

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE LICENCE EN SCIENCES ET TECHNIQUES

« Eau et Environnement »

Intitulé :

**Etude hydraulique et optimisation du nombre de pompes
en service dans la station de Reprise d'Eau de Mer
(REM3) au sein du complexe Maroc Phosphore Jorf
Lasfar**



**Réalisé par :
Elhalim Mouhssin**

Encadré par :

- ❖ Mr. Abdeljalil Haimoud : Chef du service Génie Civil du complexe Maroc Phosphore - Jorf Lasfar
- ❖ Mr. Idrissi Youssef : Bureau d'études du complexe Maroc Phosphore - Jorf Lasfar
- ❖ Pr. Ahmid Hafid : Faculté des Sciences et Techniques – Marrakech

Soutenu : Le 24/06/2013

Devant le Jury :

- ❖ Mme. Khadija Elhariri : Faculté des Sciences et Techniques – Marrakech
- ❖ Pr. Ahmid Hafid : Faculté des Sciences et Techniques – Marrakech

2012-2013

Remerciements :

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

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

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

Je remercie tous ceux qui ont veillé à ce que ce travail soit ce qu'il est, leurs conseils, instructions, suggestions ou contributions. Et particulièrement Mr. Ahmed Jacobs, Mr. Mohamed et Mr. Abderrahim.

J'adresse ma profonde gratitude à mon encadrant interne Mr. Ahmad Hafid, à tous les membres du jury, à La FSTG pour le savoir qu'elle nous a offerte et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Historique du groupe OCP

Tableau 2 : Consommation actuel de l'eau en (Mm^3) du groupe OCP

Tableau 3 : Usage de l'eau dans les opérations du groupe OCP

Tableau 4 : Besoin Futures en eau dans les différents sites d'OCP

Tableau 5 : Consommation de l'eau de mer par les différentes usines du complexe Maroc Phosphore Jorf Lasfar

Tableau 6 : Equipements de la station de pompage de l'eau de mer

Tableau 7 : Dimensionnement des éléments de la station de reprise de l'eau de mer

Tableau 8 : Consommation moyenne de l'eau de mer des ateliers de PMP en pleine cadence.

Tableau 9 : Consommation moyenne de l'eau de mer des ateliers de BMP en pleine cadence.

Tableau 10 : Consommation de l'eau de mer de 10 jours des ateliers de PMP en pleine cadence.

Tableau 11 : Consommation de l'eau de mer de 10 jours des ateliers de BMP en pleine cadence.

Liste de figures

Figure 1 : Carte des principaux sites d'implantation d'OCP au Maroc

Figure 2 : Exportations de l'OCP

Figure 3 : Répartition du chiffre d'affaire de l'OCP

Figure 4 : Répartition de la production totale marchante

Figure 5 : Organigramme du groupe OCP

Figure 6 : Evolution de la production marchante de phosphate brut en millions de tonnes

Figure 7 : Evolution de la production consolidée en millions de tonnes

Figure 8 : Position géographique du pôle Maroc Phosphore Jorf Lasfar

Figure 9 : Schéma bloc de l'atelier des utilités

Figure 10 : Evolution des besoins en eau du groupe OCP

Figure 11 : Schéma de principe de dessalement de l'eau de mer

Figure 12 : Bassin de tranquillisation, Station principale de pompage, Déversoir vers les stations de reprise

Figure 13 : Plan général de P.E.M et R.E.M

Figure 14 : Schéma illustratif de la station de reprise R.E.M.3

Figure 15 : Schéma approximatif du plan réel du trajet de REM3 vers PMP et BMP

Figure 16 : Schéma du trajet de REM3 vers PMP et BMP

Figure 17 : Principe de l'économie d'énergie grâce au contrôle de la vitesse par les variateurs de vitesse

Figure 18 : Illustration de la différence de consommation électrique entre l'utilisation de vannes ou clapets de réglage et une régulation de la vitesse du moteur des pompes

Nomenclature et liste d'abréviation

SYMBOLE	DESIGNATION
BMP	Brésil Maroc Phosphore
CAP	Concentration d'Acide Phosphorique
P.E.M	Pompage d'Eau de Mer
PMP	Pakistan Maroc Phosphore
R.E.M	Reprise Eau de Mer
Q_v	Débit volumique (m ³ /s)
P	Pression (Pa)
ΔP	Pertes de charges en Pa
V	Vitesse du fluide (m/s)
D_{BE}	Diamètre de la conduite BE (m)
λ	Coefficient de perte de charges (Sans unite)
ε	Rugosité de la conduite (Cm)
LBE	Longueur de la conduite BE (m)
μ	Viscosité dynamique
NSPH	chute nette positive à l'inspiration (net positive suction head)
ρ	Masse volumique
Re	Nombre de Reynolds (sans unite)

Sommaire

Introduction générale	5
Chapitre I: Présentation de l'organisme d'accueil	6
I. Le groupe Office Chérifien des Phosphates:.....	7
I-1 Introduction	7
I-2 Historique:	9
I-3 Le groupe OCP en chiffres : (figures. 2, 3 et 4) :	10
I-4 Missions du groupe OCP :	11
I-5 Rôle socio-économique du groupe:.....	12
I-6 La dynamique de partenariat :	13
I-7 L'organisation au sein du groupe :.....	14
I-8 Evolution de la production du groupe OCP (du 2007 à 2010) :	16
II- Présentation du Complexe Maroc phosphore Jorf Lasfar :	16
II-1 Position géographique:.....	16
II-2 Les zones Principales du Complexe :	17
II-3 Ateliers Maroc Phosphore:	18
Chapitre II: les besoins en eau et la stratégie adoptée par le groupe OCP pour préserver cette source vitale	25
I. Introduction :	26
II. Perspective sur la croissance OCP et implication sur les besoins en eau :	27
II-1 Situation actuelle et ressource en eau du groupe OCP :	27
II-2 Utilisation de l'eau dans les opérations de l'OCP :	28
II-3 Besoins futures en eau du groupe OCP :	28
II-4 Investissement important du groupe OCP pour répondre à ses besoins en eau dans le complexe Maroc Phosphore Jorf Lasfar :	29
II-5 Politique d'utilisation de l'eau de Mer :	30
Chapitre III: Réseau eau de mer.....	33
I. Circuit eau de mer	34
I-1 Introduction	34
I-2 Description du circuit eau de mer.....	35
II. Station de Pompage d'Eau de Mer (P.E.M).....	37

II-1 Equipements de P.E.M:.....	37
II-2 Canaux	38
III. Stations de Reprise d'Eau de Mer (R.E.M).....	38
III.1 Station de reprise vers l'usine REM1 :	38
III.2 Station de reprise vers IMACID (REM 2) :	38
III.3 Station de reprise vers PMP et BMP (REM3) :	39
III.4 Station de reprise d'eau de mer vers EMAPHOS :	39
III.5 Station de reprise d'eau de mer vers la nouvelle CAP :	39
IV. Plan générale de P.E.M et R.E.M :	39
Chapitre IV: Etude hydraulique et optimisation du nombre de pompes qu'il faut mettre dans le service REM3.....	41
I. Présentation de l'installation de REM3 :	42
I-1 Description de la station REM3:	42
I-2 les clients de la station REM3 :	45
II. Etude hydraulique du nombre de pompes en service dans la station REM3 :	46
II-1 L'objectif de l'étude:	46
II-2 Traitement de sujet	46
II-2.1 Situation problème.....	49
II-2.2 Solutions proposées.....	56
Références bibliographique	60
Annexe	61

Introduction générale

Mon stage de fin d'études au sein de l'Office Chérifien des Phosphates à Jorf Lasfar Eljadida m'a permis de fréquenter de près le domaine professionnel et de mettre en pratique les notions et les connaissances que j'ai acquises durant ma période d'études à la faculté des Sciences et Techniques de Marrakech.

Le complexe industriel Jorf Lasfar est subdivisé en plusieurs directions : EMAPHOS, IMACID, PMP, BMP et Maroc Phosphore III-IV. Ces usines fabriquent l'acide phosphorique avec une concentration de 29% et 54 % et les engrais. Ce procédé a besoin d'une très grande quantité d'eau de mer provenant de la station de pompage vers les stations de reprise d'eau de mer (REM) pour enfin la distribuer à ses consommateurs.

La station de Reprise d'Eau de Mer REM3 où j'effectue mon stage, est l'une de ces stations qui refoulent de l'eau par des pompes dans un cheminé pour enfin la transférer par gravité à des conduites vers ses consommateurs BMP et PMP.

Mon rapport de stage comporte quatre chapitres. Le 1^{er} concerne la présentation de l'établissement d'accueil, le 2^{ème} traite les besoins en eau et la stratégie adoptée par le groupe OCP pour préserver cette source vitale, le 3^{ème} décrit le réseau eau de mer et ses différentes composantes et le 4^{ème} est réservé au thème de mon stage qui consiste à faire une étude hydraulique pour optimiser le nombre de pompes en service de la station de Reprise d'Eau de Mer (R.E.M3).

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil.

Résumé : Ce chapitre évoque une description du Groupe OCP, puis une présentation générale au Pôle chimie Jorf Lasfar où j'ai effectué mon stage (PFE).

I. Le groupe Office Chérifien des Phosphates :

I-1 Introduction

Vers l'année 1917, la présence des phosphates « la première richesse minière nationale » a été confirmée dans la région d'Oued-Zem zone de Khouribga.

Le dahir du 27/01/1920 réserve à l'état marocain le droit exclusif de la recherche de l'exploitation de phosphate dans l'ensemble des territoires.

Le Dahir 07/08/1920 porte sur la création de l'OCP, établissement public qui doit fonctionner dans les mêmes conditions qu'une entreprise privée à caractère industriel et commercial et par conséquent aux mêmes obligations telles aux impôts, droits et douanes.



Ce statut avantage par rapport aux autres établissements publics devra permettre à l'office d'agir de la même dynamique et de la même souplesse que des entreprises privées.

Le groupe **OCP** offre une large sélection de roche de phosphates de différentes qualités, destinée à divers usages. **OCP** est le premier exportateur de roche de phosphates et acide phosphorique dans le monde, et un des principaux exportateurs d'engrais phosphatés, avec un portefeuille composé de 130 clients et une présence sur les cinq continents.

En tant que première entreprise du Maroc avec un chiffre d'affaires de 43,513 milliards MAD, le groupe **OCP** est l'un des moteurs clé de l'économie du pays. Les phosphates et ses dérivés représentent en 2010, en valeur, approximativement 3,5% du PIB. La valeur des exportations d'OCP sont de près de 35,63 milliards MAD en 2010 soit 24% du total des exportations nationales. Ainsi que l'**OCP** emploie directement près de 20000 salariés.

Le groupe **OCP** a développé des relations durables avec plusieurs de ses clients qui vont au-delà de stricts arrangements commerciaux. Le groupe a, au fil des ans, mis en place plusieurs joint-ventures de transformation avec des usines au Maroc et à l'étranger avec des partenaires de premier plan venant du Brésil, de Belgique, d'Allemagne, d'Inde et du Pakistan.

OCP prévoit d'augmenter sa capacité de production de 30 à 50 millions de tonnes, ainsi que d'augmenter sa production d'engrais en aval à travers des partenariats stratégiques, spécialement à Jorf Phosphate Hub (JPH) où des infrastructures sont en train d'être développées pour accueillir 10 unités supplémentaires. Cette plateforme Plug and Play offrira des infrastructures communes à bas coût, et sera connectée par un slurry pipeline au plus grand gisement de phosphates au monde situé à Khouribga, ce qui assurera un approvisionnement sécurisé.

Présent dans cinq zones géographiques du pays (3 sites d'exploitation minières : Khouribga /Yousseoufia, Boucraâ/Laayoun et deux sites de transformation chimique : Safi et Jorf Lasfar), **OCP** constitue un vecteur de développement régional et national important (**Figure1**).

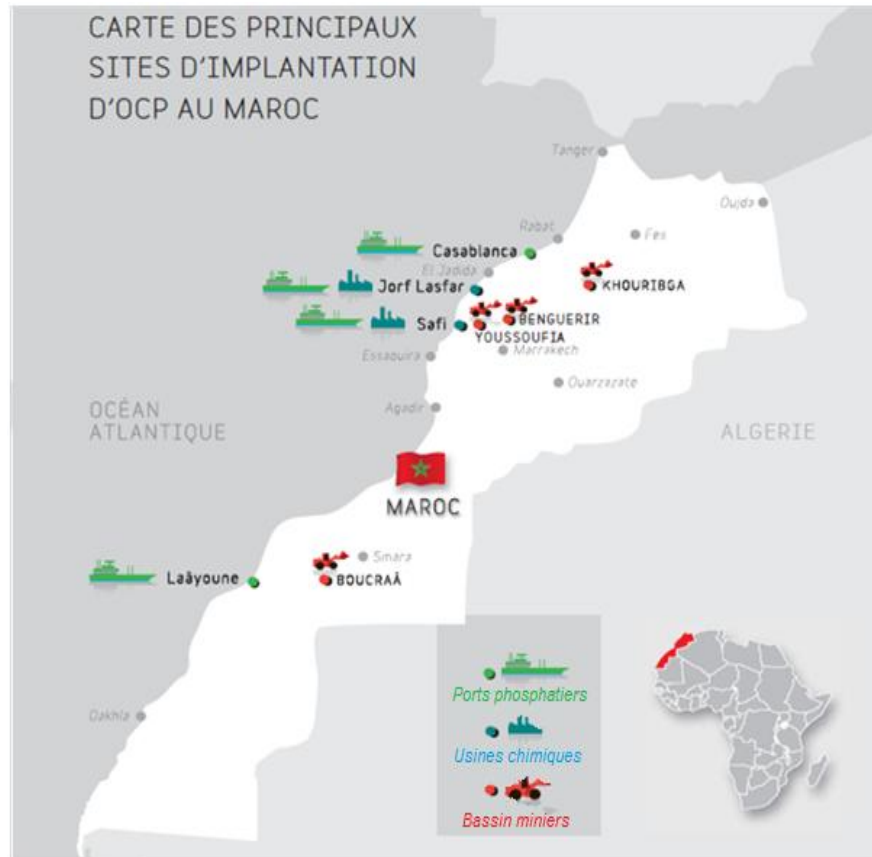


Figure 1 : Carte des principaux sites d'implantation d'OCP au Maroc.

I-2 Historique :

Plus de 90 années sont écoulées depuis la création de l'OCP, années jalonnées par des réalisations et des développements :

Tableau 1 : Historique du groupe OCP

Année	Evénement
7 Août 1920	Création de l'office chérifien de phosphate
1921	Début d'exploitation dans la région d'OUED ZEM.
23 juillet 1921	Première exportation de phosphate
1930	Ouverture d'un nouveau centre de production de phosphate : Yousseoufia
1950-1952	Mise en œuvre de la méthode d'extraction en découverte à Khouribga.
1958	Création d'un centre de formation professionnelle à Khouribga, en renforçant des efforts menés, depuis des décennies sur ce plan ; puis, création par la suite d'autre unités de formation : école de maîtrise de Boujniba
1960-1965	Développement de la mécanisation du souterrain à Yousseoufia. Démarrage de Maroc chimie à Safi.
1970-1975	Création du groupe OCP, structure organisationnelle Intégrant l'OCP et ces entreprises filiales
1980	Partenariat industriel en Belgique
1986	Démarrage du site de Jorf Lasfar avec Maroc phosphore III –IV.
1990	Exploration des nouveaux projets de partenariat industriels et de renforcement de capacités.
2000	Démarrage unité de flottation de phosphate à khouribga.
2002	Prise de participation dans la société indienne PPL en joint-venture avec le Groupe Birla.
2003	L'OCP est devenu le seul actionnaire de Phousboucraâ
2004	Création de la Société "Pakistan Maroc Phosphore" S.A en Joint-venture entre l'OCP et Fauji Fertilizer Bin Qasim Limited (Pakistan).

2008	Transformation du groupe OCP en SA (société anonyme).
le 18 mars 2009	Démarrage de l'exploitation de Bunge Maroc Phosphore (BMP)
juin 2010	Mise en service de la laverie de merah lahrach au niveau de la commune M'fassis.
Décembre 2010	Lancement du projet slurry pipeline reliant khouribga à Jorf Lasfar s'étendra sur une longueur totale de 235 Km et transportera 38 Mt/an.
2012	Ouverture de la mine d'Al-hallassa l'une des trois nouvelles mines sur le site de khouribga s'étalant sur une surface de 1976 hectares d'une capacité de production 6,7 Mt/an

I-3 Le groupe OCP en chiffres : (figures. 2, 3 et 4) :

- ❖ Part du marché à l'export : 29%
- ❖ Phosphate sous tous forme : 35,6%
- ❖ Phosphate brute : 51,3%
- ❖ Acide phosphorique : 14,3%

Les
exportations
de l'OCP

❖ Répartition par activité :

- ✓ Mines : 24,9%
- ✓ Chimie : 74,9%
- ✓ Autres : 0,2%

❖ Répartition par marché :

- ✓ Export : 90,4%
- ✓ Local : 9,6%

❖ Résultat d'exploitation : 14,420
Milliards MAD

❖ Résultat net : 8,890 milliards

La
répartition
de chiffre
d'affaire de
l'OCP

❖ Répartition par site :

- ✓ Gantour : 7,1 %
- ✓ Khouribga : 16,9%
- ✓ Bhoucraà : 2,6%

❖ Production d'acide phosphorique :
3,997 millions tonnes P2O5.

❖ Production d'engrais solides :
3,713 millions de tonnes P5O5.

La
répartition
de la
production
totale
marchande

I-4 Missions du groupe OCP :

OCP maîtrise toute la chaîne de création de valeur de l'industrie phosphatée : extraction et traitement du minerai, transformation de cette matière première en un produit liquide intermédiaire, l'acide phosphorique, et fabrication des produits finis par concentration et granulation de cet acide ou par purification : engrais, acide phosphorique purifié.

- Le phosphate brut. Le phosphate brut est exploité pour son contenu en phosphore. La teneur du phosphate en phosphore, mesurée en pourcentage de P_2O_5 (pentaoxyde de phosphore), détermine sa qualité. Elle varie de 5 % à 45 %. A moins de 30 %, le plus gros de la production, le minerai subit un premier traitement sous forme de lavage, séchage ou enrichissement à sec.
- L'acide phosphorique. Il est obtenu par réaction de l'acide sulfurique avec le calcium de phosphate. La teneur moyenne du produit intermédiaire ainsi obtenu après concentration est de 52 % de P_2O_5 . L'acide phosphorique purifié est destiné à des applications alimentaires et industrielles.
- Les engrais. OCP produit quatre types d'engrais à partir de l'acide phosphorique : le DAP (qui est l'engrais le plus courant), le TSP (engrais exclusivement phosphaté), le MAP (engrais binaire à deux éléments fertilisants : phosphore et azote) et le NPK (engrais ternaire à base d'azote, de phosphore et de potassium).

Pour ce faire, l'OCP s'est doté de :

- 2 centres de transformation chimique Safi et Jorf Lasfar.
- 4 ports d'embarquement Casablanca, Safi, Jorf Lasfar et Laayoune.

Les principales activités de l'OCP sont :

La prospection :

Elle consiste à faire le forage pour délimiter le gisement, s'informer sur l'épaisseur des couches et leur teneur.

La production :

✓ **L'extraction :**

Elle s'effectue de deux manières qui dépendent du site, puisque le phosphate se présente sous forme de couches quasi-horizontales séparés par des intercalaires stériles) soit par voie souterraine.

✓ Le Traitement :

Le phosphate extrait subit un enrichissement de façon à éliminer la gangue et réduire la teneur de certaines impuretés.

✚ La valorisation :

Suivant l'évolution du continu du marché mondial des phosphates de la matière brut vers l'acide phosphorique et les engrais, le groupe OCP a Concentré ses efforts sur la transformation sur place des phosphates en produit semi-fini (acide phosphorique) ou fini (les engrais).

✚ La commercialisation :

Le phosphate est vendu selon la demande des clients aux cinq continents de la planète soit brut soit après traitement, les exportations représentent 15 à 30% du commerce international du phosphate et de ses dérivés.

I-5 Rôle socio-économique du groupe :

Le groupe OCP joue un rôle primordial sur le plan économique et social par source des revenus qu'il présente et par le nombre d'agents qu'il emploie. Il faut marquer que le groupe OCP et ses filiales bénéficient de quatre principaux privilèges qui sont comme suit :

- * Phosphate brut : 38% (1^{er} exportateur mondial).
- * Acide Phosphorique : 43% (1^{er} exportateur mondial).
- * Engrais solides : 12% (3^e exportateur mondial).
- * Phosphates sous toutes ses formes : 27% (1^{er} exportateur mondial).
- * Part du Groupe OCP dans les exportations marocaines : 18 à 20% (en valeur).
- * Part du Groupe OCP dans le PIB (produit intérieur brut) national : 2 à 3%.
- * 19.903 collaborateurs dont 810 ingénieurs et équivalents.
- * Chiffre d'affaires à l'export : 1,3 milliard de dollars

Le Groupe OCP vit au rythme de sa nouvelle organisation dont l'objectif est de mobiliser, responsabiliser et capitaliser plus fortement sur les ressources de l'entreprise pour lui assurer un développement rentable et durable.

Cette réorganisation s'est traduite, sur le terrain, par la mise en place, entre autres, d'une logique de gestion en « Business Unit » à travers l'instauration de trois Pôles d'activités, dont le Pôle Chimie, en plus des autres Directions. Le Pôle Chimie regroupe désormais les plates-formes de Safi (Maroc Phosphore Safi) et de Jorf Lasfar (Maroc Phosphore Jorf, IMACID et EMAPHOS).

I-6 La dynamique de partenariat :

Dans le cadre de sa stratégie de développement à l'international, le groupe OCP a noué des partenariats durables avec ses clients, cette coopération touche aussi bien les accords de livraison à moyen et long terme que la construction des unités de production. Dans cette optique, des unités basées au Maroc et à l'étranger sont en exploitation en joint-venture avec des partenaires. D'autre axe de collaboration sont actuellement à l'étude ou en cour de réalisation, notamment avec l'Iran, le Pakistan et le Brésil.

✓ PRAYON (50% OCP, 50%SRWI-BELGIQUE) :

La société PRAYON qui dispose de 2 sites de production en Belgique (ENGIS ET PUURS). Les activités de PRAYON couvrent notamment la fabrication et la vente d'engrais, d'acide phosphorique et autres produits chimiques, de pigment minéraux, ainsi que la mise au point et la vente des produits techniques (acide phosphorique, fluor, uranium, ...).

✓ EMAPHOS (EURO-MAROC PHOSPHORE : 1/3 OCP, 1/3 PRAYON, 1/3 CFB) :

Ce projet a été mené en collaboration avec des partenaires belges (PRAYON) et allemands (CHEMISCHE FABRIK BUDENHEIM). Il a débouché sur la mise en service, en 1998 à JORF LASFAR, d'un complexe moderne capable de produire 120.000 tonnes P₂O₅ d'acide phosphorique purifié par an, cet acide à haute valeur ajoutée est utilisé tel quel ou via des sels dérivés dans l'industrie alimentaire : limonades, levures, fromages, conservation des viandes et poissons traitement de l'eau potable... Il est également utilisé dans d'autres industries : détergents, alimentation animal, engrais traitement des métaux, textiles, ciments...

✓ IMACID (1/3 OCP, 1/3 CHAMBAL FERTILISER-INDE, 1/3 TATA CHEMICALS LTD-INDE) :

Pour diversifier ses alliances stratégiques et sécuriser une partie de ses exportations, le Groupe OCP s'est rapproché de la société indienne CHAMBAL appartenant au groupe privé

BIRLA. En 1999, ce partenariat a permis le démarrage, au sein du complexe industriel de JORF LASFAR, D'IMACID, une usine d'acide phosphorique dont la capacité de production annuelle a été portée à 370.000 tonnes P₂O₅. Un tel volume nécessite 1,2 million de tonnes de phosphate de Khouribga et 330.000 tonnes de soufre. En Mars 2005, un troisième actionnaire fut introduit dans le capital D'IMACID, TATA CHEMICALS LTD, filiale du Groupe Indien Tata. La totalité de la production D'IMACID en acide phosphorique est dédiée à ces deux actionnaires indiens.

✓ **ZUARI MAROC PHOSPHATE (50% OCP, 50% CHAMBAL FERTILISER-INDE) :**

Fruit d'un partenariat entre le Groupe OCP et CHAMBAL FERTILISER LTD (GROUPE INDIEN BIRLA), cette société d'investissement détient 74% du capital social de la société PARADEEP P L'unité est spécialisée dans la fabrication d'engrais phosphates avec une capacité de 1 million de tonnes par an.

✓ **Pakistan Maroc Phosphore S.A. (50% OCP ,25% FFBL, 12,5% FAUJI FOUNDATION, 12,5% FFCL) :**

- ✓ Capital social : 800 millions de dirhams Démarrage prévu fin 2006
- ✓ Capacité de production : 375.000 tonnes d'acide phosphorique
- ✓ Localisation géographique : JORF LASFAR (Maroc). Ingénierie des systèmes automatisés et contrôle qualité.

I-7 L'organisation au sein du groupe :

C'est une organisation fondée sur une structure concentrée sur ses métiers de base qui lui permet de s'acquitter de sa mission.

Les activités du groupe sont structurées au sein de trois pôles d'activité : mines, chimie, finance et support logistique, à côté d'autres directions (SDG, DC, DRH, DRI, DSD...), la CIR, les entités Filiales et l'institut OCP.

Un comité exécutif et des comités articulés s'inscrivent dans une démarche de travail collégial qui présente une assistance au Directeur Général et favorisent le transfert d'information et le développement de synergie entre les différentes entités.

- ✓ Le pôle mine : englobe la direction des exploitations minières de Khouribga (PMK), la direction des exploitations minières des Gantour (PMG) et la direction de Phosboucraâ (PMB).
- ✓ Le pôle de chimie : englobe les directions Maroc Phosphore Safi (PCS) ; Maroc Phosphore Jorf-lasfar (PCJ) ; la société Imacid (PCI) et la société Emaphos (PCE).
- ✓ Le pôle finance et support logistique : englobe la direction des systèmes d'informations (PFI) ; la Direction Financière (PFF), la Direction des Approvisionnements et des Marchés (PFM) et la Direction Partenariats Internationaux (PF/P).

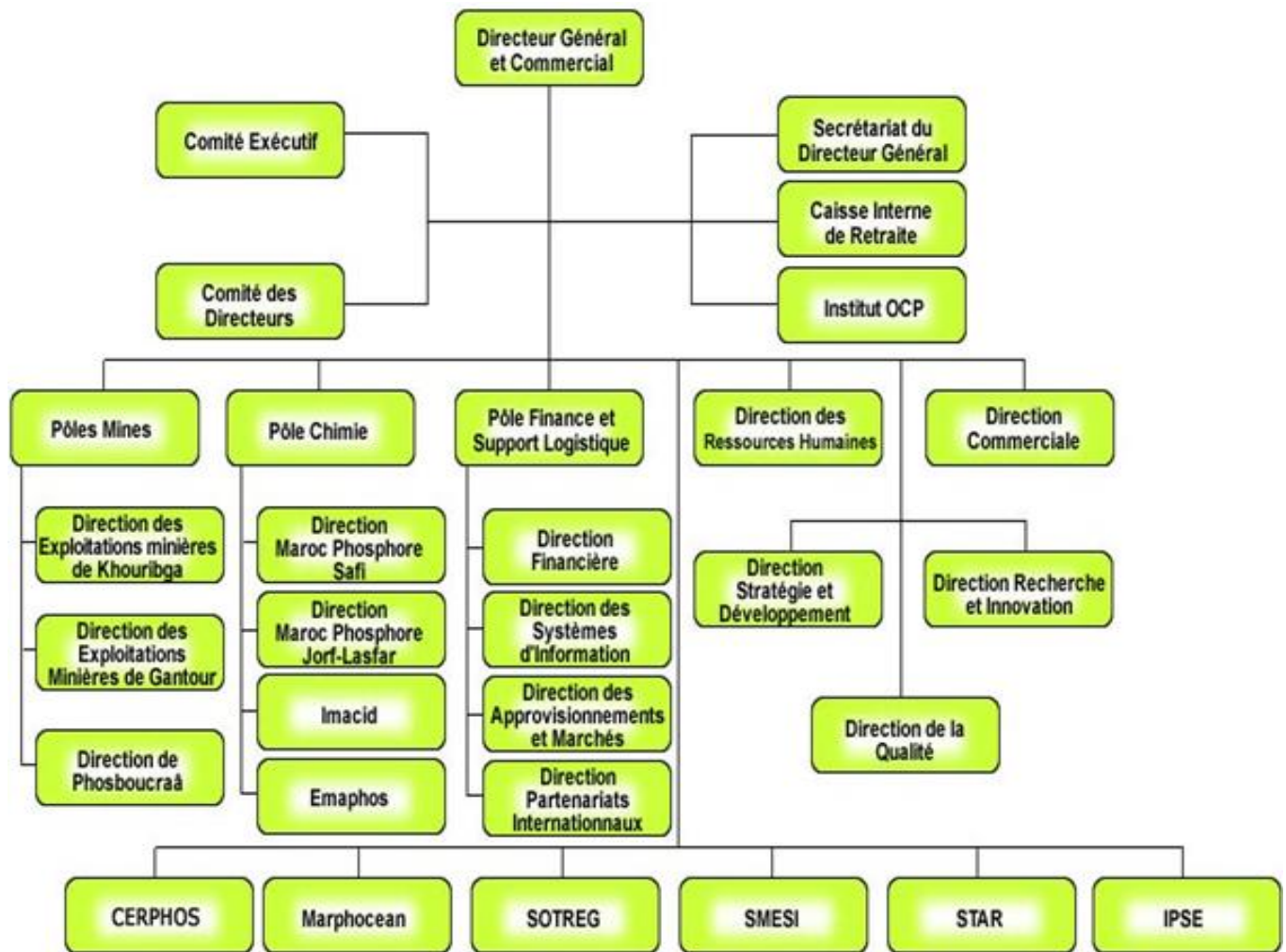


Figure 5 : Organigramme du groupe OCP

I-8 Evolution de la production du groupe OCP (du 2007 à 2010) :

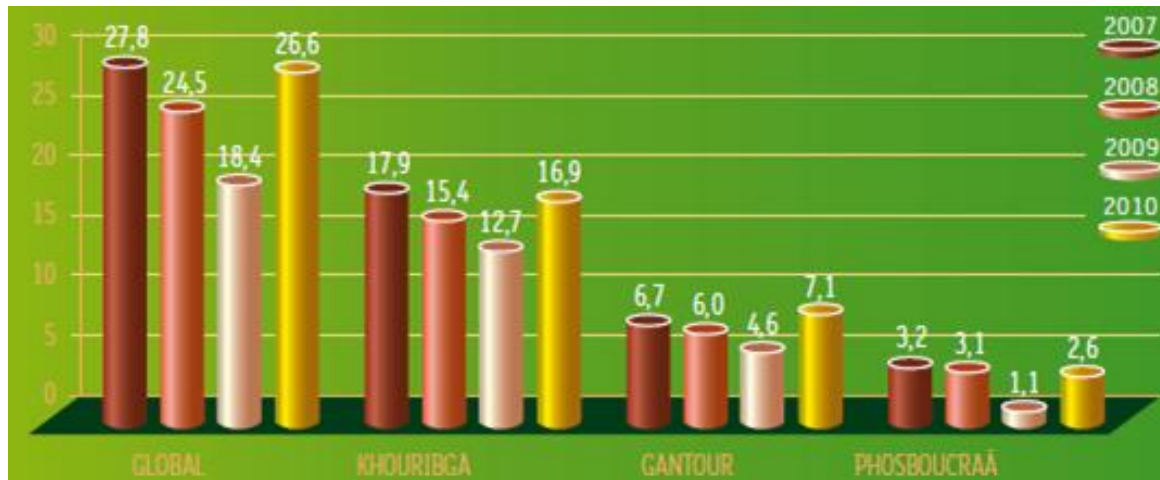


Figure 6 : Évolution de la production marchande de phosphate brut en millions de tonnes.

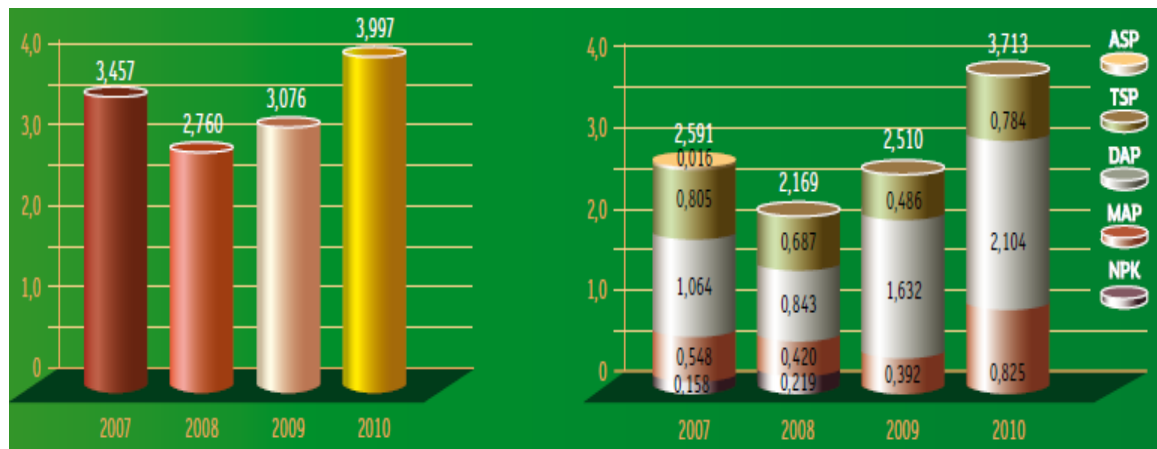


Figure 7 : Évolution de la production consolidée en millions de tonnes.

II- Présentation du Complexe Maroc phosphate Jorf Lasfar :

II-1 Position géographique :

Situé sur le littoral atlantique, à 20 km au sud-ouest d'El Jadida, le complexe industriel de JORF LASFA s'étend sur 1700 hectares. Cette nouvelle unité a permis au Groupe OCP de doubler sa capacité de valorisation des phosphates. Le site a été choisi pour ses multiples avantages : proximité des zones minières, existence d'un port profond, disponibilité de grandes réserves d'eau et présence des terrains pour les extensions futures.



Office chérifien des phosphates
Pôle chimie
Jorf Lasfar MP3 & 4

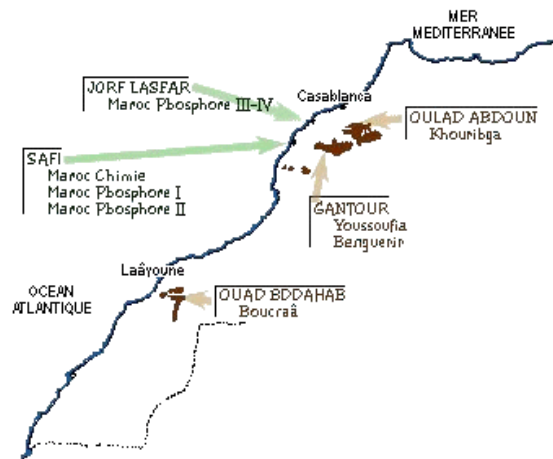


Figure 8 : position géographique du pôle Maroc phosphate Jorf Lasfar.

II-2 Les zones Principales du Complexe :

A- Le port :



Le port est la fenêtre du pôle au monde, il utilise la plupart des quais de ses opération, l'office importe le soufre et l'ammoniac, et il exporte le phosphate, l'acide phosphorique concentré et purifié, et l'engrais de différentes qualités. Aussi, le port contient un hangar de stockage de soufre solide, deux bacs pour stockage d'ammoniac, une station de pompage d'eau de mer, et une station de fusion et de filtration de soufre on le transformant en soufre liquide.

B- Les unités de stockage :

- Hangar pour le stockage des produits solides : phosphate, soufre et engrais.
- Bacs pour le stockage des produits liquides : soufre liquide, ammoniac et acide Phosphorique.

C- L'usine:

Rassemble plusieurs ateliers de production, à savoir :

- ✓ Atelier sulfurique.
- ✓ Atelier phosphorique.
- ✓ Atelier engrais.
- ✓ Atelier des utilités.



II-3 Ateliers Maroc Phosphore :

Les ateliers de MAROC PHOSPHORE Jorf Lasfar sont :

- ✓ **L'atelier sulfurique** : Il est constitué de six unités de production d'acide sulfurique monohydrate de capacité 2650 tonnes par jour chacune.
- ✓ **L'atelier phosphorique** : permet de produire 5 400 tonnes de P_2O_5 par jour d'acide 54%.
Il est constitué de:
 - 8 unités de broyage de phosphate.
 - 8 unités de production d'acide phosphorique.
 - 20 échelons de concentration.
- ✓ **L'atelier engrais** : Il comporte quatre unités de production de DAP dont deux peuvent produire du TSP, MAP et NPK, et de capacité de 1400 tonnes par jour chacune.
- ✓ **L'atelier des utilités** : Cet atelier rassemble tous les produits intermédiaires nécessaires à la production à l'exception de l'acide sulfurique. Il contient :
 - 1 centrale thermoélectrique avec 3 groupes turboalternateurs de 37MW chacun.
 - 1 réservoir d'eau douce et une station de traitement de 2000 m³/h.
 - 1 station de reprise d'eau de mer de 60000 m³/h.
 - 1 station de compression d'air.

II-3-1 Description générale des utilités :

La centrale thermoélectrique est conçue pour assurer les fonctions suivantes :

- ✓ La production et la distribution de l'énergie électrique.
- ✓ La production et la gestion de la vapeur.
- ✓ La réfrigération des auxiliaires du complexe.
- ✓ La production et la distribution de l'eau alimentaire et condensats.

L'installation de la station de Traitement des Eaux Douces (TED) a pour rôle le traitement, le stockage et la distribution des différentes qualités des eaux aux consommateurs (eau filtré, eau désilicée et eau potable).

La station de pompage et reprise d'eau de mer est destinée à alimenter le complexe en eau de mer traitée et filtrée.

La figure ci-dessous (**Fig. 9**) représente un schéma bloc de l'atelier des utilités.

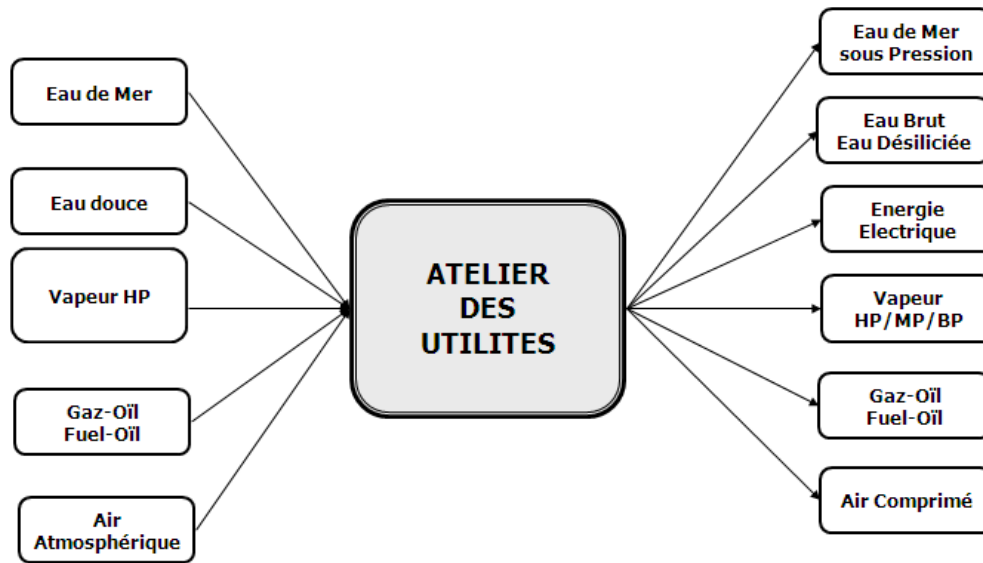


Figure 9 : Schéma bloc de l'atelier des utilités

Chapitre II : les besoins en eau et la stratégie adoptée par le groupe OCP pour préserver cette source vitale

***Résumé :** Ce chapitre contient une étude statistique sur les besoins en eau du groupe, ainsi que la stratégie qu'il adopte pour préserver ses ressources en eau.*

I. Introduction :

Le Groupe OCP a entrepris un vaste programme de développement de ses capacités minières et industrielles qui vont porter à terme cette capacité de 23 à 50 Millions de tonnes de phosphate par an.

L'effort d'accroissement de la capacité de production s'accompagne naturellement par l'augmentation des besoins en eau qui vont passer de 66 Millions de m³/an actuellement à plus de 158 Millions à terme.

Cette demande en eau est prise en compte de manière responsable dans la stratégie de développement du Groupe OCP. Pour la sauvegarde des ressources souterraines stratégiques, la croissance de l'industrie du phosphate se fera à prélèvement constant en eaux douces, en menant les actions suivantes :

- La réallocation géographique de prélèvements vers l'amont du bassin Oum Rabii.
- Le dessalement de l'eau de mer et le traitement des eaux usées pour combler le nouveau besoin

La politique de dessalement est ancienne à l'OCP. Dès le début des années 70, le besoin en eau des installations de Laâyoune a été satisfait par le procédé de distillation pour dessaler l'eau de mer. A partir de 2005, c'est le procédé membranaire (osmose inverse) qui a été mis en place car moins énergivore. La station produit actuellement près de 1,5 million de m³ par an.

De nouveaux projets de dessalement sont prévus pour produire annuellement 100 millions de m³ d'eau de mer dessalée.

- Un projet de dessalement à Jorf Lasfar qui va produire dans la première phase 45 million de m³/an et à terme 75 Mm³/an
- Un projet à Safi qui va produire 25 Mm³/an,

Le choix de ces deux sites pour le dessalement d'eau de mer est dicté par :

- La proximité des usines de l'océan,

- La disponibilité des infrastructures,
- La mise à profit de l'énergie bon marché produite par ses installations chimiques.

Cette stratégie renforce l'engagement du Groupe en faveur du programme national de protection des eaux des nappes phréatiques et des barrages. Ainsi, sera libéré à terme :

- 25 Mm³/an, en provenance du barrage Daurat, consommés par la plate-forme de Jorf Lasfar.
- 22 Mm³/an, en provenance de la retenue de Safi, consommée par la plate-forme de Safi
- 10 Mm³ de la nappe de Fquih Bensaleh.
- 9 Mm³ de la nappe de la Bahira.

II. Perspective sur la croissance OCP et implication sur les besoins en eau :

L'accès à l'eau est une question vitale pour la réalisation de la stratégie industrielle du groupe OCP :

L'effort d'accroissement de la capacité de production s'accompagne naturellement par l'augmentation des besoins en eau qui vont passer de 66 Millions de m³/an actuellement à plus de 158 Millions à terme.

II-1 Situation actuelle et ressource en eau du groupe OCP :

Tableau 2 : consommation actuel en(Mm³) du groupe OCP

	<i>Consommation actuel en (Mm³)</i>	<i>Ressources</i>
Khouribga	10	Bassin Lfqih Ben Saleh
Jorf Lasfar	25	Oum rabii (Barrage Daourat)
Gantour	9	Eau souterraine Gantour
Safi	22	Oum rabii (Retenue safi)
Total	66	

II-2 Utilisation de l'eau dans les opérations de l'OCP :

L'eau est utilisée dans les différents sites comme suit : (Tableau 3)

	<i>Utilisation de l'eau dans les opérations d'OCP</i>
Mine	Arrosage des terrains et pistes pour le trafic des engins.
Bénéficiation®	Lavage/ flottation à l'eau pour enrichir le minerai.
Transport	- Transport du phosphate par "slurry pipeline" (conduite aqueuse). - Deux slurry pipelines (axes Khouribga-Jorf et Benguéirir- Safi).
Chimie	Eau nécessaire à la production d'acide phosphorique
®Enrichissement des qualités pauvres de roche phosphatée	

Tableau 3 : Usage de l'eau dans les opérations du groupe OCP

II-3 Besoins futures en eau du groupe OCP :

Les nouveaux besoins annuels en eau pour accompagner le développement du groupe OCP s'élèvent à 158 Mm³.

	<i>Axe Khouribga-Jorf (Millions de M³).</i>	<i>Axe Gantour-Safi (Millions de M³).</i>
Extraction, Bénéficiation et Social.	31	16
Transport	19	7
Chimie	60	25
Total	110	48

Tableau 4 : Besoin futures en eau dans les différents sites d'OCP

Les besoins en eau industrielle vont alors tripler à terme pour permettre la stratégie de croissance.

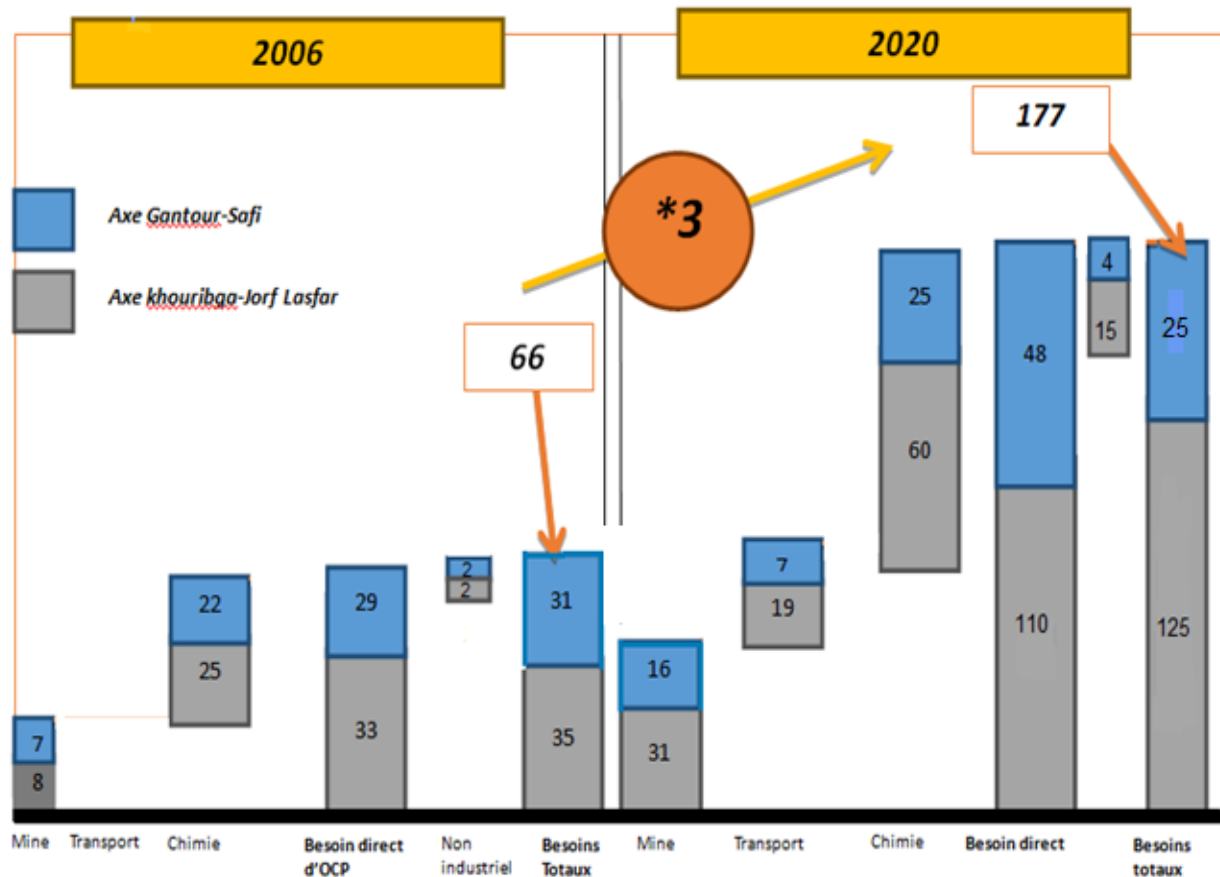


Figure 10 : Evolution des besoins en eau du groupe OCP

II-4 Investissement important du groupe OCP pour répondre à ses besoins en eau dans le complexe Maroc Phosphore Jorf Lasfar :

L'eau, ressource clé pour l'industrie du phosphate, est prise en compte de manière responsable dans la stratégie de développement du Groupe OCP. Afin de ne pas augmenter les prélèvements en eaux douces, le Groupe OCP va conduire sa stratégie de croissance à besoins constants en eaux douces, néanmoins nécessitant une réallocation géographique de ses quotas. Les investissements de l'OCP permettent de maintenir un bilan neutre de prélèvements sur le bassin OUM ER RBIA.

Trois types de projets vont être réalisés par l'OCP pour répondre d'une part à ces besoins en eau et d'autre part pour diminuer la pression sur les ressources hydriques naturelles et notamment, les ressources en eau souterraine.

II-5 Politique d'utilisation de l'eau de Mer :

La politique d'utilisation est ancienne à l'OCP. Dès le début des années 70, les besoins en eau des installations de Laâyoune ont été obtenus par le procédé de distillation pour dessaler l'eau de mer. A partir de 2005, c'est le procédé membranaire (osmose inverse) qui a été mis en place car moins énergivore. La station produit actuellement près de 1,5 million de m³/an.

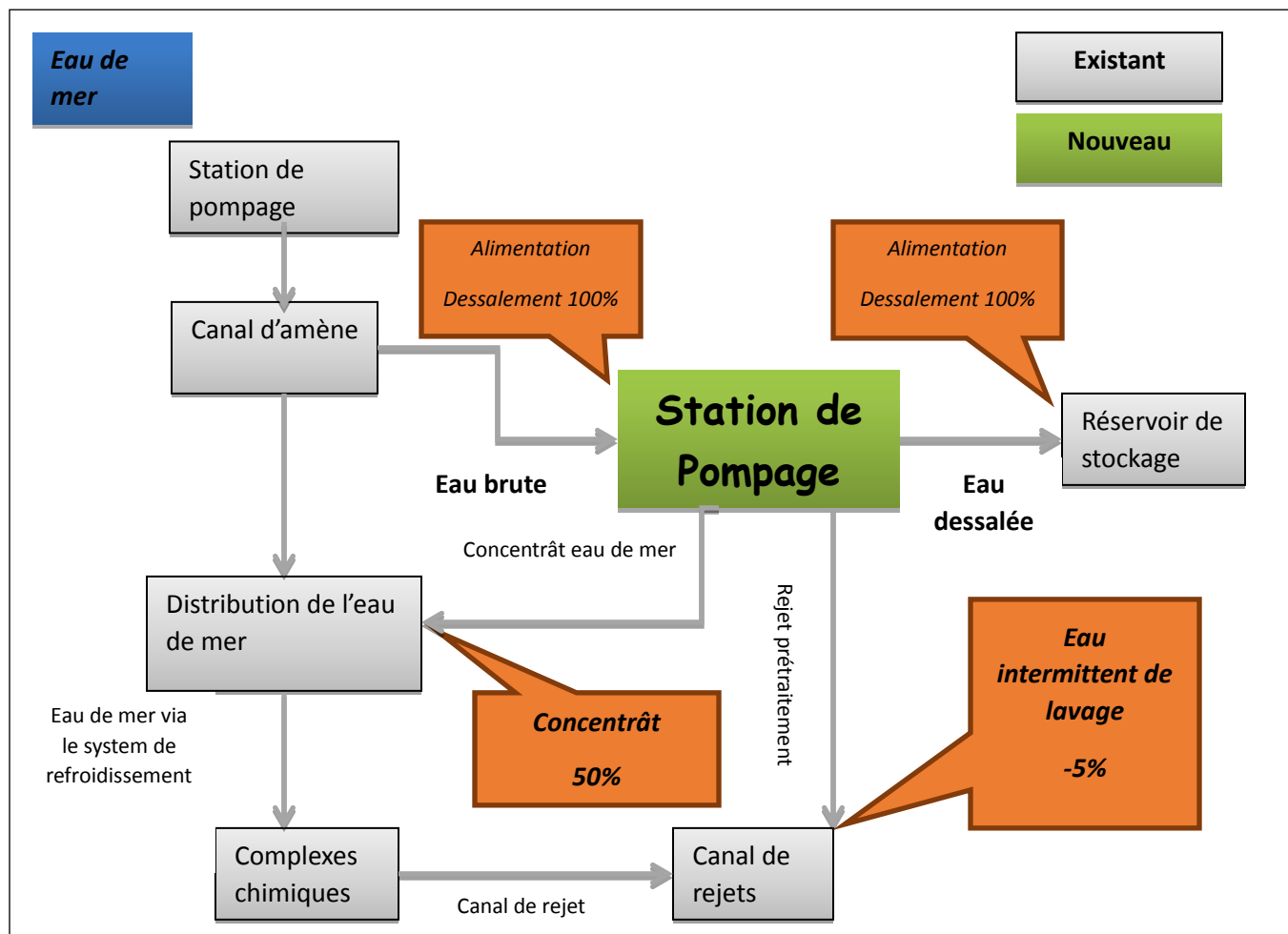
Le projet de dessalement eau de mer de Jorf Lasfar permettra de couvrir les besoins actuels de la plateforme en eau douce, 30 millions de m³, et éventuellement ceux de la ville d'El Jadida estimés à 15 millions de m³. A l'horizon 2020 la station de dessalement d'eau de mer produira 75 millions de m³ pour satisfaire les besoins des nouvelles unités intégrées de production d'acide phosphorique et des engrais, réservées aux investisseurs directs étrangers. L'implantation de la station de dessalement de Jorf Lasfar a été étudiée de manière à tirer profit des installations et infrastructures existantes de la plateforme à savoir:

- Coût du pompage eau de mer réduit, (uniquement le coût de la quantité produite).
- Tarification énergie électrique bon marché (utilisation de l'excédent énergie électrique de la plate-forme).
- Coût d'investissement des infrastructures (poste électrique, routes d'accès, canal de rejets, réservoir de stockage d'eau douce, etc.).



La filiale spécialisée dans le traitement des eaux de Grupo Ferrovial, Cadagua (entreprise espagnol), a été sélectionnée par l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) pour concevoir et construire l'usine de dessalement d'eau de mer à Jorf Lasfar, située à 100 km au sud de Casablanca, pour une valeur de 60 millions d'euros.

L'entreprise espagnole qui a déjà réalisé deux usines de dessalement à Djerba et Zarzis en Tunisie, a construit plus de 140 usines de traitement d'eaux industrielles à travers le monde.



La politique de dessalement eau de mer renforce l'engagement du Groupe en faveur du programme national de protection des ressources en eau souterraines et superficielles, son programme de développement étant conçu à prélèvement constant et valorisation des ressources non conventionnelles.

Chapitre III : Réseau eau de mer

Résumé : Ce chapitre décrit la station de pompage et les différentes stations de reprise de l'eau de mer au sein du complexe Maroc Phosphore Jorf Lasfar.

I. Circuit eau de mer

I-1 Introduction

La zone industrielle de Jorf Lasfar Maroc phosphore III-IV, IMACID, EMAPHOS, PMP, BMP 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
- ✚ Evacuation du gypse

I-1.1 Les différentes utilisations d'eau de mer

L'eau de mer est utilisée dans la plupart des ateliers de Maroc Phosphore III-IV et d'autres unités. On peut citer également :

🏠 **Atelier Phosphorique 03** : (Unité de Filtration)

- Evacuation du gypse au niveau du filtre UCEGO.
- Lavage des gaz au niveau du Dégazeur.
- Lavage des gaz au niveau de la flache collée.

🏠 **Atelier Phosphorique 04** : (Unité de Concentration)

- Lavage des gaz.
- Création du vide.

🏠 **Atelier Phosphorique 05** : (Unité de Clarification)

- Evacuation du gypse.
- Atelier Sulfurique :
- Refroidissement de l'acide sulfurique.

🏠 **La centrale** :

- Condensation de la vapeur au niveau des condenseurs principaux des turbines et les condenseurs Auxiliaires.
- Refroidissement d'eau noria via les réfrigérantes norias.
- Création du vide au niveau des condenseurs principaux à travers des pompes à vide.

🏠 **Atelier des engrais :**

- Lavage des gaz.

🏠 **Atelier EMAPHOS :**

- Refroidissement de l'eau désilicée qui refroidit à son tour l'éther et crée le vide au niveau de la concentration d'acide phosphorique purifié.

I-1.2 Rejet eau de mer

Après l'utilisation, l'eau de mer est évacuée vers l'océan à travers un canal principal trapézoïdal à ciel ouvert.

I-1.3 Consommation de l'eau de mer

Le tableau ci-dessous (**Tab.5**) représente les consommateurs de l'eau dans les unités Maroc phosphore III-IV, EMAPHOS, IMACID, PMP et BMP.

Atelier	Volume consommé/heure
Phosphorique	110 m ³ /t de P ₂ O ₅
Sulfurique	45 m ³ /t de l'acide produit
Centrale	10000 m ³ /h
EMAPHOS	1000 m ³ /h
IMACID	15000 m ³ /h
BUNGUI (BMP)	10700 m ³ /h
PAKPHOS (PMP)	8900m ³ /h

Tableau 5 : La consommation de l'eau de mer pour les différents consommateurs

I-2 Description du circuit eau de mer

Avant d'arriver aux différentes stations de distribution vers les consommateurs (dites stations de reprise), l'eau de mer passe par le circuit décrit dans la figure 13. Le captage de l'eau de mer se fait au moyen de la station de pompage, elle est ensuite refoulée vers un cheminé d'équilibre pour arriver au déversoir qui alimente à son tour les stations de reprise.

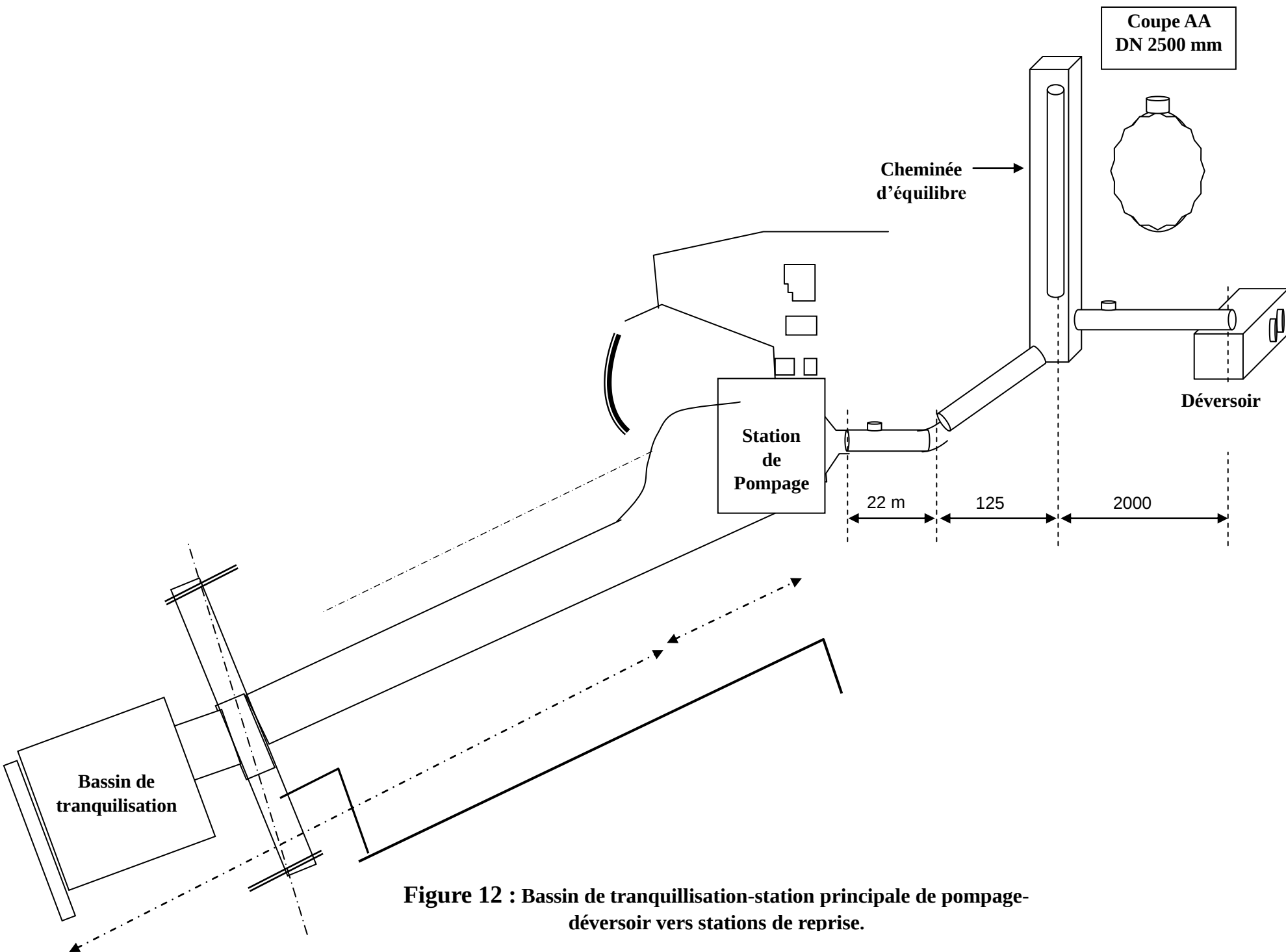


Figure 12 : Bassin de tranquillisation-station principale de pompage-déversoir vers stations de reprise.

II. Station de Pompage d'Eau de Mer (P.E.M)

La station de pompage de l'eau de mer est située au port de Jorf Lasfar, elle est destinée à alimenter le complexe en eau de mer traitée et filtrée.

L'eau est acheminée dans un canal vers un bassin d'aspiration des pompes, là où sont installées des grilles pour éliminer les impuretés de grosse section puis quatre filtres rotatifs pour se débarrasser des matières en suspension.

Une petite station de chloration équipée de quatre électrolyseurs (2 anodes, 2 cathodes) et un dégazeur de gaz d'hydrogène et deux bâches de stockage d'hypochlorite alimentent le bassin pour se débarrasser des algues.

Ce bassin de capacité 20.800 m³ est équipé de 12 pompes (8 grosses et 4 petites).

II-1 Equipements de P.E.M :

Cette station est composée de plusieurs équipements cités dans le tableau 6 :

Tableau 6 : les équipements de station de pompage d'eau de mer [3].

Equipement	Nombre
Pompes	12
Anti-bélier	4
Filtres	4
Dégrilleurs	4
Compresseurs	6
Électrolyseurs	2
Bacs de chlore actif	2
Pompes de salles de chloration	5
Ventilateurs	2

II-2 Canaux

Après le déversoir, l'eau de mer est dirigée par un canal à ciel ouvert vers trois canaux de 380m de longueur chacun :

- ✚ Le premier alimente le bassin de la première Reprise d'Eau de Mer (REM1).
- ✚ Le deuxième alimente le bassin de la deuxième Reprise d'Eau de Mer (REM2).
- ✚ Le troisième alimente le bassin de la troisième Reprise d'Eau de Mer (REM3).

Sans oublier les deux petits bassins qui communiquent avec le déversoir :

- ✚ Le premier alimente EMAPHOS.
- ✚ Le deuxième alimente la nouvelle CAP.

III. Stations de Reprise de l'Eau de Mer (R.E.M)

III.1 Station de reprise vers l'usine (REM1) :

La reprise d'eau de mer est destinée à alimenter les divers consommateurs du complexe en eau de mer. Elle est équipée de :

- ✓ un bassin de décantation et de reprise à ciel ouvert d'une capacité de 20880 m^3 et équipé d'un trop plein qui sert à éviter le débordement d'eau et dont la capacité est de 15000 m^3 .
- ✓ 11 pompes :
 - ✚ 7 pompes de capacité unitaire $7500 \text{ m}^3/\text{h}$, dites pompes à basse pression, destinées à alimenter l'atelier sulfurique et la centrale.
 - ✚ 4 pompes dites pompes à haute pression, destinées à alimenter l'atelier phosphorique, deux de capacité unitaire de $7500 \text{ m}^3/\text{h}$, et les deux autres ont une capacité unitaire de $10600 \text{ m}^3/\text{h}$.

III.2 Station de reprise vers IMACID (REM 2) :

Elle est destinée à alimenter l'unité IMACID, elle est équipée de cinq pompes :

- ✓ Trois pompes basses pression de débit unitaire de $7500 \text{ m}^3/\text{h}$.
- ✓ Deux pompes hautes pression de débit unitaire de $4000 \text{ m}^3/\text{h}$.

III.3 Station de reprise vers PMP et BMP (REM3) :

Cette station est destinée à alimenter les deux usines PMP et BMP, elle est équipée de :

- ✓ une chambre d'aspiration qui s'agit dans ce cas d'un bassin de décantation et de reprise à ciel ouvert d'une capacité de 20880 m³.
- ✓ six groupes moteur-pompes avec des vannes papillon motorisées en aspiration et manuelles en refoulement.
- ✓ une chambre de refoulement dite cheminé, qui sert à envoyer l'eau de mer aux deux bassins BMP et PMP de stockage.

Le complexe Jorf Lasfar construit maintenant de nouvelles entités de production d'acide phosphorique et d'engrais. La REM3 subira donc une phase d'extension (REM3a et REM3b) avec l'installation de 4 nouvelles pompes qui vont refouler l'eau de mer vers P1, P2, P3 et P4 (voir annexe C et D).

III.4 Station de reprise de l'eau de mer vers EMAPHOS :

Cette station est destinée à alimenter l'unité EMAPHOS, elle est équipée de deux pompes de débit unitaire de 1200 m³/h.

III.5 Station de reprise de l'eau de mer vers la nouvelle CAP :

Cette station alimente les quatre échelons de la nouvelle CAP, elle dispose de trois pompes de débit unitaire de 3000 m³/h.

Pour plus de clarification concernant les schémas de REM1, EMAPHOS, CAP et REM2 le lecteur pourra se référer à l'annexe A.

IV. Plan général de P.E.M et R.E.M

Le schéma suivant illustre un plan général des deux stations de pompage et de reprise d'eau de mer :

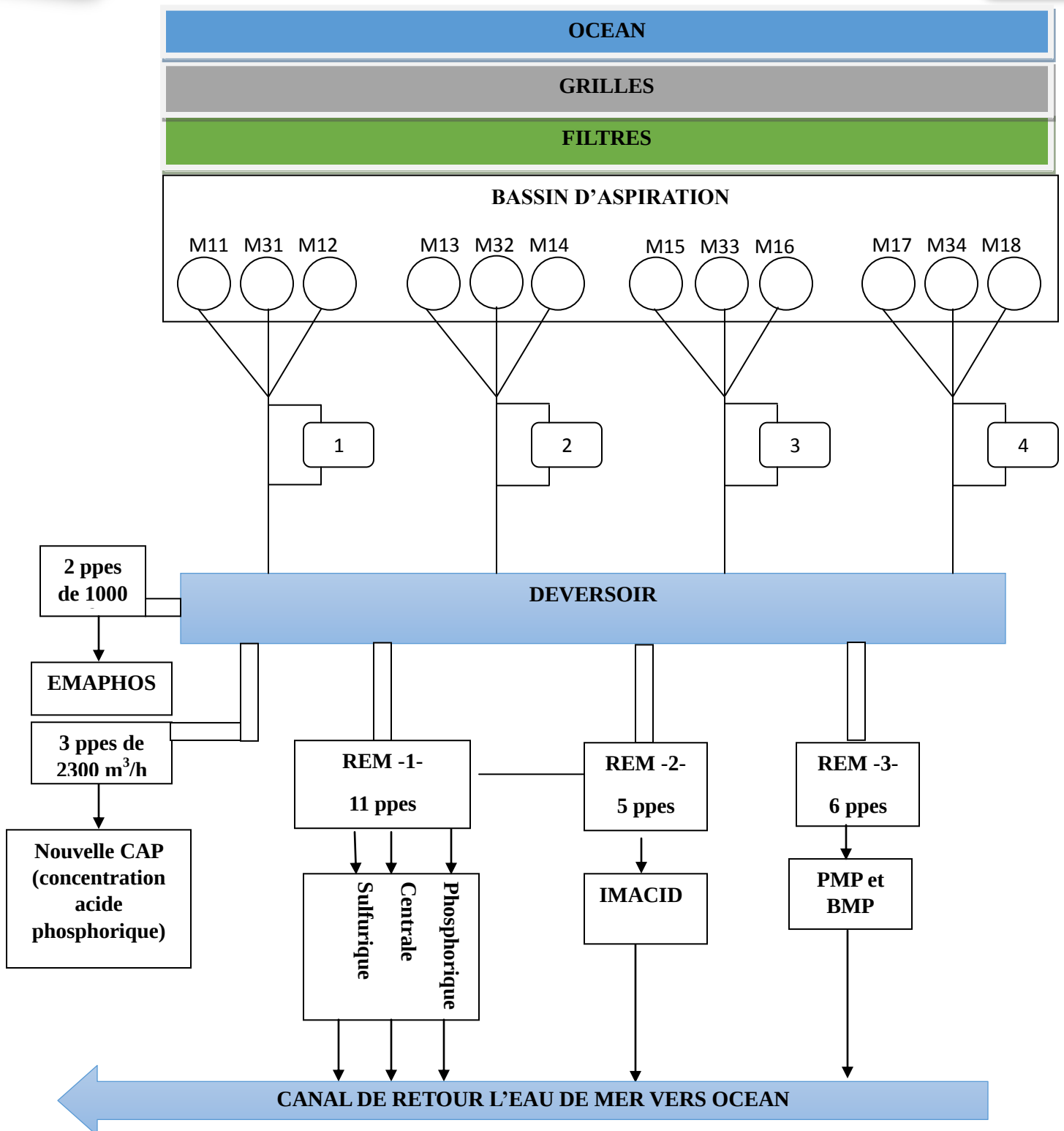


Figure 13 : Plan général de P.E.M et R.E.M

Chapitre IV : Etude hydraulique et optimisation du nombre de pompes qu'il faut mettre dans le service REM3

Résumé : *Ce chapitre est une étude sur le nombre de pompes qu'il faut mettre en marche pour alimenter les bassins des clients de la REM3 par l'eau de mer en donnant quelques propositions pour que la station fonctionne juste avec 3 pompes au lieu de 4, dans le but de préserver une grande quantité de l'énergie gaspillés.*

I. Présentation de l'installation de REM3 :

Mon sujet consiste à mener une étude uniquement au niveau de la troisième station de Reprise d'Eau de Mer (R.E.M3).

I-1 Description de la station REM3 :

La station de reprise REM3 comme déjà présentée dans le chapitre précédent (**paragraphe .III.3**) est constituée d'une chambre d'aspiration, de six groupes moteur-pompes et une chambre de refoulement qui sert à envoyer de l'eau vers deux bassins de BMP et PMP (**figure 15**).

✓ Chambre d'aspiration (Bassin) :

Elle est composée de 3 bassins de différentes dimensions, un bassin de tranquillisation, un bassin intermédiaire et un bassin d'aspiration.

✓ Chambre de refoulement (Cheminé) :

On y trouve des pompes qui refoulent de l'eau de mer venant du bassin vers le cheminé afin d'y augmenter le niveau d'eau pour le transférer par gravité aux bassins de PMP et BMP.

I-1.1 Les caractéristiques des groupes moteurs-pompes :

La station de reprise REM3 contient six groupes moteurs-pompes identiques installés en parallèle. Uniquement trois ou quatre d'entre ces derniers fonctionnent en même temps, avec 2 à 3 en réserve et parfois plus. [3]

A- Les caractéristiques des pompes :

- Débit : 7500 m³/h (unitaire)
- Hauteur manométrique : 8.5 m
- Pression d'aspiration : 0.5 bar
- Pression de refoulement : $1,5 < P_c < 2$ (bar)
- NPSH disponible : 15 m
- NPSH requis : 14.2 m

B- Les caractéristiques des moteurs :

- Moteur Asynchrone triphasé
- Puissance (P= 275 KW)
- Tension d'alimentation (U alim= 660)

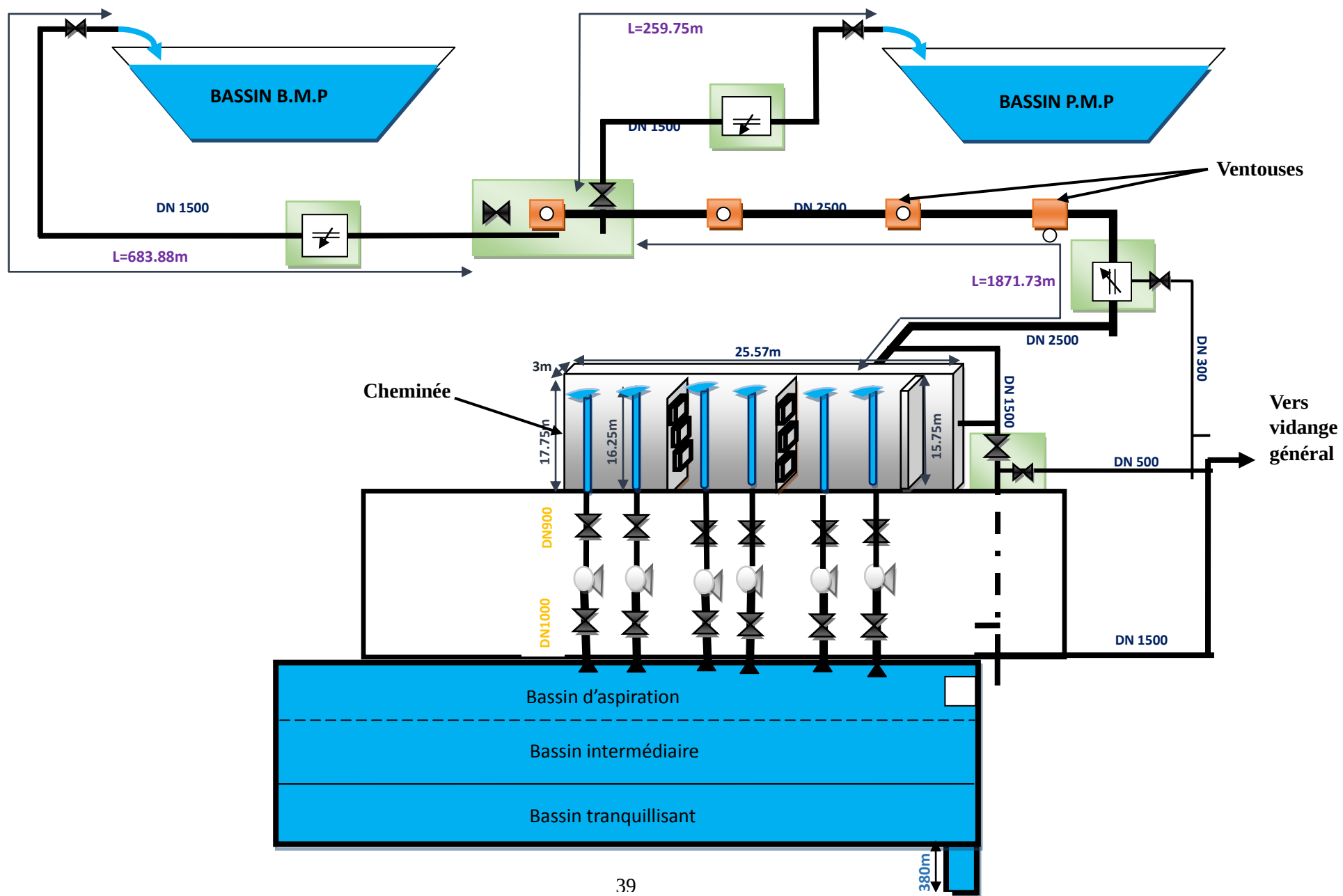


Figure 14 : Schéma illustratif de la station de reprise R.E.M3.

I-1.2 Dimensionnement des éléments de REM3 :

Le tableau III.1 montre les dimensions des différents éléments constituant la station de reprise REM3. [3]

Poste REM3	Dimension
Canal : Inclinaison du canal Petit basse Grand basse Hauteur utile Hauteur total	280 m 6 m 4 m 16 m 2.45 m 4 m
Bassin : Longueur Largeur Hauteur utile Hauteur total	70.10 m 60.50 m 4.90 m 6.20 m
Bassin de tranquillisation Largeur Longueur H.U H.T	10.25 m 70.10 m 2.45 m 3.75 m
Bassin intermédiaire Largeur Longueur H.U H.T	30.25 m 70.10 m 4.90 m 6.20 m
Bassin d'aspiration Largeur Longueur H.U H.T Niveau T.B	14 m 8.70 m 10 m 70.10 m 103.35 m
Cheminée Largeur Longueur H.U H.T	3 m 25.57 m 17.75 m 17.57 m

Tableau 7 : Dimensions des éléments de la REM3

I-2 les clients de la station REM3 :

La station REM3 envoie l'eau de mer à la fois dans les bassins de PAKPHOS (PMP) ainsi que dans les bassins de BUNGUI (BMP) avec un grand débit par le biais de conduites construites en béton armé (type *BONNA*). Les bassins de ces deux dernières emmagasinent l'eau pour la distribuer par la suite sur plusieurs sites (centrale, phosphorique, sulfurique) de PMP et BMP.

Les deux dernières usines possèdent des bassins identiques, le premier froid et le deuxième chauffé à une température de 22 °C, équipés tous les deux par neuf groupes moteurs-pompes (généralement six pompes qui fonctionnent selon le nombre d'échelons¹ en cours).

I-2.1 Plan de BMP et PMP :

Une distance assez importante sépare les deux usines BUNGUI et PAKPHOS de la station REM3. On trouve une explication plus détaillée dans la figure III.2

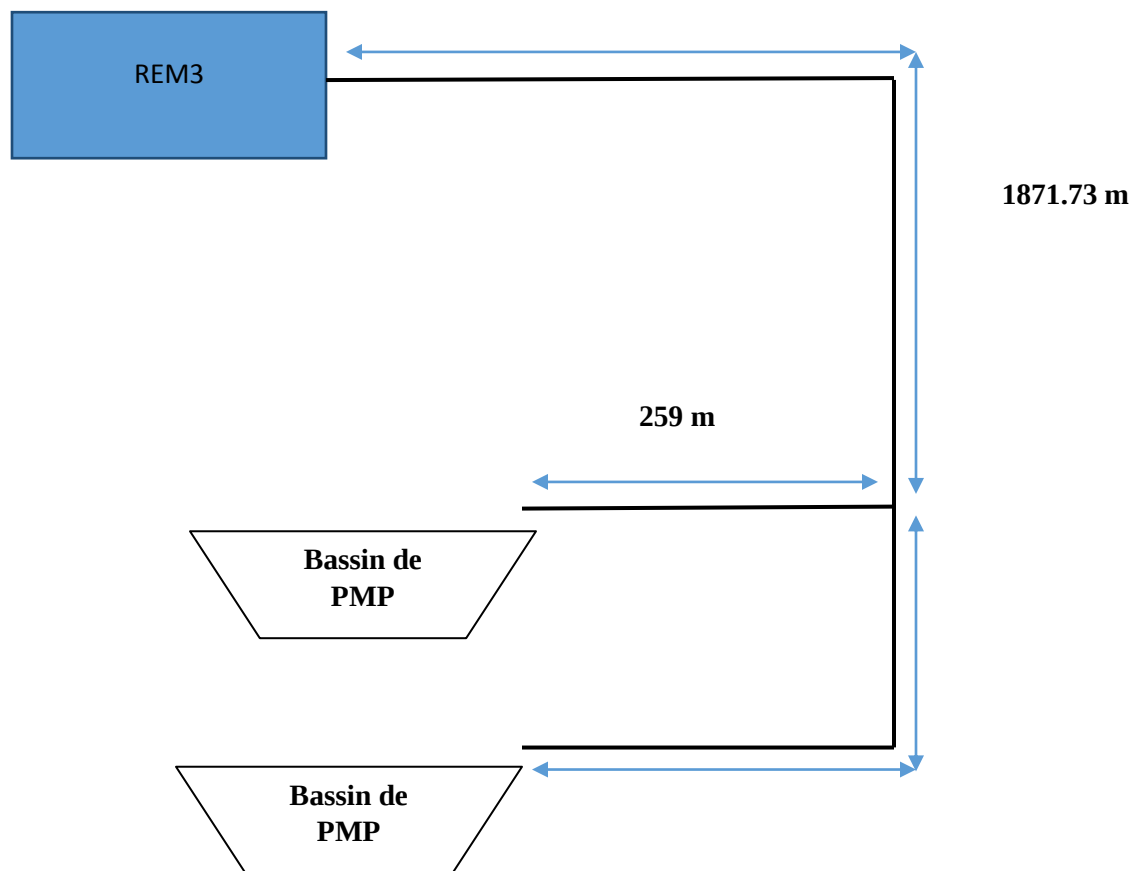


Figure 15 : schéma approximatif du plan réel du trajet de REM3 vers PMP et BMP.

¹ Echelon : tout e une installation qui permet de concentrer l'acide phosphorique (PO4) de 29% à 54% .

II. Etude hydraulique du nombre de pompes en service dans la station REM3 :

II-1 L'objectif de l'étude :

Cette étude est faite de telle manière à minimiser le nombre de pompes qu'il faut mettre en marche dans la station REM3 pour assurer un débit suffisant pour les deux bassins (PMP et BMP).



Local des pompes

II-2 Traitement de sujet :

Après une étude de près concernant la consommation de l'eau de mer par les deux utilisateurs, on peut distinguer deux cas : 1^{er} cas de pleine cadence et 2^{ème} cas de moyenne cadence.

1^{er} cas : pleine cadence

La pleine cadence présente le cas de quatre pompes en marche dans la station REM3, 6 pompes/ 4 échelons dans l'usine de PAKPHOS et 6 pompes/ 3 échelons dans l'usine de BUNGUI [1].

Les deux tableaux suivants représentent la consommation moyenne de débit volumique de l'eau de mer des ateliers à la fois de PMP et BMP.

atelier	Débit volumique (m ³ /h)
Centrale	5600
sulfurique	6200
phosphorique	4300

Tableau 8 : consommation moyenne de l'eau de mer des ateliers de PMP en pleine cadence [4].

Atelier	Débit volumique (m ³ /h)
Centrale	5600
Sulfurique	6000
Phosphorique	3000

Tableau 9 : Consommation moyenne de l'eau de mer des ateliers de BMP en pleine cadence

Pour calculer le débit moyen consommé par les ateliers de PMP et BMP (Q_{V1} Tot) il suffit de calculer les débits consommés par les ateliers sulfuriques (Q_V S) et phosphoriques (Q_V P) pour les deux usines. Le débit de la centrale n'est pas inclus car l'eau utilisée par la centrale construit un circuit fermé avec le bassin.

On a:

$$Q_{V1} \text{ Tot} = Q_V \text{ S} + Q_V \text{ P}$$

A.N: $Q_{V1} \text{ Tot} = 19500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Et pour s'assurer qu'on a une conservation de débit volumique c'est-à-dire Q_V (entré) = Q_V (sortie), On a pris le bilan de 10 jours grâce à des débitmètres installées aux entrées de PMP et BMP. Les tableaux (10 et 11) représentent respectivement le bilan de consommation de ces deux usines.

Jours	Débit volumique (m^3/h)
01/05/2013	10642
02/05/2012	10703
03/05/2013	11120
04/05/2013	11029
05/05/2013	10508
06/05/2013	10757
07/05/2013	10658
08/05/2013	10056
09/05/2013	10253
10/05/2013	10978

Tableau 10 : la consommation de l'eau de mer de 10 jours de PMP en pleine cadence [4].

Jours	Débit volumique (m ³ /h)
01/05/2013	8565
02/05/2013	9381
03/05/2013	9152
04/05/2013	9073
05/05/2013	9134
06/05/2013	9124
07/05/2013	8593
08/05/2013	7944
09/05/2013	9262
10/05/2013	8824

Tableau 11 : la consommation de l'eau de mer de 10 jours de BMP en pleine cadence [5].

D'après les 2 tableaux précédents (10, 11), on peut déterminer la consommation moyenne à la fois de BMP et PMP :

$$Q_V \text{ Moy} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_V i}{10}$$

et

$$Q'_V \text{ Moy} = \frac{\sum_{j=1}^{10} Q'_V j}{10}$$

Avec $Q_V \text{ Moy}$: le débit volumique moyen arrivant au bassin de PMP.

Et $Q'_V \text{ Moy}$: le débit volumique moyen arrivant au bassin de BMP.

A.N : $Q_V \text{ Moy} = 10670 \text{ m}^3/\text{h}$ et $Q'_V \text{ Moy} = 8905 \text{ m}^3/\text{h}$

Le total des débits moyens ($Q_{V2} \text{ Tot}$) des deux usines est le suivant :

$$Q_{V2} \text{ Tot} = Q_V \text{ Moy} + Q'_V \text{ Moy}$$

A.N : $Q_{V2} \text{ Tot} = 19575 \text{ m}^3/\text{h}$.

Comparons ce résultat $Q_{v2} \text{ Tot} = 19575 \text{ m}^3/\text{h}$ au résultat obtenu au-dessus, $Q_{v1} \text{ Tot} = 19500 \text{ m}^3/\text{h}$, on dit qu'il y'a conservation de débit volumique.

Pour satisfaire le besoin à la fois de PMP et BMP en cas de pleine cadence il nous faut un débit total de $19600 \text{ m}^3/\text{h}$.

2^{ème} cas : moyenne cadence :

La moyenne cadence présente le cas de trois pompes en marche dans la station REM3, 4 pompes/ 2 échelons dans l'usine de PAKPHOS et 4 pompes/ 2 échelons dans l'usine de BUNGUI.

D'après la consommation des ateliers phosphoriques et sulfuriques ($Q_{v3} \text{ Tot}$) des deux usines [1] [2]. On a ce qui suit :

$$Q_{v3} \text{ Tot} = 19000 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Cette valeur est la même qu'on a trouvé sur les débitmètres installés aux entrées des deux usines. Donc on a une conservation des débits volumiques, $Q_v (\text{Entrée}) = Q_v (\text{Sortie})$.

II-2.1 Situation problème :

Eau de mer de masse volumique $\rho = 1025 \text{ Kg/m}^3$ circule dans une conduite de béton armé (rugosité ($\epsilon = 0.012 \text{ cm}$)) de diamètre ($D_{BE} = 2500 \text{ mm}$) et de longueur ($L_{BE} = 1871.73 \text{ m}$) à partir d'une cheminée de grande section ouverte à l'air libre (voir schéma ci-dessous figure. III.3).

La canalisation est équipée de :

- Un coude CD arrondi de 90° avec un coefficient de perte de charge ($K_S = 0,5$).
- Une vanne bypass² de diamètre 1500 mm .

On a les données suivantes :

$$Z_B: 96.25 \text{ m}; \quad Z_E: 96.90 \text{ m}; \quad D_{BE}=2.5 \text{ m}; \quad P_A=P_0=10^5 \text{ Pa}; \quad V_A \approx 0 \text{ m/s}; \quad g=9,81 \text{ N/Kg}.$$

Avec

Z_B : la hauteur de la conduite par rapport au niveau de la mer exprimée (m).

² Bypass : agit comme conduite de secours pour permettre un fonctionnement ininterrompu lorsque des installations endommagées.

D_{BE} : diamètre de la conduite exprimé en m.

P_A : pression atmosphérique exprimé en Pa.

P_B : pression au point B en Pa.

V_A : la vitesse de l'écoulement au point A elle nulle dans ce cas exprimée en m/s.

V_B : la vitesse de l'eau au point B exprimée en m/s.

Le but est de calculer le débit réel au point E suffisant pour assurer un débit total aux bassins de BUNGUI et PAKPHOS. Pour cela on divise ce problème en deux parties :

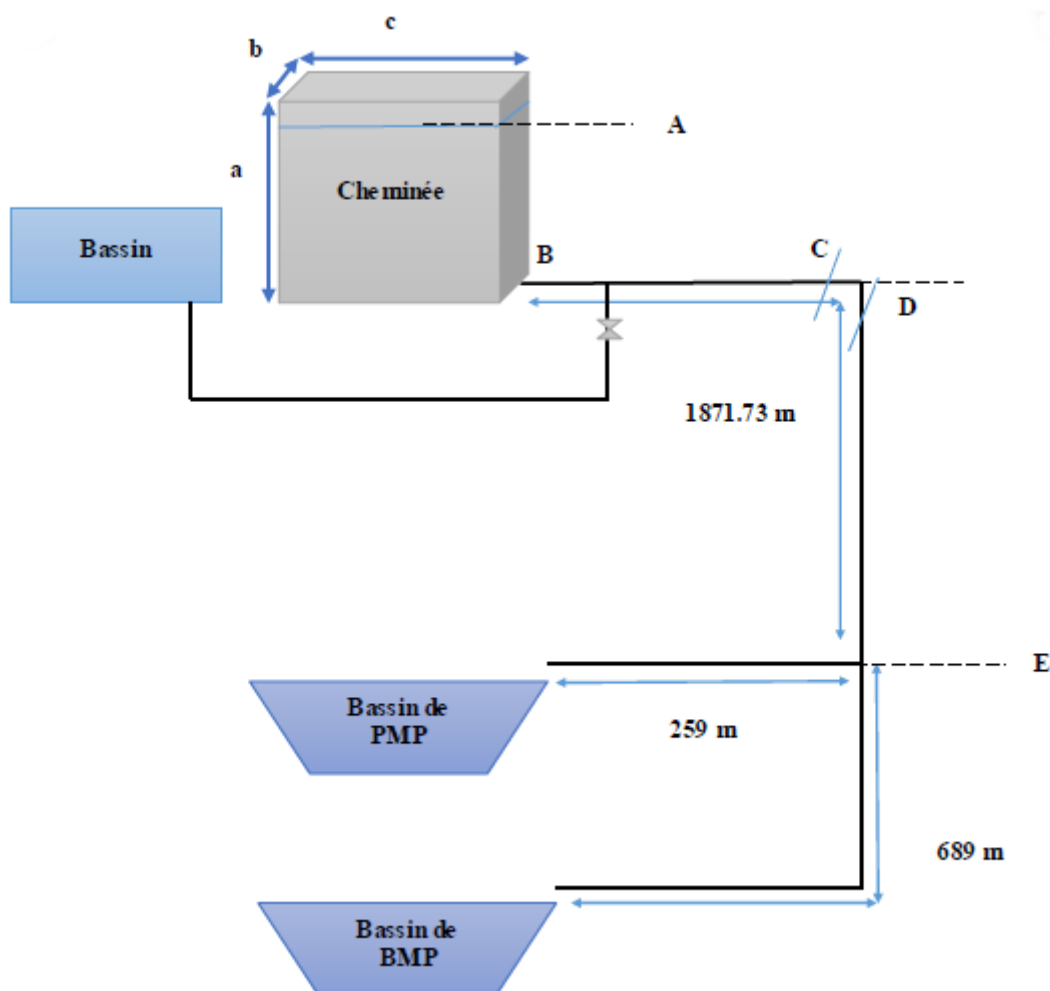


Figure 16 : Schéma du trajet de REM3 vers PMP et BMP.

1^{ère} partie : cas de pleine cadence :

Dans cette partie on cherche à calculer le débit au point E (Q_{VE}) lorsqu'on fait fonctionner 4 pompes à la station REM3. Sachant que le niveau de l'eau de mer dans la cheminée se diffère selon le nombre de pompes qui sont en marche dans la station, en pleine cadence 4 pompes refoulent l'eau d'un niveau de $Z_A = 111,79$ m [1]. Equivalent à 15m de hauteur dans le cheminé.

N.B : le débit unitaire de chaque pompe est de $7500 \text{ m}^3/\text{h}$.

1) calculons la pression au point B (P_B):

- appliquons la relation fondamentale de l'hydrostatique entre les points A et B [4] :

$$P_B - P_A = \rho * g * (Z_A - Z_B) \quad (1)$$

A.N : $P_B = 2.56 * 10^5 \text{ Pa}$

2) calculons le débit volumique qui reste dans le cheminé en cas de pleine cadence :

On a le volume de cheminé qui égale :

$$V = a * b * c \quad (2)$$

Avec a : la hauteur utile de la cheminée (pleine d'eau de mer) en m.

b : la largeur de la cheminée pleine d'eau de mer en m.

c : la longueur de la cheminée en m.

A.N : $V = 15.55 * 3 * 25$

$V = 1166.25 \text{ m}^3$.

En pleine cadence, on sait qu'un volume de $45,34 \text{ m}^3$ ne se vide pas, ce qui implique un débit volumique de $1166,5 \text{ m}^3/\text{h}$ qui reste dans le cheminé.

3) calculons le débit volumique au point B (début de la conduite) Q_{VB} , ce qui nous permettra de déduire la vitesse en ce point (V_B) :

Dans ce cas, 4 pompes en marche dans la REM3 de 7500m³/h chacune, ceci implique un débit total de 30.000 m³/h, donc le débit au point B est égale :

A.N : $Q_{VB} = 30.000 - 1166.5$

1166,5m³/h est le débit volumique qui reste dans le cheminé.

$Q_{VB} = 28833.5 \text{ m}^3/\text{h}$.

On applique la relation de continuité [4]

$$Q_{VB} = V_B \cdot S \quad (3)$$

Avec S la section de la conduite cylindrique.

Donc
$$V_B = \frac{Q_{VB} \times 4}{\pi \times (D_{BE})^2}$$

A.N : $V_B = 1,62 \text{ m/s}$.

4) calculons le nombre de Reynolds (Re) et déterminons le régime de l'écoulement dans la canalisation BE [4] :

$$Re = \frac{V_{moy} \times D_{BE}}{\frac{\mu}{\rho}} \quad (4)$$

Avec

μ : la viscosité dynamique de la mer a une température de 20°C égale $1,07 \times 10^{-3}$.

A.N : $Re = 3,87 \times 10^6$.

D'après le nombre de Reynolds on déduit qu'on a un régime turbulent rigoureux.

5) calculons les pertes de charges linéaires (ΔP_L) et singulières (ΔP_S) tout au long de la conduite du point B vers E en unité Pascal.

On a :
$$\Delta P_L = -\lambda \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \frac{L_{BE}}{D_{BE}} \quad (5)[1]$$

Avec λ : coefficient de perte de charges linéaires.

On calcule ce coefficient en se basant sur le diagramme de Moody qui est en fonction du nombre de Reynolds et la rugosité relative (ε/D_{BE}) (voir annexe B), d'après ce diagramme on déduit λ qui est dans ce cas égale à 0,013.

A.N : $\Delta P_L = -7183 \text{ Pa}$.

Et on a :

$$\Delta P_S = -K_S * \rho * \frac{V^2}{2} \quad (6) \quad [1]$$

A.N : $\Delta P_S = -369 \text{ Pa}$.

Donc on a les pertes de charge total (ΔP_T) égale à $\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_S$

A.N : $\Delta P_T = -7552 \text{ Pa}$.

6) calculons donc la pression au point E (P_E) :

On a :

$$P_E = P_B + \Delta P_T \quad (7)$$

A.N : $P_E = 2,51 * 10^5 \text{ Pa}$.

7) calculons la vitesse V_E au point E de l'écoulement dans la conduite BE, pour déduire le débit volumique dans ce point :

Appliquons le théorème de Bernoulli entre les points A et E :

On a :

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2}{2} + g * Z_A = \frac{P_E}{\rho} + \frac{V_E^2}{2} + g * Z_E \quad [2]$$

Ce qui implique que :

$$\frac{V_E^2}{2} = \frac{P_A - P_E}{\rho} + \frac{V_A^2}{2} + g * (Z_A - Z_E)$$

A.N : $V_E = 1,27 \text{ m/s}$.

D'après la relation de continuité $Q_{VE} = V_E * S$, on peut déduire également le débit volumique dans le point E.

A.N : $Q_{VE} = 6,23 \text{ m}^3/\text{s} = 22442,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

D'après le résultat obtenu ci-dessus ($Q_{VE} = 22442,7 \text{ m}^3/\text{h}$) on constate qu'on a dépassé le besoin de BUNGUI et PAKPHOS qui est de l'ordre de $Q_V \text{ Tot} = 19700 \text{ m}^3/\text{h}$. Pour cela on ouvre un bypass existant à la station REM3 qui rend une quantité de l'eau de mer au bassin

($Q_v \text{ Bypass} = 2742,7 \text{ m}^3/\text{h}$) pour ne pas avoir un trop plein ni dans le cheminé ni dans les bassins de PMP et BMP.

2^{ème} partie : cas de moyenne cadence :

Comme dans la 1^{ère} partie on va calculer le débit (Q_{VE}) au point E, mais cette fois-ci, en utilisant seulement 3 pompes dans la station REM3 équivalent à un débit total de $22500 \text{ m}^3/\text{h}$ qui donne un niveau d'eau dans le cheminé $Z'_A = 108.89 \text{ m}$, c'est-à-dire une hauteur de 12,64m.

En se basant sur les mêmes relations appliquées dans la 1^{ère} partie ;

1) Calculons la pression (P'_B) au point B :

D'après l'équation (1) : $P'_B - P_A = \rho * g * (Z'_A - Z_B)$

A.N : $P'_B = 2,26 * 10^5 \text{ Pa}$.

2) calculons le débit volumique qui reste dans le cheminé en moyenne cadence :

Volume V' de le cheminé :

En utilisant la relation (2), on obtient :

A.N : $V' = 939,75 \text{ m}^3$.

En moyenne cadence, le volume du cheminé, qui ne se vide pas, est de l'ordre de $39,2 \text{ m}^3$. Ce qui implique que le débit volumique reste égale à $939,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

3) calculons le débit volumique (Q'_{VB}) au point B, pour déduire la vitesse en même point :

On a $Q'_{VB} = 22500 - 939,75 = 21560,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

On applique la relation (3) : on obtient $V'_B = \frac{Q'_{VB} \times 4}{\pi \times D_{BE}^2}$

A.N : $V'_B = 1,22 \text{ m/s}$.

4) calculons le nombre de Reynolds pour déterminer les pertes de charges ΔP_T :

Appliquons La relation (4), on obtient : $Re' = 2,92 * 10^6$

D'après les relations (5) et (6) on obtient : $\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_S$ avec ($\lambda = 0,012$ d'après le diagramme de Moody)

A.N : $\Delta P'_T = -6037 - 333 = -6370 \text{ Pa}$.

5) calculons la pression (P'_E) au point E :

On utilise la relation (6) :

$$P'_E = P'_B + \Delta P'_T$$

A.N : $P'_E = 2,20 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

6) calculons la vitesse V'_E au point E et on déduit le débit volumique en ce point :

On a :

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2}{2} + g \cdot Z'_A = \frac{P'_E}{\rho} + \frac{V'^2_E}{2} + g \cdot Z_E$$

A.N: $V'_E = 1,09 \text{ m/s}$.

On utilise la relation de continuité $Q'_{VE} = V'_E \cdot S$, on obtient que :

A.N : $Q'_{VE} = 19261 \text{ m}^3/\text{h}$.

D'après le résultat obtenu ci-dessus ($Q_{VE} = 19261 \text{ m}^3/\text{h}$), on constate qu'on a assuré le besoin de BUNGUI et PAKPHOS qui est de l'ordre $Q_V \text{ Tot} = 19000 \text{ m}^3/\text{h}$ en moyenne. Dans certains cas, on ouvre le bypass lorsque ces deux entités Consommant moins de $19000 \text{ m}^3/\text{h}$ pour ne pas avoir un trop plein ni dans les deux bassins de PMP et BMP ni dans le cheminé de la station REM3.

Conclusion :

D'après les deux cas étudiés dans cet exercice, on conclut qu'en moyenne cadence, 3 pompes sont largement suffisantes pour assurer le débit adéquat aux unités. Mais dans le cas de pleine cadence, cela reste difficile même si ces 3 dernières donnent un débit total de $22500 \text{ m}^3/\text{h}$ ce qui reste insuffisant à cause des pertes de charges qui existent tout au long du circuit vers les deux usines PMP et BMP.

II-2 solutions proposées pour qu'on fonctionne avec 3 pompes :

Il est très difficile de faire fonctionner uniquement 3 pompes en pleine cadence dans la REM3 surtout dans les conditions actuelles. Mais on peut penser à quelques remèdes qu'il faut étudier par le Groupe OCP Jorf Lasfar pour atteindre cet objectif, parmi lesquels je cite :

- ✍ Diminution de pertes de charges linéaires et singulières surtout dans les points où on a des réductions de diamètre, changement de sens d'écoulement où de conduites par d'autres ayant une rugosité inférieure, ou bien diminuer la distance entre la station REM3 et ses clients (BMP et PMP), ce qui est impossible en pratique.
- ✍ Changement du trajet des conduites de distribution vers les clients du REM3 en choisissant un chemin plus court pour diminuer le taux des pertes.
- ✍ Utilisation des pompes à haute pression (10500 m³/h), dans ce cas on pourra refouler le même débit demandé par les bassins PMP et BMP avec les pertes de charge (30000 m³/h) seulement par 3 pompes.
- ✍ **Installation des pompes avec des variateurs de vitesse pour optimiser et contrôler au même temps le débit exact accordé au cheminé selon les besoins de consommation, et abandonner l'utilisation du bypass (qui contribue aux pertes de charge sur le réseau et ramène une quantité d'eau au cheminé) ce qui nous permet de gagner beaucoup d'énergie par rapport à celle fournit aux pompes actuelles. D'ailleurs c'est la solution débattue actuellement entre les ingénieurs hydrauliques du complexe pour économiser l'énergie fournie aux pompes.**

Un **variateur de vitesse** est un dispositif électronique destiné à commander la vitesse au moteur de la pompe centrifuge.

✚ Principe de fonctionnement :

La vitesse mécanique du rotor est liée à la fréquence des courants au stator. Ce lien mathématique rend possible une commande de la vitesse du rotor par la commande de la fréquence du courant au stator. C'est ce que l'on appelle la condition de synchronisme qui s'exprime par la relation :

$$N_s = \frac{60 \times f}{p}$$

Avec :

- N_s , la vitesse de synchronisme en tours par minute.
- f , la fréquence d'alimentation en hertz.
- p , le nombre de paires de pôles.

Ainsi, il existe une relation directe entre le pilotage de la fréquence du courant au stator et la vitesse mécanique du rotor qui permet, pour toute vitesse mécanique souhaitée, de fixer la fréquence statorique correspondante. C'est sur ce principe que se base le fonctionnement du variateur de vitesse : commander une vitesse de rotation mécanique en commandant la fréquence du courant statorique.

Les avantages d'utilisation des variateurs de vitesse :

➤ Une consommation électrique réduite :

La puissance absorbée par une pompe centrifuge varie avec le cube de sa vitesse de rotation. Si on réduit de moitié sa vitesse, la puissance absorbée est **divisée par 8**.

➤ Une diminution de bruit :

Lorsque l'on diminue la vitesse de rotation d'une pompe, son niveau sonore diminue. Pour une pompe, on estime à moins de 10% le temps de fonctionnement à sa vitesse maximale.

➤ Une plus grande fiabilité et durée de vie des équipements :

Les démarrages et arrêts du système sont souples, ils n'engendrent pas de surintensités. L'installation n'est plus soumise à des surpressions régulières sous forme de coups de bélier. La pompe ne tourne plus en permanence à sa vitesse maximale. Les roulements, la garniture métallique sont donc moins sollicités.

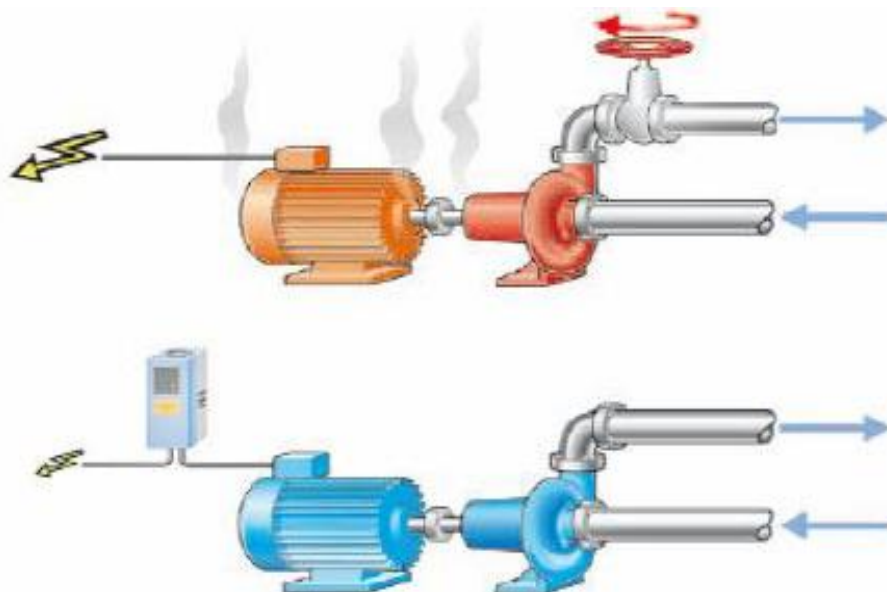


Figure17 : Principe de l'économie d'énergie grâce au contrôle de la vitesse par les variateurs de vitesse

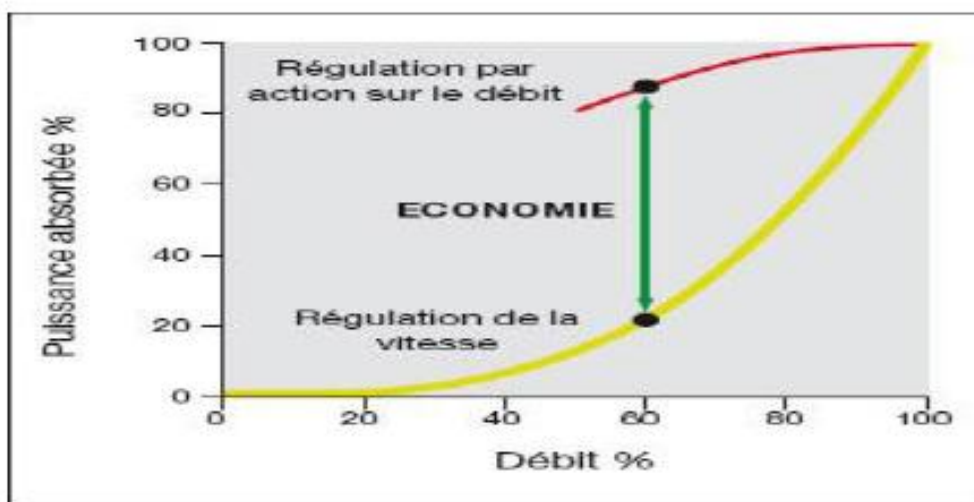


Figure 18 : Illustre la différence de consommation électrique entre l'utilisation de vannes ou clapets de réglage et une régulation de la vitesse du moteur

Conclusion générale

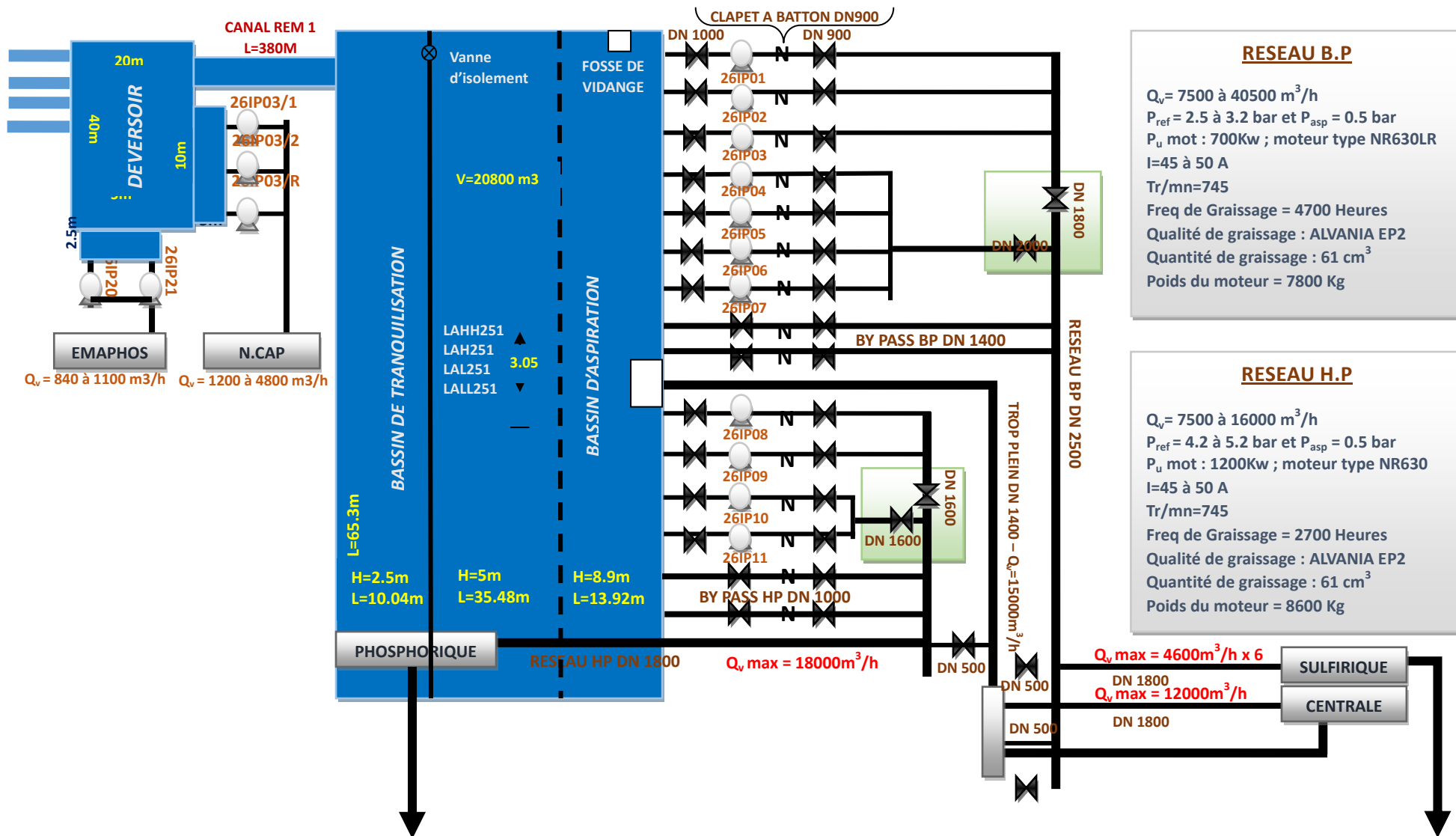
Le travail mené dans le cadre de mon projet de fin d'études a pour but de faire une étude hydraulique et optimisation des pompes de la station de reprise d'eau de mer REM3.

D'abord j'ai commencé mon modeste travail par une présentation et description du Groupe Office Chérifien des Phosphates de Jorf Lasfar. Puis j'ai décrit le réseau eau de mer, son utilisation, son trajet de la station de pompage vers les stations de reprise d'eau de mer (REM1, REM2, REM3), la nouvelle CAP et EMAPHOS. La station de Reprise d'Eau de Mer (REM3) où j'effectue mon stage emmagasinent l'eau dans un bassin équipé des pompes centrifuges qui aspirent de l'eau pour la refouler dans un cheminé afin d'y augmenter le niveau pour pouvoir la transférer par gravité dans des conduites vers ses consommateurs PMP et BMP.

Les pompes utilisés pour refouler l'eau sont des pompes centrifuges identique de débit 7500 m³/h, mon sujet consiste à déterminer le nombre exact de pompes utilisés dans le cas de pleine cadence et dans le cas de moyenne cadence. Ce qui m'a empêché de faire d'abord un prétraitement pour ces deux cas et ensuite une étude hydraulique basée sur les calculs et les interprétations.

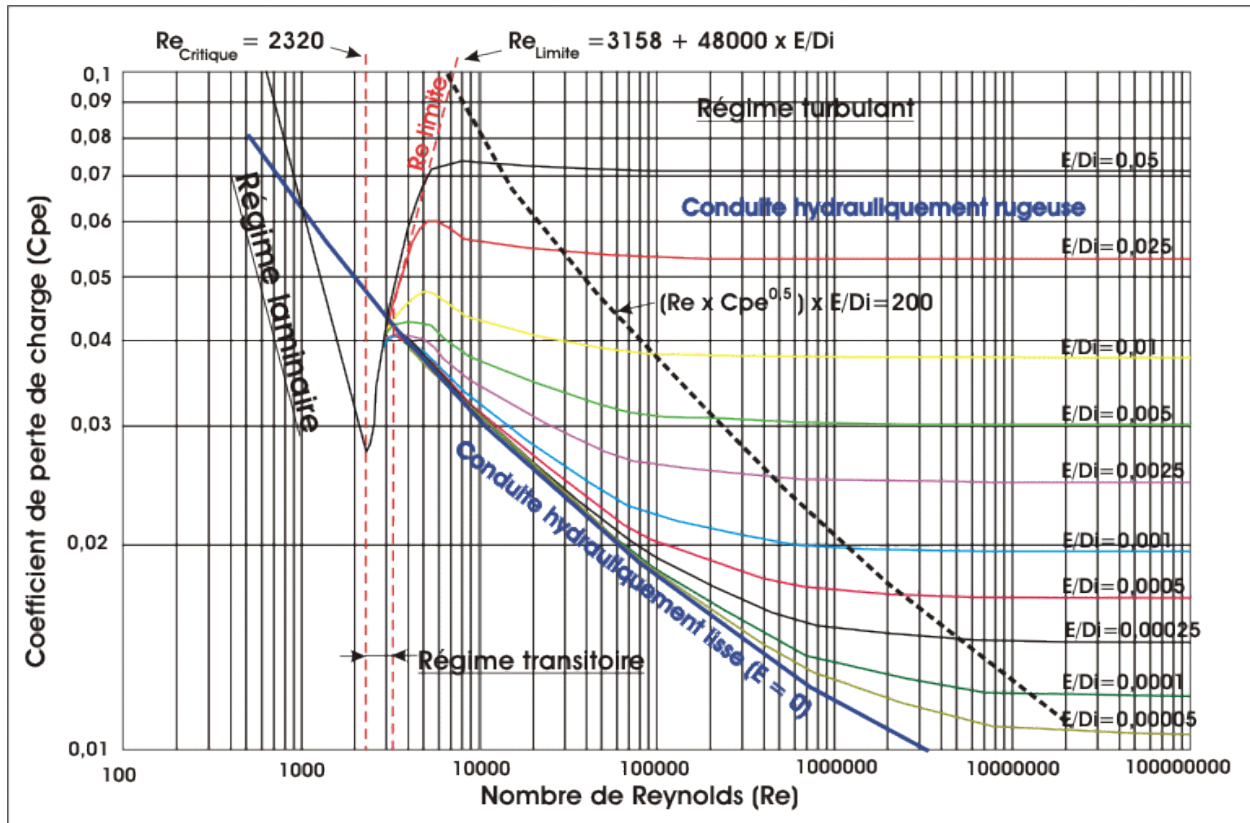
Ce stage m'a permis d'avoir une initiation aux études hydrauliques faites sur les réseaux de distribution de l'eau, une familiarisation avec le milieu professionnel et ces exigences en termes de rigueur, professionnalisme, assiduité et rendement. Et acquisition de compétence en terme de recherche bibliographique, de rédaction du rapport et d'analyse des données.

Annexes

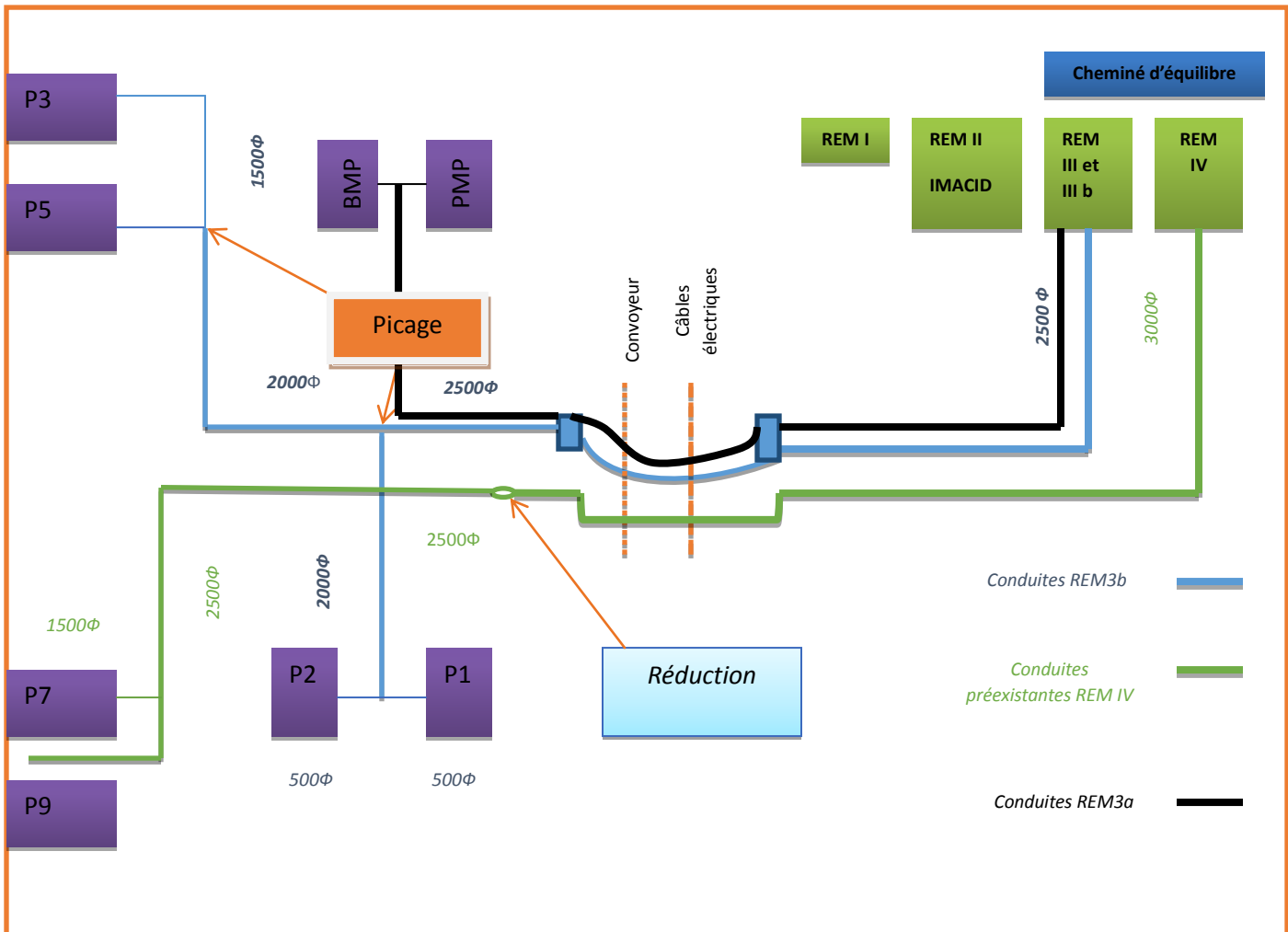


Annexe A : Schéma représentatif de station de Reprise d'Eau de Mer (REM1), EMAPHOS et N.CAP

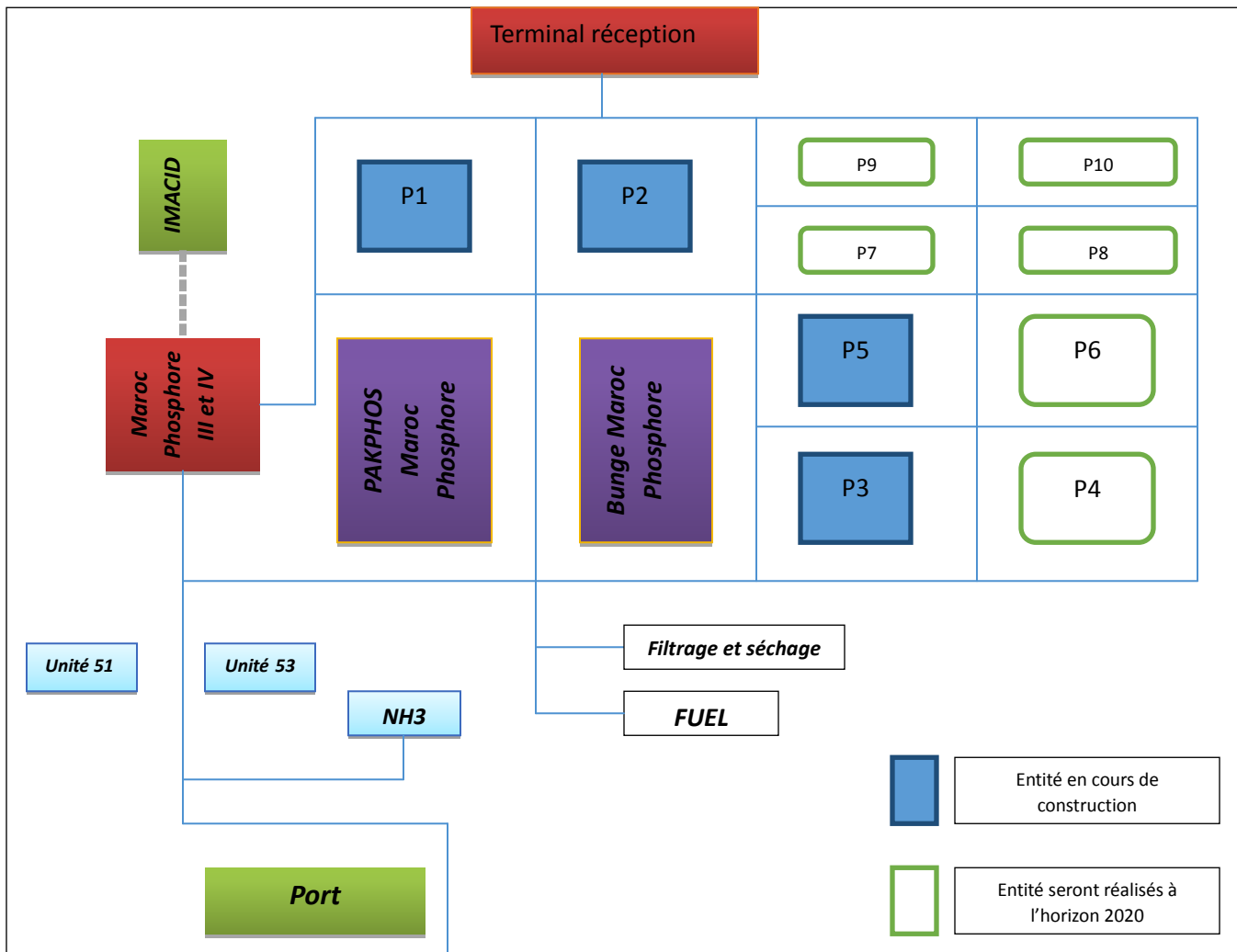
Annexe B : Diagramme de Moody



Annexe C : Planification (simplifié) de réseau REM3 :



Annexe D : Plateforme Jorf Lasfar



Références bibliographiques :

- * **Document** : Règle DTU 60.11 (DTU P40-202) (Octobre 1998) : Règles de calcul des installations de plomberie et des installations d'évacuation des eaux pluviales.
- * **Document** : Rapport annuelle, 2012, groupe Office Chérifien des Phosphates.
- * **Jean Le Rond d'Alembert**, 1765, article Hydrodynamique de [l'Encyclopédie](#) (Tome VIII).
- * **Ibrahimi Ahmed (1999)**, archive du service documentation de la station de reprise de l'eau de mer R.E.M.3 du complexe Maroc Phosphore Jorf Lasfar. [3]
- * **Leonhard Euler**, 1755, *Principes Généraux du mouvement des fluides*.
- * **Marc Soutter, André Mermoud, André Musy**, *Ingénierie des eaux et du sol: Processus et aménagements*, presses polytechniques et universitaires Romandes.
- * **Riadh Ben Hamouda**, *Notions de Mécanique des Fluides Cours et Exercices Corrigés*, chapitre 1, centre de publication universitaire.
- * **Saad Bennis**, *Hydraulique et hydrologie*. 2e édition, presses de l'université du Québec.
- * **Tousani Zakaria**, archives du service documentation de PAKPHOS Maroc Phosphore Jorf Lasfar. [4]
- * **Wardi Abdellatif**, archive du service documentation de BUNGUI Maroc Phosphore Jorf Lasfar. [5]

Sites :

www.azprocede.fr/cours_Gc/pompe_centrifuge_principe.html

www.Lowara.fr/pompes-à-vitesse-et-variateurs-de-vitesse-C7

<http://www.pompes-h2o.com>