

Département des sciences de la terre

LST Eau et environnement



Les eaux impliquées au Maroc phosphate I (MPI) de
Safi (O.C.P., Maroc) :

Traitement et approches de déminéralisation.

 Réalisé par : Nezha Hrimla

Maryeme Chaoui

Encadré par : Mr. Chafiki D. (FSTG)

Mr. Elasri B. (OCP)

Présenté le 28 juin 2011 devant le jury composé par:

Mr. El Amari K.

Mr. Chafiki D.

Mr. Rizki A.

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

- Nos familles surtout à nos parents qui nous ont aidés et soutenu à poursuivre nos études dans des meilleures conditions.
- Nos sœurs qui nous ont encouragées durant toute notre vie scolaire.
- Nos enseignants pour leurs efforts déployés pour qu'on puisse avoir une bonne formation.
- A nos chères amies avec qui nous avons passé des meilleurs moments, sans oublié bien sur nos formateurs, nos formatrices de la faculté des sciences et techniques de Marrakech qui nous données beaucoup de renseignements durant toute notre formation.



Remerciement

Qu'il nous soit permis au terme de cet humble projet de fin d'études d'exprimer nos gratitude à M. ELFALHI H., pour son parrainage, pour les précieuses aides et explications.

- Nos vifs remerciements à Monsieur M. ELASRI B., Assistant principal TED, qui nous a proposé le sujet notre stage. Son soutien sans égale qu'il n'a cessé de nous prodiguer nous a permis de mener à terme cette étude au sein de l'OCP.

- Nos vifs remerciements et reconnaissances s'adressent également à Pr. CHAFIKI D. notre encadrant au faculté des sciences et technique pour leur précieux conseils ainsi que leur soutien toute au long de notre formation.

- Pour Mr. EL AMARI K. et Mr. Rizki A. qui ont accepter de juger ce travail. Leurs remarques et leurs critiques contribueront, sans doute à l'amélioration de notre mémoire.

- Nos vifs remerciements à Mr. KHANE H. pour son aide et encouragement.

Nous tenons également à remercier tous les personnels de l'atelier TED pour leur accueil chaleureux et leur esprit coopératif.

Finalement que toute personne ayant participé à l'élaboration de ce travail trouve ici l'expression de toutes nos reconnaissances.

Sommaire

Dédicace	2
Remerciement.....	3
Introduction.....	9

1ère partie:Présentation de groupe OCP

- Présentation de groupe OCP.....	11
- Description de la direction de Maroc phosphore1.....	11
- Perspective sur la croissance OCP et implication sur les besoins en eau.....	15

2ème partie: Production d'eau filtrée

1 - Présentation.....	18
1 - 1 - Coagulation, floculation.....	18
- Coagulant.....	19
- Flocculant.....	19
1 -2- Décantation.....	19
1- 3 - Facteurs d'amélioration de décantation.....	21
- Température ;.....	22
- Le PH de l'eau ;.....	22
- La turbidité de l'eau.....	22
2 - Filtration	22

2 - 1- Utilisation de l'eau filtrée	23
- Production d'eau potable.....	23
- Production d'acide phosphorique.....	24
- Production d'eau déminéralisée	25
🔑 Conclusion.....	25

3ème partie: Production d'eau déminéralisée

1 - caractéristique de l'eau.....	27
2 - Pourquoi la déminéralisation ?.....	29
3 - unité de déminéralisation.....	30
3 -1- description de procédé	31
3 - 2- résine échangeuse d'ions.....	32
3 - 3- les mécanismes réactionnels	32
4 - Méthodes de régénération.....	34
🚦 Régénération à co-courant.....	34
🚦 Régénération à contre courant.....	35
5 - Comparaison des performances théoriques et actuelles entre les chaînes de déminéralisation.....	36
6-Action d'amélioration de la productivité des chaînes.....	37
6 - 1- Qualité d'eau filtrée.....	37
6 - 2 - Conditions de régénération.....	38
6 - 3 - Etat des résines.....	38
6 - 4 - Elimination de CO ₂	38
🔑 Conclusion.....	39

7- Comparaison entre le procédé à lit fixe et à lit flottant	39
1°- Procédé à lit fixe et ses inconvénients.....	39
2°- Procédé à lit flottant.....	41
👉 Conclusion.....	42
- Conclusion générale.....	43
- Bibliographie.....	44
- Liste des abréviations.....	45
- Liste des figure	45
- Liste des tableaux.....	46
- Liste des photos.....	46

Objectif du travail :

L'objectif du présent travail consiste à :

- 1 - faire une description de l'atelier de traitement des eaux de MP1 ;
- 2- faire une étude critique de l'installation de la filtration d'eau douce et proposer une action d'amélioration possible en vue d'optimiser la consommation des réactifs de coagulation et de floculation ;
- 3 - comparer les performances actuelles des chaînes de déminéralisation entre elles ;et
- 4 - proposer les actions nécessaires pour améliorer la productivité des chaînes.

Résumé :

Ce travail porte sur le traitement d'eau effectué à l'atelier de traitement des eaux douces (TED) au Maroc Phosphore de Safi qui produit de l'eau de différentes qualités. Les principales phases de traitement sont successivement la coagulation-floculation, la filtration et la déminéralisation.

*La coagulation- floculation :

Au cours de cette première étape, le traitement physico-chimique de l'eau s'effectue généralement grâce à un agent de coagulant acide qui a la propriété de s'hydrolyser. L'élimination des solides en suspension par entraînement et la précipitation de matières organiques font partie des nombreux phénomènes qui surviennent lors de l'hydrolyse des agents floculants. Parmi ceux-ci, les sulfates d'aluminium sont considérés comme un coagulant et le Nalco comme étant un floculant.

*La filtration :

Au cours de cette phase l'eau se passe à travers des filtres à graviers, ces derniers s'assurent que l'eau qui en sort respecte les normes en vigueur, en ce qui concerne la turbidité. Les virus et les bactéries peuvent toutefois passer au travers des filtres.

*La déminéralisation :

C'est au cours de cette troisième étape que se réalise l'élimination des ions par l'échange d'ions. Il s'agit d'une technologie nettement efficace pour l'élimination d'impuretés dans l'eau et dans des solutions diverses. Cette technique s'avère pratiquement indispensable pour toute production de l'eau d'extrême pureté dans de nombreuses industries.

Dans cet exemple de Maroc Phosphore 1, deux procédés sont pratiqués pour déminéraliser l'eau. Il s'agit de procédés co-courant et contre courant.

Introduction

C'est en 1908 que le géologue Brives mentionne la présence d'un niveau phosphaté au flanc du plateau de Guergouri (au sud de Marrakech), mais les premières indications des prospecteurs sur l'existence du précieux minerai au Maroc remontent à 1912. Et c'est en 1917 que le général Lyautey prend la décision d'entamer des recherches.

Menés par l'État, ces travaux se poursuivent pendant plusieurs années sur l'ensemble du territoire chérifien. Le service des mines établit alors l'importance exceptionnelle des gisements, tant par la teneur de leur minerai que par l'importance de la réserve qui ouvre un avenir quasi illimité à leur exploitation

En effet, le sous-sol marocain renferme les trois-quarts des réserves mondiales de phosphate, dont 99% dans le centre du pays. Les sites d'extraction actuels sont répartis dans trois zones géographiques : Khouribga, Gantour et Boucraâ-Laâyoune.

Aujourd'hui encore, cette activité représente un élément essentiel de l'économie marocaine hissant le pays au rang de leader mondial. Une telle croissance n'a pu voir le jour que grâce à d'importants programmes d'études et de recherches qui se poursuivent encore de nos jours.

1ère Partie

FICHE DE PRESENTATION DU GROUPE OCP



Présentation de groupe OCP

L'office chérifien des phosphates (OCP) a été créé en 1920 par le dahir du 7 août 1920, il est géré comme un établissement semi- public qui doit fonctionner dans les conditions juridiques et techniques .

Dès le début des années 70, le Maroc a adopté une politique de valorisation soutenue afin de renforcer sa position dans le commerce international du phosphate, de justifier l'importance de ses réserves, de ses installations, d'extraction et de traitement, ainsi que sa longue expérience dans l'industrie minière.

Le groupe office chérifien des phosphates (OCP) est un opérateur international dans le domaine de l'industrie des phosphates et de ses produits dérivés.

L'OCP prend dans l'industrie des phosphates une place importante au niveau national et international. En effet, les réserves marocaines en phosphates sont estimées à 75% des réserves mondiales, ce qui a permis au Maroc d'être en 3ème position comme exportateur mondial.

Il a fixé comme objectifs la valorisation sur place du minerai extrait, parmi ses unités, on trouve :

- Maroc chimie créé en 1965 ;
- Maroc phosphore 1 créé en 1975 ;
- Maroc phosphore 2 créé en 1981 ;
- Maroc phosphore 3 et 4(JORF LASFER) créé en 1986.

DESCRIPTION DE LA DIRECTION DE MAROC PHOSPHORE DE SAFI :

Maroc phosphore de Safi valorise une partie des phosphates extraits de YOUSSEFIA et ceux en provenance de BENGURIR, afin de produire de l'acide phosphorique et les engrais qui sont quasi totalement destinés à l'exportation. Il permet de valoriser annuellement jusqu'à 3.100.000 de tonnes de phosphate de Bengurir.

Il est composé de trois complexes industriels situés à 10 Kilomètres de Safi (Fig.1) :

- MAROC – CHIMIE;
- MAROC PHOSPHORE I;
- MAROC PHOSPHORE II.

Ceci en plus d'une division infrastructure qui se charge de l'acheminement et de l'exportation des produits phosphoriques.

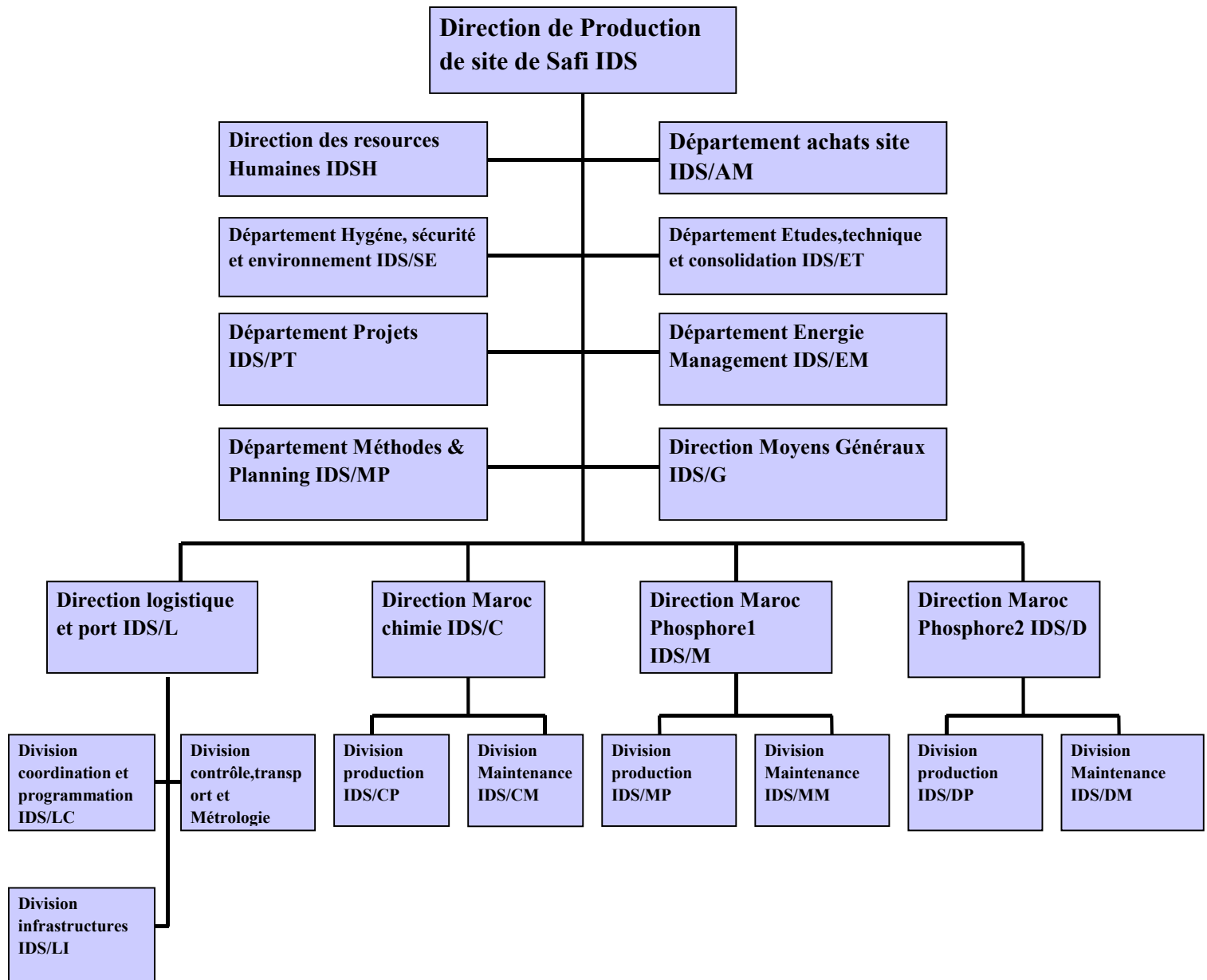


Figure 1 : Organigramme présentant le découpage administratif de Maroc Phosphore de Safi.
(Tiré d'un document interne de l'OCP)

1 - Maroc chimie:

Maroc chimie est une filiale grande de la société Maroc phosphore I et II à Safi, elle a été créée en 1965, son rôle principal est la production d'acide phosphorique et les engrais. Elle est composée de :

- ✚ Deux ateliers sulfuriques : ils ont pour rôle la production de l'acide sulfurique (H_2SO_4) ;
- ✚ Deux ateliers phosphoriques : produisant de l'acide phosphorique (H_3PO_4) à partir du phosphate et de l'acide sulfurique. ;
- ✚ Unités des engrais.

2 - Maroc phosphore I :

Elle a démarré en 1975 sur la base de l'utilisation du phosphate de YOUSSEFIA et du soufre importé, pour la production d'acide phosphorique et des engrais.

La division Maroc Phosphore I se compose de trois ateliers :

- ✚ **Atelier TED:** A pour but le traitement des eaux et la production de la vapeur (HP, MP, BP), l'énergie électrique, et l'air comprimé qui sont utilisés partout dans le complexe (Fig. 2)

Il se constitue de trois unités :

- **La centrale thermo électrique:** destinée à produire l'énergie électrique pour couvrir le besoin du complexe. Si c'est nécessaire, un appoint en énergie électrique est fourni par l'O.N.E. Elle produit, également, de la vapeur moyenne pression.
- **Station de traitement des eaux:** pour répondre aux besoins de chaque atelier de fabrication en eau: filtrée, déminéralisée, désilicée et potable.

Pour cela, l'eau subit les traitements suivants :

- Décantation et Filtration ;
- Déminéralisation ;
- Désinfection.

L'installation de traitement des eaux est composée de (voir l'annexe):

- Deux décanteurs et leurs auxiliaires;
- Neuf filtres à sable gravitaire;
- Cinq lignes de demineralization.

- **Pompage eau de mer** : se charge de fournir de l'eau de mer pour le refroidissement essentiellement des équipements du complexe.

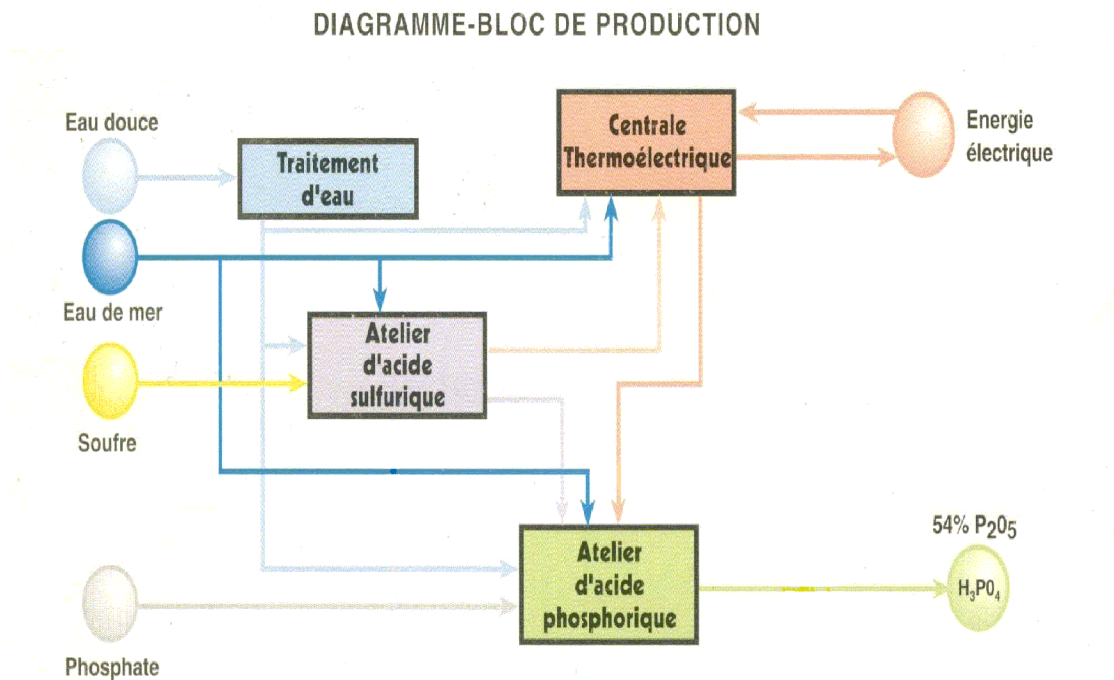


Figure 2 : Diagramme montrant l'utilisation de l'eau dans le complexe MP1 (tiré d'une document interne de l'OCP)

- ✚ **Atelier de production sulfurique** : En plus de la production de H₂SO₄ (acide sulfurique), cet atelier assure, également, la production de la vapeur d'eau de haute pression.
- ✚ **Atelier phosphorique** : Le phosphate broyé parvient au niveau de la réaction avec l'acide sulfurique (H₂SO₄) et la filtration pour produire un acide concentré de 30% en P₂O₅. Les lignes de réaction dont dispose le complexe permettent une production à 54% en P₂O₅, effectuée au niveau des concentrateurs d'acide phosphorique.

3-Maroc phosphore 2

Cette division a été créée en 1981, elle possède trois ateliers :

- Atelier sulfurique ;
- Atelier phosphorique en plus d'une laverie du phosphate qui servent à valoriser le phosphate humide provenant de Bengurir ;
- Atelier TED.

↳ Perspectives 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 (Tab.1)

Tableau 1: Besoins et de ressource en eau du groupe OCP. (Revue HTE N°142, 2009)

	Consommation annuelle (Mm ³)	Ressources
Khouribga	10	Bassin Fquih Bensaleh
Jorf Lasfar	25	Oum Rabii (Barrage daourat)
Gantour	9	Eau souterraine Gantour
Safi	22	Oum Rabii (Retenue Safi)
Total	66	

- Investissement important du groupe OCP pour répondre a ses besoins en eau.

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 RBII. Ces investissements, sont fait après le projet de pipeline, qui permet de transporter le phosphate par l'eau à l'aide d'une conduite enterrée, une reliera la ville de Khouribga à Jorf Lasfar, et une deuxième de Benguerir et Youssoufia à Safi. L'objectif annoncé de l'OCP est de produire son minerai à bas coût pour être plus compétitif et *exporter* uniquement à partir de Jorf Lasfar. Selon les calculs de l'office, le transport par pipeline coûtera environ 1 *dollar* par tonne au lieu des 7 à 8 *dollars* que lui facture l'Office national des chemins de fer (Fig. 3).

Besoins en eau du groupe OCP

Millions de m³ d'eau par an

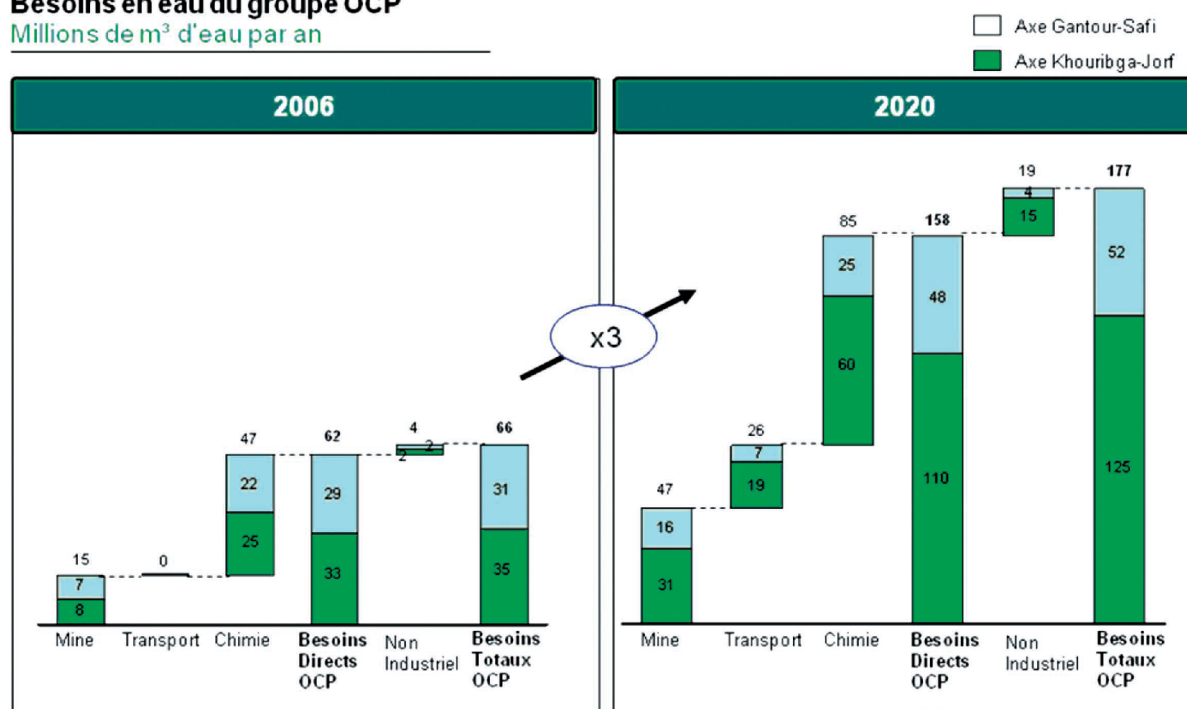


Figure 3 : Besoins en eau du groupe OCP, les valeurs sont données en millions de m³ par an.

(Revue HTE N°142, 2009)

2ème Partie :

Production de l'eau filtrée

1 - Présentation :

La station de traitement d'eau douce de Maroc phosphorel dispose d'une unité de production d'eau filtrée, d'eau potable et d'eau déminéralisée.

L'eau brute provient du barrage de Safi, elle entre à l'unité en passant d'abord par un château d'eau destiné à stabiliser la pression d'alimentation.

L'eau est ensuite répartie sur deux réacteurs décanteurs de débit unitaire 450m³ /h. L'eau est agitée en présence d'un réactif de floculation (sulfate d'alumine), et d'un adjuvant de floculation, dans le but de permettre la coagulation des particules en suspension normalement présentes dans l'eau brute et faciliter ainsi leur décantation.

1-1 – Coagulation, floculation

La coagulation et la floculation sont au cœur du traitement de l'eau potable. Il s'agit ici du traitement secondaire que nous effectuons sur une eau brute suivant le dégrillage et le dessablage. Premièrement, nous ajoutons un coagulant, un produit qui aura pour effet de neutraliser la charge des particules colloïdales (responsables entre autres de la couleur et turbidité) de façon à ce qu'elles ne se repoussent plus les une des autres. Le coagulant est ajouté juste avant ou dans un bassin à mélange rapide pour un effet plus rapide.

Une fois cette étape accomplie, nous injectons un flocculant ou aide coagulant qui aura pour effet d'agglutiner toutes les particules devenues neutres, c'est-à-dire les rassembler pour qu'elles forment des flocons assez lourds pour se sédimenter par eux-mêmes (Fig.4). Cette étape a lieu dans un réacteur.

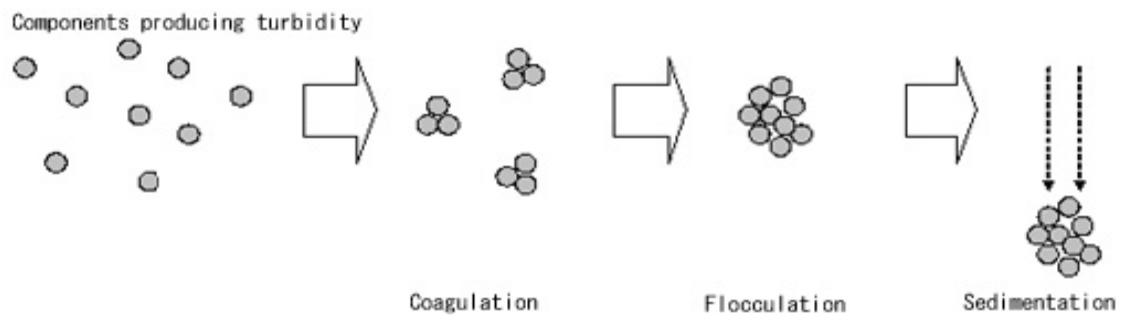


Figure 4 : Schéma illustrant les processus de coagulation, flocculation et de sédimentation
(www.gls.fr)

🔑 - Coagulant

Les coagulants classiques sont des électrolytes de charge opposée à celle de la particule colloïdale et qui, par neutralisation électrique, provoqueront la coalescence (Photo1). Pour le traitement des colloïdes rencontrés dans la quasi-totalité des eaux, l'aluminium réagit avec l'alcalinité de l'eau pour former un précipité d'hydroxyde d'aluminium suivant la réaction :

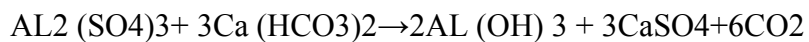


Photo 1 : photo du coagulant (sulfate d'aluminium)

🔑-Flocculant

C'est un polymère qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. Il est ajouté après la coagulation pour augmenter davantage la taille et la cohésion des flocons.

1-2- décantation

Cette étape suit la coagulation et la floculation et précède la filtration. Une fois le floculant ou aide coagulant injecté et mélangé à l'eau, cette dernière est dirigée vers les bassins de sédimentation aussi appelés décanteurs.

Ce sont de gros bassins avec un temps de rétention assez élevé pour permettre aux flocons qui formaient la turbidité et la couleur de couler au fond du bassin et de s'accumuler pour former de la boue qui devra être régulièrement extraite pour prévenir les accumulations. L'ajout de ces réactifs de coagulation et de floculation ne suit pas une règle générale (Tab. 2) :

Tableau 2 : Consommation des réactifs de coagulation et de floculation

eau traitée (m3)	consommation des réactifs			
	cons.en SO4 (kg)	consommation spécifique en SO4AL (mg/l)	cons.en Nalco (kg)	consommation spécifique en floculant (mg/l)
20997	300	14,28	1	0,047
23551	450	19,10	1	0,042
21564	350	16,23	1	0,046
21465	300	13,97	1	0,046
25545	300	11,74	1	0,039
27274	300	10,99	1	0,036
24173	400	16,54	2	0,082
26189	300	11,45	5	0,19
23520	450	19,13	1	0,04
20790	400	19,24	2	0,09
23559	400	16,97	3	0,12
23000	400	17,39	1	0,04
21654	100	4,61	4	0,18
19130	100	5,22	3	0,15

Interprétation :

D'après le tableau ci-dessus, on constate que la quantité des réactifs ajoutés ne dépend pas au volume d'eau traité, alors que les gens de l'atelier ne suivent pas une méthode régulière lors de l'ajout des réactifs coagulant floculant.

L'eau sortant du bassin de décantation a une composition chimique différente à celle d'une eau brute (Tab. 3)

Tableau 3 : résultats d'analyses d'eau après la décantation

composition de l'eau	Analyse de l'eau brute		Analyses de l'eau décantée	
	mg/l	még/l	mg/l	még/l
calcium Ca ²⁺	24	1,2	24	1,2
Magnésium Mg ²⁺	42	3,5	42	3,5
Sodium Na ²⁺	240	10,44	240	10,44
Potassium K ⁺	4	0,1	4	0,1
Sulfates SO ₄ ²⁻	107	2,23	110	2,58
Chlorures Cl ⁻	305	8,6	305	8,6
Nitrates NO ₃ ⁻	0	0	0	0
Bicarbonates HCO ₃ ⁻	275	4,5	220	3,6
Silice (SiO ₂ +SiO ₃ ²⁻)	8	0,13	8	0,13
CO ₂ libre	5	0,11	13	0,3
Matières organiques (KMnO ₄)	15,5	—	12	—
Turbidité (NTU)	11	—	0,5	—
PH	8		7,9	

Interprétation :

On peut constater, d'après le tableau ci-dessus une diminution des bicarbonates (HCO₃⁻), matières organiques et de turbidité dans la composition de l'eau traitée.

Et d'autre part une augmentation de CO₂ libre qui est produit au cours de la phase de coagulation.

1 - 3- Facteurs influençant la décantation

Les facteurs qui peuvent améliorer la coagulation floculation sont le gradient de vitesse, le temps, la température et le pH. Le temps et le gradient de vitesse sont importants pour augmenter la probabilité de chocs entre les particules. Le pH est un facteur très important pour l'élimination des colloïdes.

- La température :

Comme toute réaction chimique, la floculation est accélérée par l'élévation de température. La floculation des eaux froides est donc plus lente et moins complète que celle des eaux chaudes.

D'autre part, l'augmentation de la viscosité de l'eau lorsque la température s'abaisse joue contre la fréquence des rencontres des particules pendant la phase de floculation et, par conséquent diminue le nombre de chocs efficaces.

- Le pH de l'eau :

Chaque coagulant a une plage de pH de fonctionnement bien définie: le sulfate d'aluminium nécessite un pH de l'ordre de 6,5, correspondant au minimum de solubilité de l'hydroxyde d'aluminium. Les coagulants organiques de synthèse sont également moins sensibles au pH de l'eau. De plus, l'ajout de réactifs de coagulation modifie en général le pH qui nécessite souvent l'ajout d'un réactif pour son ajustement (basique pour compenser l'acidité produite si le TAC de l'eau est insuffisant)

- La turbidité de l'eau :

Plus une eau est chargée en matières en suspension (MES), plus elle coagule mieux et flocule mieux.

Si la teneur en MES est trop faible, il faut artificiellement l'augmenter, en recirculant dans l'ouvrage de floculation des boues issues de la décantation.

2 – Filtration :

La filtration est une opération de séparation solide/liquide par laquelle les matières en suspension sont séparées du liquide lors du passage de ce dernier sur un corps poreux, le milieu filtrant, qui retient les solides et laisse passer le liquide épuré, le filtrat. Ce procédé est universellement employé, tant dans l'industrie chimique de traitement des eaux. Il existe plusieurs types de filtration dont les mécanismes opérationnels dépendent à la fois de la taille et de la concentration des impuretés de l'eau à traiter ainsi que de la nature du milieu filtrant.

L'eau passe à travers neuf filtres à graviers disposés en parallèle. La circulation sous pression de l'eau à travers les filtres permet d'éliminer les particules en suspension n'ayant pas décanté et obtenir ainsi l'eau filtrée. Après un cycle de production, le filtre doit être lavé à contre courant par de l'eau filtrée pour décolmatage.

Le stockage de l'eau filtrée est assuré par deux bacs de 200m³ de capacité unitaire.

3 -1 - Utilisation de l'eau filtrée

L'eau filtrée produite par le complexe MP1 est destinée à:

➔ La production d'eau potable

Pour obtenir l'eau potable l'eau filtrée va passer dans des bacs pour être désinfectée à l'aide de l'eau à javel, ensuite elle va traverser le charbon actif (phot.2) pour éliminer l'odeur.

Le charbon est un composé à haute teneur en carbone, adsorbe beaucoup de composés dont certains toxiques. Le chlore est éliminé par catalyse et les organites sont dissous par adsorption. L'eau est passée à travers du charbon actif, issu de la noix de coco ou du charbon, pour la purifier de ces composés. Elle permet aussi d'éviter le colmatage par les composés organiques dissous.



Photo 2 : Charbon actif utilisé pour la production de l'eau potable

➔ La production d'acide phosphorique.

MOIS	production (P2O5)	cons eau brute (m3)
Janv.	37215	546668
Fevr	34279	512360
Mars	44791	609820
Avr	41316	604020
Mai	52509	702400
Juin	52524	708480
Juil	54368	723175
Août	54009	790195
Sept	48512	698526
Oct.	32456	522984
Nov.	44900	655720
Déc.	49583	685334
Janv.	42073	671133
Fevr	36537	600183
Mars	50025	741701
Avr	48200	705407
Mai	44476	663750

Tableau 4 : suivi mensuel de consommation d'eau brute et la production de P2O5

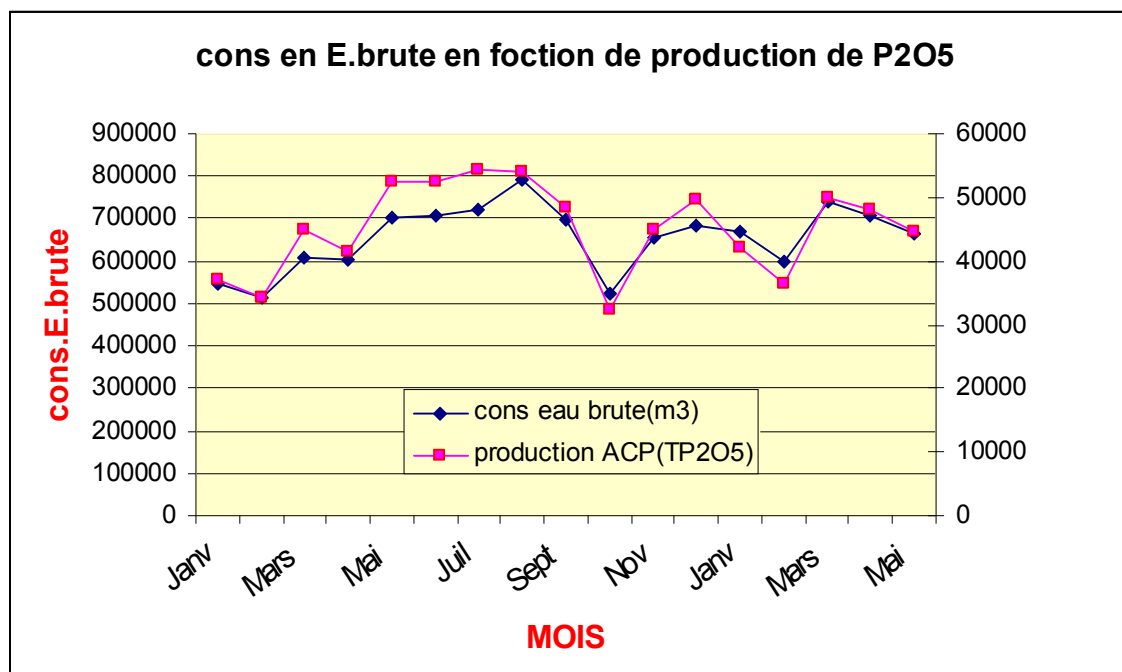


Figure 5 Consommation d'eau brute en fonction de production de P2O5

➔ La production d'eau déminéralisée.

L'eau filtré passe par une unité de déminéralisation pour éliminer les minéraux et les sels quelle contenait à l'origine. L'eau déminéralisée est utilisée pour des applications nécessitant une eau avec peu de sels et une conductivité faible tels que les chaudières.

Conclusion :

Le processus de coagulation floculation a fait apparaître divers mécanismes, souvent complexes et dépendant fortement du pH de l'eau à traiter, il a des avantages par le fait qu'il est:

- Très économique;
- Particulièrement efficace;
- Dimensions des installations réduites;
- Les rendements sont excellents sur les Matières en Suspension et bons sur les matières Oxydables;
- Exploitation très facile;
- Mise en service et arrêt instantané;
- peu de mécanique et électricité.

En revanche l'atelier TED connaît un problème de manque des appareils de suivi tels que :

- le turbidimètre pour l'ajustement des paramètres physico-chimiques de l'eau;
- des appareils pour le dosage du coagulant.

3ème Partie :

Production d'eau déminéralisée

1 - Caractéristiques de l'eau :

La compréhension des divers traitements à appliquer à l'eau, nécessite une connaissance sommaire de la chimie de l'eau.

Le choix du type de traitement à faire subir à l'eau d'appoint peut aller du simple conditionnement jusqu'à la déminéralisation totale permettant de fournir une eau de haute pureté avec une teneur en silice SiO_2 de quelque microgrammes /litre .

Aussi, trois facteurs détermineront le mode de traitement pour l'eau d'appoint qui sont : la **dureté**, l'**alcalinité** et la **teneur en silice**.

- La dureté est liée aux conséquences du primage, elle doit être limitée pour diminuer au maximum les risques d'entraînement des sels dans la vapeur.

- L'alcalinité conditionne le phénomène de primage qui se traduit par s'entraînement des gouttelettes d'eau avec la vapeur au delà de la chaudière.

- La teneur en silice conditionne deux phénomènes :

- * le phénomène de précipitation de la silice dans la chaudière si l'alcalinité n'est pas suffisante pour permettre de maintenir la silice sous forme de silicate soluble ;

- * le phénomène d'entraînement par la vapeur de la silice ; ce phénomène est totalement indépendant du premier et se produit à partir d'une température de 250°C ; notamment pour des chaudières ayant une pression de fonctionnement supérieure à 40 bars.

↳ Unités de mesure :

En chimie de l'eau, on utilise différentes unités pour exprimer les concentrations.

- Milliéquivalent par litre

Généralement, les résultats d'analyses sont évalués en **équivalent gramme par litre**.

L'équivalent-gramme est le quotient de la masse de l'atome gramme par la valence.

Pratiquement, pour éviter les décimales, on prend pour unité le **milliéquivalent par litre** dont la notation abrégée s'écrit (méq/l). C'est la concentration d'une solution N/1000.

↳ **Degré français**

Dans la pratique du traitement de l'eau, on utilise le degré français qui correspond à la concentration d'une solution N/5000.

$$1\text{méq/l} = 5^\circ\text{F}$$

↳ **La dureté de l'eau :(TH)**

Le titre hydrométrique (TH) indique la teneur globale en sel de calcium et de magnésium qui sont responsables de la dureté de l'eau. Dans la plupart des eaux naturelles, le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 90%.

On distingue :

- le TH totale : totalité des sels de calcium;
- le TH magnésien : totalité des sels de magnésium;
- le TH temporaire ou encore dureté carbonatée correspond aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium susceptibles de précipiter par ébullition;
- le TH permanent ou dureté non carbonatée correspond au sulfate et au chlorure de calcium et magnésium stables.

Les carbonates de calcium et de magnésium étant très peu solubles, la dureté carbonatée est donc due généralement aux bicarbonates.

Une élévation la température supérieure à 60°C transforme les bicarbonates en carbonates insolubles, ce qui rend l'eau entartrée.

↳ **Alcalinité de l'eau :(TA et TAC)**

Le titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC): ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau.

Le TA dose la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates qui sont alors entièrement transformés en bicarbonates à un PH de 8,3.

↳ Titre en acides forts (TAF)

Il est utilisé lorsque l'eau est décationnée en cycle hydrogène, il mesure donc l'acidité liée aux sulfates, chlorures et nitrates: c'est à dire les concentrations en acides sulfuriques, chlorhydriques, et nitriques.

2 - Pourquoi la déminéralisation ?

Une opération suffisamment commune dans l'industrie est la génération de vapeur, normalement utilisée pour la production de travail mécanique en turbines (vapeur surchauffée) ou dans des processus de chauffage, dans lequel s'emploie la vapeur saturée.

Indépendamment de son utilisation, la qualité de la vapeur dans ces opérations est fondamentale, en étant dépendante d'un dimensionnement correct des lignes de distribution, des purges, des valves, des accessoires et, principalement, d'une bonne qualité de l'eau utilisée pour produire cette vapeur.

Pour répondre à cette question, nous allons auparavant connaître les quatre grands ennemis des systèmes de générateurs de vapeur :

- * Les incrustations;
- * La corrosion;
- * L'érosion.;
- * Le primage.

- Les incrustations sont dues à l'augmentation de concentration de sels et à d'autres substances dissoutes et suspendues dans l'eau, vu que ces matières ne sortent pas conjointement de la vapeur dans des conditions normales d'opération.

Après avoir atteint le point de saturation, ces substances (principalement les sels de calcium et de magnésium, dureté, et silice) précipitent, et forment un agrégat très dur et adhérent aux surfaces d'échange thermique des chaudières. Comme conséquence, nous avons une diminution du transfert de chaleur, une augmentation de la consommation de combustible et

une chute de la production de vapeur, pouvant même causer une rupture de tuyauteries due au surchauffage.

Pour éliminer ce sérieux inconvénient, on doit procéder à un traitement chimique interne de l'eau.

- La corrosion dans des chaudières, en règle générale, est causée par la présence de gaz dissous (principalement l'oxygène) et sa réaction avec le fer présent dans l'acier de l'équipement. Comme mesure préventive, est effectué le dégazage de l'eau d'alimentation de la chaudière, à travers des méthodes mécaniques (dégazage) complétées chimiquement par l'addition de séquestrant d'oxygène. Nous rappelons que, pour des chaudières à hautes pressions, la corrosion et l'érosion sont devenues les préoccupations principales du traitement, vu que les étapes de prétraitement d'eau de ces chaudières sont obligatoires et les incrustations normalement présentes sont d'origines résiduelles et dues à la corrosion (tel que l'oxyde de fer).

3 - Unité de déminéralisation

Elle a pour rôle d'éliminer les ions contenus dans l'eau filtrée. Cette unité est dotée de quatre chaînes composées chacune d'une chaîne primaire et d'une autre secondaire (Fig. 6)

Chaîne primaire : elle est destinée à éliminer la majeure partie des ions contenus dans l'eau; elle comprend (Fig.6):

- ♦ un échangeur cationique fortement acide ;
- ♦ un échangeur anionique faiblement basique ;
- ♦ un dégazeur commun à toutes les chaînes primaires pour l'élimination du CO₂ libre résultant de l'échange entre la résine cationique forte et les bicarbonates

Chaîne secondaire : elle sert à capter les fuites ioniques de la chaîne primaire et les sels d'acides faibles tels que la Silice et le CO₂ l'échange d'ions se fait grâce à un échangeur à lit mélangé (Mixed Bed). Les deux résines (cationiques, anioniques) sont placées à l'intérieure de chacune des unités et séparée par ordre de densité

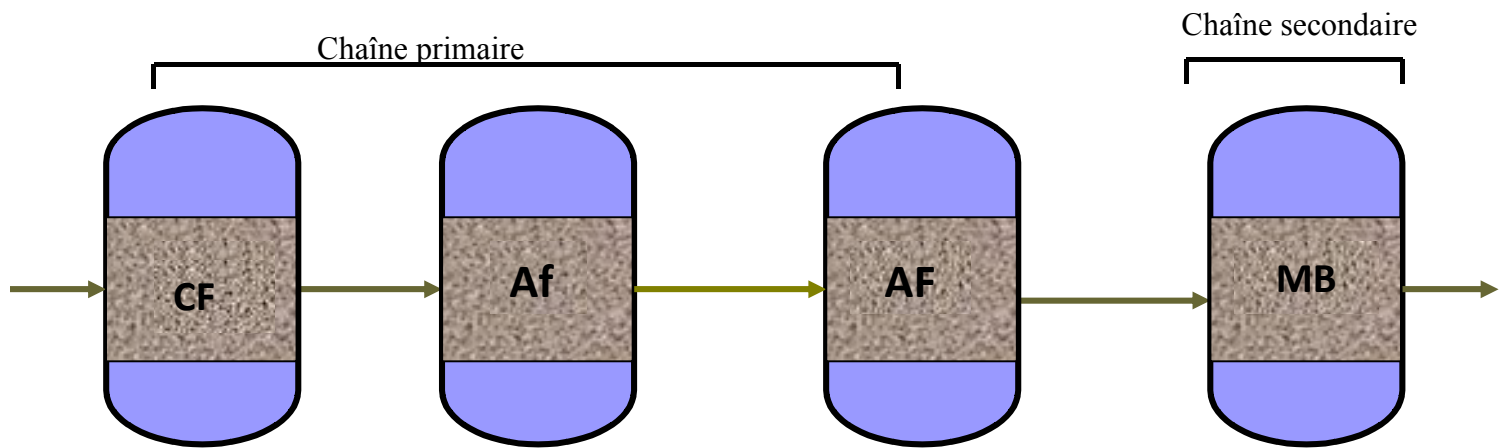


Figure 6: Présentation schématique d'une ligne de déminéralisation employé à Maroc Phosphore 1 de Safi. CF : échangeur de cation ; Af : échangeur d'anion faiblement basique ; AF : échangeur d'anion fortement basique ; MB : échangeur à lit mélangé (Mixed Bed)

3- 1- Description du procédé

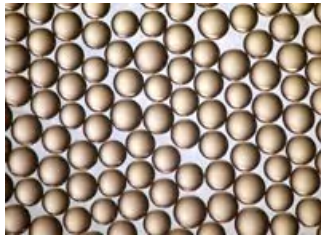
L'atelier de traitement des eaux de MAROC PHOSPHORE 1 dispose d'un poste de déminéralisation totale destinée principalement à la production de l'eau désilicée nécessaire à la marche du complexe. L'eau désilicée est utilisée comme eau d'appoint pour l'alimentation des chaudières de l'atelier sulfurique et des chaudières à Fuel.

La déminéralisation totale consiste à éliminer tous les ions présents dans l'eau filtrée par l'utilisation de résine échangeuses d'ions. Pour cela, l'atelier dispose principalement de (voir annexe) :

- trois chaînes de déminéralisation totale (A, B, D) fonctionnant selon le procédé co-courant à lit fixe ;
- deux chaînes (Z) et (H) fonctionnant selon le procédé contre courant à lit flottant ;
- deux bacs de stockage d'acide sulfurique (H_2SO_4) de capacité unitaire 15m³ ;
- deux bacs de stockage de soude caustique (NaOH) de capacité unitaire 15m³ et un autre de capacité 50m³ ;
- un bac d'eau déminéralisée de capacité 500m³ ;
- un bac d'eau désilicée de capacité 500m³ et 2 bacs de capacité unitaire 250m³.

3-2- Les résines échangeuses d'ions

Ce sont de minuscules billes de plastique, d'un diamètre d'environ 0,6 mm. Ces billes sont poreuses et contiennent de l'eau, invisible et inamovible. La structure de la résine est un polymère (comme tous les plastiques) sur lequel un ion fixe a été fixé de façon permanente. Cet ion ne peut pas être enlevé ou remplacé : il fait partie de la structure. Pour préserver la neutralité électrique de la résine, chacun de ces ions fixes doit être neutralisé par un contre ion de charge opposée. Ce contre ion est mobile et peut sortir de la résine ou y entrer.



(1)



(2)

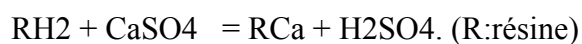
Figure 7 : schéma (1) et photo (2) de résines échangeuses d'ion. Une résine a la taille d'une bille de 0,6 mm de diamètre.

3-3- Mécanismes réactionnels de la résine.

☞ Un échangeur cationique fort (CF)

Contient une résine cationique fortement acide qui est destinée à éliminer de l'eau les ions positifs (Ca^{++} ; Mg^{++} ; Na^{++}) en les échangeant contre des ions H^+ .

Exemple:



L'eau sortant de cet échangeur est nommée eau décationique. Elle a pour caractéristiques:

TH= 0; PH= 3; TAF= 60°F

☞ Un échangeur anionique faible (Af) contenant une résine anionique faiblement basique (type Lewat MP64), destinée à éliminer de l'eau sortant du cationique les sels d'acide fort (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^{2-}) par échange avec des ions hydroxyde (OH^-).

Exemple:



L'eau recueillie après cet échangeur est considérée comme une eau déminéralisée. Elle a les caractéristiques suivantes:

TH= 0; PH= 5.5-7.5; conductivité < 30 μ S/cm.

Une partie de cette eau est utilisée pour les ateliers comme eau de procédé.

☞ Un dégazeur

Ce dégazeur est inséré entre l'anionique faible et fort et est chargé d'éliminer une partie du CO₂ présent dans l'eau avant son passage vers l'anionique fort. Le dégazage est réalisé par insufflation d'air à travers l'eau.

☞ **Un échangeur anionique fort (AF)** contenant une résine anionique fortement basique destinée à éliminer de l'eau sortant de l'anionique faible les sels d'acide faible tels que les carbonates(CO₃²⁻), l'acide silicique (SiO₃) qui sont échangés contre les ions hydroxydes de l'échangeur.

L'eau recueillie après cet échangeur est considérée comme presque désilicée. Elle a pour caractéristique:

TH= 0; TAF= 0; PH= 8; cond. Électrique < 15 μ S/cm

☞ **Un échangeur à lit fixe mélange (ou Mixed Bed)** contenant un mélange de résines fortement acide et de résine fortement basique, chargé d'assurer la finition de la déminéralisation totale de l'eau destinée à l'alimentation des chaudières. L'eau à la sortie du Mixed Bed a pour caractéristiques:

TH= 0 ; TAF= 0; TAC= 0; SiO₂ < 0.02ppm; PH = 6.5 -7.5; cond.électrique < 1 μ S/cm

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 ou par la présence de traces de silice à la sortie de Mixed Bed.

On doit alors arrêter la production de la ligne épuisée et effectuer une régénération de la résine. La régénération consiste à faire circuler une solution régénérante à travers la résine

pour la ramener à son état initial. Ainsi, la résine cationique est régénérée par une solution d'acide sulfurique et la résine anionique par une solution de soude caustique.

3 - Méthodes de régénération.

La régénération est effectuée par percolation d'une solution concentrée d'ions A, soit dans le même sens que la saturation (régénération à co-courant), cas des anciennes chaînes de déminéralisation d'eau, LA, LB et LD de Maroc Phosphore 1, soit en sens contraire (régénération à contre-courant), cas des chaînes de déminéralisation d'eau, LZ et LH de Maroc phosphore1 (voir l'annexe)

Régénération à co-courant

Au cours de cette opération (Fig.8), la solution régénérante est d'abord mise en contact de couches d'échangeurs d'ions saturées (zone B), qui vont être chassées de la résine, ce régénérant est ensuite transporté vers des couches d'échangeurs d'ions qui sont dans un état de moindre saturation sur lesquelles se fixe de nouveau en permutation avec des ions de la zone A.

Il apparaît donc que, pour une régénération totale de l'échangeur d'ions, il est pratiquement nécessaire de faire subir une double permutation à une quantité d'ions correspondant au rapport A/B.

Enfin, si la quantité de régénérant est limitée, les couches inférieures ne sont pas parfaitement régénérées.

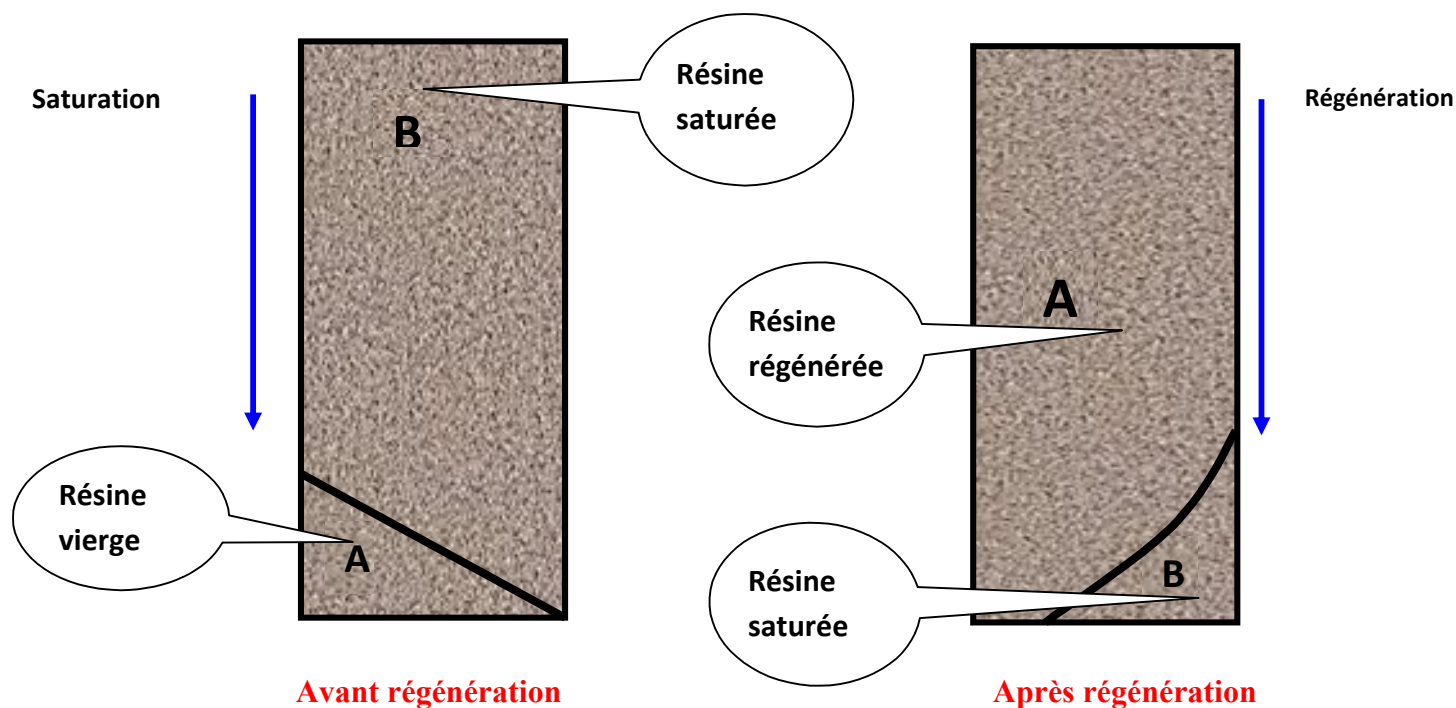


Figure 8 : présentation schématique du procédé co-courant. (D'après El Asri, 2006)

🔧 Régénération à contre-courant:

Les phénomènes sont différents lorsque la production se fait de bas en haut, en effet, dans ce cas, le régénérant rencontre d'abord les ions moins saturés de la zone A (Fig.9). Ensuite le régénérant transporté vers des couches d'échangeurs d'ions qui sont plus saturées. Dans ce cas le procédé consomme moins de réactifs de régénération.

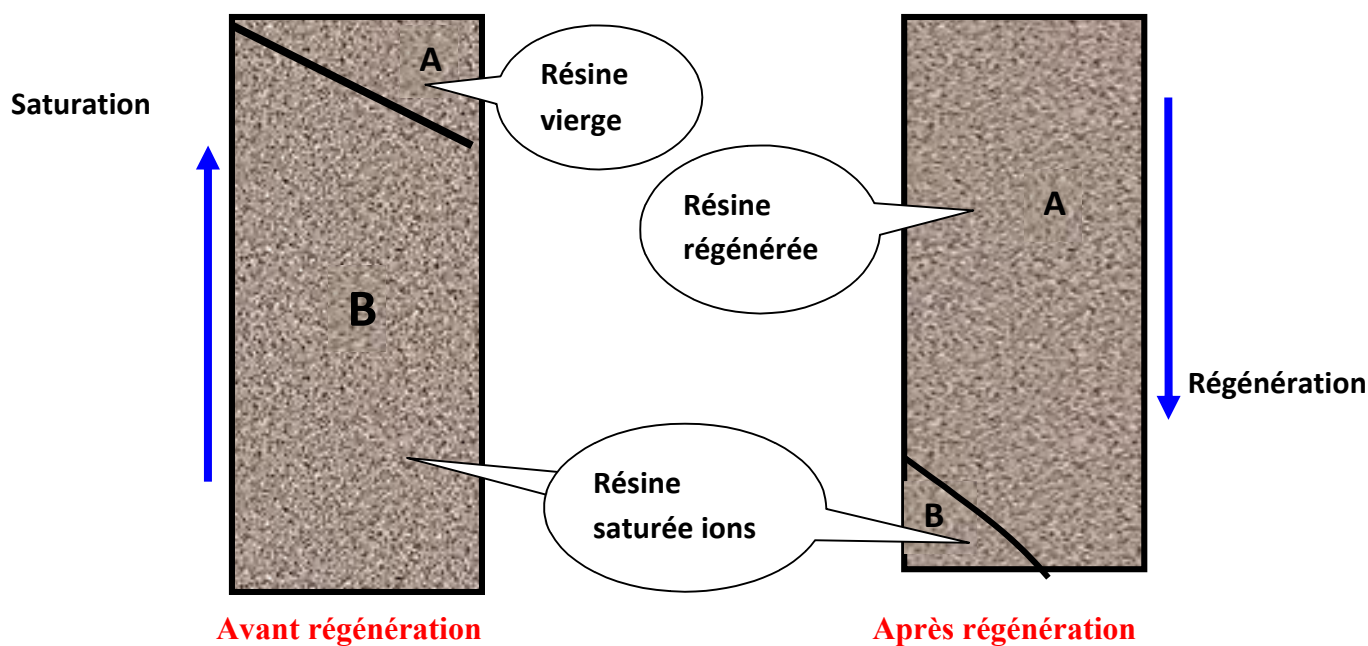


Figure 9 : schéma illustrant le procédé contre courant. (D'après El Asri, 2006)

5 - Comparaison des performances théoriques et actuelles entre les chaînes de déminéralisation

Le tableau 5 suivant illustre de manière sommaire cette comparaison.

Tableau 5 : comparaison des performances des chaînes de déminéralisation lits fixes avec les chaînes à lits flottant de Maroc Phosphore 1.

Comparaison des performances des chaînes de déminéralisation lits fixes avec les chaînes à lit flottant de Maroc Phosphore 1		cationique S100WS		Anionique faible MP64	
		Théorique	Actuelle	Théorique	Actuelle
Données moyennes des chaînes à lits flottants	volume de résine	18000	18000	10000	10000
	volume d'un cycle m3	945	650	800	610
	taux de régénération en g de réactif à 100%/l de résine	80	240	60	35
	consommation spécifique en g de réactif à 100%/l d'eau traité	1,5	5	0,75	0,56
Données moyennes des chaînes à lits fixes	volume de résine	8300	8300	5000	5000
	volume d'un cycle m3	435	390	400	359
	taux de régénération en g de réactif à 100%/ l de résine	120	293	80	50
	consommation spécifique en g de réactif à 100%/l d'eau traité	2,3	6,2	1	0,68

On peut constater, d'après le tableau 5 ci-dessus que le volume d'eau produite par cycle des lignes de déminéralisation est normal pour des consommations spécifiques de soude caustique théoriques et les productions actuelles n'ont pas de sens du fait que les taux de

régénération utilisés sont différents, c'est-à-dire qu'on consomme moins de réactif (soude caustique).

Toutefois, la consommation de l'acide sulfurique est augmentée d'environ trois fois de celle préconisée par le constructeur, et ce pour éviter l'épuisement prématuré du cationique qui assure à la fois la production d'eau déminéralisée totale et l'eau de régénération pour les autres échangeurs d'ions.

Cette étude comparative permet de dégager les faits suivants :

- ↳ la qualité de l'eau produite par les lignes à lit flottant est meilleure ;
- ↳ la qualité de l'eau produite par les lignes à lit fixe est moyennes.

6 - Actions d'amélioration de la productivité des chaînes.

6 - 1- Qualité de l'eau filtrée

Les résines d'échange d'ions doivent rester propres pour fonctionner efficacement, l'eau filtrée ne doit donc contenir ni matières en suspension, ni algues, ni huiles, ni autres impuretés qui se fixeraient sur les résines et diminueraient leur capacité. De plus les matières organiques colmatent les sites actifs et empoisonnent la résine, dans ce cas, il faut procéder au nettoyage de la résine par un traitement à la saumure chaude appelé (causticsalt).

Un intérêt particulier doit être donc donné à l'installation de prétraitement de l'eau brute, c'est-à-dire, l'installation de décantation et de filtration d'eau brute avec un:

- ↳ suivi de la préparation et de dosage des réactifs (sulfate d'alumine et de flocculant);
- ↳ suivi de la turbidité de l'eau (visuel et par analyse);
- ↳ contrôle périodique de l'état de remplissage des filtres à gravier.

6- 2- Conditions de régénération :

Concentration des réactifs

Les concentrations d'acide sulfurique 2%, 4% et 8% utilisées pour la régénération des échangeurs cationiques ne sont pas choisies au hasard, mais de manière à éviter la précipitation et l'enrobage de la résine par les sulfates de calcium.

Toute fausse manœuvre lors du dosage des réactifs peut avoir des conséquences néfastes pour la tenue de la résine et sa capacité de production.

Par conséquent, il faut remettre en état de marche le système de réglage des courses des pompes doseuses pour avoir la concentration correcte et non pas jouer sur le débit d'eau de dilution, comme ils procèdent actuellement.

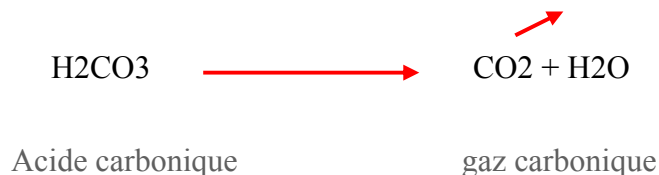
6- 3- Etat des résines :

D'après la documentation et le fournisseur de la résine échangeuse d'ions, la résine perd 3% de sa capacité annuellement.

Il faut donc renouveler la résine chaque cinq ans puisqu'elle est économiquement rentable et l'investissement sera amorti par l'économie de soude caustique.

4- Elimination du CO₂ :

Les dégazeurs de CO₂ sont utilisés dans les installations de déminéralisation afin d'éliminer, par aération, le gaz carbonique formé à la sortie d'échangeur d'ions cationique par transformation de l'acide carbonique en gaz carbonique :



Le dégazeur permet de réduire le taux de CO₂ de 50%.

C'est pour cette raison que deux dégazeurs ont été installés par les moyens internes de Maroc phosphate 1.

Conclusion :

Bien que, la capacité de production de l'installation de déminéralisation des eaux de Maroc phosphore1, est surdimensionnée et peut fournir un minimum de 100 m³/h d'eau désilicée en continu, étant donné que toute la production des quatre chaînes est transformée en eau désilicée. Autrement dit, les lignes sulfuriques qui consommaient l'eau déminéralisée, sont alimentées en eau filtrée depuis les années 90 où l'appoint en eau désilicée est devenu important.

Il y a toujours lieu, de faire des actions d'amélioration et d'économie pour pouvoir progresser. C'est dans cet esprit qu'ils ont ajouté un échangeur cationique destiné à produire l'eau décationnée nécessaire à la régénération des quatre chaînes de déminéralisation.

L'achat et l'installation d'un nouveau cationique a permis d'obtenir une marche continue des lignes, disponibilité des lignes de réserve et un gain en production d'eau désilicée et en débit horaire de 50m³/h.

Un intérêt particulier doit être porté à l'installation de décantation et de filtration d'eau brute pour préserver la capacité de la résine et assurer une bonne exploitation des chaînes de déminéralisation.

7- Comparaison entre le procédé à lit fixe et autre à lit Flottant

7 - 1 - Procédé à lit fixes régénérés à co-courant :

Le procédé de traitement des eaux utilisant les échangeurs d'ions en lits fixes, régénération et saturation, de haut en bas (Fig.10), est parmi les techniques les plus aisées à mettre en oeuvre.

Il utilise au niveau des chaînes de déminéralisation d'anciennes lignes, LA, LB et LD de Maroc phosphore 1 et au niveau des quatre chaînes de déminéralisation, dites anciennes lignes, de Maroc Chimie.

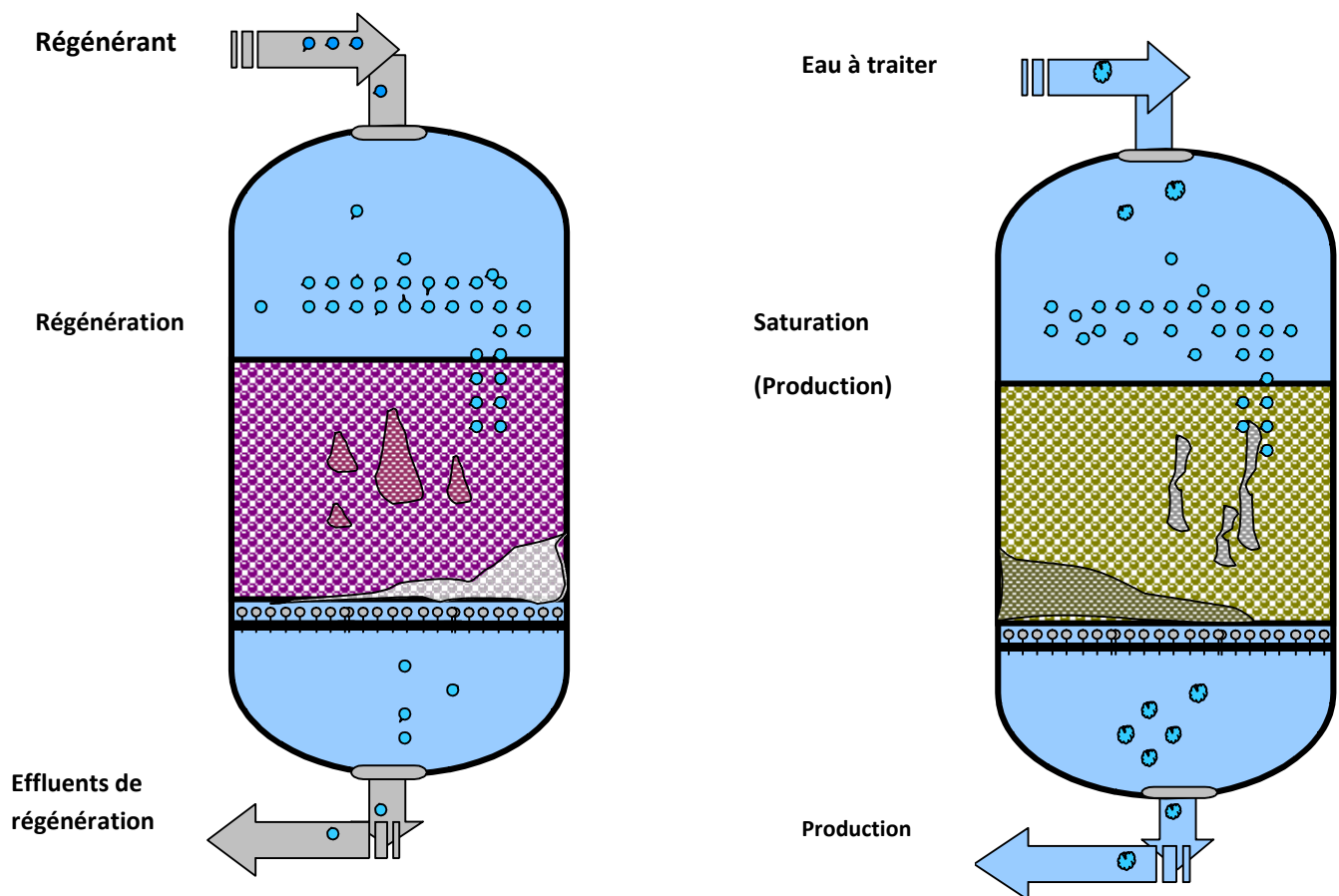


Figure 10 : schéma illustrant le procédé à lit fixe (D'après ELASRI, 2006)

Le cycle d'utilisation comporte successivement quatre phases :

- **fixation** : traversée de la couche de haut en bas par le volume d'eau à traiter ;
- **détassage** : soulèvement de la couche de la résine à contre courant ;
- **régénération** : passage de haut en bas du réactif régénérant ;
- **rinçage** : élimination par un lavage de haut en bas à l'eau, du régénérant imprégnant la résine.

Ce procédé, à co-courant, présente beaucoup d'inconvénients dont on cite par exemple :

- la plus grandes consommations de réactifs ;
- les éventuelles fuites ioniques pouvant entraîner des conductivités plus élevées ;
- les plus fortes consommations d'eau de service ;

- la capacité utile d'échange des résines devenant plus faibles.

Ces inconvénients nous incitent à penser des méthodes plus modernes comme celle d'échangeurs d'ions à lits flottants avec une Régénération à contre courant nous parait la plus adéquat pour le Maroc Phosphore 1.

7 - 2- procédé à lits flottants

Le cycle de production s'effectue de bas en haut et la régénération de haut en bas (figure11)
Le procédé de traitement des eaux à lit flottant est utilisé au niveau de la 5ème chaîne de déminéralisation de MAROC PHOSPHORE 1 et au niveau des trois chaînes de déminéralisation de MAROC PHOSPHORE 2.

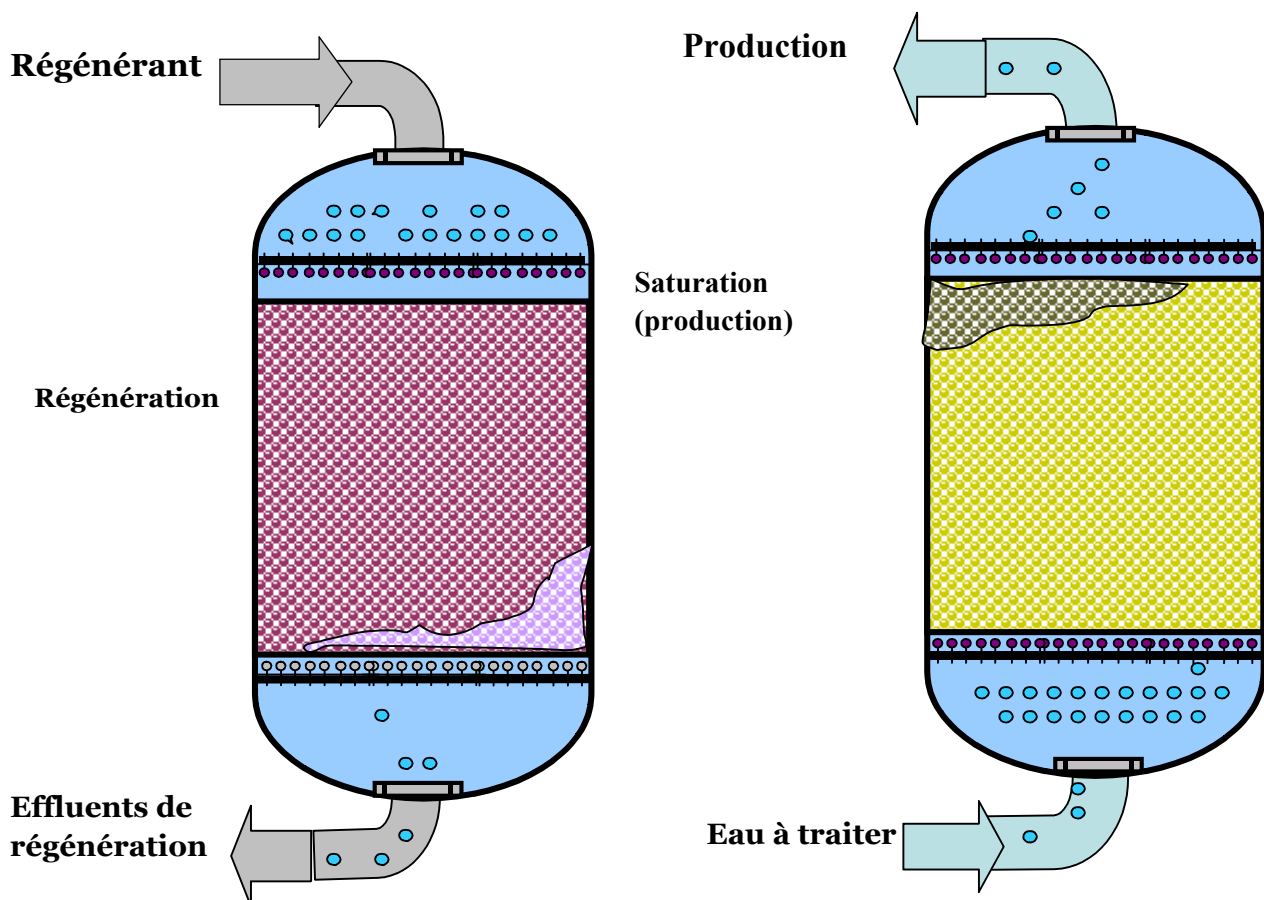


Figure 11 : schéma montrant le procédé à lit flottant (D'après ELASRI)

En production, grâce à la vitesse de passage, la partie supérieure du lit de résine est compactée contre le système de drainage, alors que la couche inférieure constituée des billes de résines les plus grosses est fluidisée. Cette couche fixe la plus grande partie des ions et travaille à saturation totale alors que la partie supérieure, la mieux régénérée et qui est composée des éléments les plus fins de la résine, sert de couche de finition et assure la qualité.

Les inconvénients inhérents au système sont essentiellement :

- L'impossibilité d'arrêter et de trop réduire le débit en cours de cycle sous peine de bouleverser les couches du lit de résine, en cas de déclenchement électrique ou baisse de la pression d'eau filtrée, le lit flottant chute et le cycle de production est raté en conséquence,
- En cas d'eau chargée en matière en suspension (MES) ou passage de l'eau brute non traitée, la partie inférieure du lit de résine retient ces impuretés qui empêchent l'échange ionique entre la résine et l'eau à traité.

Conclusion :

Le procédé de déminéralisation des eaux à co-courant n'est plus à la mode du fait des inconvénients qu'il cause au système parmi ces inconvénients on cite :

- ☞ la fuite ionique plus élevée ;
- ☞ la plus forte consommation d'eau de service ;
- ☞ la perte de charge sensiblement plus élevée
- ☞ la capacité utiles plus faibles
- ☞ la hauteur de la colonne contenant la résine est moins important.

Ces inconvénients et ces problèmes pouvant être résolus par le développement de procédés plus performants, en l'occurrence, celui à lit flottant.

Conclusion générale

Le travail mené dans le cadre de notre projet de fin d'études est une contribution au traitement et à la déminéralisation des eaux impliquées au Maroc phosphore I (MPI) de Safi (O.C.P., Maroc). L'application d'une approche à la fois de coagulation, de floculation et de déminéralisation de ces eaux a permis de ressortir les résultats suivants :

- le processus de coagulation se révèle non contrôlé par une règle générale, l'ajout des coagulant se fait généralement d'une manière aléatoire ;
- le procédé de déminéralisation des eaux à co-courant n'est plus adéquat du fait des inconvénients qu'il cause à l'installation ;
- la qualité de l'eau produite par les lignes à lit flottant est meilleure ;
- la qualité de l'eau produite par les lignes à lit fixe est moyenne ;

Il convient, en revanche, de faire des actions d'amélioration et d'économie des réactifs en surveillant en continue les processus de décantation et de filtration d'eau brute pour préserver la capacité de la résine et assurer une bonne exploitation des chaînes de déminéralisation.

L'achat de nouveaux appareils de suivi des paramètres physico-chimiques, notamment le turbidimètre, et leur entretien régulier est nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Ellassri B. (2006) - Possibilité de transformer les lignes co-courant à contre courant. Rapport interne de l'OCP. 80 p.
- Hermia J. (1975) - Traitement des eaux industrielles. Louvain-la-Neuve, 2^{ème} édition.
- Rezeg A. et Achour S. (2005) - Elimination d'acides organiques aromatiques par coagulation-floculation au sulfate d'aluminium. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.141-152.
- Relvamine 138, (2007) - L'importance du traitement de l'eau des chaudières à vapeur et des réseaux de vapeur.
- Segten A. et Freg H. (2009) - Le dessalement d'eau de mer au cœur de la stratégie du développement du groupe office chérifien des phosphates (OCP). Revue HTE N°142.

Références électroniques:

- www.babkhouribga.com: OCP; les travaux du pipeline;
- www.groupe OCP .ma: L'historique de l'OCP;
- www.Gls.fr: le mélange rapide et la floculation dans la production d'eau potable;
- www.safewater.org : traitement des eaux conventionnel coagulation et floculation.

ANNEXE

Liste des abréviations

OCP : office chérifien du phosphate

TED : traitement d'eau douce

MP1 : Maroc phosphore 1

HP : haute pression

MP : moyen pression

BP : basse pression

ONE : office national électrique

IDS : industrie de Safi

H₂SO₄ : acide sulfurique

P₂O₅ : acide phosphorique

MP1 : Maroc Phosphore 1

MES : matière en suspension

TAC : titre alcalimétrique complet

TA : titre alcalimétrique

TAF : titre en acides fort

°F : degrés français

Liste des Figures

Figure 1 : organigramme montrant le découpage administratif de Maroc phosphore de Safi.

Figure 2 : diagramme montrant l'utilisation de l'eau dans le complexe MP1.

Figure 3 : besoin en eau du groupe OCP.

Figure 4 : schéma illustrant le processus de coagulation, floculation et de sédimentation

Figure 5 : consommation en eau brute en fonction de production de P₂O₅.

Figure 6 : présentation schématique d'une ligne de déminéralisation employée au Maroc Phosphore 1.

Figure 7 : schéma (1) et photo (2) de résines échangeuses d'ion.

Figure 8 : présentation schématique du procédé co-courant

Figure 9 : schéma illustrant le procédé contre courant.

Figure 10 : schéma illustrant le procédé à lit fixe.

Figure 11 : schéma montrant le procédé à lit flottant.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : besoin et ressources en eau du groupe OCP

Tableau 2 : consommation des réactifs de la coagulation et de floculation

Tableau 3 : résultats d'analyses d'eau après décantation

Tableau 4 : suivi mensuel de consommation d'eau brute et la production de P2O5

Tableau 5 : comparaison des performances de chaînes de déminéralisation lits fixes avec les chaînes à lit flottant de Maroc phosphore 1.

Liste des photos

Photo 1 : sulfate d'aluminium utilisé pour la coagulation

Photo 2 : charbon actif utilisé pour la production de l'eau potable

Photo 3 : résine échangeuse d'ion