

REMERCIEMENT	2
SUJET DE STAGE	3
INTRODUCTION GENERALE	4

SOMMAIRE

PARTIE I : PRESENTATION DE LA SOCIETE	5
---------------------------------------	---

PARTIE II : BIBLIOGRAPHIQUE	9
-----------------------------	---

PARTIE III : TRAITEMENT DU SUJET	20
----------------------------------	----

CHAPITRE I- DESCRIPTION ET ETUDE DU TED A IMACID

1- RESEAU EAU BRUTE ET INCENDIE	21
2- CIRCUIT DE FILTRATION	22
3- POSTE DE POTABILISATION	25
4- INSTALLATION DE DESILICIATION	26
5- POLISSAGE	28

CHAPITRE II- ETUDE DU TRAITEMENT CHIMIQUE EFFECTUÉ SUR LA BOUCLE EAU/VAPEUR

1- INJECTION DU PHOSPHATE TRISODIQUE	33
2- INJECTION DE L'HYDRAZINE	34
3- INJECTION DE L'AMMONIAQUE	35

CHAPITRE III- MÉFAITS DU CHLORE SUR LES ÉCHANGEURS

1- MEFAITS DES COMPOSES CHLORES SUR LES ECHANGEURS	37
2- PROTECTION CONTRE LA CORROSION CAVERNEUSE	38

CHAPITRE IV- VARIATION DU SAF ET SOLUTIONS A ADOPTER

1- TITRE SAF	40
2- ANALYSES CHIMIQUES TED	40
3- SOLUTIONS A ADOPTER POUR AUGMENTER LE RENDEMENT DE LA CHAINE	44

CONCLUSION	46
PAGE D'ABREVIATIO	47

DEDICACE

Je dédis ce modeste travail à :

- Mes très chers parents qu'aucune dédicace ne peut exprimer mon respect et mon amour envers eux.
- Ma très chère famille en reconnaissance de tout soutien et sacrifice qu'elle n'a pas cessé de me présenter afin de prendre le bon chemin.
- Mes chers amis et collègues sans exception, qui me ont encouragé et qui ont été là pour me soutenir et m'aider et avec qui j'ai passé des meilleurs moments.

REMERCIEMENT

Tout d'abord je tiens à remercier, M. le doyen de la FSTF (Faculté des Sciences et Techniques), pour les bonnes conditions d'études qui

sont autant instructives que fructueuses ainsi que pour sa haute bienveillance tout au long de nos activités scolaire.

Mes remerciements s'adressent également à M. ASRI de m'avoir encadré toute la période de stage, ainsi que M. CHAROUIT de m'avoir accepté ma demande de stage, et M. HAJJAJI chef d'atelier pour les efforts qu'il a déployé et les conseils qu'il n'a cessé de prodiguer afin de mener à bien mon stage.

Enfin, je remercie toute l'équipe qui a contribué au bon déroulement de mon stage, sans oublier ceux qui, de près ou loin, m'ont aidé et encouragé pour aller de l'avant de cette expérience.

SUJET DE STAGE

- I- Faire une description détaillée de l'unité de traitement des eaux douces à IMACID.
- II- Faire une étude de traitement chimique sur la boucle eau/vapeur

III- Faire une étude des méfaits des composés chlorés sur les échangeurs et comment les éviter pour sécuriser ces installations.

IV- Le S.A.F est variable, selon la saison, l'évaporation de l'eau laissant beaucoup de sel en dépôt ce qui causera une augmentation du S.A.F par la suite une diminution du cycle net des chaines et finalement une augmentation de la conductivité.

Quelle est la solution efficace à adopter pour augmenter le rendement de la chaine durant toute l'année.

INTRODUCTION GENERALE

Dans le cadre de notre formation, il est indispensable d'effectuer des stages de formation au sein des différentes entreprises Marocaines ou étrangères.

Ces stages-là vont permettre, d'abord, de faire une certaine complémentarité entre la théorie et la pratique. Ensuite, ils offrent l'opportunité de se familiariser avec le monde professionnel dans lequel on va s'introduire à la fin de notre formation. Ainsi, cela va enrichir nos connaissances et forger notre esprit dans le but de résoudre les problèmes qui nous sont confiés. Sans oublier aussi le côté social et relationnel qu'on va

améliorer durant la période de stage en contactant tout le personnel de l'entreprise.

Mais, le choix de l'entreprise, au sein de laquelle on va effectuer notre stage, s'avère très important, à savoir : sa position dans le marché de production, son expérience professionnelle et sa réputation dans le monde de travail. Tous ces critères sont présents au sein du groupe OCP, la raison pour laquelle j'ai opté pour la réalisation de mon stage au sein de cet organisme industriel intéressant.

Ce rapport va contenir, dans un premier temps, une description générale du groupe OCP, et particulièrement le pôle Indo-Maroc phosphore ou IMACID. Dans un deuxième temps, on va entamer le sujet sur le traitement des eaux douces, sur la boucle eau-vapeur et sur les méfaits des composés chlorés sur les échangeurs. A la fin, on va aborder le cœur de sujet, celui de la variation du S.A.F.

I- GROUPE OCP EN BREF

Le groupe OCP détient des positions fortes et reconnues mondialement dans le secteur industriel des Phosphates et ses produits dérivés, grâce à une expérience de plus de 86 ans.

Il s'impose comme:

- Premier exportateur mondial des phosphates sous toutes formes.
- Premier exportateur mondial d'acide phosphorique.

Le groupe OCP est spécialisé dans l'extraction, le traitement, la valorisation et la commercialisation des Phosphates et de ses produits dérivés.

Ces procédés sont définis comme suit :

- Extraction : C'est une opération de l'extraction à ciel ouvert des phosphates. Elle se fait en quatre cycles : fourrage, sautage, découpage et défunter.
- Traitement : Son but est de valoriser les phosphates bruts par des méthodes de traitement en vue de son exportation, elle se compose

de plusieurs opérations : criblage, séchage, calcination, flottation et enrichissement à sec.

- Valorisation : C'est la production des acides phosphoriques et des engrais dans les entités chimiques du groupe à Jorf Lasfar et Safi.

II- PRESENTATION DU POLE CHIMIQUE

JORF LASFAR

Situé sur le littoral atlantique, à 20 km au sud-ouest d'El Jadida, le complexe industriel de JORF LASFAR a démarré sa production en 1986. Cette nouvelle unité a permis au Groupe OCP de doubler sa capacité de valorisation des phosphates. L'endroit a été choisi pour ses multiples avantages : Proximité des zones minières, existence d'un port profond, disponibilité de grandes réserves d'eau et présence de terrains pour les extensions futures.

Cet ensemble, qui s'étend sur 1.700 hectares, permet de produire chaque année 2 millions de tonnes P_2O_5 sous forme d'acide phosphorique, nécessitant la transformation de 7,7 millions de tonnes de phosphate extraits des gisements de Khouribga, 2 millions de tonnes de soufre et 0,5 million de tonnes d'ammoniac. Les besoins en énergie du complexe sont satisfaits par une centrale de 111 MW utilisant la chaleur de récupération.

Une partie de la production est transformée localement en engrais DAP, MAP, et NPK, ainsi qu'en acide phosphorique purifié. L'autre partie est exportée sous forme d'acide phosphorique marchand via les installations portuaires locales. Les procédés utilisés pour la production d'acide phosphorique et des engrais sont munis de système à double lavage des gaz avec recyclage du liquide dans la boucle de production. Résultat : des émissions gazeuses fortement atténuées et aucun rejet liquide.

Autre initiative : le point de rejet des effluents de phosphogypse dans l'océan a été choisi dans une zone à forts courants marins, selon les recommandations d'une étude océanographique et sédimentologique.

III- PRESENTATION GENERALE D'IMACID

Les partenariats industriels, engagés parallèlement aux accords de coopération, ont permis à l'OCP d'accroître la valeur ajoutée du phosphate marocain en le valorisant davantage.

Dans cette optique et afin de 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, IMACID (Indo Maroc Phosphore), 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 phosphates de Khouribga et 330.000 tonnes de soufre.

Un troisième actionnaire fut introduit dans le capital d'IMACID, Tata Chemicals Ltd, filiale du Groupe Indien Tata suite à un accord signé le 21 mars 2005 à New Delhi : 1/3 pour l'OCP ; 1/3 pour BIRLA ; 1/3 pour TATA.

▼ Tableau 1 : Les ateliers d'IMACID et leurs capacités

Atelier Sulfurique	<ul style="list-style-type: none"> » Capacité nominale de 3800 t/jour. » Procédé type MONSANTO à double absorption. » 194 t/h de vapeur HP (chaudière).
Atelier Phosphorique	<ul style="list-style-type: none"> » Capacité nominale de 3800 t/jour. » Procédé type MONSANTO à double absorption. » 194 t/h de vapeur HP (chaudière).
Atelier Phosphorique	<ul style="list-style-type: none"> » Capacité nominale : 1100 à 1400 tonnes de P₂O₅ par jour d'acide à 54%. » Procédé : PRAYON » Système de broyage : broyage humide » Concentration : quatre échelons de 440 tonnes P₂O₅ par échelon, à échangeurs tubulaires en graphite.

En plus des ateliers de maintenance (Electrique, mécanique et régulation) et un magasin de pièces de rechange.

I-TRAITEMENT DES EAUX DOUCES

L'atelier de traitement des eaux dispose un ensemble d'unité destiné à la production de quatre types d'eau nécessaire à la marche du complexe. :

- La production d'eau filtrée.
- La production d'eau potable.
- La production d'eau déminéralisée.
- La production d'eau désilicée.

➤ L'épuration Passe par les étapes suivantes:

1- Coagulation

La neutralisation ou annulation des charges électriques négatives portées par des particules colloïdales en suspension dans l'eau, rendant possible leur agglomération, leur floculation et leur précipitation.

2- floculation

Favoriser la floculation des matières en suspension, préalablement déstabilisées. Afin d'obtenir des floccs de grosses tailles et une décantation rapide

3- Décantation

C'est une séparation (solide /liquide) des matières en suspension dans l'eau brute en ajoutant des réactifs (coagulant + floculant) favorisant la bonne décantation

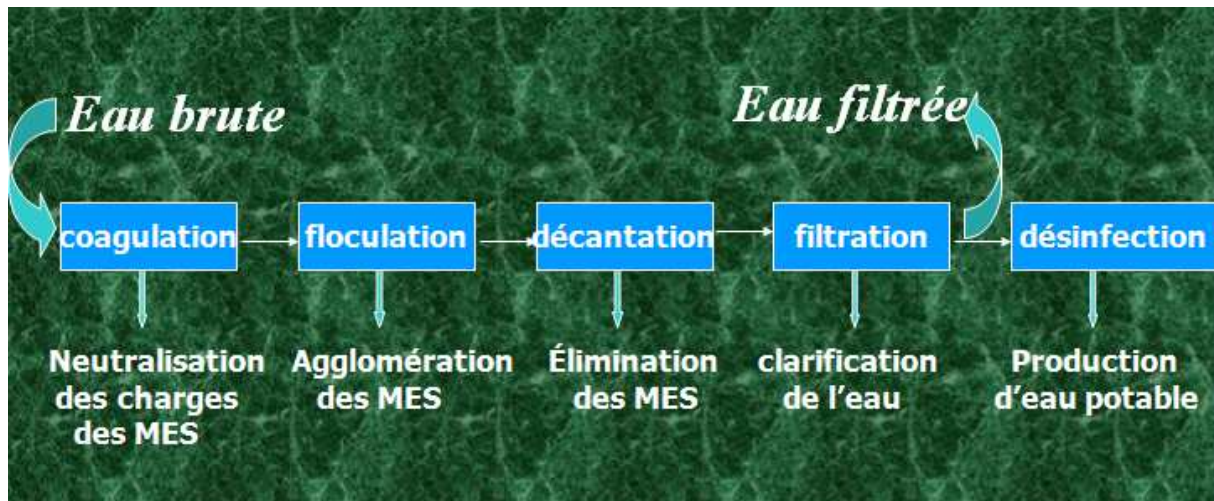
4- Filtration

Procédé physique destiné à clarifier l'eau décantée, en éliminant les particules très fines qui ont échappé à la décantation, en la faisant passer à travers un milieu poreux (sable)

5- Désinfection (Eau Potable)

Pour l'élimination des matières organiques, la suppression des goûts, des odeurs et la destruction des germes pathogènes

→ Production d'eau potable

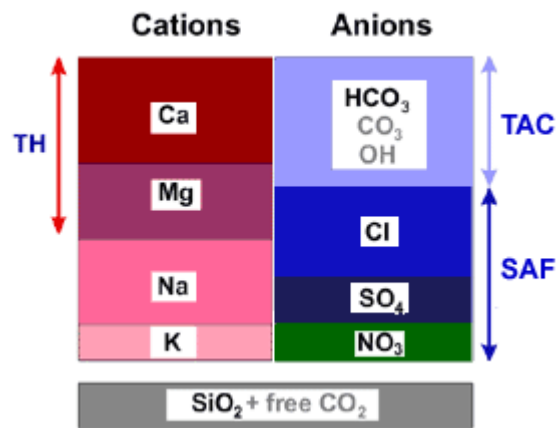


△ Figure 1 : Procédé d'épuration

II- L'ANALYSE D'EAU

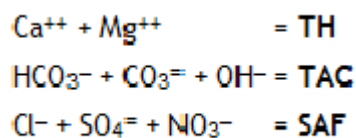
Les caractéristiques générales de l'eau à traiter sont décrites dans une autre page, avec les limites recommandées pour certains contaminants et paramètres. Nous présentons ici l'analyse de détail des substances minérales dissoutes dans l'eau.

L'image ci-dessous montre seulement les composants que l'on trouve dans la plupart des eaux de surface ou de forage, et qui sont importants pour le procédé d'échange d'ions.



△ Figure 2 : les composants présents dans l'eau

Traditionnellement, on regroupe certaines de ces substances :



- Le calcium et le magnésium constituent la **dureté totale** (TH = titre hydrotimétrique, Total Hardness en anglais).
- Le bicarbonate, le carbonate et l'hydroxyde forment l'**alcalinité** (TAC=titre alcalimétrique complet). Néanmoins, les eaux naturelles ne contiennent généralement pas de carbonate ou d'hydroxyde.
- Le chlorure, le sulfate et le nitrate forment les **sels d'acides forts** (SAF), également appelés titre acidimétrique fort (TAF ou Taci) après échange de cations.
- Lorsque la dureté est (en meq.L) plus grande que l'alcalinité, la dureté associée au bicarbonate est appelée "**dureté temporaire**" (= TH - TAC) et la

dureté restante est appelée "**dureté permanente**". Dans ce cas, la dureté temporaire est numériquement égale (en meq/L) au TAC.

- Lorsque la dureté est inférieure à l'alcalinité (en meq/L) il n'y a pas de dureté permanente, et la dureté temporaire est égale à la dureté totale.
- Toutes les eaux naturelles sont **équilibrées ioniquement**, ce qui veut dire que la somme des cations est égale à la somme des anions en meq/L.

D'autres ions, le plus souvent à l'état de traces mais parfois non négligeables, peuvent être combinés aux éléments ci-dessus :

- le baryum (Ba^{++}) et le strontium (Sr^{++}) sont des métaux alcalino-terreux (voir la note importante ci-dessous) et font donc partie de la dureté;
- pour le calcul d'une installation à l'aide d'un logiciel d'échange d'ions, on ajoute souvent le fer divalent (Fe^{++}), le nickel (Ni^{++}) et le cuivre (Cu^{++}) à la dureté;
- l'ammonium (NH_4^{++}) et le potassium (K^+) sont traités comme le sodium;
- le lithium (Li^+) réagit aussi comme le sodium (Na^+);
- le phosphate (PO_4^{3-}) appartient au groupe SAF;
- le fluorure (F^-), le bromure (Br^-) et l'iodure (I^-) sont des halogènes et se comportent comme le chlorure.

Il faut se rappeler que les résines standard ont une faible affinité pour certains de ces ions, tels que le lithium et le fluorure. Par ailleurs, d'autres éléments, tels que l'aluminium, l'arsenic et de nombreux autres métaux peuvent exister sous forme de complexes et se comporter comme des anions; leur élimination est parfois difficile.

Le **baryum** et le **strontium** réagissent comme suit dans une réaction d'échange d'ions :

- La solubilité du sulfate de baryum n'est que de 2 mg/L, mille fois plus basse que celle du sulfate de calcium.
- Ba et Sr ne sont pas bien éliminés par une résine WAC (faiblement acide). Ce type de résine a une affinité plus faible pour Ba et Sr que pour Ca et Mg.
- Ba (et Ra, le radium qui fait aussi partie du groupe des alcalino-terreux) s'éliminent facilement sur une résine SAC (fortement acide) du fait de leur forte affinité. Le revers de la médaille est que cette affinité est si forte que la régénération devient problématique. Par ailleurs l'usage d'acide sulfurique H_2SO_4 pour régénérer une telle résine chargée — même partiellement — avec du baryum est quasiment impossible.

III- CÔNTROLE DE L'EAU

On cherche à contrôler une eau minérale afin de vérifier qu'elle correspond bien aux informations figurant sur l'étiquette.

Données : couleur des complexes :

Ca-NET: rouge; Mg-NET: rouge; Ca-Patton et Reeder: rouge.

1- ALCALINITE D'UNE EAU

1.1- Principe

Les mesures sont réalisées en neutralisant un certain volume V_0 d'eau par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique de normalité N_a , en présence de phénolphtaléine pour le TA et en présence d'hélianthine pour le TAC.

Soit V' le volume d'acide versé lors du virage de la phénolphtaléine, et soit V'' le volume de ce même acide versé lors du virage de l'hélianthine.

L'équivalence, pour une réaction acido-basique, est obtenue pour

- $N_a.V_a = N_b.V_b$ soit ici : $N_1.V_0 = N_a.V'$ et $N_2.V_0 = N_a.V''$, où N_1 représente le TA et N_2 le TAC en eq.L^{-1}

1.2- Étalonnage de la solution d'acide sulfurique.

La solution d'acide sulfurique utilisée est environ 0,04 N (soit environ 0,02 mol.L⁻¹).

- Réaliser l'étalonnage de la solution d'acide sulfurique. Vous préciserez le nom du réactif utilisé, l'équation-bilan du dosage, le nom de l'indicateur coloré, le volume de solution d'acide prélevé ainsi que la valeur du volume à l'équivalence.
- En déduire la normalité de la solution d'acide sulfurique.

1.3- Mesure du TA et du TAC

a) Mesure du TA :

- Réaliser la manipulation permettant de mesurer TA avec 50 mL d'eau à analyser.
- Expliquer la valeur obtenue. Exprimer alors le TA en degré français.

b) Mesure du TAC

- Réaliser la manipulation permettant de mesurer TAC avec 50 mL d'eau à analyser.
- Calculer la concentration en ions HCO³⁻ en mol.L⁻¹, puis en g.L⁻¹ Exprimer alors le TAC en degré français.

2- DURETE D'UNE EAU

2.1- Principe du dosage

Le dosage des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ se fait par complexométrie avec l'EDTA en milieu basique. Vers pH = 10, on dose simultanément les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ en présence de NET.

Vers $\text{pH} = 12$, l'hydroxyde de magnésium précipite ; seul l'ion Ca^{2+} est dosé. A ce pH , le NET n'est plus utilisable ; on choisit alors un autre indicateur de fin de réaction : Patton et Reeder.

La dureté magnésienne s'obtient par différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

➤ Justifier pourquoi à $\text{pH} = 12$ le NET n'est pas utilisable et pourquoi le Patton et Reeder convient.

2.2- Mesure de la dureté totale

Mode opératoire :

- Prélever 50 mL d'eau à analyser et les verser dans un erlenmeyer. Chauffer vers 60°C .
- Ajouter 5 mL de tampon ammoniacal et un peu de NET.
- Maintenir la température vers 60°C (pour des raisons de cinétique). Ajouter la solution d'EDTA à $0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ jusqu'à virage de l'indicateur du rouge vineux au bleu-vert.
- En déduire la concentration totale (en calcium et en magnésium) en mol.L^{-1} , puis la dureté totale TH en degré français.
- Qualifier la dureté de cette eau.

2.3- Mesure de la dureté calcique

Mode opératoire :

- Prélever 50 mL d'eau à analyser et les verser dans un erlenmeyer.
- Ajouter environ 5 mL de soude 2 N et une pointe de spatule d'indicateur de Patton et Reeder.

- Ajouter la solution d'EDTA à $0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ jusqu'à virage de l'indicateur au bleu.
- En déduire la concentration en calcium en mol.L^{-1} et en mg.L^{-1} de calcium, puis en mg/L^{-1} de CaCO_3 .
- Exprimer la dureté calcique en degré français.

2.4- Dureté magnésienne

Déduire des résultats précédents la dureté magnésienne en mol.L^{-1} , en mg.L^{-1} de Mg et en degré français.

3- DOSAGE DES SULFATES

On utilise la réaction de précipitation des ions sulfates avec les ions baryum. Le dosage est suivi par conductimétrie.

Mode opératoire :

- Ne pas oublier d'étalonner l'appareil...
- Prélever 50 mL d'eau à doser et les verser dans un bécher.
- Doser par solution décimolaire d'éthanoate de baryum ($\text{Ba}^{2+} + 2 \text{CH}_3\text{CO}_2^-$) et noter les valeurs de la conductivité σ mesurée.

Interprétation :

- Calculer la valeur corrigée

$$\sigma_{\text{corrigée}} = \sigma_{\text{mesurée}} \cdot \frac{50 + V}{50}$$

Où V représente le volume (exprimé en mL) d'éthanoate de baryum ajouté.

- Tracer la courbe $\sigma_{\text{corrigée}} = f(V)$.
- Pourquoi utilise-t-on la valeur corrigée de la conductivité σ ?
- Expliquer l'allure de la courbe.
- En déduire la concentration en ions sulfate, en mol.L^{-1} puis en mg.L^{-1}

4- DOSAGES DES CHLORURES

4.1- Dosage volumétrique

- Réaliser le dosage volumétrique de 100 mL d'eau à analyser par une solution titrante à $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Vous préciserez :
 - Le nom du réactif
 - Le nom de l'indicateur de fin de réaction ainsi que la quantité mise
 - Le changement de couleur observé à l'équivalence.
 - En déduire la teneur en chlorure, en mol.L^{-1} , puis en g.L^{-1}

4.2- Dosage potentiométrique

Mode opératoire:

- Prélever 100 ml d'eau à analyse
- Immerger une électrode combinée de votre choix que vous expliquerez.
- Ajouter progressivement la solution titrante à $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Interprétation :

- Tracer la courbe $E = f(V)$.
- En déduire la teneur en chlorure, en mol.L^{-1} , puis en g.L^{-1}
- Comparer les résultats obtenus avec les deux méthodes de dosage.

5- COMPARAISON

- Comparer vos résultats à ceux fournis sur l'étiquette de la bouteille.

-CHAPITRE I-

DESCRIPTION ET ETUDE DU TED A IMACID

L'installation est dessinée pour la production à partir de l'eau brute, de l'eau filtrée, de l'eau désiliciée, de l'eau potable, et de l'eau traitée à partir des condensas.

L'installation est destinée à alimenter la ligne 1000T P2O5, soit :

- Un atelier de production d'acide phosphorique ;
- Un atelier de production d'acide sulfurique ;
- Un atelier des utilités.

Elle est ainsi composée de 6 principaux sous-ensembles :

- 1- Réseau eau brute et incendie ;
- 2- Circuit de filtration ;
- 3- Poste de potabilisation ;
- 4- Installation de désiliciation ;
- 5- Dilution des réactifs ;
- 6- Polissage.

1- RESEAU EAU BRUTE ET INCENDIE

L'eau brute alimente l'unité TED de la centrale d'IMACID par une conduite, elle arrive par gravité vers le bassin de reprise sous terrain 125IR01 de capacité utile de 400m³. Son débit est réglé par une vanne (350m³/h).

Deux pompes assurent l'alimentation en eau brute de l'atelier phosphorique, ainsi que la cuve d'eau brute, et maintenir le réseau d'incendie en pression de 8.5 bar.

Deux autres pompes alimentent l'atelier sulfurique, la centrale, le bac de stockage et le poste de filtration à un débit de 120 m³/h.

N.B : La pression du réseau incendie est maintenue à 7.8 bars, une fois la pression chute, des vannes asservis par débit déclenchent la pompe électrique 125IP08 et, si nécessaire, la pompe diesel.

Réservoir de stockage d'eau brute

Le réservoir de stockage assure une autonomie de 8 heures. C'est un réservoir couvert, cylindrique vertical de caractéristiques :

- Capacité utile : 5000m³
- Matériau : S235d R62
- Protection inter : peinture Epoxy
- Diamètre : 24m
- Hauteur virole : 12m

Le réservoir déborde dans la fosse par « trop plein ». Une vanne maintient le niveau de la fosse dans la consigne (75%), elle s'ouvre à 60% et se ferme à 80% du niveau de bac de stockage.

Deux électrovannes sont des vannes de déchargement afin de maintenir la pression dans le réseau quelle que soit la consommation de l'atelier phosphorique en eau brute.

2- CIRCUIT DE FILTRATION

L'eau en provenance du IRO2 alimente la chaîne de production d'eau filtrée par le biais des pompes à pression de 4bars. La vanne de régulation maintient le débit de chaque chaîne autour de la consigne.

La chaîne est composée de deux filtres :

- **Filtre à sable :**

C'est un filtre bi-couches vertical sous pression, rempli d'antracite et de sable

- **Filtre à charbon actif :**

L'eau traverse de haut en bas le filtre à charbon actif.

2.1- CYCLE DE PRODUCTION

L'eau filtrée est produite à partir de l'eau brute par passage de haut en bas sur des couches de sable et de gravier sont disposées en fonction de la densité et de la grosseur des particules, captent et extraient les particules présentes dans l'eau.

L'eau s'écoule assez rapidement (de 20m³/h) à travers les couches.

L'eau filtrée est recueillie dans un tuyau et acheminée vers la prochaine étape de traitement.

- Le sable et le gravier captent :
 - Les petits insectes et organismes ;

- Les algues ;
- Le zooplancton ;
- Les poussières en suspension ;
- Les particules de "floc" formées par un prétraitement de coagulation ;

Les particules captées s'accumulent dans le matériau filtrant et peuvent finir par obstruer le filtre ou par passer à travers, ce qui donne une eau sale.

Les filtres doivent être nettoyés par contre-courant avant d'en arriver à ce point.

De l'eau (et parfois de l'air) est insufflée en sens inverse du sens de filtrage pour débarrasser le filtre des particules. L'eau sale est drainée et rejetée.

Une fois le filtre nettoyé, il fonctionne à nouveau normalement.

Après la filtration sur sable, l'eau doit être soumise à des procédés de traitement supplémentaires, de désinfection notamment, avant d'être jugée potable ou propice pour le passage dans la chaîne de déminéralisation.

- Ensuite l'eau passe traverse une couche de charbon actif en grain.

Il permet de capter le chlore et les matières organiques.

Les filtres au charbon doivent être régulièrement nettoyés à contre-courant pour les débarrasser de toute accumulation de particules captées. Le nettoyage à contre-courant n'élimine pas la matière adsorbée sur le charbon.

Une fois que le charbon atteint sa capacité d'adsorption, on dit qu'il est "épuisé". Les matières organiques passent alors à travers le filtre, ce qui cause des problèmes de qualité de l'eau.

L'eau filtrée, ensuite, alimente le réservoir de stockage de l'eau filtrée de capacité égale à 500m³.

L'eau filtrée présente les caractéristiques suivantes :

- Titre max. en MeS : 0.1 mg/l
- NTU : max. 2

2.2- LAVAGE

Le lavage est effectué à la fin de chaque cycle de production :

- Volume brut min : 2880m³
- Cycle brut : 24h
- Durée de lavage en eau : 20 mn
- Volume d'eau de lavage : 53 m³

Le lavage s'effectue en 3 étapes :

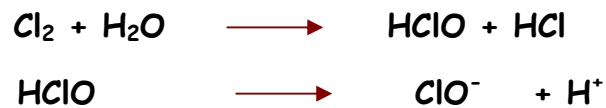
- **Vidange partiel** (18 min) : consiste à descendre le niveau d'eau de 50cm du lit filtrant par l'ouverture des vannes pour le filtre à sable et pour le filtre à charbon pour un meilleur brassage à l'air.
- **Détassage à l'air** (6 min): refoulement d'air, venu du surpresseur pour décolmater le filtre et détacher le matériau filtrant des impuretés flottantes.
- **Lavage** (24 min) : ce lavage à contre-courant à l'eau filtrée et à grand débit (155 m³/h) remet en suspension le matériau filtrant et évacue vers l'égout les impuretés détachées par le brassage à l'air.

3- POSTE DE POTABILISATION

Poste de potabilisation est alimenté par IP10/11 en eau filtrée. Dans sa conduite vers le réservoir de stockage d'eau potable (100m³), le chlore est injecté.

L'eau potable doit avoir une concentration de 0.4 mg/l en Cl₂.

Le chlore est injecté sous forme d'hypochlorite de sodium (javel à 47°C) :



Cette eau est reprise par les pompes IP28/29/30 pour l'alimentation de réseau d'eau potable à un débit de 28 m³/h.

4- INSTALLATION DE DESILICIATION

4.1- PRINCIPE DE DEMINERALISATION

Elle consiste à l'élimination quasi-totale des ions présents dans l'eau brute et nécessite pour cela la mise en œuvre d'échangeurs anioniques fortement basique à la suite des résines cationiques et de l'éliminateur de CO₂.

La qualité de l'eau déminéralisée dépend essentiellement du taux de régénération de l'échangeur cationique. En effet, la fuite ionique responsable de la conductivité, est constituée par une trace de soude caustique, provenant de l'échangeur de cations. De celle-ci dépend la teneur en silice dans l'eau effluente, car il se produit un phénomène d'auto régénération sur la couche de la résine fortement basique ayant fixé la silice.

4.2- CYCLE DE PRODUCTION

- Le cycle de production s'opère en flux ascendant de bas en haut.
- La régénération s'effectue en flux descendant de haut vers le bas.

Dans ce système il est possible des réaliser des échangeurs double chambre ou on installe les deux fonctions faible et forte dans le même

appareil.

Dans ce cas on régénère d'abord les résines de fonction forte et ensuite celles de fonction faible.

L'eau filtrée alimente la chaîne WDS à un débit de 120 m³, elle est traitée successivement dans :

a) Colonne de résine cationique :

La colonne est compartimentée en 2 couches de cations :

- **Cellule inférieure** : constituée de résine carboxylique faible. La régénération est faite avec l'acide sulfurique de titre égal à 0.7% (la dilution du H₂SO₄ se fait dans la conduite).

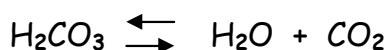
- **Cellule supérieure** : constituée de résine sulfonique forte, la régénération est faite à contre-courant avec l'acide de titre 1.5% et 3%.

b) Dégazeur :

Bien qu'il ne s'agisse pas d'échange d'ions proprement dit, le dégazage atmosphérique (ou élimination de CO₂) est une composante essentielle d'un chaînage d'échange d'ions.

Lors des phases de permutation des cations en phase hydrogène, que ce soit en décarbonatation (cations faibles) ou en 1^{ère} étape de déminéralisation totale (cations forts), les divers bicarbonates (Ca(HCO₃)₂, Mg(HCO₃)₂) perdent leurs cations lors de la permutation acide et se transforment en acide carbonique H₂CO₃ qui n'est pas stable.

Il suffit de pulvériser l'eau décationnée sur une masse de contact et de stripper à l'atmosphère le CO₂ avec de l'air à une pression légèrement supérieure à la pression partielle de CO₂ (loi d'HENRY). L'équation de dégazage est la suivante :



L'eau décactionnée alimente ensuite de bas en haut la colonne d'échange anionique.

c) Colonne de résine anionique

La colonne est divisée en deux couches :

- **Cellule inférieure** : contient une couche anionique faible.
- **Cellule supérieure** : contient une couche anionique forte.

La régénération est faite à contre-courant par la soude diluée à 3%(concentration effective à l'entrée de la colonne).

L'eau désiliciée dans IR04 a les caractéristiques suivantes :

- Conductivité : inf à $10 \mu\text{s.cm}^{-1}$
- PH= 7

4.3- REGENERATION

La Régénération est à contre-courant. Elle consiste, comme son nom l'indique, à opérer la régénération en sens inverse de la production.

Ce principe permet d'obtenir les meilleurs performances tant sur le plan de la qualité de l'eau déminéralisée produite que sur celui du rendement chimique de régénération. Pour le dernier point, la consommation des réactifs est réduite à 50% par rapport à une régénération opérés à co-courant.

Pendant les opérations de régénération à contre-courant, les réactifs régénèrent d'abord les couches finales d'échange qui sont les couches peu ou pas saturées, puis progressivement les couches les plus saturées.

Le régentant a tendance à s'épuiser moins vite dans le 1^{er} front de régénération qu'il hyper régénère et reste suffisamment après pour régénérer les couches finales.

5- POLISSAGE

5.1- CYCLE DE PRODUCTION

L'eau désiliciée est livrée par le TED à l'atelier sulfurique, elle est convertie en vapeur haute pression (HP) dans des chaudières. L'énergie résidente dans la vapeur HP est transformée en puissance électrique par des turbos alternateurs de la centrale.

C'est ainsi que la vapeur HP est réduite en MP, BP et enfin en condensât refroidi.

Le long parcours que la vapeur a passé, a bien altéré l'eau initialement traitée. Un traitement de finition s'impose dans le mixed bed (lit mélangé).

La colonne de polissage est constituée d'un mélange de résine cationique et anionique fortes.

100m³/h d'eau de service (condensât) et d'eau d'appoint alimentent le finisseur de haut en bas. L'eau traitée a une conductivité de 0.1 µs/cm.

A la saturation, les résines sont déjà classées ; anionique de densité faible en haut et cationique en bas.

La régénération est faite par injection d'acide du bas de la colonne et la soude du sommet de la colonne

Le sel résiduel est récupéré à niveau medium du finisseur.

La régénération est précédée après passage de 200.000m³ d'eau de service. Le mélange est remis en état par soufflage d'air comprimé venant du surpresseur.

Caractéristiques de condensât :

- Silice SiO₂ = 0.02 mg/l
- PH = 9.2
- Température max. = 50 °C

5.2- CYCLE DE REGENERATION

- **Séparation (30min)**

Pendant cette étape de séparation entre la résine anionique (moins dense) et la résine cationique, nous faisons circuler un flux de condensat à raison de 30 m³/h, ceci par l'ouverture des vannes automatiques.

- **Attente (5min)**

C'est une phase où nous assurons, par contrôle visuel, que les résines sont complètement séparées.

- **Passage des réactifs (60 min)**

La résine cationique est régénérée par de l'acide sulfurique à 5% tandis que la résine anionique est régénérée à la soude à 4%. Cette opération est faite simultanément, l'acide dilué est envoyé par la partie inférieure alors que la soude est envoyée par la partie supérieure, les effluents étant évacués par le réseau central :

- L'acide est injecté à raison de 150L/h ayant une densité de $d=1030$, dilué par l'eau désiliciée avec un débit de 6m³/h.
- La soude est injectée à raison de 450L/h ayant une densité de $d=1040$, elle est aussi diluée avec de l'eau désiliciée avec un débit de 6m³/h

- **Déplacement des réactifs (120min)**

Pendant cette étape on arrête le passage des réactifs et on rince la colonne avec de l'eau désiliciée seule. Ce rinçage lent doit éliminer les réactifs, l'arrivée de l'eau déminéralisée se fait en haut et en bas ; et sa récupération se fait au niveau de collecteurs médians vers égout.

- **Vidange partielle**

Le niveau de l'eau est abaissé à quelques centimètres au-dessus du lit de résines pour préparer la phase suivante de mélange des résines à l'air sur pressé.

- **Mélange résine (10min)**

Les résines sont mélangées à l'air sur pressé.

- **Rinçage final**

Cette dernière étape a pour objectif le conditionnement des paramètres de marche des polisseurs à savoir la conductivité qui doit avoir une valeur strictement inférieure à $0.1\mu\text{s}/\text{cm}$.

-CHAPITRE II-

ETUDE DU TRAITEMENT CHIMIQUE EFFECTUÉ SUR LA BOUCLE EAU/VAPEUR

L'eau joue un rôle est très important dans l'industrie et surtout dans l'industrie de chaufferie (production de l'énergie à l'aide des chaudières à vapeur), car l'eau est un fluide énergétique et thermique stable chimiquement, pure, ne présente pas de toxicité, non inflammable et n'est pas onéreux.

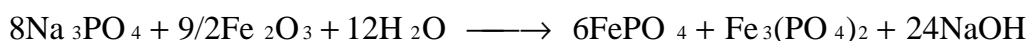
Mais, ce fluide mis sous certaines conditions, présente quelques inconvénients. En particulier, le problème de corrosion qui nécessite l'adoption d'installation fiable, le phénomène d'entartrage qui diminue la section d'échange énergétique et par conséquent influent sur le rendement du procédé en générale.

De ce fait, l'eau utilisée dans l'industrie doit être employée sous certaines conditions spécifiques pour faire face à ces fluos. Pour cela, un traitement chimique effectué tout au long de la boucle eau/vapeur s'impose pour mieux conditionner le circuit.

L'addition des réactifs chimiques de conditionnement a pour but d'amener les paramètres essentiels de l'eau aux valeurs prescrites par le constructeur du générateur de vapeur, à l'alimentation et dans la chaudière, en tenant compte de la qualité et de la quantité d'appoint, de retour et de l'utilisation de la vapeur, de façon à protéger l'installation des méfaits d'entartrage et de corrosion.

1 - INJECTION DU PHOSPHATE TRISODIQUE (Na_3PO_4)

Les chaudières d'IMACID sont des chaudières à haute pression (60 à 65bars). Dans ce cas, la soude pourrait se trouver à forte concentration sur les parois et dissoudre la couche protectrice de magnétite pour donner des ferrites solubles et accélérer la corrosion. Pour cela, une injection de phosphate trisodique (Na_3PO_4) s'impose :



Le rôle essentiel des phosphates est de piéger les traces de la dureté par précipitation de calcium et de magnésium sous forme de boue. On maintient, en permanence dans la chaudière, un excès de phosphate entre 5 et 15mg/l pour diminuer le risque de précipitation de silicates de calcium ou de magnésium. Mais il est injecté avant la chaudière avec une pression supérieure à 80bars (pression d'eau alimentaire).

L'action des phosphates doit normalement être complétée par l'addition d'agents dispersants afin de maintenir en suspension dans l'eau de chaudière des précipitations des phosphates de calcium sous forme de composé $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. De cette manière, les précipités seront évacués facilement par les purges.

Il faut signaler que la soude libre constitue une source de corrosion non négligeable, de ce fait, il faut maintenir une stœchiométrie bien déterminée pour ne pas se trouver ni en déficit ni en excès.

Le phosphate trisodique ajouté à de l'eau désiliciée donne l'eau de noria, qui est injectée directement dans la bêche alimentaire.

Mode opératoire de préparation

On remplit la mesurette de 5Kg par le phosphate trisodique en poudre, puis on la verse dans un bac de 250l. La dilution ce fait à l'aide de l'eau désiliciée WDS.

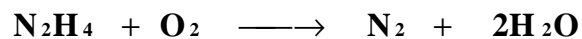
2- INJECTION DE L'HYDRAZINE (N₂H₄)

L'hydrazine est livrée à 24% en hydrate hydrazine (N₂H₄, H₂O), correspondant à 15% en N₂H₄.

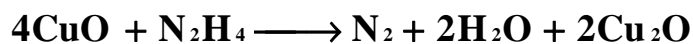
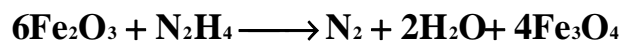
L'oxygène est l'un des principaux éléments responsables de la corrosion en chaudières et dans le réseau condensats. Cet oxygène, peut être éliminé physiquement dans le dégazeur thermique.

Toutefois, il reste des traces d'oxygène qu'il convient également d'éliminer par neutralisation chimique à l'aide de réducteur.

Le réducteur utilisé est l'hydrazine (N₂H₄) : L'hydrazine, injectée directement dans la bêche alimentaire, se décompose vers 250°C, mais les produits résultants sont moins gênants : l'ammoniac (NH₃), L'eau (H₂O) et l'azote (N₂) :



L'hydrazine est aussi efficace contre les oxydes ferriques et cuivriques :



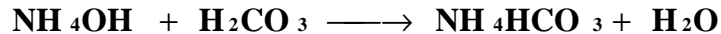
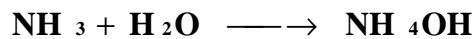
Mode opératoire de préparation

L'hydrazine venant dans des fûts de 60l, on remplissant un seau de 2,5l qu'on le verse dans un bac de capacité de 250l. La dilution est assurée par l'eau désiliciée WDS.

3- INJECTION DE L'AMMONIAQUE (NH₃)

L'ammoniaque est injectée à la sortie des polisseurs et à l'entrée de la bache alimentaire plus précisément dans le by-pass condensats polisseurs, pour compenser la quantité des ions hydroxydes de l'eau d'appoint précipitée au moment de sa vaporisation. Il s'est avéré que pendant le passage de l'eau à l'état vapeur cette dernière devient un peu acide, donc pour combler l'écart de neutralité entre H₃O⁺ et OH⁻ une injection de NH₃ s'impose.

La réaction de l'ammoniac sur l'eau peut être schématisée comme suit :

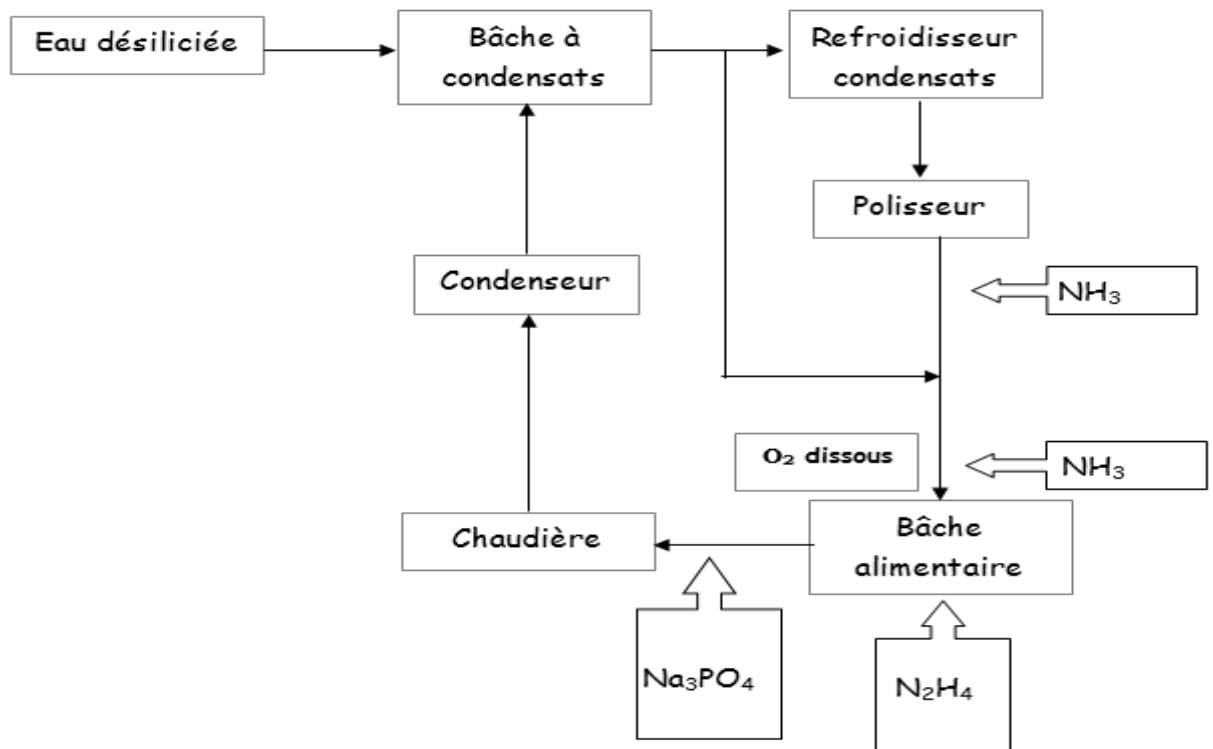


Mode opératoire de préparation

L'ammoniaque est commercialisée dans des fûts de 60l. Nous remplissons le seau de 5l qu'on les verse dans un bac de 500l. La dilution est toujours assurée par l'eau désiliciée WDS.

La fréquence de préparation est d'une fois par mois.

Le critère de qualité, à savoir le pH, des condensats et de l'eau traitée est contrôlé en amont et en aval, c'est-à-dire à l'entrée et à la sortie du polisseur.



△ Figure 3 : Schéma illustratif des différentes injections dans la boucle eau/vapeur

-CHAPITRE III-

MÉFAITS DU CHLORE SUR LES ÉCHANGEURS

1- MEFAITS DES COMPOSES CHLORES SUR LES ECHANGEURS

La corrosion caverneuse se produit dans des zones de rétention des solutions agressives contenant des ions chlorures. En fait, il s'agit d'une piqûre qui va croître rapidement du fait que la solution corrosive en contact avec l'inox s'acidifie au cours du processus decorrosion. Ceci peut alors conduire à la formation de trous assez dommageables qu'on appelle encore cavernes.

Une "caverne" (ou "crevasse") est en fait une zone confinée n'ayant pas ou n'ayant que peu d'échanges convectifs avec le reste de la solution. En l'absence d'intervention extérieure, l'acidité augmente régulièrement dans la caverne et le film passif devient finalement instable, engendrant une corrosion active qui peut rapidement détruire la structure.

Cependant la seule dissolution des cations métalliques à travers ce film suffit à enrichir considérablement la caverne en cette sorte d'ions, puisque leur élimination vers l'extérieur de la caverne est très faible. Ces cations s'hydrolysent, ce qui produit une augmentation importante d'acidité. Simultanément, les ions Cl^- de la solution parviennent à pénétrer dans la caverne, assurant ainsi la neutralité électrique de la solution.

L'acidité observée est donc de type chlorhydrique.

2-PROTECTION CONTRE LA CORROSION CAVERNEUSE

2.1- CHOIX DU MATERIAU

L'élément majeur pour la lutte contre la corrosion caverneuse est néanmoins le molybdène, au point qu'un acier ferrugineux a un comportement qui approche dans certains cas celui d'un acier. L'abaissement des teneurs en soufre (ou son piégeage par du titane) a dans tous les cas un effet favorable, rendu possible en pratique grâce aux progrès dans les méthodes d'élaboration des aciers.

2.2- CONCEPTION DES INSTALLATIONS ET MISE EN OEUVRE

La conception des pièces et assemblages doit être conduite de façon très rationnelle, en limitant le nombre de zones occluses, potentiellement génératrice de corrosion caverneuse. Lorsque ce n'est pas possible, il vaut mieux avoir des zones "occluses" larges (échanges convectifs facilités) que des zones occluses étroites. Croyant réduire les interstices, on engendre souvent des interstices plus étroits et donc des corrosions caverneuses plus sévères.

La vitesse d'écoulement du milieu est un élément favorable, car elle permet l'élimination des dépôts et incrustations de surface. Lorsque la corrosion est déclenchée cependant, l'apport d'oxygène qu'elle entraîne (sur les zones cathodiques) en un facteur accélérateur.

2.3- ELIMINATION DES ELEMENTS RESPONSABLES DE LA CORROSION CAVERNEUSE

- Echange chimique

- on peut protéger le matériel contre ce type de corrosion par élimination au paravent du chlore (élément responsable de la corrosion caverneuse) et ceci par l'intermédiaire des filtres à charbon actif qui sert à éliminer le chlore et c'est la meilleure solution dans le cas des installations des traitements des eaux.
- Enfin, lorsque c'est possible, le nettoyage des installations, à des fréquences inférieures au temps d'incubation (parfois très long) est un des meilleurs moyens de lutte contre la corrosion caverneuse.

-CHAPITRE IV-

VARIATION DU SAF ET SOLUTIONS

Rapport gratuit
POUR LE DIMINUER
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES 

1 - Titre SAF : titre en sels d'acides forts.

$$\text{SAF} = [\text{Cl}^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}] \quad (\text{Avec } [X] \text{ en meq.l-1})$$

La dénomination S.A.F vient de Sels d'Acides Forts, également appelés titre acidimétrique fort (TAF ou T.aci) après échange de cations. En effet le chlorure, le sulfate et le nitrate forment le SAF, et ils sont présents dans les trois acides forts suivants : Acide sulfurique, acide chlorhydrique, acide nitrique.

Le S.A.F permet de définir l'échange sur les résines anioniques faibles.

L'évaporation de l'eau, qui varie selon la saison, laisse beaucoup de sel en dépôt, ce qui cause une augmentation du S.A.F, par la suite une diminution du cycle d'eau brute des chaînes et finalement une augmentation de la conductivité.

2 - Analyses chimiques TED

2.1 - Le laboratoire central

Le laboratoire central assure pratiquement toutes les analyses des eaux. Il met en œuvre un système de contrôle physico-chimique pour le suivi de la qualité du produit

Le présent manuel regroupe des méthodes utilisées au laboratoire concernant les analyses des eaux et condensats.

2.2 - Mesure de TAF

- Principe

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

- Mode opératoire

Prise d'essais de 100ml de l'eau décationnée (prise de la sortie de l'échangeur cationique) à laquelle on ajoute quelques gouttes de méthyle orange. Mélanger l'ensemble, puis titrer avec de la soude NaOH (0,1N) jusqu'au virage de rouge au jaune. Soit V_{NaOH} le volume de la soude nécessaire à la neutralisation

$$\text{TAF} = 5 \times V_{\text{NaOH}}$$

2.3- Mesure de pH

- Principe

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire de pH de celle-ci la détermination du pH revient donc à la mesure d'une différence de potentiel à l'aide d'un dispositif potentiométrique

- Mode opératoire

- Vérifier que le pH-mètre est connecté au réseau électrique ou que ses batteries sont en état de fonctionnement.
- Retirer la capsule contenant la solution de stockage protégeant la sonde de mesure.
- Rincer cette dernière à l'eau déminéralisée avant toute mesure.
- Plonger la sonde dans le milieu à analyser.

- Remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise.

2.4- Mesure de conductivité

- Principe

Mesure de la conductivité électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine maintenues parallèlement.

- Mode opératoire

- L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.
- Allumer l'instrument en poussant le bouton ON/OFF. Lorsque l'afficheur indique zéro, l'instrument est prêt pour la mesure de conductivité.
- Plonger la sonde dans la solution à mesurer et sélectionner la gamme de mesure en appuyant sur l'un des quatre boutons correspondants

2.5- Résultats

On a étudié la variation de TAF, volume passé, conductivité et le pH durant les mois de l'année 2011 et on a obtenu les résultats rédigés dans le tableau suivant :

▼ Tableau 2 : variation du TAF, pH et de conductivité selon les mois de l'année 2011

Mois	TAF moyen	Volume à traiter par la chaîne	Volume passé	Conductivité	pH
Janvier	36,44	1406,8	1471	1,91	7,34
Février	38,07	1346,57	1341	1,71	8,39
Mars	38,1	1069,33	1307	1,74	8,48
Avril	35,31	1451,82	1469,81	1,26	8,27
Mai	34,08	1504,22	1362,69	1,03	8,31
Juin	36,1	1420,05	1437,61	1,36	8,51
Juillet	37,77	1357,26	1360	0,83	8,35
Aout	41,94	1412,23	1420	1,04	8,02
Septembre	36,62	1399,89	1403,3	1,3	8,6
Octobre	38,02	1348,34	1344,1	1,42	8,41
Novembre	37,65	1361,59	1387,8	1,56	8,75
Décembre	39,67	1292,26	1298,5	2,28	8,43

On a effectué le graphe correspondant au tableau précédant

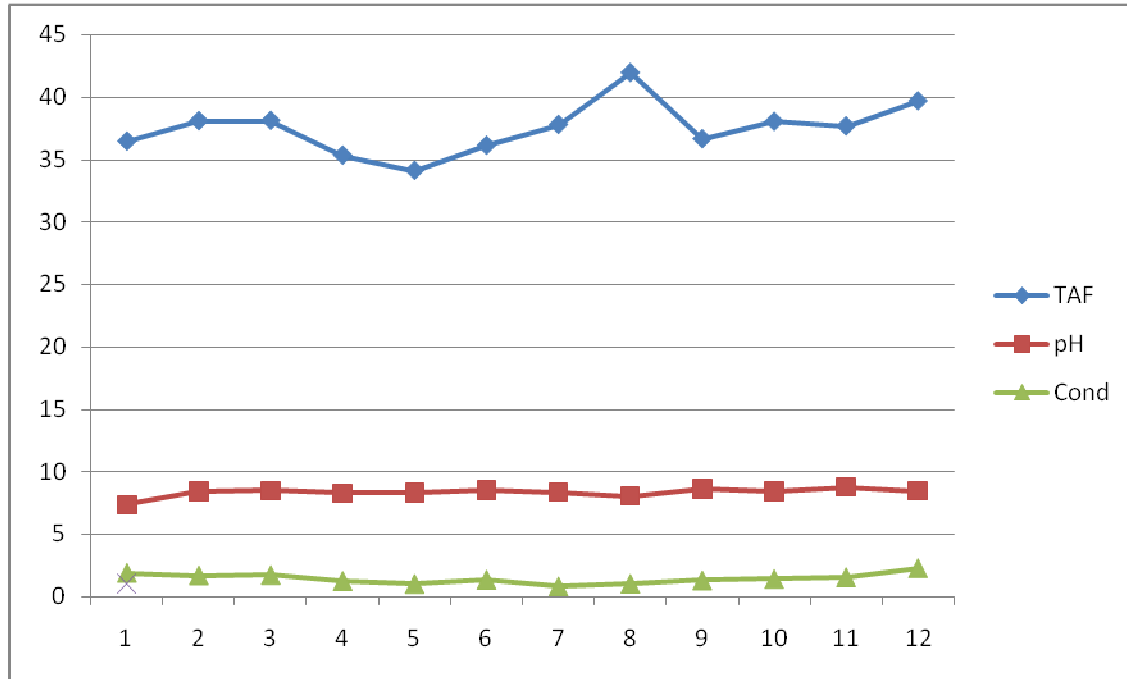


Figure 4 : la variation du TAF, pH, et la conductivité en fonction des mois de l'année 2011

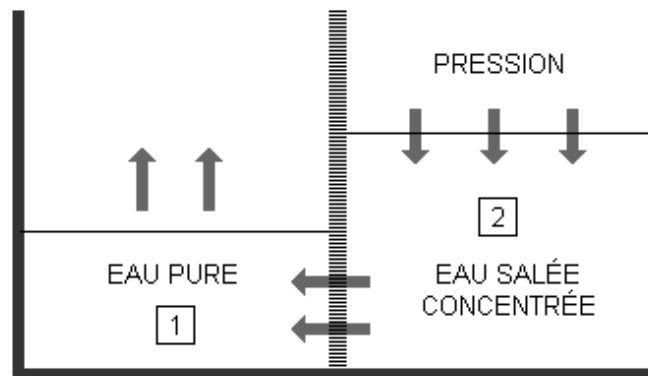
3- SOLUTIONS A ADOPTER POUR AUGMENTER LE RENDEMENT DE LA CHAINE

➤ Osmose inverse

L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

L'eau comporte des solutés, particulièrement des sels. Si deux solutions de concentrations différentes sont placées de chaque côté d'une membrane filtre, par osmose l'eau franchit la membrane jusqu'à ce que les concentrations s'équilibrent ou que la différence de pression (que le déplacement d'eau fait augmenter dans le compartiment où l'eau afflue et diminuer dans le compartiment d'où elle vient) dépasse la pression osmotique.

Inversement, en exerçant dans un des compartiments une pression hydrostatique qui dépasse la pression osmotique, on force l'eau à quitter le compartiment sous pression en dépit de l'augmentation de concentration en soluté qui s'y produit, et de la dilution qui se fait dans l'autre compartiment.



▲ Figure 5 : osmose inverse

CONCLUSION

Le stage que nous avons effectué au sein du service de IDI/PR/PU de la société IMACID du groupe OCP JorfLasfar nous a permis d'une part d'enrichir nos connaissances pratiques dans le domaine de Traitement des eaux, et d'autre part de remarquer les améliorations qui ont été faites au niveau d'une certaines installations. Cela nous a permis également d'avoir une relation directe avec le monde de travail en industrie.

Grâce à ce stage nous avons pu vérifier points concernant des croissances technique acquises durant notre formation et de les mettre en pratique en s'adaptant bien sur le milieu de travail.

Finalement nous voudrions bien signaler que les agents du service IDI/PR/PU n'hésitaient pas à nous apporter beaucoup d'information et nous encourageaient à chercher de mieux pour satisfaire notre curiosité.

PAGE D'ABREVIATION

OCP	Office Chérifien de Phosphate
IMACID	Indo Maroc Phosphore
TED	Traitement des Eaux Douces
WDS	Installation de Désiliciation
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
SAF	Sels d'Acide Fort
TAF	Titre d'Acide Fort