dernier cas il convient de tenir compte de la résistance à l'abrasion des matériaux.

Les moyens chimiques consistent à injecter dans le circuit des produits permettant d'éviter :

- la fixation des salissures d'origine biologique. Des produits biocides qui agissent sur les organismes vivants sont employés : hypochlorite, bactéricides, etc.
- la formation du tartre : produits antitartres.
- la corrosion des matériaux métalliques : inhibiteurs de corrosion, réducteurs d'oxygène.

L'injection de produits chimiques a pour effet de modifier, plus ou moins, suivant les doses employées, les propriétés ou la composition de l'eau de mer.



Les moyens physiques comme la filtration sur matériaux poreux très fins permettent la clarification de l'eau (sable, charbon actif).

#### 4.2-coagulation-floculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation (raymond desjardins, 2007).

On va faire un traitement de l'eau de mer de pompage par la Coagulation-Floculation, après on va faire une filtration sur sable et charbon actif.

- Les coagulants et flocculant utilisés :
- ❖ La chaux  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .
- ❖ Le sulfate d'aluminium (sulfate d'alumine)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ .
- ❖ Le sulfate de fer (sulfate ferreux)  $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ .
- ❖ Le sulfate de cuivre  $\text{Cu SO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ .

#### Mode opératoire :

Dans une série de béchers on introduit 200 ml de l'eau de mer de la station pompage avec un  $\text{pH} = 8.1$  et une Turbidité = 6.62. On ajoute alors des doses croissantes des coagulants. Ces doses varieront suivant le ph. On laisse le mélange sous agitation rapide pendant 5 minutes puis agitation lente pendant 15 minutes au bout desquels on arrête l'agitation et on laisse le mélange décanter pendant 30 minutes.

#### 4.3-filtration sur sable et charbon actif :

- ❖ La filtration sur sable a pour but d'éliminé les impuretés de l'eau et les salissures, aussi diminution de la turbidité et les gros colloïdes.
- ❖ Le charbon utilisé est sous forme de grains (CAG) au niveau de la filtration, en deuxième étape de filtration (diamètre de particules de 0,5 à 3mm).

Le charbon actif est principalement utilisé pour affiner l'élimination:

- des matières organiques dissoutes (réfractaires aux traitements préalables).
- des micropolluants organiques à l'état de traces (pesticides, hydrocarbures...).
- de certains composés minéraux (métaux, sous-produits de désinfection...).



Type de filtration : filtration sous vide

Caractéristiques de l'entonnoir :

- Volume vide = 105.90 g
- papier filtre = 1.88 g
- volume total (avec le charbon) = 428.85 g
- volume de charbon actif = 321.07 g
- hauteur de l'entonnoir 6 cm
- diamètre de l'entonnoir 13 cm

#### 4.3-Résultats d'analyse :

Les analyses sont effectuées avant et après filtration sur sable et charbon actif :

##### ❖ Avant filtration :

E.M (200 ml)	pH	Salinité (g/l)	Turbidité	Conductivité (ms/cm)
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,7g)	8.9	35.6	1.4	54.4
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,2g)	8.5	35.7	2.3	54.7
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,05g)	8.2	35.4	2.6	54.1
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,025g)	8.1	35.4	0.65	48.5
FeSO <sub>4</sub> (0,5g)	2.7	36.3	6.38	55.5
FeSO <sub>4</sub> (0,17g)	3.6	35.9	0.84	54.9
FeSO <sub>4</sub> (0,1g)	5.5	35.4	8.3	54.1
FeSO <sub>4</sub> (0,05g)	6	35.4	10.5	48.6
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (2g)	3.8	36.4	1.78	49.8
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (1g)	3.9	36.1	1.59	49.3
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,5g)	4	35.6	2.05	48.8
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,25g)	4	35.2	5.8	48.2
CuSO <sub>4</sub> (2g)	4.1	36.4	0.02	55.6
CuSO <sub>4</sub> (1g)	4.4	36	1.20	55
CuSO <sub>4</sub> (0,5g)	4.6	35.9	4.78	54.9
CuSO <sub>4</sub> (0,25g)	4.8	35.9	6.22	54.9

Tableau 6 : les analyses de la coagulation avant filtration



❖ Après filtration :

E.M (200 ml)	pH	Salinité (g/l)	Turbidité	Conductivité (ms/cm)	Cl <sup>-</sup> (g/l)	TH (°F)
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,7g)	6.3	34.3	0.67	47.2	19.880	840
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,2g)	6.4	35.5	0.50	48.6	20.164	800
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,05g)	6.4	35.6	0.45	48.7	20.732	800
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,025g)	7.5	29.2	0.40	40.9	17.324	700
FeSO <sub>4</sub> (0,5g)	4.8	28.5	0.44	39.9	15.620	700
FeSO <sub>4</sub> (0,17g)	5.7	31.8	0.58	44.4	17.040	780
FeSO <sub>4</sub> (0,1g)	5.9	33	0.46	45.7	18.460	740
FeSO <sub>4</sub> (0,05g)	5.5	34.7	0.80	47.6	20.164	840
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (2g)	4.1	34.9	0.44	48	19.880	1000
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (1g)	4.3	34.2	0.56	47.1	19.596	900
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,5g)	4.8	33.2	0.28	45.7	19.170	780
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,25g)	5.5	32.6	0.59	45	18.460	800
CuSO <sub>4</sub> (2g)	5.9	19.3	0.8	31.3	9.230	660
CuSO <sub>4</sub> (1g)	6	25.6	0.28	40.5	13.490	800
CuSO <sub>4</sub> (0,5g)	6.1	29.3	0.25	45.7	16.614	900
CuSO <sub>4</sub> (0,25g)	6.2	31.2	0.22	48.3	17.750	920

**Tableau 7 : les analyses de la coagulation après filtration**

❖ Analyse des éléments traces de l'eau traitée par ICP :

E.M (200 ml)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	S (mg/l)
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,7g)	334	768	1440	15300	4580
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,2g)	350	745	1450	15400	4090
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,05g)	360	745	1470	15400	3780
Ca(OH) <sub>2</sub> (0,025g)	314	584	1270	12700	2960
FeSO <sub>4</sub> (0,5g)	380	788	1540	7670	12000
FeSO <sub>4</sub> (0,17g)	376	843	1700	8420	11700
FeSO <sub>4</sub> (0,1g)	362	832	1740	11960	8020
FeSO <sub>4</sub> (0,05g)	357	723	1450	15100	3630
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (2g)	612	687	1680	15000	6660
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (1g)	504	680	1570	14700	4880
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,5g)	422	645	1460	14200	3930
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,25g)	386	664	1440	14300	3560
CuSO <sub>4</sub> (2g)	303	485	1160	7730	7090
CuSO <sub>4</sub> (1g)	343	584	1290	10400	6150
CuSO <sub>4</sub> (0,5g)	365	626	1350	11900	5200





CuSO<sub>4</sub> (0,25g)

361

628

1360

12700

4520

Tableau 8 : les analyses de la coagulation par ICP après filtration

#### 4.4-Discussion :

##### ❖ Coagulation par la chaux :

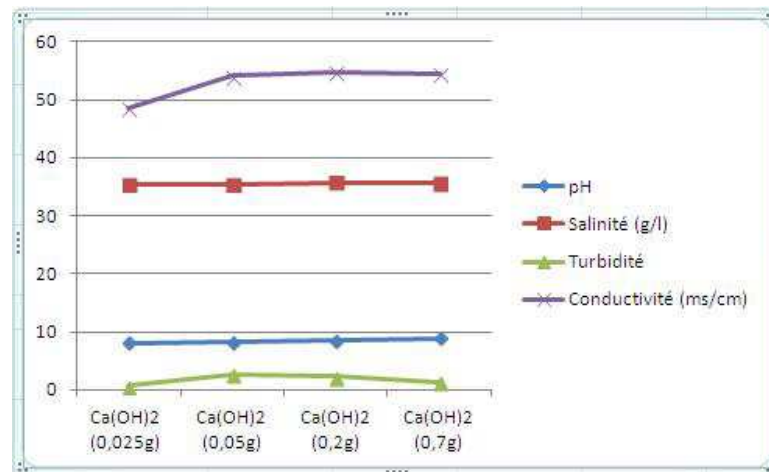
###### ➤ Avant filtration :

-Augmentation du pH avec la dose du coagulant dû à la libération des ions d'OH<sup>-</sup> dans l'eau.

-Pas de changement au niveau de la salinité.

-Pour la turbidité on observe une diminution de la turbidité lorsqu'on augmente la dose entre 0.05 à 0.7g, et lorsqu'on diminue la dose inférieure à 0.05g on observe une chute de la turbidité à 0.65 NTU.

-Pas de grand changement au niveau de la conductivité lorsqu'on diminue la dose de la chaux entre 0.7 à 0.05g, et inférieure à 0.05g on observe une diminution de la conductivité.



Graphique 12 : analyses de la chaux avant filtration

###### ➤ Après filtration :

-On observe une diminution de pH dû à la formation d'hydroxyde métallique et de colloïdes qui sont emprisonnés par la filtration.

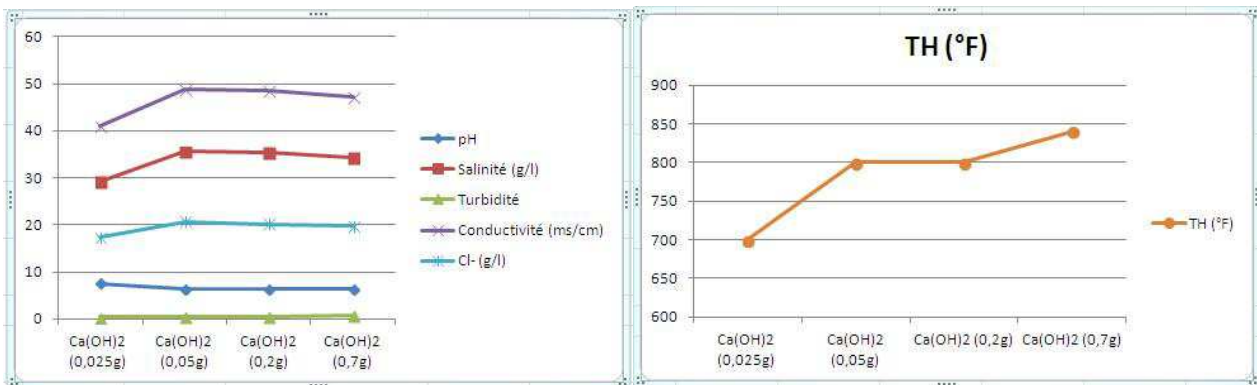
-On n'observe pas un grand changement pour la salinité entre 0.7 à 0.05g, mais il y a une chute de la salinité 29.2g/l pour la dose 0.025g.

-Pour la conductivité, on observe une petite diminution.

-La turbidité est envers de 0.5 NTU ce qui nous donne une impression que la coagulation et la filtration est bonne.

-Pas de changement du chlorure entre 0.7g et 0.05g, mais on observe une diminution au niveau de la dose 0.025 ce qui explique la diminution de la salinité.

-Le titre hydrométrique (TH) diminue avec la diminution de la dose.



**Graphique 13 : analyses de la chaux après filtration**

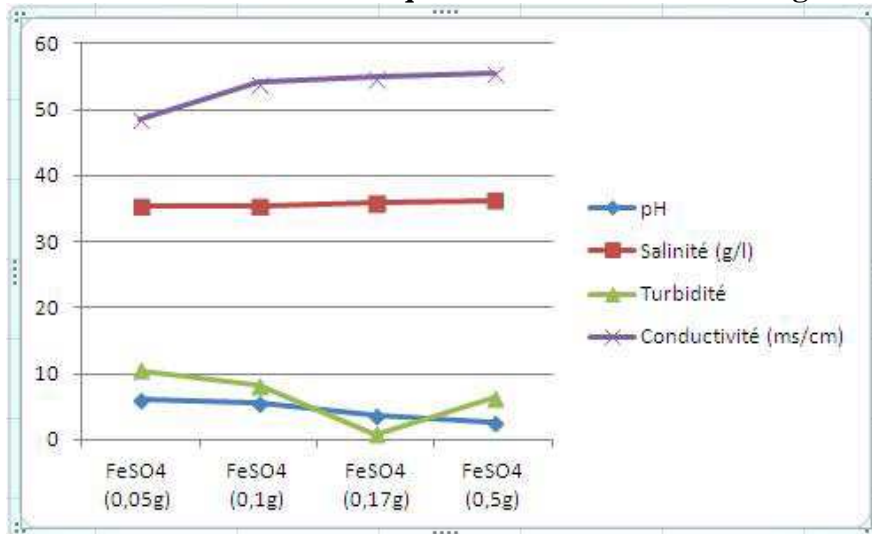
❖ **Coagulation avec le sulfate de fer :**

➤ **Avant filtration :**

-Le ph devenu très acide avec les grandes doses du coagulant à cause de présence de fer qui se combine avec les OH<sup>-</sup>, donc plus de H<sup>+</sup> libre qui acidifié le milieu.

-Pour la turbidité on observe une augmentation lorsqu'on diminue la dose de coagulant entre 0.5 à 0.05g avec une chute de la turbidité au niveau de la dose 0.17g, cette augmentation de la turbidité dû à la coloration rouge de la solution (couleur de rouille).

-La conductivité diminue lorsqu'on diminue la dose de coagulant.



**Graphique 14 : analyses du sulfate de fer avant filtration**

➤ **Après filtration :**

-Augmentation du ph après filtration.

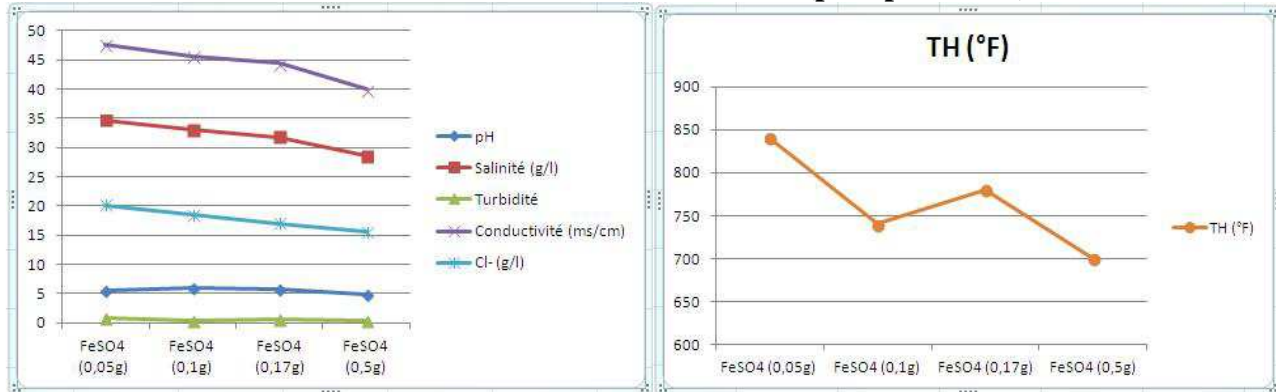
-On observe une diminution de la de la salinité lorsqu'on augmente la dose 0.05 à 0.5g.

-Pour la conductivité on observe une diminution lorsqu'on augmente la dose du coagulant et cela dû à l'emprisonnement des ions libres par les colloïdes.

-La diminution de la turbidité montre que la coagulation et la filtration est bonne.



- La diminution du chlorure lorsqu'on augmente la dose du coagulant à une relation direct sur la diminution de la salinité de l'eau de mer.
- Le titre hydrométrique diminue lorsqu'on augmente la dose du coagulant est ce la dû a la formation du sulfate de calcium (précipité blanc).

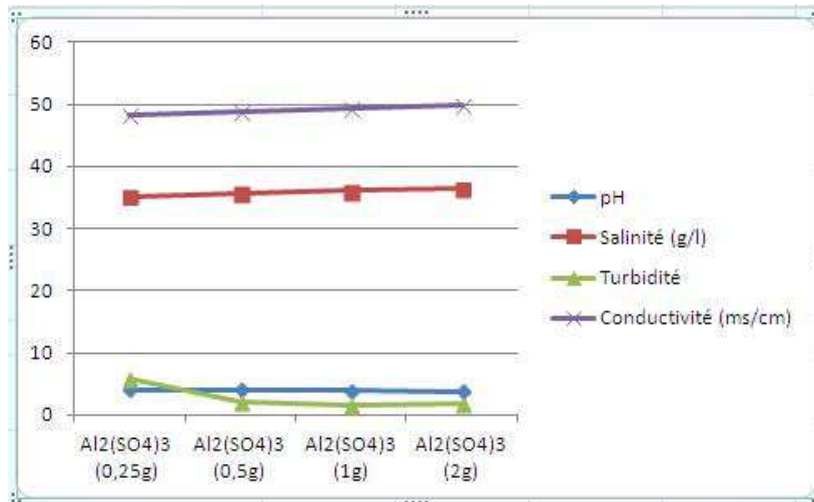


**Graphique 15 : analyses du sulfate de fer après filtration**

❖ **Coagulation avec le sulfate d'aluminium :**

➤ **Avant filtration :**

- On observe une diminution de pH dû a la combinaison entre les ions de aluminium et  $\text{OH}^-$ , ce qui par conséquence augmente les ions  $\text{H}^+$  qui acidifié le milieu.
- Pas de changement au niveau de la salinité.
- La turbidité est faible.
- La conductivité est diminuée par rapport a la conductivité initial de l'eau de mer et cela revient à la réaction entre les ions libres et les colloïdes.



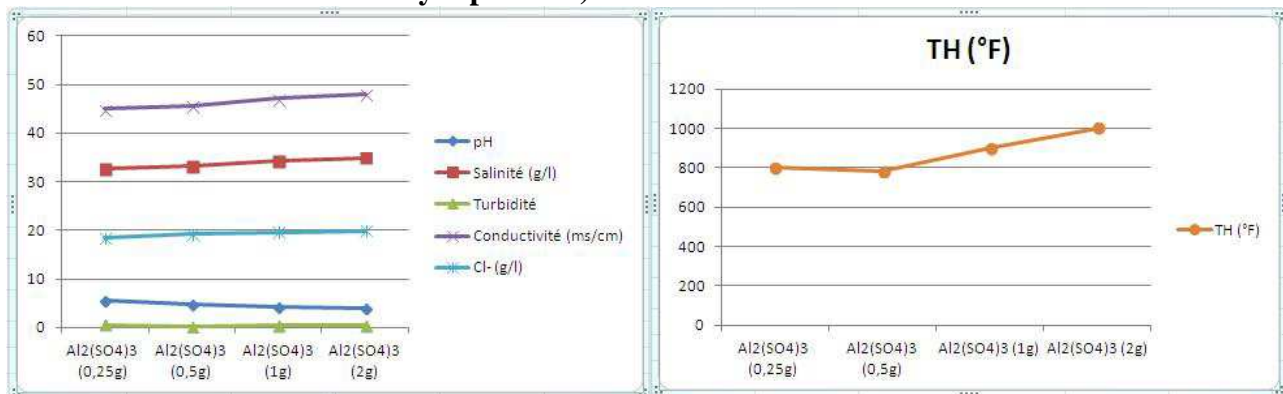
**Graphique 16 : analyses du sulfate d'aluminium avant filtration**

➤ **Après filtration :**

- Le pH est acide, et on observe une augmentation du pH lorsqu'on diminue la dose de coagulant.



- La salinité diminue lorsqu'on diminue la dose du coagulant, la diminution de la salinité est dû à la formation de sulfate de sodium (solide blanc qui se précipite).
- La conductivité aussi diminue lorsqu'on diminue la dose du coagulant.
- La turbidité de l'eau traitée est de 0.5 avec une chute à 0.28 au niveau de la dose de 0.5g.
- La diminution du chlorure a une relation proportionnelle avec la diminution de la salinité.
- Lorsqu'on augmente la dose du coagulant le TH augmente et cela revient à l'augmentation de la quantité de calcium dans l'eau (on va les voir dans le tableau des analyse par ICP).

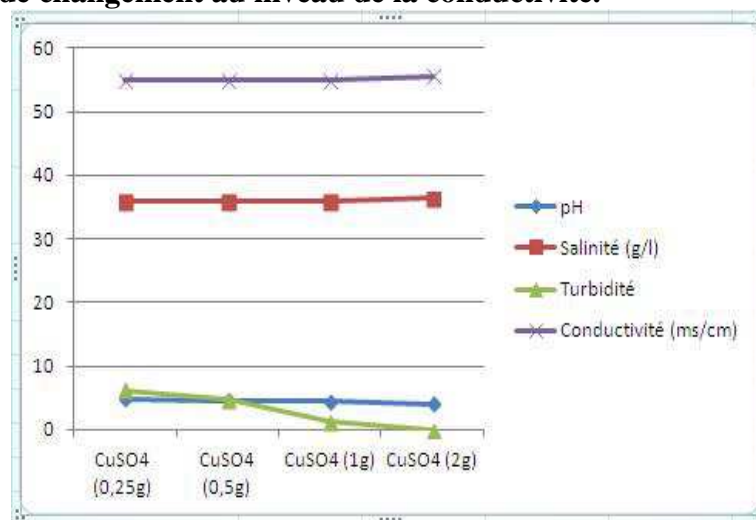


**Graphique 17 : analyses du sulfate d'aluminium après filtration**

❖ **Coagulation avec le sulfate de cuivre :**

➤ **Avant filtration :**

- Le pH est acide, et qui augmente lorsqu'on diminue la dose.
- Pour la salinité on observe une augmentation par rapport à la salinité de l'eau de mer normale.
- La turbidité diminue lorsqu'on augmente la dose du coagulant.
- Pas de changement au niveau de la conductivité.

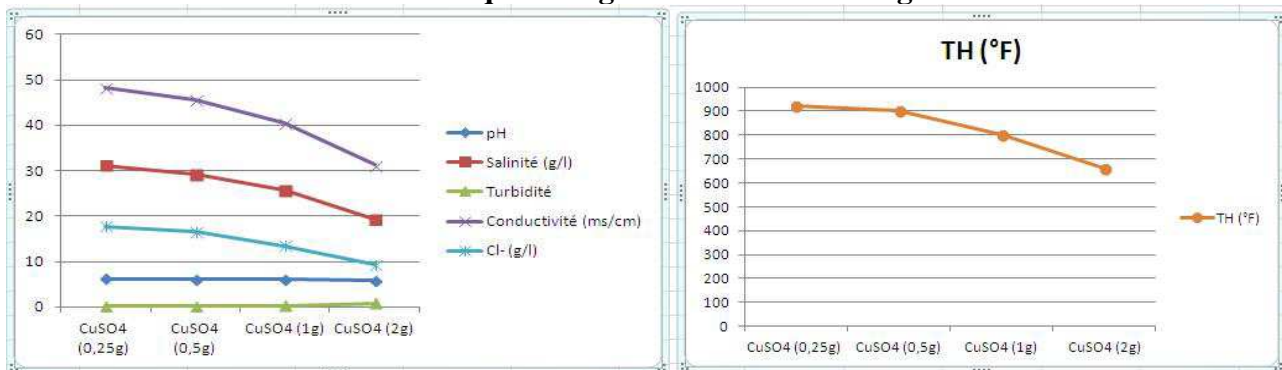


**Graphique 18 : analyses du sulfate de cuivre avant filtration**



➤ Après filtration :

- Augmentation de pH, mais il reste modérément acide (pH=6).
- On observe une diminution de la salinité lorsqu'on augmente la dose du coagulant, avec une diminution maximal de la salinité qui atteint 19g/l.
- La conductivité est diminuée lorsqu'on augmente la dose du coagulant.
- La turbidité est faible qui augmente de 0.22 à 0.8 NTU lorsqu'on augmente la dose du coagulant.
- Le chlorure a une relation proportionnelle avec de la salinité, et il diminue lorsqu'on augmente la dose du coagulant.
- Le TH diminue lorsqu'on augmente la dose du coagulant.



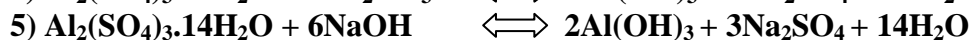
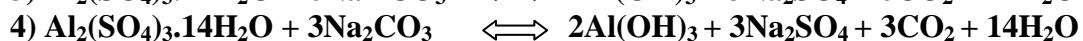
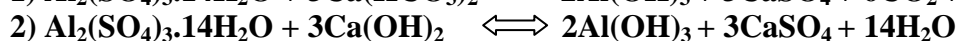
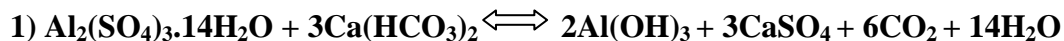
**Graphique 19 : analyses du sulfate de cuivre après filtration**

❖ Conclusion :

-L'augmentation ou la diminution de certains paramètres de l'eau de mer est dû à la réaction chimique, à la capture au niveau de sable, et à l'adsorption au niveau de la surface d'échange de charbon actif.

-Les réactions majeures lorsqu'on ajoute un coagulant sont :

On prend l'exemple du sulfate d'aluminium :



-D'après ces réactions on peut expliquer le changement de la teneur en calcium qui va se précipiter sous forme de sulfate de calcium, aussi la diminution de la salinité de l'eau de mer.

-D'après l'analyse avant et après la coagulation on peut déduire la dose optimale de chaque coagulant :

- Pour la chaux : 0.025g/200ml → 0.125g/l
- Pour le sulfate de fer : 0.1g/200ml → 0.5g/l
- Pour le sulfate d'aluminium : 0.25g/200ml → 1.25g/l
- Pour le sulfate de cuivre : 0.25g/ml → 1.25g/l



**NB : Le choix de la dose optimale se fait en fonction des analyses et aussi en fonction du pH.**  
**-Pour les coagulants qui ont un pH acide même après la filtration on peut ajuster le pH par l'ajout d'une petite quantité de la chaux.**

### **5-Analyse de la chloration :**

**A cause de la quantité d'eau de mer a traité l'OCP de Jorf Lasfar à crée une installation de production d'hypochlorite de sodium par électrolyse de l'eau de mer, ce produit est utilisé en tant qu'agent algicide et bactéricide.**

#### **5.1-Notion de chlore actif, chlore actif libre, et chlore total :**

- L'expression "chlore actif" correspond au concept scientifique de "available chlorine" (soit chlore disponible).  
Le chlore actif correspond à l'ion  $\text{ClO}^-$  et aux gaz  $\text{HOCl}$  et  $\text{Cl}_2$  dissous dans l'eau (solution assez concentrée et alcaline).
- L'expression "chlore actif" désigne, en réalité, un pouvoir oxydant qui correspond bien au double de la quantité de chlore sous forme de  $\text{NaOCl}$  dans une solution assez concentrée et alcaline.
- L'expression "chlore actif libre" correspond au concept américain de "active chlorine". Le "chlore actif libre" correspond aux gaz  $\text{HOCl}$  et  $\text{Cl}_2$  dissous dans l'eau (solution très diluée en milieu neutre ou acide).
- L'expression "chlore total" désigne le chlore sous toutes ses formes : hypochlorite, mais aussi le chlorure de sodium qui pourrait, d'ailleurs, être éliminé, ainsi que les chlorites et les chlorates.

#### **5.2-Influence du pH sur la constitution des Eaux et Concentrés de Javel :**

Les courbes des graphiques 20 à 22 illustrent l'influence du pH sur la constitution du chlore actif libre contenu dans les Eaux et Concentrés de Javel, ce chlore étant composé soit de chlore dissous ( $\text{Cl}_2$ ) et d'acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ ), soit d'ions hypochlorites ( $\text{ClO}^-$ ) et d'acide hypochloreux.

En tenant compte les graphiques 20 et 21 on obtient le graphique 22.

Le graphique 20 indique les quantités d'acide hypochloreux présent dans une Eau de Javel en fonction des valeurs de pH.

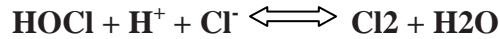
On constate que pratiquement entre les valeurs de  $\text{pH} = 4$  et  $\text{pH} = 6$ , tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux  $\text{HOCl}$ , gaz dissous non ionisé.

Le graphique 21 représente les concentrations en chlore dissous et en ions hypochlorites en fonction des valeurs de pH.

On constate qu'aux valeurs de pH supérieures à 5, l'ionisation de l'hypochlorite va croissante pour être totale aux valeurs supérieures à 9. A cette valeur, tout le chlore est sous la forme d'ions hypochlorites ( $\text{ClO}^-$ ) :  $\text{NaOCl}$  sous la forme  $\text{ClO}^- + \text{Na}^+$  (CSNEJ, 2010).

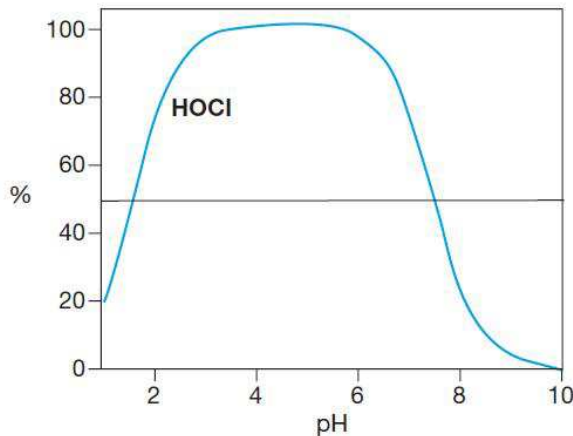


Aux valeurs de pH acide inférieures à 4, le chlore dissous ( $\text{Cl}_2$ ) devient la forme prédominante du “chlore actif libre”, soit :

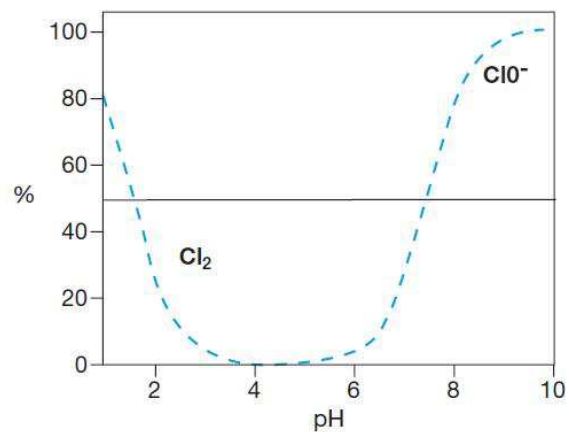


En raison de cette instabilité due à de nombreux facteurs et en fonction de la valeur du pH du milieu où elle est utilisée, l'Eau de Javel peut agir de façons différentes :

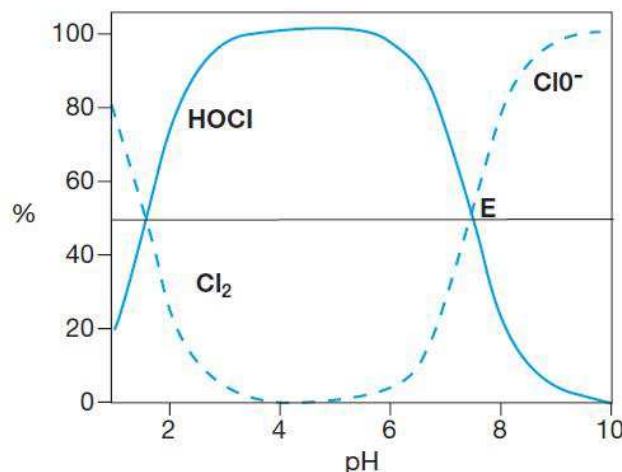
- Aux valeurs de pH inférieures à 5, elle agira par chloration (présence de chlore et d'acide hypochloreux dissous).
- Aux valeurs de pH supérieures à 5, elle agira par oxydation, transformation en acide hypochloreux et libération d'oxygène gazeux (présence d'acide hypochloreux et d'ions hypochlorites). C'est notamment ce qui se passe dans le cas du blanchiment du linge.
- À pH = 7,5 les concentrations en acide hypochloreux et en hypochlorites sont très voisines de 50 % (point E du graphique).



**Graphique 20 :**  
Présence de l'acide hypochloreux en %



**Graphique 21 :**  
Présence du chlore dissous et des ions hypochlorites  $\text{Cl}_2$  et  $\text{ClO}^-$  en %

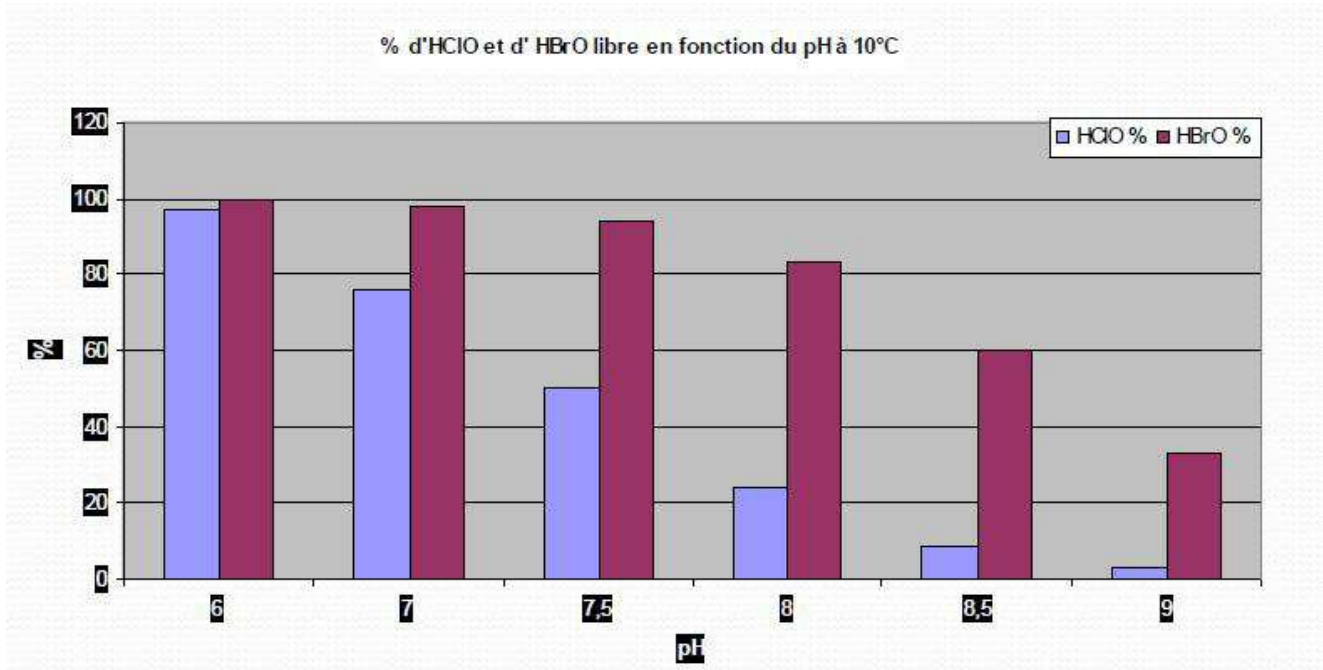


**Graphique 22 :**  
Zone de présence des ions hypochlorite et de l'acide hypochloreux en fonction de pH



### 5. 3- Les traitements oxydants :

- Ils sont basés sur la formation soit d'acide hypochloreux soit d'acide hypobromeux.
- L'action biocide est proportionnelle à la concentration en acide hypochloreux ou bromeux.
- Au pH de l'eau de mer (8 à 8,2) il faut une concentration élevée en oxydant pour obtenir 0,1 mg/l d'acide hypochloreux nécessaire pour détruire les macros salissures. La bromation est plus performante.
- Les matières actives : eau de javel, chlore, dioxyde de chlore, bromure de sodium.



**Graphique 23 : comparaison entre l'acide hypochloreux et l'acide hypobromeux**





#### 5.4-analyses de contrôle de la chloration :

Les analyses de contrôle de la chloration vont être présentées sous forme des tableaux :

**Tableau 9 : Les analyses de contrôle de la chloration**

	Ampérage du chlore (A)	débit PEM (m3/h)	chlore libre (mg/l)	chlore actif (mg/l)
1 avril 2013 P1	900	72500	inferieur 0.02	0.71
1 avril 2013 P2	800	69000	inferieur 0.02	0.177
2 avril 2013 P1	750	72000	inferieur 0.02	0.41
2 avril 2013 P2	750	61200	inferieur 0.02	0.177
3 avril 2013 P1	750	72700	inferieur 0.02	0.604
3 avril 2013 P2	750	65000	inferieur 0.02	0.298
4 avril 2013 P1	750	64000	inferieur 0.02	0.391
4 avril 2013 P2	750	67500	inferieur 0.02	0.266
5 avril 2013 P1	750	70144	inferieur 0.02	0.62
5 avril 2013 P2	750	81700	inferieur 0.02	0.568
6 avril 2013 P1	750	78500	inferieur 0.02	0.672
6 avril 2013 P2	750	72800	inferieur 0.02	0.568
7 avril 2013 P1	750	75000	inferieur 0.02	0.177
7 avril 2013 P2	750	6300	inferieur 0.02	0.12
8 avril 2013 P1	750	69000	inferieur 0.02	0.178
8 avril 2013 P1	750	72000	inferieur 0.02	0.106
9 avril 2013 P1	750	76000	inferieur 0.02	0.213
9 avril 2013 P2	750	69000	inferieur 0.02	0.106
10 avril 2013 P1	750	70250	inferieur 0.02	0.213
10 avril 2013 P2	750	69000	inferieur 0.02	0
11 avril 2013 P1	750	79500	inferieur 0.02	0.213
11 avril 2013 P2	750	63000	inferieur 0.02	0.16
12 avril 2013 P1	750	81200	inferieur 0.02	0.248
12 avril 2013 P2	750	72200	inferieur 0.02	0.25
13 avril 2013 P1	750	74000	inferieur 0.02	0.0709
13 avril 2013 P2	750	81800	inferieur 0.02	0.248
14 avril 2013 P1	750	72000	inferieur 0.02	0.248
14 avril 2013 P2	750	72800	inferieur 0.02	0.497
15 avril 2013 P1	750	72500	inferieur 0.02	0.498
15 avril 2013 P2	750	73600	inferieur 0.02	0.213



16 avril 2013 P1	750	75000	inferieur 0.02	0.177
16 avril 2013 P2	750	74000	inferieur 0.02	0.28
17 avril 2013 P1	750	77000	inferieur 0.02	0.248
17 avril 2013 P2	750	75000	inferieur 0.02	0.177
18 avril 2013 P1	750	75000	inferieur 0.02	0.245
18 avril 2013 P2	750	68000	inferieur 0.02	0.106
19 avril 2013 P1	750	72800	inferieur 0.02	0.177
19 avril 2013 P2	750	79800	inferieur 0.02	0.488
20 avril 2013 P1	750	78500	inferieur 0.02	0.24
20 avril 2013 P2	750	82650	inferieur 0.02	0.177
21 avril 2013 P1	750	78400	inferieur 0.02	0
21 avril 2013 P2	750	77000	inferieur 0.02	0.248
22 avril 2013 P1	750	77500	inferieur 0.02	0.177
22 avril 2013 P2	750	78400	inferieur 0.02	0.283
23 avril 2013 P1	750	72000	inferieur 0.02	0.212
23 avril 2013 P2	750	78000	inferieur 0.02	0
24 avril 2013 P1	750	83800	inferieur 0.02	0.355
24 avril 2013 P2	750	87000	inferieur 0.02	0.24
25 avril 2013 P1	750	77000	inferieur 0.02	0.245
25 avril 2013 P1	750	69000	inferieur 0.02	0.354
26 avril 2013 P1	750	80800	inferieur 0.02	0.71
26 avril 2013 P2	750	73000	inferieur 0.02	0.106
27 avril 2013 P1	750	73600	inferieur 0.02	0.34
27 avril 2013 P2	750	82200	inferieur 0.02	0.71
28 avril 2013 P1	750	74500	inferieur 0.02	0.168
28 avril 2013 P2	750	83400	inferieur 0.02	0.61
29 avril 2013 P1	750	87000	inferieur 0.02	0.0709
29 avril 2013 P2	750	62700	inferieur 0.02	0.212
30 avril 2013 P1	750	72000	inferieur 0.02	0.24
30 avril 2013 P2	750	71400	inferieur 0.02	0.206

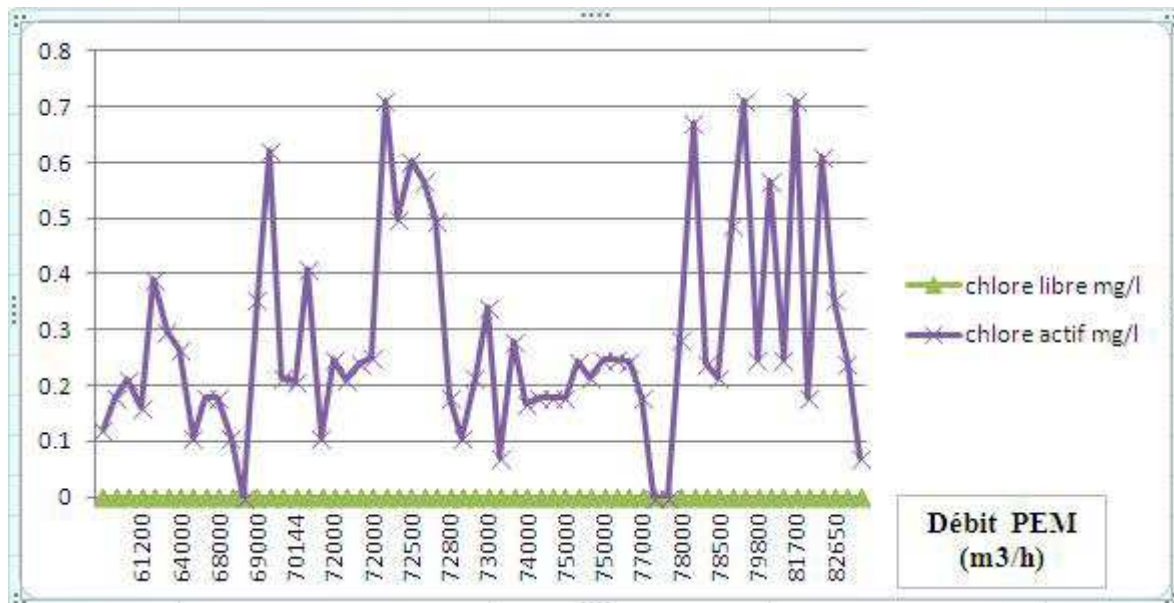
Date	Ampérage du chlore (A)	débit PEM (m3/h)	chlore libre (mg/l)	chlore actif (mg/l)
1 MAI 13 P1	750	73000	<0,02	0.0709
1 MAI 13 P2	750	78000	<0,02	0.245
2 MAI 13 P1	750	74522	<0,02	0.106
2 MAI 13 P2	750	78000	<0,02	0.24
3 MAI 13 P1	750	78000	<0,02	0.212
3 MAI 13 P2	750	77000	<0,02	0.204



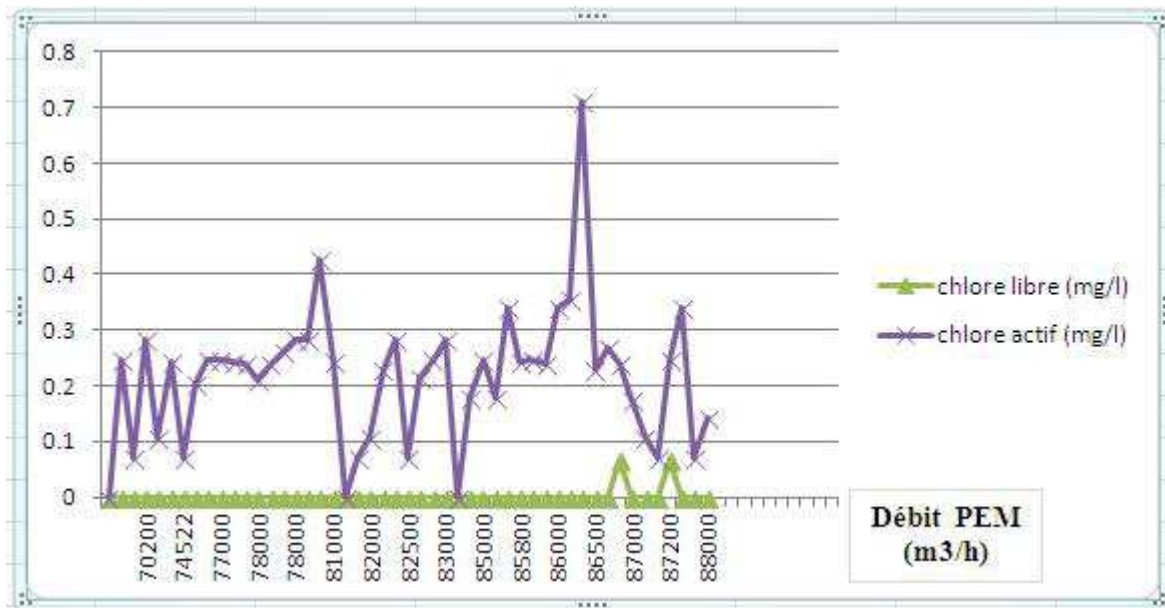
4 MAI 13 P1	750	75000	<0,02	0.245
4 MAI 13 P2	750	69000	<0,02	0
5 MAI 13 P2	750	78000	<0,02	0.238
6 MAI 13 P1	750	73000	<0,02	0.284
6 MAI 13 P2	750	79500	<0,02	0.284
7 MAI 13 P2	900	90000	<0,02	0.142
8 MAI 13 P1	900	81500	<0,02	0.244
8 MAI 13 P2	900	81000	<0,02	0.284
9 MAI 13 P1	900	82500	<0,02	0.23
9 MAI 13 P2	900	82000	<0,02	0
10 MAI 13 P1	900	87200	<0,02	0.106
11 MAI 13 P1	900	85000	<0,02	0
11 MAI 13 P2	900	87200	<0,02	0.0709
12 MAI 13 P1	900	86000	<0,02	0.34
12 MAI 13 P2	900	76500	<0,02	0.0709
13 MAI 13 P1	900	81000	<0,02	0.426
13 MAI 13 P2	900	84700	<0,02	0.284
14 MAI 13 P1	900	86500	<0,02	0.355
14 MAI 13 P2	900	86500	<0,02	0.71
15 MAI 13 P1	900	86000	<0,02	0.242
15 MAI 13 P2	1200	87000	<0,02	0.23
16 MAI 13 P1	1200	87000	<0,02	0.27
16 MAI 13 P2	1600	83000	<0,02	0.284
17 MAI 13 P1	1600	87350	0.066	0.248
17 MAI 13 P2	1200	87000	0.066	0.24
18 MAI 13 P1	800	82000	<0,02	0.0709
18 MAI 13 P2	800	88000	<0,02	0.34
19 MAI 13 P1	800	85680	<0,02	0.248
19 MAI 13 P2	800	83000	<0,02	0.0709
20 MAI 13 P1	800	84500	<0,02	0.248
20 MAI 13 P2	800	88000	<0,02	0.0709
21 MAI 13 P1	800	85400	<0,02	0.178
21 MAI 13 P2	800	70200	<0,02	0.248
22 MAI 13 P1	800	86000	<0,02	0.248
22 MAI 13 P2	800	85800	<0,02	0.177
23 MAI 13 P1	800	87000	<0,02	0.176
23 MAI 13 P2	800	77000	<0,02	0.248
24 MAI 13 P1	800	86000	<0,02	0.24
24 MAI 13 P2	800	77000	<0,02	0.248



25 MAI 13 P1	800	83000	<0,02	0.213
25 MAI 13 P2	800	78000	<0,02	0.26
26 MAI 13 P1	800	82000	<0,02	0.106
26 MAI 13 P2	800	86000	<0,02	0.34



**Graphique 24 : Analyse du chlore en fonction du débit pour le mois d'Avril**



**Graphique 25 : Analyse du chlore en fonction du débit pour le mois de Mai**

### **Conclusion :**

D'après les résultats des analyses on peut déduire que la chloration n'a pas une grande influence sur la désinfection contre les moules et les algues à cause du pH alcalin de l'eau de mer (pas de formation de l'acide hypochloreux), et aussi à cause de la quantité insuffisante et instable de l'injection du chlore.

### **5.5- le produit Aquaprox TD 5210:**

#### **❖ Définition :**

Mélange de plusieurs matières actives dont les actions sont complémentaires :

- Dispersant : agit sur l'élimination de la 1<sup>ère</sup> couche de matières minérales ou organique
  - Antitartre : complète l'action du dispersant à base de polymère.
  - Amine filmante : réalisation d'un film hydrophobe peu adhérent.
- Forte concentration en matières actives: 45%

#### **❖ Caractéristique :**

Formation d'un film hydrophobe, peu adhérent pour les micros et macro salissures.

- Il s'agit d'amines filmantes dont la longueur de la chaîne carbonée rend le film hydrophobe.



- **Avantages :**
  - Moins toxique que les oxydants.
  - Dosage faible : 2 à 5 ppm en choc de 30' / jour.
  - Contrôle de la quantité résiduelle.
- **Inconvénients :**
  - Peu efficace sur un support sale.
  - Pas d'effet dispersant.
- ❖ **Domaine d'application :**
  - **Application circuits de refroidissement ouverts :**
    - Certains polymères ont des propriétés dispersantes très marquées vis à vis des bio films : application bio dispersant curatif contre la légionelle.
    - Ces polymères permettent d'avoir « un effet de nettoyage des surfaces »
  - **Application géothermie :**
    - Expérience de traitement anti corrosion et dispersant en traitement d'eaux de puits géothermal.
    - L'épaisseur du film nécessaire pour obtenir un film protecteur contre la corrosion : 0,3µ m/h.  
(Aquaprox, 2013)

### Recommandations :

D'après les résultats des analyses on peut proposer des solutions pour avoir une qualité d'eau satisfaite et répondante aux besoins du complexe de l'OCP de Jorf Lasfar :

- 1) Construction d'une station de traitement de l'eau de mer par coagulation et filtration sur sable et charbon actif au niveau de la station de pompage.
- 2) Diminution du pH pour atteindre un pH optimal (entre 6.5 et 7) qui va favoriser la formation de l'acide hypochloreux et l'acide hypobromeux (favorise l'élimination des



---

algues, des moules et des œufs des autres êtres vivants marin), sans causer la corrosivité des matériels.

3) L'utilisation d'autres produits en parallèle comme le produit Aquaprox TD 5210 qui favorise la formation d'un film protectrice contre la corrosion, mais cela demande en premier temps de faire un nettoyage total de la station de PEM, des conduites de l'eau de mer, du déversoir, et des 3 REM ; parce que ce produit n'a aucun effet sur les surfaces sales ou rugueuses (par la présence des moules).

Ces trois étapes vont favoriser :

-L'empêchement de la formation des algues et des moules durant tout le trajet de l'eau depuis la station de pompage jusqu'au différent atelier (phosphorique, sulfurique, ...).

-La diminution de la turbidité de l'eau c'est-à-dire la lutte contre les problèmes de l'entartrage et de colmatage au niveau des conduites de l'eau de mer de refroidissement.

-La diminution de la salinité de l'eau de mer, qui va favoriser à l'atelier de dessalement de l'eau de mer (encore en construction) d'avoir un eau plus au moins traité ( au niveau de la pureté, de la turbidité, de la salinité, et la teneur en éléments trace et majeur) .

Donc on va minimiser le coût de la production de l'eau potable à partir de l'eau de mer par osmose inverse.



## **Conclusion :**

Le milieu marin est un vaste milieu contenant beaucoup d'organismes vivants et des encrassements qui peuvent engendrer des grands problèmes d'entartrage et de colmatage au niveau des pompes, des conduites et des filtres.

La présence de certain types d'algues, de moules et de vers dans l'eau de mer et à cause de l'inefficacité du système de filtration et de chloration, on a l'échappement de ces organismes vivant qui vont causer le bouchage des canalisations de refroidissement.

Avant de faire une analyse de traitement de l'eau de mer, on a fait une étude approfondie pour savoir la composition chimique de notre eau aux différents points de son trajet (PEM, REM, et atelier refroidissement), aussi il faut comparer ces analyses avec une eau de mer provient d'une autre région pour savoir si on a une contamination par les rejets des effluents au niveau de Jorf Lasfar.

Le traitement de l'eau de mer va être assuré par une étude de traitement par différents coagulants suivi d'une filtration sur sable et charbon actif, et enfin une analyse de contrôle de la chloration.

Les coagulants utilisés :

- La chaux  $\text{Ca(OH)}_2$ .
- Le sulfate d'aluminium (sulfate d'alumine)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ .
- Le sulfate de fer (sulfate ferreux)  $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ .
- Le sulfate de cuivre  $\text{Cu SO}_4, 5 \text{H}_2\text{O}$ .

Les analyses des différents échantillons de l'eau de mer montre les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire l'absence de toute contamination par les rejets des effluent et des eaux de lavage au niveau de la région de Jorf Lasfar.

Les résultats des analyses de la coagulation et de la chloration favorisent l'obtention d'une bonne qualité de l'eau de mer.





## **Bibliographie :**

### **A :**

- Aquaprox (société): le problème du fouling dans les circuits, 2013.

### **C :**

- Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et des gaz naturel : Circuits eau de mer traitements et matériaux, édition technip paris, 1993.
- Chambre Syndicale Nationale de l'Eau de Javel (CSNEJ) : Généralité sur les eaux de javel, 2010.

### **L :**

- LHASSANI Abdelhadi : Faculté des Sciences et Techniques Fès Laboratoire de Chimie Appliquée (LCA): de traitement des eaux.

### **R :**

- raymond desjardins : Traitement des eaux, 2<sup>ème</sup> édition revue et enrichie, 2007.

### **Y :**

- Younes FARID, Samira ETAHIRI et Omar ASSOBBHEI : Laboratoire de Biotechnologies Marine et de l'Environnement, Université Chouaib Doukkali-Faculté des Sciences BP : Activité antimicrobienne des algues marines de la lagune d'Oualidia (Maroc) : Criblage et optimisation de la période de la récolte, 2009.

-URL 1: [http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/chenu/conchilia\\_tafeln\\_1/high/IMG\\_6638.html](http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/chenu/conchilia_tafeln_1/high/IMG_6638.html)

-URL 2: [http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/chenu/conchilia\\_tafeln\\_1/high/IMG\\_6639.html](http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/chenu/conchilia_tafeln_1/high/IMG_6639.html)

-URL 3: <http://www.bajocien14.com/article-serpula-socialis-114847241.html>

-URL 4: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Serpula\\_vermicularis](http://fr.wikipedia.org/wiki/Serpula_vermicularis)

-URL 5: [http://mglebrusc.free.fr/textes/la%20mer/Faune/chthamalus\\_stellatus.html](http://mglebrusc.free.fr/textes/la%20mer/Faune/chthamalus_stellatus.html)

-URL 6: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Moule\\_\(mollusque\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Moule_(mollusque))

-URL 7: [http://www.mareyeurs.org/site\\_GBPH/eau\\_de\\_mer\\_propre.html](http://www.mareyeurs.org/site_GBPH/eau_de_mer_propre.html)

-URL 8: [http://www.champignons-passion.be/tech\\_38.htm](http://www.champignons-passion.be/tech_38.htm)

-URL 9: <http://traitementdeseaux.fr/techniques-traitement/coagulation/>

-URL 10: <http://technique.eau.free.fr/index.php?coagulationfloculation=coagulationfloculation>

-URL 11: <http://mars.reefkeepers.net/Articles/EauDeMer.html>

-URL 12: <http://www.laboratoiredelamer.com/fr/seawater.asp>

-URL 13: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Algue\\_verte](http://fr.wikipedia.org/wiki/Algue_verte)

-URL 14: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Algues\\_rouges](http://fr.wikipedia.org/wiki/Algues_rouges)

-URL 15: [http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m\\_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1.html](http://www.memoireonline.com/02/09/1994/m_traitement-des-eaux-quot-traitement-de-de-leau-de-source-bousfer-ORAN1.html)