



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

ANALYSE CRITIQUE DES CHAINES DE FILTRATION ET DE DEMINERALISATION DES EAUX AU NIVEAU DE L'UNITE DE TRAITEMENT DES EAUX DE PAKISTAN MAROC PHOSPHORE

Présenté par :

◆ SADOQ ZINEB

Encadré par :

◆ Mr KARIM Hicham (OCP)

◆ Pr ZEROUALE Abdelaziz (FST)

Soutenu Le 14 Juin 2012 devant le jury composé de:

- Pr ZEROUALE Abdelaziz
- Pr EL GHAZOUALI Ahmed
- Pr SOUHA Hammou

Stage effectué à l'Office Chérifien des Phosphates (OCP)

Année Universitaire 2011 / 2012

Table des matières

I.	Introduction générale.....	5
II.	Présentation du groupe OCP	5
1)	Présentation de l'usine Pakistan Maroc Phosphore (PMP).....	6
a)	Atelier Sulfurique.....	6
b)	Atelier Phosphorique.....	6
c)	Atelier des Utilités	7
III.	L'installation de traitement des eaux douces	8
IV.	Les différents polluants de l'eau	9
	Calcium : Ca^{2+}	9
	Magnésium : Mg^{2+}	9
	Bicarbonate : HCO_3^-	9
	Fer, Fe^{2+} , Fe^{3+}	9
	Silice : SiO_2	10
	Gaz carbonique : CO_2	10
	Chlore	10
V.	Arrivée d'eau brute (station de traitement des eaux)	11
1)	Station de filtration	11
a)	Filtre bi-couche.....	11
b)	Filtre à charbon actif	12
2)	Station d'eau déminéralisée.....	13
a)	L'échangeur cationique	13
b)	Le dégazeur atmosphérique.....	14
c)	L'échangeur anionique	15
d)	Régénération des échangeurs cationiques	16
e)	Régénération des échangeurs anionique.....	16
3)	Station du condensat traité.....	17
a)	L'échangeur à lit mélangé (les polisseurs).....	17
b)	Régénération des échangeurs à lits mélangé.....	17
VI.	Les différents analyses effectuées à l'unité des traitements des eaux (TED)	18
1)	Titre alcalimétrique TA	19
2)	Titre alcalimétrique complet TAC.....	19

3) Titre hydrométrique TH.....	19
4) Turbidité	19
5) La conductivité	20
VII. Suivi de la gestion et de l'optimisation de la consommation d'eau au sein de TED	20
1) Bilan massique global de la station TED à PMP.....	20
✱ Calcul du bilan d'entrée et sortie de TED.....	20
2) Bilan massique détaillé de la filtration	21
✱ Calcul du bilan massique de filtration	21
3) Bilan massique détaillé de déminéralisation.....	22
✱ Calcul du bilan massique de déminéralisation	22
VIII. Les analyses critiques des chaines de filtration et de déminéralisation	23
1) Chaine de filtration.....	23
a) Filtre bi-couche.....	24
Comparaison entre les paramètres de marches contractuelles et réelles	24
✱ Interprétation.....	24
b) Filtre à charbon actif	24
2) Chaine de déminéralisation.....	25
a) Production	25
b) Régénération	25
Conclusion	28

Table d'illustration

Figure 1:vue de l'atelier sulfurique.....	6
Figure 2:vue de l'atelier phosphorique	7
Figure 3: l'unité de traitement de l'eau douce.....	9
Tableau 1 : les différents paramètres de la régénération des échangeurs cationiques	16
Tableau 2 : les différents paramètres de la régénération des échangeurs anioniques.....	17
Tableau 3 : les différentes analyses effectuées à l'unité de TED	18
Tableau 4 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station de TED.....	21
Tableau 5 : bilan massique à l'entrée et la sortie de la station de pré-traitement.....	22
Tableau 6 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station des échangeurs.....	23
Tableau 7 : Paramètres de marches contractuelles et réelles du filtre bi-couche.....	24
Tableau 8 : Paramètres de marches contractuelles et réelles du filtre à charbon actif	25
Tableau 9 : Paramètres de marche de production des chaines	25
Tableau 10 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 1).....	26
Tableau 11 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 2).....	26
Tableau 12: Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 3).....	26
Tableau 13 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 4).....	27
Schéma 1 : chaine de filtration.....	13
Schéma 2 : chaine de déminéralisation	15
Schéma 3 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station TED.....	20
Schéma 4 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station de pré-traitement	21
Schéma 5 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station des échangeurs.....	22

I. Introduction générale

L'eau est un composé chimique essentiel pour tous les organismes vivants. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides.

Les usages de l'eau sont extrêmement variés dans l'industrie en général et même au sein d'un établissement, ce qui entraîne des contraintes de qualité très diverses. De la vaporisation en passant par le lavage de gaz ou de solides, ou l'échange thermique....

Compte tenu de l'importance de la production de vapeur à Pakistan Maroc Phosphore dans le procédé de fabrication de l'acide phosphorique, il est primordial d'assurer une alimentation continue en eau déminéralisée. La station de traitement des eaux douces constitue une unité stratégique pour l'usine. Sa fiabilité ainsi que la conformité de ses produits influencent directement la sécurité des unités de production ainsi que leurs performances.

Dans ce contexte, nous nous sommes fixés comme objectif l'étude des performances des chaînes de traitement des eaux.

La démarche suivie pour atteindre cet objectif est la suivante :

- Etablissement du bilan massique global des eaux de la station de traitement.
- Etablissement des bilans massiques détaillés de l'unité de filtration et de déminéralisation.
- Analyses critique des chaînes de filtration et de déminéralisation : comparaison des réalisations actuelles et les performances fixées par le constructeur.

II. Présentation du groupe OCP

La production du phosphate brut se fait dans quatre centres miniers: Khouribga, Youssoufia, Benguerir et Boucraâ. Environ la moitié du phosphate produit est exportée comme matière première à destination d'une quarantaine de pays à travers le monde, tandis que l'autre moitié est livrée aux usines locales de transformation. Celles-ci sont dénommées Maroc Chimie I et II (SAFI), Maroc Phosphore I & II (SAFI), Maroc Phosphore III – IV, IMACID, Pakistan Maroc Phosphore et d'autres entreprises installées à JORF LASFAR.

1) Présentation de l'usine Pakistan Maroc Phosphore (PMP)

PMP est une co-entreprise réalisée dans le cadre d'un partenariat entre le groupe OCP (50%) et les groupe pakistanais Fauji (12,5%) et FFBL (12,5%). L'usine PMP a démarré en 2006 au sein du complexe industriel Jorf Lasfar, et dont l'effectif est à peu près 180 personnes.

Pakistan Maroc Phosphore se compose de trois ateliers :

a) Atelier Sulfurique

C'est une unité de production d'acide sulfurique d'une capacité de 3 410 T/J



Figure 1:vue de l'atelier sulfurique

b) Atelier Phosphorique

C'est une unité de production d'acide phosphorique d'une capacité de 1135 tonnes d'acide phosphorique (P_2O_5) par jour.



Figure 2:vue de l'atelier phosphorique

c) Atelier des Utilités

i. LA CENTRALE THERMOELECTRIQUE (CTE)

- Elle est constituée d'un groupe turbo alternateur de 32 MW, permettant la production de l'énergie électrique à partir de la transformation de l'énergie thermique récupérée au niveau de l'atelier de production d'acide sulfurique.
- L'énergie électrique produite répond aux besoins en énergie de tous les consommateurs de PMP, avec un excédent envoyé vers le réseau ONE.

- Un réseau de conditionnement et de distribution de vapeur haute pression, basse pression, eau noria de refroidissement et condensats nécessaires pour le fonctionnement des ateliers de production.

ii. TRAITEMENT DES EAUX DOUCES (TED)

- Deux chaînes de traitement d'eau permettant la production d'eau de différentes qualités (Eau filtrée, eau désiliciée et eau potable)
- Une station de compression d'air permettant le conditionnement d'air pour les besoins d'instrumentation et de service.

III. L'installation de traitement des eaux douces

Dans le but de satisfaire les différents besoins des ateliers de PMP en eau, l'usine dispose d'une station de traitement des eaux douces (TED). Elle produit différentes qualités d'eaux :

-L'eau brute.

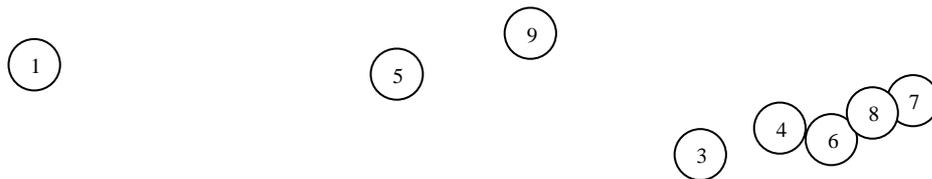
-L'eau filtrée, utilisée généralement pour l'alimentation des chaînes de déminéralisation. Le bac d'eau potable et au lavage des filtres.

-L'eau potable.

-L'eau déminéralisée.

-Condensats traités.





1 : bassin de stockage de l'eau brute
2 : réservoir de stockage de l'eau brute
3 : filtre bicouche
4 : filtre à charbon actif
5 : réservoir d'eau filtrée

6 : échangeur cationique
7 : dégazeur de CO₂
8 : échangeur anionique
9 : réservoir d'eau déminéralisé

Figure 3: l'unité de traitement de l'eau douce

Calcium : Ca²⁺

Le calcium est le composant principal de la dureté. Il est le résultat de la dissolution des roches calcaires par l'eau. Il provoque des précipitations, et on peut l'éliminer en adoucissant l'eau. On en trouve généralement 2 à 200 ppm dans l'eau (souvent 100 ppm ou plus). Le calcium se précipite sous forme de CaCO₃ (calcaire). En fait, il est rare que ce soit un seul composant qui précipite.

Magnésium : Mg²⁺

On trouve typiquement 10 à 50 ppm de magnésium dans l'eau, mais il pose moins de problèmes que le calcium car il est plus soluble. Il représente en général environ 1/3 de la dureté de l'eau.

Bicarbonate : HCO₃⁻

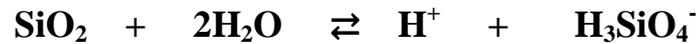
Le bicarbonate HCO₃⁻ est le résultat de la dissolution dans l'eau du CO₂ produit par des bactéries.

Fer, Fe²⁺, Fe³⁺

Le fer est présent sous forme ionique dans toutes les eaux souterraines, donc pratiquement dans toutes les eaux potables. Il cause l'entartrage des membranes d'osmose inverse.

Silice : SiO₂

On distingue la silice neutre, la silice colloïdale et la silice activée. La silice est neutre à pH neutre. A pH élevé, elle est en partie activée :



On parle de silice colloïdale quand la silice se combine avec des molécules organiques.

On trouve souvent de la silice colloïdale dans l'eau ayant pour origine le squelette d'algues. La silice pose un problème au niveau des chaudières et des turbines. La meilleure méthode pour l'éliminer est l'osmose inverse. Cette dernière permet de éliminer plus du 99% de la silice activée et de la silice colloïdale. L'échange d'ion n'enlève pas la silice colloïdale. La silice n'étant qu'en partie sous forme ionique. On ne peut pas détecter un changement de concentration de la silice dans l'eau sur la base de la conductivité : même une eau à conductivité très faible peut contenir une concentration significative de la silice.

Gaz carbonique : CO₂

Le CO₂ peut être dans l'eau sous forme d'ion ou sous forme libre. La part des différentes formes de CO₂ dépend du pH de l'eau. Le CO₂ libre peut poser des problèmes dans un système de traitement d'eau, et peut affecter la conductivité de l'eau. La meilleure façon de l'éliminer est de procéder à un dégazage à pH bas.

Chlore

Sous forme de Cl⁻ (ion chlorure) le chlore n'est pas dangereux. La limite habituelle de 250 mg/l est justifiée par des raisons de goût.

L'ion chlorure est arrêté par les échangeurs d'ions, mais par contre le chlore Cl₂ passe à travers les membranes et les échangeurs d'ions.

V. Arrivée d'eau brute (station de traitement des eaux)

L'eau brute est distribuée par l'ONEP et elle est stockée dans un bassin souterrain, un débitmètre électromagnétique placé en tête d'installation comptabilise le volume d'eau brute utilisé dans l'installation (le débit est en moyenne de 700 m³/h).

L'atelier phosphorique est alimenté à partir du bassin avec un débit maximum de 450 m³/h. les mêmes pompes alimentant l'atelier phosphorique remplissant le réservoir d'eau pour incendie avec un débit de 100 m³/h.

Le prétraitement (filtration) d'eau brute est alimenté avec un débit de 100 m³/h, par deux pompes aspirant l'eau à partir du bassin de stockage.

1) Station de filtration

Deux chaînes de filtration sont installées à la station de traitement des eaux douces (TED) de PMP. Chaque chaîne de filtration se compose d'un filtre à bi-couche (sable et hydro-anthracite) et d'un filtre à charbon actif.

a) Filtre bi-couche

C'est un filtre vertical sous pression rempli d'anthracite et de sable qui élimine les matières en suspension de l'eau brute.

- hydro anthracite : accepte un colmatage en profondeur dans la couche filtrante, il permet un temps de filtration plus long en deux lavages, et protège la couche de sable de faibles granulométrie et admet des vitesses de passage plus élevés.
- Couche de sable : de faible granulométrie et joue le rôle de finition.

i. Cycle de production

L'eau filtrée est produite à partir de l'eau brute par passage de haut en bas sur des couches d'hydro-anthracite et de sable qui sont disposées en fonction de la densité et de la grosseur des particules présentes dans l'eau. L'eau s'écoule assez rapidement (de 20 m³/h) à travers les couches.

ii. Cycle de lavage

Quand le filtre fonctionne pendant 24h avec un débit de 100 m³/h, il est nécessaire de procéder à son lavage qui dure entre 20 et 30 min. Les séquences de lavages sont :

- Arrêt.
- Vidange partiel Supérieur : Pour avoir un meilleur brassage à l'air.
- Décolmatage à l'air : En détachant du matériau filtrant les impuretés retenues ;
- Soufflage : lavage à contre courant remet en suspension le matériau filtrant et évacue, vers l'égout, les impuretés détachées par le brassage à l'air.
- Lavage à l'eau seul de bas en haut (200 m³/h) : l'eau sortante doit être claire.

b) Filtre à charbon actif

Son rôle est d'éliminer en continu les composés tels que :

- Les traces du chlore qui reste à travers les conduits d'arrivage d'eau brute via l'ONEP (élément néfaste pour les résines échangeurs d'ions).
- Les odeurs.
- Les couleurs.
- Les micros organismes.

- Les matières en suspension échappées à la filtration.

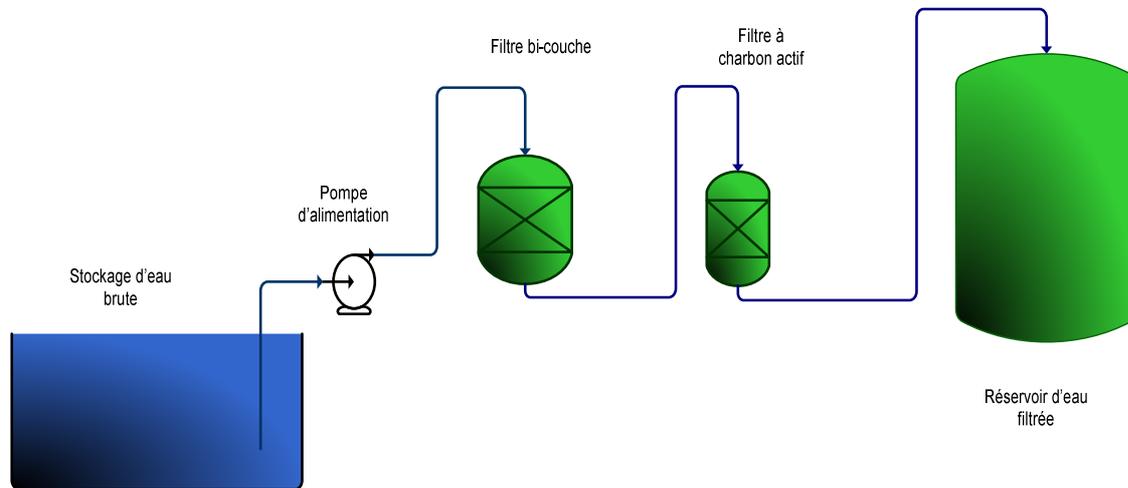


Schéma 1 : chaîne de filtration

i. Cycle de lavage

Après passage par filtre bi-couche, l'eau passe par le filtre à charbon actif de haut en bas avec un débit de $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Lorsque le volume d'eau filtrée atteint 7200 m^3 , on passe à son lavage.

- Arrêt.
- Lavage à l'eau seule de bas en haut ($170 \text{ m}^3/\text{h}$) pendant 10 à 15min.

2) Station d'eau déminéralisée

L'eau déminéralisée est produite par des chaînes de déminéralisation. Chaque chaîne d'eau déminéralisée est composée :

- D'un échangeur cationique.
- D'un dégazeur atmosphérique.
- D'un changeur anionique.

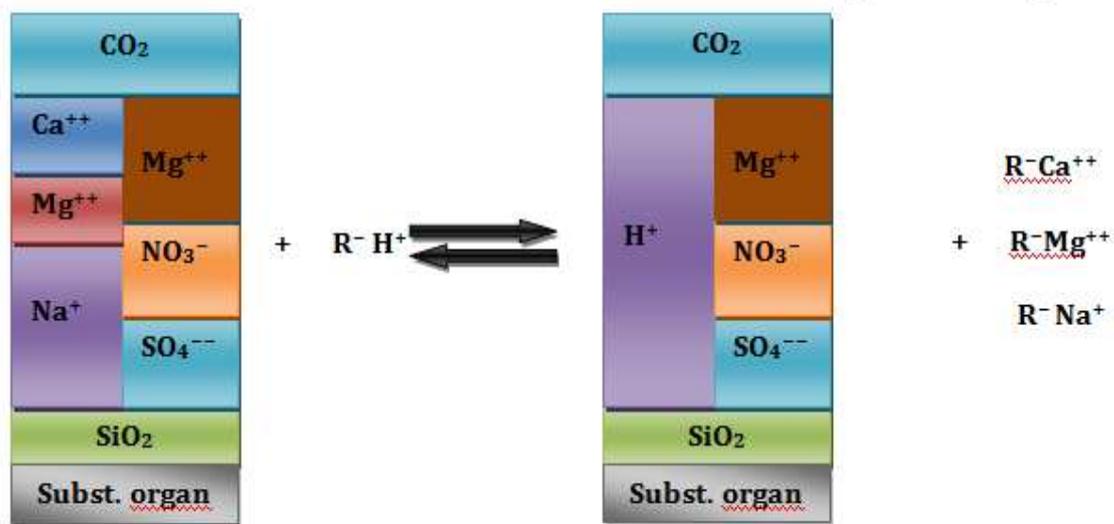
a) L'échangeur cationique

Il est constitué de 2 compartiments séparés par des planchés crépines.

- Un compartiment bas contenant une charge de résine cationique forte appelée sulfonique.
- Un compartiment haut identique contient une charge de résine cationique forte.

i. Mécanisme réactionnel

C'est une résine échangeuse d'ions susceptible de fixer des cations minéraux ou organiques et de les échanger soit entre eux soit avec l'ion H^+ :



R^- = résine cationique, chargée négativement

Mécanisme réactionnel au niveau de l'échangeur cationique

b) Le dégazeur atmosphérique

Son rôle est d'éliminer le CO_2 dissous dans l'eau. Le dégazeur est équipé d'un ventilateur qui assure en continu l'air du bas vers le haut à travers un garnissage pour dégager le CO_2 .

La présence de bicarbonates HCO_3^- en milieu acide conduit à la formation de CO_2 selon la réaction : $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

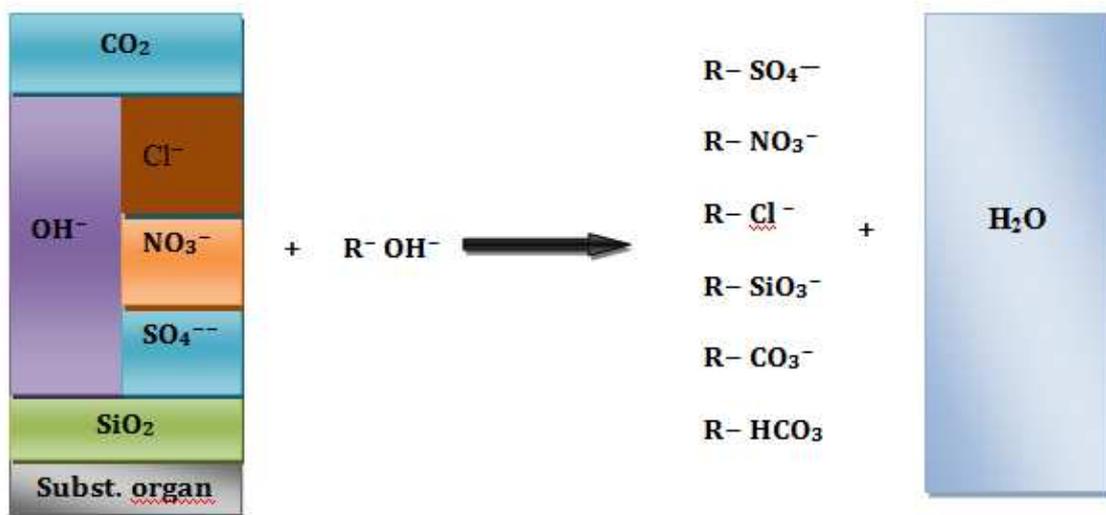
c) L'échangeur anionique

Il est similaire à l'échangeur cationique :

- Un compartiment bas contient une charge de résine anionique faible.
- Un compartiment haut contient une charge de résine anionique forte

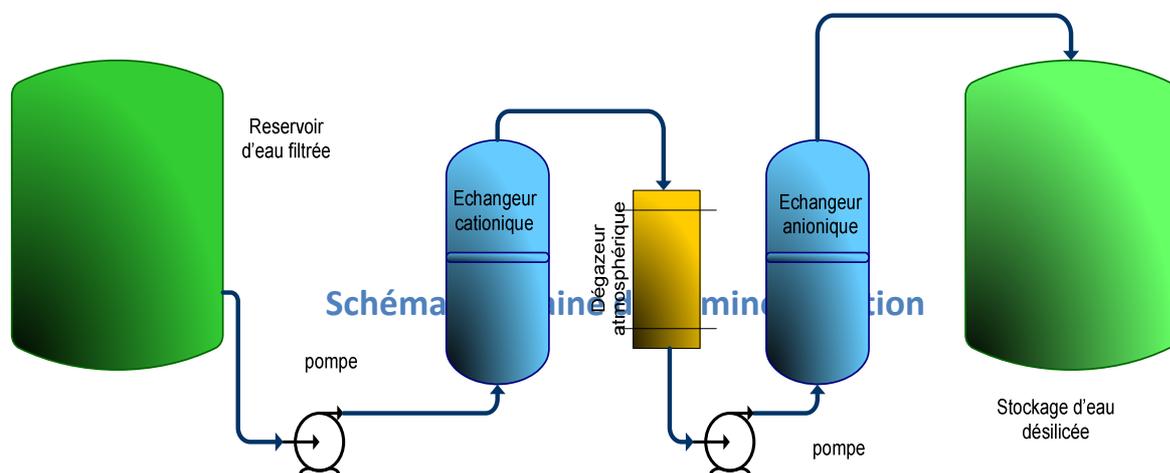
N.B : Les 4 compartiments des 2 échangeurs contiennent chacun une charge de résine inerte, servant de protection des résines actives.

i. Mécanisme réactionnel



R- = résine anionique, chargée positivement

Mécanisme réactionnel au niveau de l'échangeur anionique



d) Régénération des échangeurs cationiques

Après un cycle de production en fonction du volume d'eau brute traitée (ou par la perte de la qualité d'eau de sortie des chaînes) la régénération est lancée. la régénération s'effectue à contre-courant (du haut en bas).

séquence	Durée en min	Débit m ³ /h	Vitesse m ³ /h	Volume m ³
Production		100	26,32	
Arrêt				
Régénération : 1^{er} étape H₂SO₄ dilué à 2%	18	74,86		0,25
2^{ème} étape H₂SO₄ dilué à 4%	17	74,86		0,5
déplacement	29	74,86	19,7	35,8
Rinçage final(recyclage)	38	100	26,32	
Total	102			

Tableau 1 : les différents paramètres de la régénération des échangeurs cationiques

e) Régénération des échangeurs anionique

séquence	Durée en min	Débit m ³ /h	Vitesse m ³ /h	Volume m ³
Production		100	26,32	
Arrêt				
Régénération à H₂SO₄ dilué à 4%	21	42,56	11,2	0,98
déplacement	47	42,56	11,2	33
Rinçage final (recyclage)	38	100	26,32	
Total	105			

Tableau 2 : les différents paramètres de la régénération des échangeurs anioniques

3) Station du condensat traité

a) L'échangeur à lit mélangé (les polisseurs)

L'eau à traiter est constituée par les condensats froids et chauds venant des différents ateliers du complexe et par l'eau désiliciée d'appoint. Toutes ces eaux sont récupérées dans la bache à condensats de la centrale thermique. Afin de les réutiliser et de les recycler, les condensats doivent être traités en traversant une chaîne de polissage pour éliminer les dernières impuretés et traces salines contenues dans l'eau.

L'échangeur à lits mélangé (polisseurs) est constitué d'un mélange de résines cationiques et anioniques forts. Les résines cationiques et anioniques sont placées dans le même appareil, ces dernières sont intimement mélangées par brassage à l'air comprimé. Les grains de cations et d'anions sont ainsi disposés côte à côte.

b) Régénération des échangeurs à lits mélangé

Après un cycle de production en fonction du volume traité, une séquence de régénération est lancée, la régénération s'effectue de bas en haut.

Les séquences de lavage sont :

- Vidange partiel : (4 min) de façon à abaisser le niveau de l'eau dans l'échangeur.
- Lavage ABRO : (1 h 30) avec l'eau (débit < 170 m³/h) et l'air de service (P < 0,4 bar) pour maintenir un niveau constant.
- Classement : (20 min) Opération destinée à séparer les deux résines.
- Passage de la soude NaOH : (28 à 30 min) Injection de la soude diluée (4 à 5 %) par le haut de l'appareil, un courant d'eau de bas en haut est maintenu sur le cation pour éviter la diffusion de la soude vers le bas de la colonne.
- Déplacement de la soude : (1 h) pour éliminer les traces de la soude.
- Passage de l'acide H₂SO₄ : (20 min) Injection d'acide dilué par le collecteur intermédiaire, un courant anti-diffusion maintenu sur la résine anionique de haut en bas pour éviter les remontées d'acide vers cette résine.
- Déplacement d'acide : (1 h)
- vidange partiel : (4 min)

- Brassage air : (20 min)
- Remplissage : (23 min) remplissage à faible débit pour éviter des remous (rotation de l'eau) à la surface de la résine.
- Rinçage : (10 min) pour éliminer les traces de la soude et de l'acide (neutralisation).

VI. Les différents analyses effectuées à l'unité des traitements des eaux (TED)

	Eléments à analyser	Période d'analyse
Eau brute	Conductivité, Turbidité	1 à 2 fois/mois (dépend de la saison)
Eau filtrée (stock)	Turbidité	1 fois/semaine
Eau potable	pH, Turbidité, Cl ₂ (libre)	2fois /semaine
Eau polisseur (sortie)	pH, conductivité, SiO ₂	6fois par jour
Condensat non traité (stock)	pH, conductivité	3fois par jour
Retour condensat PAP	pH, conductivité	3fois par jour
Eau recyclée (régénération)	pH, conductivité	1 fois/régénération
Effluents cationiques (régénération)	Conductivité, TAF	1 fois/ régénération
Effluents anioniques	Conductivité, TA	1 fois par régénération
Eau déminéralisée (stock)	pH, conductivité	1 fois par jour
Eau déminéralisée (chaîne A/B)	TH, pH, SiO ₂ , TA, TAC, TAF, conductivité	Après Chaque volume : (V= 100m ³ , V=400m ³ , V=1000m ³ , V=1400m ³).

Tableau 3 : les différentes analyses effectuées à l'unité de TED

1) Titre alcalimétrique TA

C'est le titre alcalimétrique simple, il correspond à la quantité d'acide fort nécessaire pour amener l'eau de son pH initial à un pH de 8,3 environ.

Le Titre alcalimétrique représente la somme des bases, la moitié des carbonates, une partie des phosphates et des silicates,

2) Titre alcalimétrique complet TAC

C'est le titre alcalimétrique complet, il correspond à la quantité d'acide fort (sulfurique ou chlorhydrique) nécessaire pour amener l'eau de son pH initial à pH de 4,1 environ.

3) Titre hydrométrique TH

C'est le titre hydrométrique total. Il exprime la dureté d'une eau et représente la somme des sels, de calcium et de magnésium.

Une eau à TH élevé est dite dure.

Une eau à TH faible est dite douce.

4) Turbidité

La détermination de la turbidité se base sur la mesure de la lumière diffusée par des substances non dissoutes (La turbidité est un indice de la présence des particules en suspension dans l'eau). Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre.

5) La conductivité

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, l'unité de mesure communément utilisée est Siemens(S /cm) exprimé souvent en micro Siemens.

VII. Suivi de la gestion et de l'optimisation de la consommation d'eau au sein de TED

Pour bien traiter la gestion de l'eau et sa consommation on a opté pour 2 analyses :

- Analyse globale de l'entrée et la sortie d'eau à TED comme un seul bloc
- Analyse détaillée de traitement d'eau pour chaque station de TED.

1) Bilan massique global de la station TED à PMP

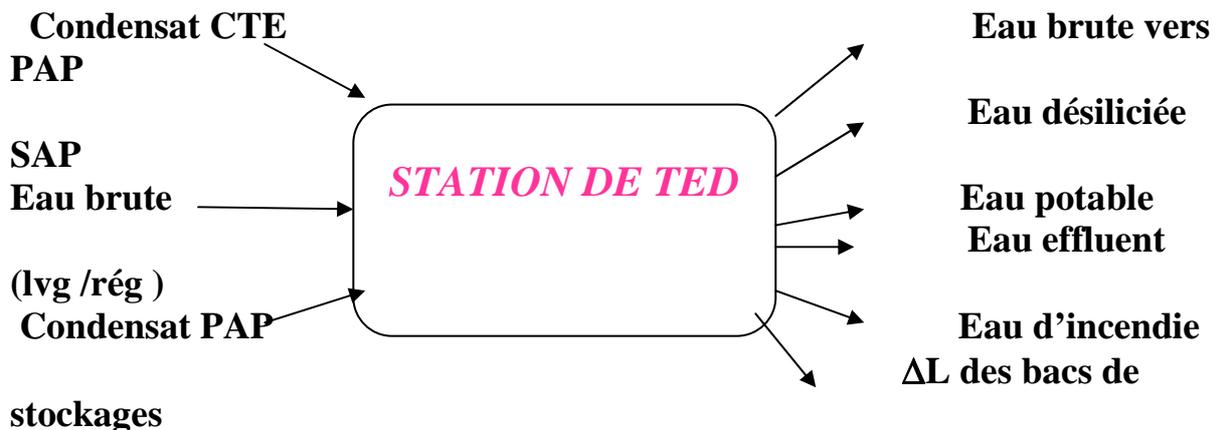


Schéma 3 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station TED

* Calcul du bilan d'entrée et sortie de TED

date	Entrée				Sortie							
	E.B	C.C TE	C.PA P	Tota l	PA P	SA P	E. P	E.in c	Polisseu r	Efflue n t	ΔL	Tota l
01/05	5840	1927	9	7776	3777	502	0	0	3347	420	-270	7776
02/05	7493	2007	1623	11123	5888	555	40	0	4162	303	175	11123
03/05	9397	1843	2261	13501	7926	620	19	0	4637	244	55	13501
04/05	9340	1872	2125	13337	7887	594	20	0	4556	205	75	13337
05/05	9063	1909	2301	13273	8056	628	18	0	4671	240	-340	13273
06/05	9817	1597	2345	13759	7869	645	0	0	4605	165	475	13759
07/05	9050	1795	2428	13273	8164	645	39	0	4737	238	-550	13273
08/05	7370	1524	2772	11666	6311	633	20	0	4662	160	-120	11666
09/05	9908	1238	2808	13954	8237	594	20	0	4503	60	540	13954

10/05	4880	438	183	5501	4353	180	37	0	1014	162	-245	5501
-------	------	-----	-----	------	------	-----	----	---	------	-----	------	------

Tableau 4 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station de TED



Remarque

La perte d'eau au niveau de l'atelier est nulle, il reste à faire une analyse plus détaillée surtout concernant l'eau effluente pour savoir si la consommation d'eau (filtrée et desiliciée) est optimale ou bien s'il y a une perte d'eau produite ou un dépassement de la quantité contractuelle pour le lavage des filtres et la régénération. C'est l'objectif de la section suivante :

2) Bilan massique détaillé de la filtration

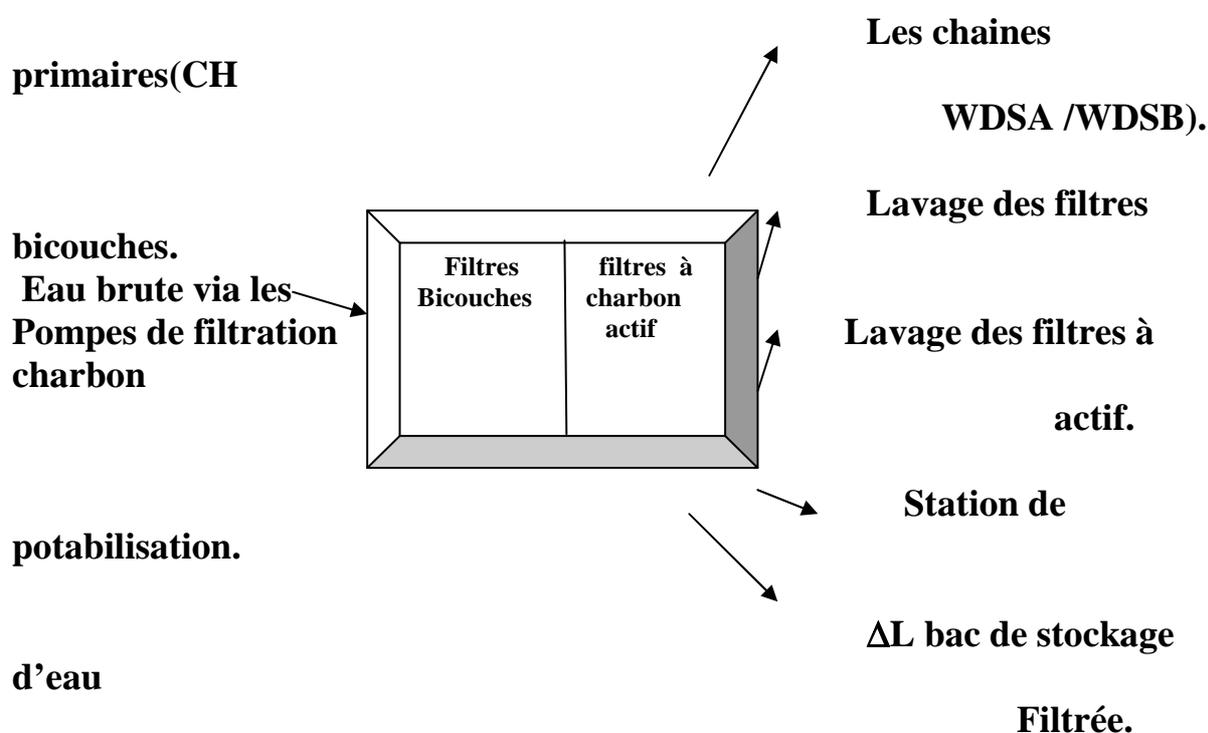


Schéma 4 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station de pré-traitement

* Calcul du bilan massique de filtration

date	Eau filtrée	
	Entrée	Sortie

	IP03 (FT201)	IP04 (FT202)	total	Production		Consommation			Total
				Chaîne WDSA	Chaîne WDSB	Eau potable	Lavage filtre	ΔL IR25	
01/05	1.4	2077.1	2078.5	1577	648	0	68	-230	2063
02/05	1649.1	107.9	1757	831	621	40	68	145	1637
03/05	0	105.2	105.2	0	93	0	0	15	108
04/05	0.4	1584	1584.4	630	758	20	0	45	1453
05/05	619	333.3	952.3	867	43	18	79	0	1007
06/05	1802	82.4	1884.4	688	1255	0	0	5	1948
07/05	1.3	844	845.3	776	0	39	71	0	886
08/05	0.4	1339.4	1339.8	0	1279	20	0	10	1309
09/05	1523	124.5	1647.5	1521	0	20	60	20	1621
10/05	300	12	312	13	239	37	3	-15	277

Tableau 5 : bilan massique à l'entrée et la sortie de la station de pré-traitement

3) Bilan massique détaillé de déminéralisation

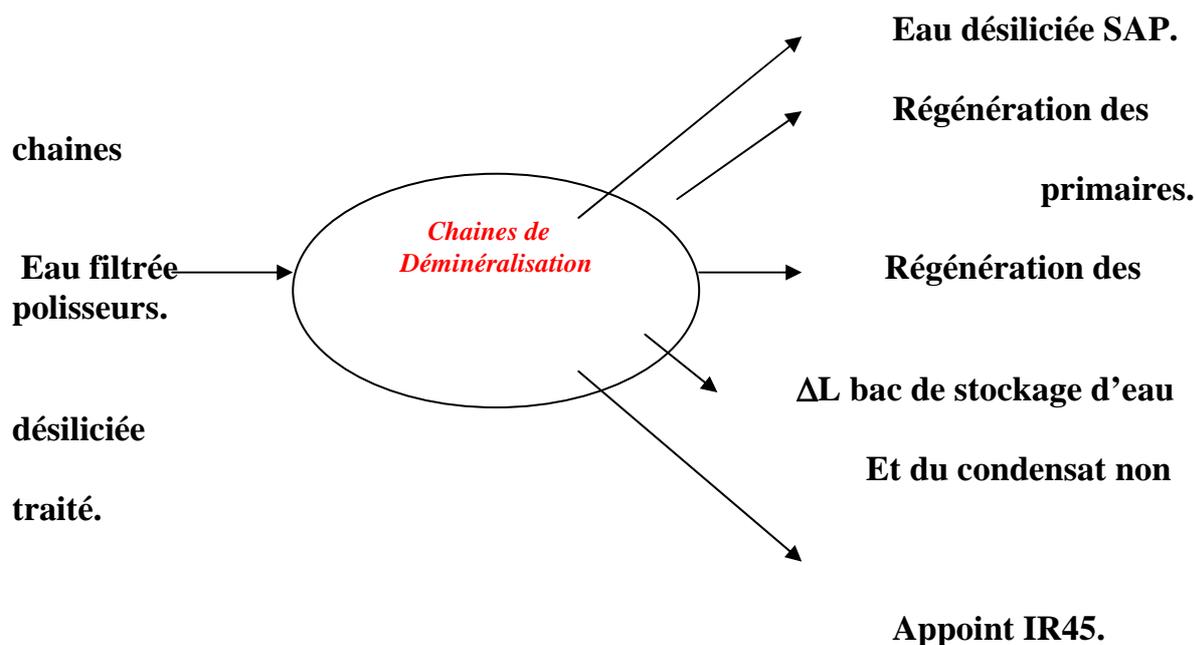


Schéma 5 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station des échangeurs

* Calcul du bilan massique de déminéralisation

Date	Eau désiliciée	
	Entrée	sortie

	Eau filtrée	Reg WDAS	Reg WDSB	Reg WDP	SAP	ΔL IR34	App IR45	total
01/05	2225	167	185	0	502	-30	1401	2225
02/05	1452	0	190	45	555	-139	792	1452
03/05	1278	185	0	0	620	90	383	1278
04/05	1388	0	160	45	594	-120	709	1388
05/05	910	161	0	0	628	-180	301	910
06/05	1943	0	165	0	645	300	833	1943
07/05	776	167	0	0	645	-320	284	776
08/05	1279	0	160	0	633	-10	496	1279
09/05	1521	0	0	0	594	470	457	1521
10/05	252	159	0	0	180	-280	163	252

Tableau 6 : bilan massique à l'entrée et à la sortie de la station des échangeurs

N.B : la petite différence entre les entrées et les sorties des chaînes primaires est due à l'erreur de mesure des débitmètres à TED qui est en pratique de 1% à 2%.

VIII. Les analyses critiques des chaînes de filtration et de déminéralisation

Lors de l'analyse critique des chaînes de filtrations et de déminéralisation, on a recours, dans un premier temps à une comparaison entre les paramètres de marche contractuels donnés par l'installateur et les paramètres réels, et dans un deuxième temps, on fait des interprétations de quelques différences et anomalies remarquées. Cette analyse concerne surtout la filtration et l'échange d'ions.

1) Chaîne de filtration

a) Filtre bi-couche

Comparaison entre les paramètres de marches contractuelles et réelles

	Valeur contractuelle		Valeur réelle	
	Débit (m ³ /h)	Durée (min)	Débit (m ³ /h)	Durée (min)
Production	105	24h	100	24h
1^{er} lavage	-	-	200	5 - 10
Décolmatage à l'air	500 – 600	5	570	5
Soufflage	Eau : 102	5 – 10	-	-
	Air : 500 – 600			
2^{eme} lavage	325	10 - 15	200	10

Tableau 7 : Paramètres de marches contractuelles et réelles du filtre bi-couche

* Interprétation

A partir de cette comparaison on constate que le volume d'eau à filtré donné par le constructeur est le même que le volume d'eau réel passant par le filtre. Donc il n'y a pas une différence au niveau de production, mais les différences remarquées existent dans le contrôle de la production et au niveau du cycle de lavage du filtre.

Pour le lavage du filtre l'installateur recommande trois étapes principales : décolmatage, soufflage et lavage. En réalité le lavage se fait par un premier lavage, puis un décolmatage et un deuxième lavage. L'opération de soufflage ne peut pas se faire, à cause des deux débits d'eau et d'air élevés.

La différence constatée entre l'installateur et la réalité, est le débit de lavage. Le constructeur a recommandé un débit de 325 m³/h (trop élevé), produisant un entrainement de l'hydro anthracite vers les égouts, nécessitant une diminution de débit (200 m³/h).

b) Filtre à charbon actif

	Valeur contractuelle		Valeur réelle	
	Débit (m ³ /h)	Durée (min)	Débit (m ³ /h)	Durée (min)
Production	105	72h	100	24h

Lavage	172	10 à 15 min	100	Contrôle de clarté de l'eau de lavage à la sortie du filtre.
---------------	-----	-------------	-----	--

Tableau 8 : Paramètres de marches contractuelles et réelles du filtre à charbon actif

*** Interprétation**

La différence entre les paramètres recommandés par l'installateur et les paramètres réels s'aperçoit clairement dans le volume d'eau filtré, par cycle

qui est très loin de celui donné par l'installateur. Ceci provoque une augmentation de la consommation d'eau de lavage. Ainsi que le débit de lavage donné par l'installateur, qui provoque un entrainement du charbon actif vers les égouts, d'où la diminution de débit (100 m³/h).

2) Chaine de déminéralisation

a) Production

	Cations Fort		Anions	
	Installateur	Réels	Installateur	Réels
Volume d'eau désilicée produit / cycle	800 m ³	De 1200 m ³ à 1600 selon le TAF mesuré	800 m ³	De 1200 m ³ à 1600 selon le TAF mesuré
Débits : eau m ³ /h	100m ³ /h	100m ³ /h	100m ³ /h	100m ³ /h
Critère fin séquence	Installateur		Réels	
	Volume atteint : 800m ³ ou Conductivité > 3.5µS si cycle > 75%		Volume calculé atteint ou Conductivité > 3.5µS si cycle > 75%	

Tableau 9 : Paramètres de marche de production des chaines

b) Régénération

i. Séquence 1 : Attente de régénération.

	Cations Fort		Anions	
	Installateur	Réels	Installateur	Réels
Durée opération	Attente 3min	Durée variable	Attente 3min	Durée variable

Tableau 10 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 1)

ii. Séquence 2 : Passage acide et soude.

	Cations		Anions	
	Installateur	Réels	Installateur	Réels
Configuration	Passage acide		Passage Soude	
Durée opération	2% (18 mn)- 4%(17mn)	Durées variables	21mn	Durée variable
Débits : eau et Réactif m³/h	74m ³ /h-74m ³ /h 0.83m ³ /h-1.66m ³ /h	74m ³ /h-74m ³ /h Passage de 0,25 à 0,3 m ³ – de 0,3 à 0,6 m ³ d'acide	40m ³ /h 2,8 m ³ /h	45m ³ /h Passage de 0,977 m ³ de la soude
Critère fin séquence	Passage volume de réactifs	Passage volume de réactifs	LSLL Bac journalier	Passage volume de réactif
Contrôles à effectuer	Concentration du réactif	Contrôle de la densité	Concentration du réactif	Contrôle de la densité

Tableau 11 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 2)

iii. Séquence 3 : Déplacement acide et soude.

L'eau de dilution des réactifs permet de continuer à percoler les réactifs à travers des résines.

	Cations		Anions	
	Constructeur	Réels	Constructeur	Réels
Configuration	Déplacement acide		Déplacement Soude	
Durée opération	29mn	Durée variable	46mn	Durée variable
Débits : eau et réactif m³/h	74.9m ³ /h	90 m ³ /h	42.6m ³ /h	99 m ³ /h
Vérification à faire	Concentration du réactif en fin de régénération	Contrôle de la conductivité <50 μS	Concentration du réactif en fin de régénération	Contrôle de la conductivité <50 μS

Tableau 12: Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 3)

iv. Séquence 4: Rinçage et recyclage :

La chaîne en fin de son déplacement part en recyclage pour que les résiduels de réactifs soient fixés en tête des couches de résines.

Cations	Anions
---------	--------

	Installateur	Réels	Installateur	Réels
Configuration	Recyclage		Recyclage	
Durée opération	< 38mn	< 38mn	< 38mn	< 38mn
Débits : eau et réactif m ³ /h	100 m ³ /h			
Critère fin séquence	-	-	Cond < 1.5μS	Cond < 1.5μS

Tableau 13 : Paramètres de marche de régénération des chaines (Séquence 4)

* **Interprétation**

Concernant la phase de production, la différence entre le volume d'eau désiliciée produit, par cycle garanti par l'installateur et celui produit en réalité s'aperçoit clairement. On peut parfois doubler le volume contractuel cela s'explique par la variation de la qualité de l'eau brute et par le contrôle de la chaîne à la sortie des échangeurs anioniques (conductivité et le pH).

Pour la phase de régénération, on voit clairement que les durées des séquences sont très variables, car pendant le passage des réactifs, la tâche de dilution prend plus de temps. La détermination des concentrations des réactifs est obtenue manuellement par l'ouverture d'une vanne manuelle. Le contrôle de la concentration se fait par l'opérateur du chantier, avec un densimètre et cela doit être fait automatiquement par le mélange de deux débits d'eau et de

régénérant bien déterminés auparavant. La soude diluée (40m³/h d'eau et 2,8 m³ de la soude concentrée).

Le problème de la dilution des réactifs est dû à des problèmes d'instrumentation, car les pompes doseuses des réactifs sont asservies aux débits de l'eau de dilution, et les fluctuations importantes de la mesure de débit de dilution rend l'exécution automatique de la tâche impossible.

Conclusion

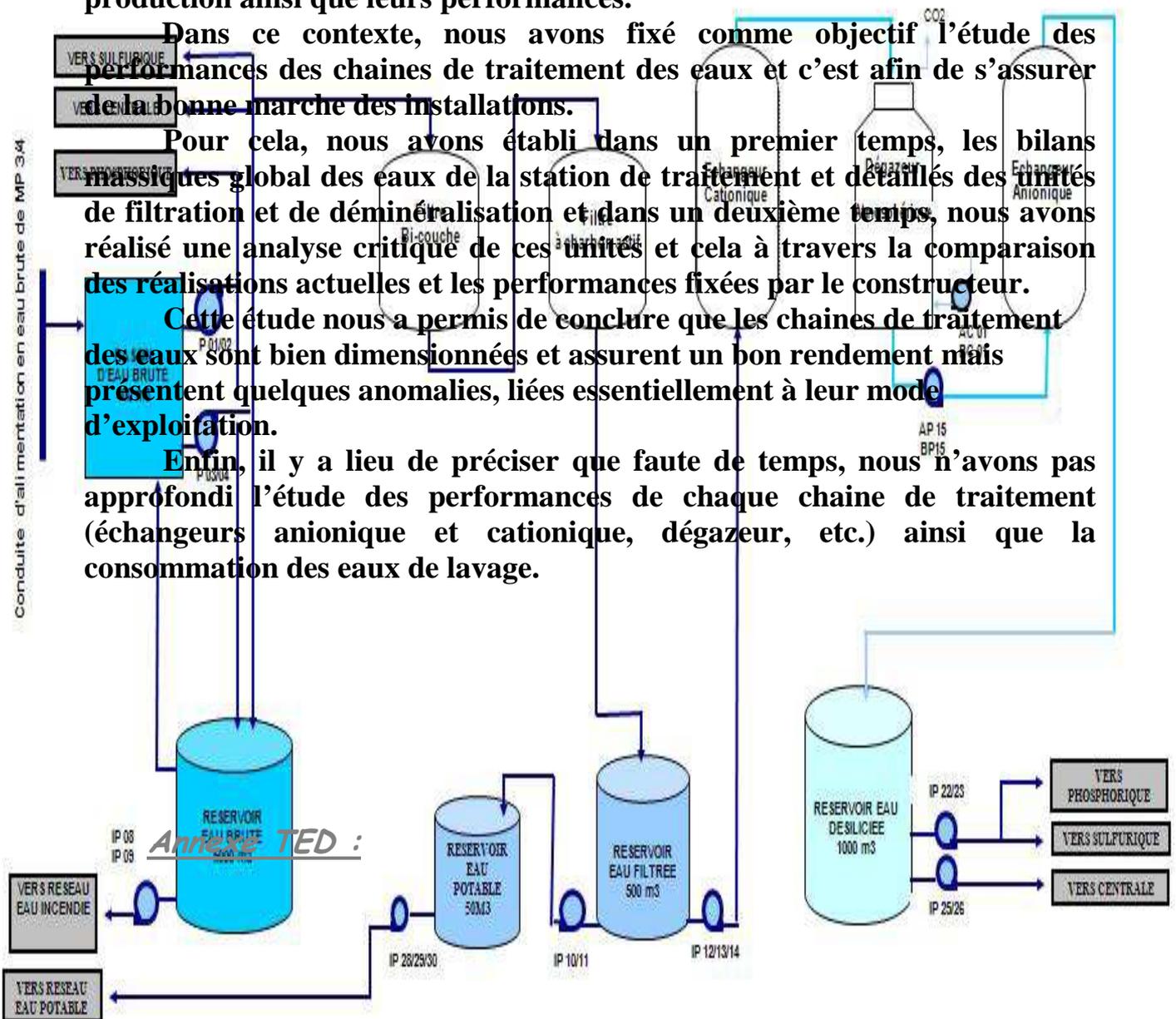
La station de traitement des eaux douces (TED) constitue une unité stratégique pour l'usine Pakistan Maroc Phosphore. Sa fiabilité ainsi que la conformité de ses produits influencent directement la sécurité des unités de production ainsi que leurs performances.

Dans ce contexte, nous avons fixé comme objectif l'étude des performances des chaînes de traitement des eaux et c'est afin de s'assurer de la bonne marche des installations.

Pour cela, nous avons établi dans un premier temps, les bilans massiques global des eaux de la station de traitement et détaillés des unités de filtration et de déminéralisation et dans un deuxième temps, nous avons réalisé une analyse critique de ces unités et cela à travers la comparaison des réalisations actuelles et les performances fixées par le constructeur.

Cette étude nous a permis de conclure que les chaînes de traitement des eaux sont bien dimensionnées et assurent un bon rendement mais présentent quelques anomalies, liées essentiellement à leur mode d'exploitation.

Enfin, il y a lieu de préciser que faute de temps, nous n'avons pas approfondi l'étude des performances de chaque chaîne de traitement (échangeurs anionique et cationique, dégazeur, etc.) ainsi que la consommation des eaux de lavage.



Annexe des abréviations :

PMP: PAKISTAN MAROC PHOSPHORE.

TED: traitement des eaux douces.

CTE : la centrale thermoélectrique.

PAP: atelier de production d'acide phosphorique.

SAP: atelier de production d'acide sulfurique..

Ppm : partie par million.

Lvg : lavage.

Rég : régénération.

E.B : eau brute.

C.CTE : condensat via la centrale thermoélectrique.

C.PAP : condensat via l'atelier phosphorique.

E.P : eau potable.

E.inc : eau incendie.

CH.WDSA : chaine de déminéralisation A.

CH.WDSB : chaine de déminéralisation B.

IP03(FT201) : pompe 03.

IP04(FT202) : pompe 04.

IR45 : bac des condensats non traités.

IR25 : bac de stockage d'eau filtrée.

IR34 : bac de stockage d'eau déminéralisée.

WDP : eau des polisseurs.