

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université Mouloud MAMMÉRI de Tizi-Ouzou



Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

Département de biologie animal et végétal

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de master II en sciences biologiques

Option : protection de l'environnement

Thème

Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager « ENIEM »

Réalisé par :

Mr: Ben Mehraz Ahcene

Mr: Louelh Djamel

Promotrice : Mme LARDJANE N

Maître de Conférences A à l'UMMTO

Co-promoteur : Mr Selam R

assistant de qualité et environnement ENIEM

Devant le jury :

Président : Mme TALEB K

Maître de Conférences B à l'UMMTO

Examinatrices : Mme SAHMOUNE F

Maitre-assistant A à l'UMMTO

Mme BENAHMED DJILALI A

Maître de Conférences A à l'UMMTO

Promotion 2015-2016

Remerciements

Au terme de ce travail

Nous tenons en premier lieu à remercier dieu pour le courage et la patience qu'il nous a donné afin de mener ce projet à terme, et il nous est agréable d'exprimer nos remerciements à tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

*Nous tenons à remercier notre promotrice **Mme Lardjane N** qui a bien voulu assurer notre encadrement, pour son suivi et ses orientations.*

Nos profondes gratitudee en nos plus vifs remerciements à tous les membres de jury pour avoir accepté d'examiner notre travail :

Mme TALEB K, Mme SAHMOUNE F, Mme BENAHMED DJILALI A

*Nous tenons à remercier tout le personnel de L'ENIEM : **Mr selam** pour son aide et surtout **Mrs Moulai A, Sebti S**, pour leur soutien et leur patience et leur compréhension.*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation à mes très chers parents : Larbi et Horia

- *A ma chère sœur : Maude*
- *A mes chers frères : Houcin ,Toufik ,Yazid*
- *A ma grand-mère : Zahra*
- *A la mémoire de : mon grand-père Mohand Larbi , Mohand , Belkacem , Ghenima ,M'hand*
- *A mes tantes*
- *A tous mes amis en particulier:Amar,Ghiles,Lyes,Zaid,Sofiane,Samir,Younes,Hamid ,said,kouceila, Amirouche,Zohir,Madjid,Karim,*
- *A mes amies : tinhinane ,zahra ,malha , yacemin, sarah ,fariza ,Zina,Safia,Lilla,Naoual*
- *A tous les citoyens de mon village « igueffilen »*
- *A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles*
- *A toute la promotion de protection de l'environnement*
- *A tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.*
- *A mon binômeet chère ami : djamel*



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont donné un sens à mon existence, en m'offrant une éducation digne de confiance, ceux qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation à mes très chers parents : Malika et Rachid

A ma chère sœur : Djamila

A mes chers frères : Ahmed, Karim, Mokrane

A ma grand-mère : Ouardia

A la mémoire de : mon grand-père Said, de ma grande mère hamama, de mon oncle Samir, de ma sœur Fatima et mon frère Djamel

A mes cousins et cousines surtout : Amar, Fazia, Iidir, ghiles, said, Samir

A mes tantes

A tous mes amis en particulier: Amar, ghiles, LYES, Zaid, sofiane, samir, younes, hamid , said, kouceila, Amirouche, Zohir, Madji.

A mes amies : Djouher, fadhila, Sarah, sonia, Safia, yasmine, Zina, Lilla, Naoual, Razika,

A tous les citoyens de mon village « Agounifourou »

A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles

A toute la promotion de protection de l'environnement

A tous les enseignants qui m'ont suivi tout au long de mon parcours éducatif.

A mon binôme et chère ami : Ahcene

Sommaire

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I: généralités sur la pollution des eaux

1-Définition de la pollution de l'eau.....	3
2-origines de la pollution des eaux	3
3-Les différents types des pollutions des eaux	4
3-1-la pollution organique	4
3-2-pollution biologique	4
3-3-pollution thermique	4
3-3-pollution radioactive	5
3-4-La pollution chimique	5
3-4-1-les détergents	5
3-4-2- les hydrocarbures.....	5
3-5-la pollution agricole	6
3-5-1-pesticides	6
3-5-2-engrais chimique	6
4-impact de la pollution des eaux	8
4-1-impact de la pollution des eaux sur l'environnement.....	8
4-1-1Diminution de la teneur en oxygène dissout	8
4-1-2-prolifération d'algues.....	8
4-1-3-modification physique du milieu récepteur	8
4-2-Impact de la pollution de l'eau sur la santé humaine	9
4-3-Impact de la pollution de l'eau sur l'économie	9

Chapitre II: les effluents industriels et leurs traitements

1-définition	10
--------------------	----

Sommaire

2-origine des effluents	10
3-principaux paramètres physico-chimiques caractérisant les effluents	11
3-1-paramètres physiques	11
3-1-1-la température	11
3-1-2-L'odeur	11
3-1-3-La couleur	11
3-1-4-turbidité	11
3-1-5- débit	12
3-1-6- matières en suspension	12
3-2-paramètres chimiques	12
3-2-1-PH	12
3-2-2-conductivité	12
3-2-3-oxygène dissout	13
3-2-4-demande chimique en oxygène (DCO).....	13
3-2-5-demande biochimique en oxygène (DBO).....	13
3-3-autres éléments	14
3-3-1-Azote	14
3-3-2-phosphore	14
3-3-3-zinc	14
3-3-4-nickel	15
3-3-5-chrome	15
3-3-6-micropolluant	15
4-norme de rejets	16
Traitements des effluents industriels	
1-Définition de traitement des effluents industriels	18
2-Les différents Procédés de traitement des effluents industriels	18
2-1-Traitements préliminaire	18

Sommaire

2-2-Traitements physico-chimique.....	18
3- Les principales opérations du traitement physico-chimique	18
3-1- Oxydoréduction	19
3-2- La Mise à PH (neutralisation).....	19
3-3-Coagulation	19
3-4- Flocculation	20
3-5-Décantation	20
3-6.-Flottation	20
3-7-Filtration	20
4-Traitement biologique	21
5-Traitement des boues	21

Partie pratique

Chapitre I : présentation de site d'étude

1-présentation générale de l'entreprise ENIEM	23
1-1-présentation	23
1-2-localisation	24
1-3-politique environnementale	25
1-4-organisation.....	26
2-les unités de traitement de surface	28
2-1-définition de traitement de surface	28
2-2-Structure des ateliers de traitement de surfaces.....	28
2-3-Le différent procédé de traitement de surface	29
4-Sources des rejets liquides	31
4-1-Unité froid.....	31
4-2- unité cuisson	32
5-station de neutralisation.....	33
5-1-présentation de la station de neutralisation.....	33

Sommaire

5-2-bassin de récupération	34
5-3-quantité des effluents à traiter	34
5-5-le fonctionnement de l'installation.....	36
5-5-1-la détoxification	36
5-5-2-traitement physico-chimique	38
5-5-3-le devenir des rejets de la station de neutralisation	39
5-5-4-déshydratation des boues.....	40

Chapitre II : Matériels et méthodes

1-introduction	41
2-présentation de laboratoire	41
3-1'échantonnage	43
4-modes opératoires des paramètres analysés	43
4-1-la température et le potentiel d'hydrogène(PH).....	43
3-2-la demande chimique en oxygène (DCO)	44
3-3-le phosphore total.....	45
3-4-les métaux lourds	46
3-4-1-le chrome total	46
3-4-2-le nickel	48
3-4-3-le zinc	49
3-4-4-le fer	51

Chapitre III : résultats et discussion

1-introduction	52
2-résultat d'analyse des effluents industriels à l'entrée et la sortie de la station neutralisation	53
2-1-l'évolution de PH	55
2-2-évolution de la DCO.....	56
2-3-évolution de la concentration de phosphore total	57
2-4-évolution de la concentration de chrome total	58

Sommaire

2-5-évolution de la concentration du nickel	59
2-6-évolution des concentrations de zinc	60
2-7- évolution des concentrations de fer	61
Conclusion	64

Annexes

Liste des abréviations

A .D.E.M.E : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

ENIEM : Entreprise National Industriel d'Electroménager

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

IAA : Industrie agro-alimentaire

ISO : International standard organisation

JORDA : journal officiel de la république algérienne démocratique

MES : Matières en suspensions

pH : Potentiel d'hydrogène

PVC : Polychlorure de vinyle s

SONELEC : Société National d'Electroménager

Liste des tableaux

Tableau 1 : principaux types de pollution des eaux leurs natures et leurs causes.

Tableau 2: les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD.

Tableau 3: exemple de prétraitement exigé avant d'appliquer les procédés biologiques.

Tableau 4: les bassins de récupération

Tableau 5 : résultats d'analyses des effluents industriels à l'entrée et à la sortie de la station pendant six semaines allant de Mars à avril.

Tableau 6 : valeurs limites des eaux de rejets selon l'OMS

Liste des figures :

Figure 1 : L'entreprise ENIEM.

Figure 2 : Localisation de l'entreprise ENIEM

Figure 3 : Organigramme de l'ENIEM.

Figure 4 : Schéma du fonctionnement de la station de neutralisation de l'ENIEM

Figure 5: schéma de principe de déchromatation.

Figure 6: schéma de principe de neutralisation 1^{er} et 2^{ème} stade.

Figure 7: schéma de principe de floculation et de décantation

Figure 8 : devenir des boues.

Figure 9: coupe représentative de la composition d'un lit de séchage.

Figure 10: Les différents appareils utilisés

Figure 11 : principe de la méthode colorimétrique de chrome

Figure 12 : principe de la méthode colorimétrique de nickel

Figure 13 : principe de la méthode colorimétrique de zinc

Figure 14 : représentation graphique des valeurs du pH de l'entrée et de la sortie de la station

Figure 15 : représentation graphique des valeurs de la DCO à l'entrée et à la sortie de station

Figure 16: Représentation graphique de la concentration du phosphore total au niveau de l'entrée et de la sortie de la station.

Figure 17: représentation graphique des concentrations du chrome total au niveau de l'entrée et de la sortie de la station.

Figure 18 : représentation graphique des concentrations du Nickel au niveau de l'entrée et de la sortie de station.

Figure 19: représentation graphique concentrations du zinc au niveau de l'entrée et à la sortie de la station

Figure 20: représentation graphique des concentrations du fer au niveau de l'entrée et de la sortie de station.

Introduction

La qualité de l'eau, à travers l'histoire, a été un facteur important pour assurer le bien-être humain, actuellement, la pollution de l'hydrosphère est un des problèmes environnementaux les plus graves engendré en grande partie, par les activités anthropiques.

Dans les pays développés et ceux en voie de développement, la qualité de cet élément vital est en détérioration à cause des déchets divers, issus de différentes industries surtout chimiques, déversés dans la nature.

Pour les utilisateurs, l'eau est considérée comme polluée quand sa qualité ne correspond plus à des usages domestiques agricoles et industriels. La pollution des eaux, que ce soit celle d'une nappe phréatique, d'une rivière ou des mers, résulte principalement des rejets d'origine urbaine, agricole et industrielle. De nombreuses activités industrielles utilisent 70 à 80% d'eau pour la fabrication de leurs produits, donc l'industrie est responsable globalement de la moitié des rejets des polluants dans le milieu naturel (Debray 1997).

Dans le but d'éliminer et de réduire cette pollution, aujourd'hui les entreprises industrielles doivent relever de nombreux défis dans le domaine de l'environnement. Dans cette optique, ces usines doivent établir et mettre en œuvre un plan de gestion efficace, comme l'installation des stations de traitements physico-chimique pour les rejets liquides, l'objectif de ce traitement est essentiellement la protection du milieu naturel, c.-à-d. l'obtention d'une eau épurée qui conforme aux normes de rejets édicté par la législation. (A.D.E.M.E, 2008)

Au cours de notre travail nous allons évaluer l'efficacité de traitement des effluents industriels au niveau de l'Entreprise National Industriel d'Electro-Ménager (ENIEM).

Nous nous intéresserons exclusivement aux effluents industriels liquides, ces derniers constituent la menace la plus lourde pour l'environnement en raison de leur caractère toxique et dangereux.

Le présent travail est scindé en deux parties, la partie bibliographique englobe deux chapitres :

Le premier chapitre comporte des généralités sur la pollution des eaux ;

Le deuxième chapitre est consacré aux effluents industriels et leur traitement

Introduction

La partie pratique est divisée en trois chapitres :

Le premier chapitre concerne la présentation de la station d'étude(ENIEM) ;

Le deuxième chapitre décrit les matériels utilisés et les méthodes suivies ;

Le troisième chapitre est consacré à l'interprétation des résultats des analyses effectuées ;

Enfin, nous terminons par une conclusion générale résumant les résultats et quelques recommandations.

Partie bibliographique

*Chapitre I : généralités
sur la pollution des
eaux*

1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologique, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit, la pollution peut atteindre tous les milieux tels que les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraine (Schmitzberger, 2008)

Selon la loi n°3 du 19 juillet 2003, « la pollution des eaux, est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques, et/ou biologique de l'eau. De créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune, à la flore terrestre et aquatique »

2. Origines de pollution des eaux

➤ **Pollution domestique**

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration.

La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- De fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- Des détergents ;

➤ **Pollution industrielle**

Provenant des usines elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (process) ; tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant :

- Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaire, équarrissages....) ;
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...) ;
- Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;

- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) ;

➤ **Pollution agricole**

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant :
 - des engrais ;
 - des purins et lisiers (élevage) ;
- La présence de produit chimique de traitement (pesticides, herbicides...) ;
(Gaujous, 1995)

3. Les différents types des pollutions des eaux

3.1 La pollution organique

La pollution par les matières organiques est en effet une des importante et une des plus répandue, elle est représentée par des substances plus ou moins biodégradables (sucre, protéinesetc.) rejetées par certaines industries agroalimentaires et de conditionnement, elle comprend aussi des substances toxiques plus ou moins remuantes (phénols, hydrocarbures, tensioactifs, pesticides....etc.) et apparentés. Ses conséquences néfastes sont essentiellement dues à l'appauvrissement du milieu en oxygène (Pesson *et al.*, 1978)

3.2 Pollution biologique

➤ **La pollution microbiologique**

La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes tels que les virus, les parasites ou les bactéries. Ceux-ci peuvent présenter un risque pour la santé humaine ou animale(Ramade, 2005).

3.3Pollution thermique

La pollution thermique correspond à l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau par rapport à la température normale suite à l'action de l'homme et qui affectera la vie aquatique.Il s'agit d'une pollution diffuse, non visible et elle n'est donc pas toujours

considérée comme une vraie pollution. Ce type de pollution est causé par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques, ou nucléaires (Pesson et Perraud, 1976).

3.4 Pollution radioactive

Il s'agit de l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement (Oudiz et al, 2000).

3.5 La pollution chimique

La pollution chimique se traduit par un déversement des substances chimiques dans le milieu naturel. Par les différentes activités de production et de fabrication, soit directement au bien indirectement, généré principalement par le secteur industriel et le secteur agricole (Khelfane et Kebaili, 2014).

3.5.1 Les détergents

L'énorme utilisation de détergents (en particulier dans les ménages) a pour conséquences des nuisances importantes sur le milieu récepteur, comme la perturbation des processus d'autoépuration des eaux, et inhibe certaines espèces de micro-organisme en plus l'eutrophisation des milieux aquatiques clos (lacs, étangsetc.).

(Pesson et al., 1976)

3.5.2 Les hydrocarbures

Les hydrocarbures responsables de la pollution des eaux peuvent provenir de nombreuses sources, tels que les effluents éliminés par l'industrie pétrolière, la pétrochimie, l'atelier de sidérurgie, ...etc. Les hydrocarbures peuvent aussi se retrouver accidentellement dans le milieu naturel par exemple les fissures dans les réservoirs de stockage et les accidents pétroliers géants et aux opérations de forage en mer, pouvant entraîner de grandes catastrophes écologiques (Bouziani, 2000).

3.6 La pollution agricole

Cette pollution est causée principalement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et les pesticides (Gaujous, 1995).

3.6.1 Pesticides

Un pesticide est une substance répandue sur une culture pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides, les herbicides et les parasitocides. Ils s'attaquent respectivement aux insectes ravageurs, aux champignons, aux mauvaises herbes et aux vers parasites.

Les pesticides, leurs produits de dégradation et leurs métabolites peuvent contaminer tous les compartiments de l'Environnement(eau-sol-air). (Brissaud et *al.*, 1982).

3.6.2 Engrais chimique

Les engrais sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance, et à augmenter le rendement et la qualité des cultures. Le risque environnemental le plus cité est celui de la pollution de l'eau potable ou de l'eutrophisation des eaux, lorsque les engrais, organiques ou minéraux, répandus en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, qui dépend notamment de sa texture, sont entraînés vers la nappe phréatique par infiltration, ou vers les cours d'eau par ruissellement (Schrock, 2006).

Le tableau I résume les différents types de pollution des eaux.

Tableau I : principaux types de pollution des eaux leurs natures et leurs causes (Ramade, 1998).

Type de pollution	Nature physico-chimique	Source ou agent causal
<ul style="list-style-type: none"> • pollution thermique • pollution radioactive 	<p>Rejet d'eau chaude</p> <p>Radio-isotope</p>	<p>Centrales électriques</p> <p>Installations nucléaires</p>
<ul style="list-style-type: none"> • pollution chimique pollution par les engrais pollution par les éléments toxiques pollution par les pesticides pollutions par détergents pollution par les hydrocarbures pollution par les composés organochlorés pollution par divers autres composants organiques de synthèse 	<p>Nitrates Phosphates</p> <p>Cadmium,mercure,plomb Aluminium, arsenic, etc.</p> <p>Insecticides,herbicides, Fongicides,etc.</p> <p>Agents tensioactifs</p> <p>Pétrole brute et ces dérivés (carburant et autres produits raffinés</p> <p>PCB, insecticides,solvants Chlorés</p> <p>Très nombreusesmolécules,</p>	<p>Agriculture Lessives</p> <p>Industries,agriculture Combustion, (pluies acides)</p> <p>Agriculture(industrie, transport)</p> <p>Effluents domestiques (industriels)</p> <p>Industriespétrolières,transport Chaufferies industrielles</p> <p>Industrie,agriculture</p> <p>Industriel, usages dispersifs en Particulier domestiques pour certains</p>
<ul style="list-style-type: none"> • matières organiques fermentescibles 	<p>Glucides, lipides,protides,acides nucléiques</p>	<p>Effluents domestiques agricoles,industries, Agroalimentaires et l'industrie de bois (papeteries)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • pollution microbiologique 	<p>Bactéries, virus entériques et Champignons</p>	<p>Effluents urbains,élevage, Abattoir etsecteur agroalimentaire en général</p>

4. Impacts de la pollution des eaux

4.1 Sur l'environnement

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes, on distingue

4.1.1 Diminution de la teneur en oxygène dissout

La diminution du taux d'oxygène dissous accélère les mouvements respiratoires chez les poissons et favorise ainsi la pénétration des toxiques éventuellement présents dans l'eau.

En outre, certains polluants perturbent gravement la respiration des poissons et peuvent provoquer aussi leurs morts (Pessonnet *al.*, 1976).

4.1.2 Prolifération d'algues

Ce phénomène est dû aux rejets excessifs de phosphate, d'azote, de carbone et d'autres éléments minéraux, liés aux activités humaines, dont les algues se nourrissent. On observe ce phénomène dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Cette prolifération d'algues due à l'enrichissement des eaux en substances nutritives est responsable d'une diminution de la quantité d'oxygène indispensable à la survie des autres espèces, et menace par la même occasion leur existence (MENOUEUR, et TAIBI, 2014).

4.1.3 Modification physique du milieu récepteur

La modification physique se traduit par une augmentation de la température, coloration de l'eau...Etc.

L'ensemble de ses éléments perturbateurs prévient au milieu naturel de deux façons différentes à savoir : les rejets dans les réseaux d'égouts et les rejets diffus (lessivage des sols) (Ouikene, 2011).

4.2 Sur la santé humaine

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) ;
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très graves chez le jeune enfant ;

Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.....etc. Présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leur nature, ces pathologies peuvent être très graves, voir mortelles (Moletta, 2014).

4.3 Sur l'économie

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité coûteuse. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. En France comme dans les pays développés, la plus part des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets.

En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés directs ou indirects. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences (Moletta, 2014).

Chapitre II :
Les effluents
industriels et leurs
traitement

1. Définition

Les effluents industriels sont des rejets liquides issus des procédés d'extraction ou de transformation des matières premières en vue de fabriquer des produits industriels ou des biens de consommation. Ces eaux sont extrêmement hétérogènes. Leur quantité et leur qualité varient en fonction du procédé mis en œuvre et du domaine industriel. Elles présentent souvent un large spectre de polluants chimiques composés à l'état solide ou dissous de matières organiques et minérales, métaux, hydrocarbures, solvants, polymères, huiles, graisses et sels, à divers niveaux de toxicité(Cantet, 2007).

2. origine des effluents

Plusieurs industries tels que : les industries pharmaceutique, métallurgique pétrochimique et des traitements et de décapage...etc. Génèrent une quantité importante des effluents liquides. On distingue différents types de rejets résiduaire industriel (BLIEFERT et Perraud, 2009).

a) les effluents généraux de fabrication

La plupart des procédés conduisent à des rejets polluants de diverses natures comme les matières organiques et graisses (industriel agro-alimentaire, équarrissage)(Dégremont, 2005).

b) les effluents particuliers

On distingue

- Le bain de décapage ; qui génère de la soude usée les eaux ammoniacales ;
- Les sels métalliques (traitement de surface, métallurgie) ;
- Les rejets toxiques et les rejets concentrés (Dégremont, 1989).

c) les eaux de circuit de refroidissement

Ce sont des eaux abondantes et généralement non polluées, car elles n'ont pas de contact avec les produits fabriqués. Elles peuvent être recyclées, comme les eaux chaudes (issue des circuits de refroidissement des centrales thermiques)(MENOUEUR et TAIBI, 2014).

3. Principaux paramètres physico-chimiques caractérisant les effluents :

3.1 Paramètres physiques

- **la température**

C'est un paramètre important surtout pour les eaux usées industrielles (Principalement les industries agro-alimentaires, les centrales nucléaires...) qui produisent des eaux chaudes. L'émission d'une eau propre mais chaude dans un milieu naturel peut créer une pollution (Moletta, 2009).

- **L'odeur**

L'odeur peut être définie comme :

- l'ensemble des sensations par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles ;
- la qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ses substances.

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, en effet, toutes odeurs est un signe de pollution ou de présence de matière organique en décomposition .ces substances sont en générale en quantité si minimales qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaires (Rodier et coll., 2005).

- **La couleur**

La coloration est un paramètre essentiel de la « pollution esthétique » son origine peut être :

- Naturel : certaines eaux très minéralisées contiennent de substances humiques fortement colorées ;
- eutrophisation : la pullulation d'algues ou de bactéries colore l'eau en vert ou en rouge ;
- Chimique : colorants, phénols et dérivés, pigments chlorophylliens (industrie agroalimentaire) (Gaujous, 1995).

- **turbidité**

La turbidité constitue l'un des paramètres physiques descriptifs de l'eau c'est l'obstruction à la pénétration de la lumière dans l'eau, due à la présence de particules solides en

suspension. Elle est reliée à la masse de ces particules en suspension (MES), tels que ; les argiles, limons, grains de silice et matière organique (Rodier,

- **débit**

Le débit Est le volume d'eau passant à travers une section d'un cours d'eau pendant une unité de temps. Le débit total est la valeur annuelle moyenne du débit d'un cours d'eau y inclus les crues même exceptionnelles (Ramade, 2008).

- **matières en suspension**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique. Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique (Abdellatif, 2006).

Les concentration en matières en suspension dans les eaux sont très variables et sont de l'ordre de 100 à 300 mg/l. Les matières en suspension dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important, qui marque généralement bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Gaid, 1984).

3.2 Paramètres chimiques :

- **pH**

Les eaux peuvent être, soit acidulées, soit neutres, soit alcalines, ses caractère sont représentés par le pH du milieu. Des pH compris entre 5 et 9 constituent les limite dans lesquelles un développement quasi-normal de la flore et de la faune aquatique semble être permis. Par ailleurs, il est souvent difficile d'établir de critères précis en ce qui concerne la vie et la reproduction des poissons (Salghi, 2000).

- **conductivité**

La conductivité est la capacité d'une solution, d'un métal ou d'un gaz – autrement dit de tous les matériaux à faire passer un courant électrique. Dans une solution, ce sont les anions et les

cations qui transportent le courant alors que dans un métal ce sont les électrons. Un certain nombre de facteurs entre en jeu pour qu'une solution conduise l'électricité :

- la concentration ;
- la mobilité des ions ;
- la valence des ions ;
- la température.

Chaque substance possède un certain degré de conductivité. Pour les solutions aqueuses, le niveau de la force ionique s'étend des très faibles conductivités pour les eaux ultra pures jusqu'aux très fortes conductivités pour des échantillons chimiques concentrés(DALMAS, 2000).

- **oxygène dissout**

Sur la terre comme dans l'eau, l'oxygène est indispensable à la très grande majorité des organismes vivants. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration plus élevée d'oxygène dissous que l'eau chaude, tout comme les lacs situés à basse altitude par rapport aux lacs alpins(HADE, 2002).

- **demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO correspond à la quantité d'oxygène qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau .La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel (salghi, 2000).

- **demande biochimique ou biologique en oxygène(DBO)**

Il s'agit de la quantité d'oxygène (donnée en mg/l, g/l, ou autres) que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂ des substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique.

La DBO mesure la teneur en substances biochimiquement dégradables, plus la quantité en composés biochimiquement oxydables est importante, plus la valeur de la DBO est élevée .En ce qui concerne les eaux domestiques, dans la plus part des cas environ 70% des composés sont dégradés en 5 jours(Salghi, 2000)

➤ LA DBO5

C'est la quantité d'oxygène (donnée en m/g, g/l ou autres) que les bactéries et autres microorganismes utilisent pendant 5 jours pour décomposer un échantillon donné. La différence entre la DCO et la DBO vient des substances présentes dans l'eau qui ne peuvent pas être décomposées microbiologiquement (Beliefert et Perraud, 2001).

➤ rapport DCO/DBO comme indice de biodégradabilité

Le rapport DCO/DBO détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Si le rapport DCO/DBO est inférieur à 3 on peut dire que l'effluent est facilement biodégradable, un traitement biologique doit être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution (Ramade 1998).

3.3 Autres éléments

- **Azote**

L'azote se trouve dans l'eau lacustre sous forme organique et sous forme minérale (nitrique, nitreuse en ammoniacale), ses sources d'enrichissement naturel sont l'atmosphère par les précipitations ; il est également fixé par certaines bactéries et certaines algues bleues, l'azote organique se trouve minéralisé puis oxydé (nitrification) mais en même temps une partie de cet azote disparaît par le phénomène inverse de dénitrification (Pesson et al., 1976).

- **phosphore**

Le phosphore est un minéral essentiel à la vie des organismes (humains, animaux, végétaux, algues et bactéries). Chez les humains et les animaux, il sert principalement à la fabrication de l'ADN alors que chez les plantes et les algues, le phosphore est indispensable au développement. Il favorise la croissance et la reproduction. On retrouve principalement cet élément dans les roches et la partie superficielle des sols, sous forme de phosphates. Toutefois, la majeure partie de tout le phosphore des sols n'est pas naturellement disponible pour les organismes (Kim B, 2014).

- **zinc**

Le zinc est un métal ductile, de couleur bleu-gris il réagit avec les bases et les acides et ternit au contact de l'air. Le zinc est classé comme le 24^{ème} élément le plus abondant dans la croûte terrestre avec une concentration de 70mg/l. Le zinc est utilisé essentiellement dans la

protection du fer et de l'acier (galvanisation) comme revêtement (25% des consommations globales).les alliages (25%) et dans la production du cuivre (20%)(Amirouche, 2011)

- **nickel**

Le nickel est un métal qui possède de nombreux dérivés solubles (chlorure, sulfate, nitrate) et insolubles (sulfure, carbonate, oxyde) dans l'eau. En pathologie professionnelle, l'exposition résulte de la production du métal à partir de ses minerais, de la fabrication d'alliages, du nickelage par électrolyse, de la fabrication de batteries nickel-cadmium, de la fabrication de pièces de monnaie, etc. Le mode de pénétration est alors surtout pulmonaire et faiblement cutané(Hoet ,2007).

- **chrome**

Le chrome est un élément chimique de la famille des métaux de transition. C'est un métal dur de couleur bleu blanc. Il est soluble dans HCl et H₂SO₄ mais pas dans HNO₃, HPO₄ ou HClO₄ grâce à la formation de couches protectrices. Il résiste à l'oxydation de l'air, il est fréquemment utilisé dans les alliages, le plaquage de chrome, et dans les céramiques. Le chrome est présent en petite quantité dans la nature et se concentre préférentiellement dans les roches basiques, à la différence des roches siliceuses, sa solubilité est faible vis-à-vis des phénomènes de lessivage du sol. Le chrome pur est assez peu employé dans l'industrie, mise à part la fabrication des aciers spéciaux (dopage pour l'obtention de caractéristiques mécaniques supérieures). En revanche, ses dérivés sont très utilisés notamment dans les industries chimiques avec les dichromates. Ces sels de chrome s'emploient comme mordants pour les teintures et comme colorants (vert de chrome, rouge de chrome, etc.). Le chrome est un élément étranger à l'eau et sa présence est liée aux rejets des ateliers de galvanoplastie. Dès lors, comme le chrome est amphotère, il peut exister dans l'eau sous plusieurs formes : l'état de cation se retrouve dans les eaux naturelles à pH acide. L'oxydation des composés chromeux étant instantanée, le chrome peut se trouver à l'état trivalent (chromites) ou hexavalent (chromates et dichromates) (Hoet P, 2007).

- **micropolluant**

Les micropolluants présents dans l'eau comprennent une multitude de composés minéraux et organiques dont les effets sur les organismes vivants peuvent être toxiques à de très faibles concentrations (de l'ordre généralement du microgramme par litre). La contamination des eaux de surface est due essentiellement à des rejets directs (égouts non raccordés à un système d'épuration, par

exemple), au ruissellement de l'eau sur des surfaces contaminées ou encore à l'érosion de particules de sol. Les eaux souterraines sont, quant à elles, contaminées suite à l'infiltration des micropolluants dans le sol et le sous-sol. On distingue les apports ponctuels où les sources de pollution sont clairement identifiées (rejets industriels, pollution accidentelle, rejets des eaux usées domestiques), des sources diffuses liées principalement aux activités agricoles et aux retombées atmosphériques

(CHALON *et al.*, 2014).

4. norme de rejets

➤ **définition**

C'est les qualités maximales des matières polluantes qui pourront être rejetées dans un milieu récepteur donné. Les normes répondent à des lois nationales qui peuvent être adoptées localement par arrêté préfectoral (Rejsek, 2002).

➤ **Norme nationale selon le journal officiel de la république Algérienne et démocratique(JORAD)**

Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n° 8317 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 9613 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 8317, du décret exécutif n° 93160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (tableau 2).

Tableau2: les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD.

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6.5-8.5
DBO5	mg /l	30
DCO	mg /l	120
MES	mg /l	35
Azote total	mg /l	30
Phosphore total	mg /l	10
Furfural	mg /l	50
Hydrocarbures	mg /l	10
Plomb	mg /l	0.5
Fer	mg /l	3
Mercure	mg /l	0.01
Cuivre	mg /l	0.5
Zinc	mg /l	3

Tous les rejets industriels présentent des impuretés minérales et organiques dont la nature et la concentration élevées sont assez semblables d'une usine à une autre. De ce fait ces rejets nécessitent des traitements d'extrême diversité. Des rejets industriels nécessitent une investigation propre à chaque type d'industries et le recours à des processus de traitements spécifiques (Dégremont, 1978).

1. Définition de traitement des effluents industriels

Le traitement des effluents industriels est défini comme l'ensemble de techniques physico-chimiques et biologiques qui permettent d'éliminer et de réduire la concentration de pollution des rejets industriels, qui a pour objectif la protection des milieux naturels (Dégremont, 1978).

2. Les différents Procédés de traitement des effluents industriels

2.1 Traitements préliminaire

Ce genre de traitements sont très variés et diversifiés on peut citer :

- **Le dégrillage** : qui permet d'éliminer les éléments grossiers grâce à des grilles ;
- **Le dessablage** : qui élimine par décantation des éléments les plus lourds ;
- **Le dégraissage** : qui consiste à enlever les graisses
- **Le déshuilage** : qui permet l'élimination des huiles

2.2 Traitements physico-chimique

Le traitement physico-chimique a pour objectif :

- Transformer certains polluants en produits moins nocifs ;
- Séparer les deux phases eaux-boues par des procédés physiques (Debray, 1977)

3. Les principales opérations du traitement physico-chimique

On distingue 7 étapes de traitement physico-chimique

1. Oxydoréduction ;
2. La Mise à pH ;
3. Coagulation ;
4. Flocculation ;

5. Décantation ;
6. Flottation ;
7. Filtration ;

3.1 Oxydoréduction

- **Oxydation**

L'oxydation permet de supprimer une partie de la pollution elle permet aussi de réduire l'activité d'espèces modifiant la solubilité des métaux.

- **Réduction**

La réduction concerne principalement le chrome hexavalent, qui ne précipite pas dans cet état d'oxydation. Donc on le fait passer à l'état d'oxydation 3(Cr⁺³). On utilise généralement du bisulfite de sodium (hydrogénosulfite de sodium NaHSO₃) (Debray, 1977)

3.2 La Mise à pH (neutralisation)

La neutralisation a pour but d'amener le pH de la solution à une valeur compatible c.-à-d. entre 6.5 et 8.5 pour permettre la précipitation des métaux. (Debray, 1977)

3.3 Coagulation

Elle est utilisée pour agglomérer les particules de très petite taille (en particulier les colloïdes de taille inférieure à 1 µm). Les MES souvent de trop petites dimensions, sédimentent difficilement, ce que rend leur élimination impossible. Pour faciliter leur prise en charge, on utilise les agents chimiques appelés les coagulants qui peuvent être métalliques (sels métalliques et les polymères métalliques), minérales (chaux) ou organique (poly électrolytes cationiques). L'ajout des coagulants permet :

- Un accroissement de leur taille et une décantation plus rapide ;
- Réduire la turbidité, la concentration en polluants dissous (métaux, phosphore, matière organique) par précipitation ou encore la couleur (Crini et badot, 2007).

3.4 Flocculation

Après avoir déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la potabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers (Desjardins, 1997).

La flocculation est destinée à faciliter la séparation des matières en suspension, qui peuvent provenir de l'effluent initial ou être le résultat de la précipitation. On peut utiliser un flocculant comme le sulfate d'aluminium ou de fer (Debray, 1977)

3.5 Décantation

C'est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, et qui a pour but d'éliminer les particules en suspensions dont la densité est supérieure à celle de l'eau.

Il existe plusieurs types de décantation :

- Décantation de particules discrètes ;
- Décantation de particules flocculantes ;
- Décantation freinée ;
- Décantation en compression de boue (Desjardins, 1997)

3.6 Flottation

La flottation est un procédé de séparation liquide-solide, basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μ m (Cardot, 2010).

3.7 Filtration

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des matières en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériel granulaire.

La rétention de ces particules se déroule la surface des grains grâce à des forces physiques (Cardot, 1999).

4. Traitement biologique

Ces procédés utilisent des organismes vivants (bactéries) pour dégrader les matières organiques. Les impuretés doivent être biodégradables et ne pas contenir des toxines. L'épuration biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques un phénomène qui se serait déroulé naturellement dans les rivières. A l'issue de ce processus, les bactéries constituent les "boues" qui devront être séparées de l'eau épurée. Suivant la technologie utilisée, ces cultures bactériennes peuvent être libres (boues activées) ou fixées (lits bactériens et bio filtres) (HAJJI *et al.*, 2012). Avant d'appliquer les procédés biologiques certains prétraitements sont exigés (tableau 3).

Tableau 3 : exemple de prétraitement exigé avant d'appliquer les procédés biologiques

(CRINI ET BADOT, 2007)

Polluant	Traitement
✓ Matières en suspensions	➤ Décantation et flottation
✓ Alcalinité et acidité	➤ Neutralisation
✓ Traces d'hydrocarbures	➤ Séparation / déshuilage
✓ Métaux	➤ Physico-chimique et / ou chimique
✓ Molécules toxiques	➤ Coagulation et floculation
✓ Effluent riche en matière organique	➤ Oxydation
✓ sulfure	➤ Précipitation

5. Traitement des boues

Tout procédé d'épuration conduit à un « concentré de pollution » que l'on retrouve dans ce qui est communément appelé les boues.

Au niveau de la station d'épuration, ces boues, après épaissement, sont déshydratées sur différents types d'appareils:

- filtre-presse ;
- filtres à bandes presseuses tels que le Super presse ;
- centrifugeuses ;
- vis presseuses.

Le traitement d'eau doit également s'intéresser au devenir de ces boues déshydratées. Actuellement, la mise-en décharge est la destination la plus répandue (70 %) mais c'est une destination coûteuse et de plus en plus difficile à pérenniser. Il y a d'autres destinations comme l'incinération (5 %), la valorisation agricole (25 %) qui nécessite un suivi du sol et des nappes phréatiques et le recyclage comme matériau de remblai. (Delporte et Berardo, 2004)

On peut limiter la production des boues en :

- réduisant les pertes en ateliers et usines
 - limitant autant que possible l'emploi des réactifs
 - utilisation de préférence lorsqu'ils sont adaptés, les procédés biologiques conduisant à une faible production des boues
- (Dégremont, 2005)

Partie pratique

Chapitre I :
présentation du site
d'étude

Présentation de l'entreprise ENIEM

Historique

L'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager (ENIEM) est constituée par le décret n° 83 du 02/01/1983. Elle est issue de la restructuration organique de la SONELEC (Société Nationale de fabrication et de montage du matériel Electrique et Electronique), créée en 1974 dont la production dans le domaine de l'électroménager a démarré en 1977. L'ENIEM a été transformée juridiquement en société par actions le 08 Octobre 1989. Actuellement, elle a un capital social évalué à 10.279.800.000 DADÉTENU en totalité par la société de gestion de Participation « Industrie Electrodynamique » (INDELEC).

1. présentation générale de l'entreprise ENIEM

1.1 Présentation

L'entreprise ENIEM (Entreprise National des Industries de l'Electroménager) est une entreprise publique et économique issue de la restriction de SONELEC, elle est la plus importante du tissu industrielle de la wilaya de TIZI-OUZOU et le plus important fournisseur d'équipement électroménagers en Algérie (figure 1)

- elle occupe une superficie de 472 838.00 m² ;
- l'effectif est composé de 3000 employés ;
- le travail est organisé en un seul service de 8h00 à 16h00 ;
- des équipes s'affairent pour différents service entre 5h00 et 22h00 pour les besoins de production, de préparation de produit et de service (chaudières, sécurité...etc.).



Figure 1 : L'entreprise ENIEM

Présentation de l'entreprise ENIEM

1.2 Localisation

L'entreprise ENIEM est implantée dans la zone industrielle AISSAT IDIR de oued-aissi, distante de 07 km de chef lieux de wilaya de Tizi-Ouzou et de 107 km de l'ouest de la capitale, de l'est de BEJAIA et de sud de BOUIRA. Elle est limitée :

- au nord : par la route nationale N°12 et la ligne de chemin de fer ;
- au sud : par l'ex route nationale N°12 ;
- à l'Est : par l'entreprise FRIGOR et quelques habitations ;
- à l'ouest : par le centre de stockage et distribution des carburants

Les coordonnées géographiques de l'installation sont :

X = 4,06°E Y = 36,42°N Altitude M = 100m

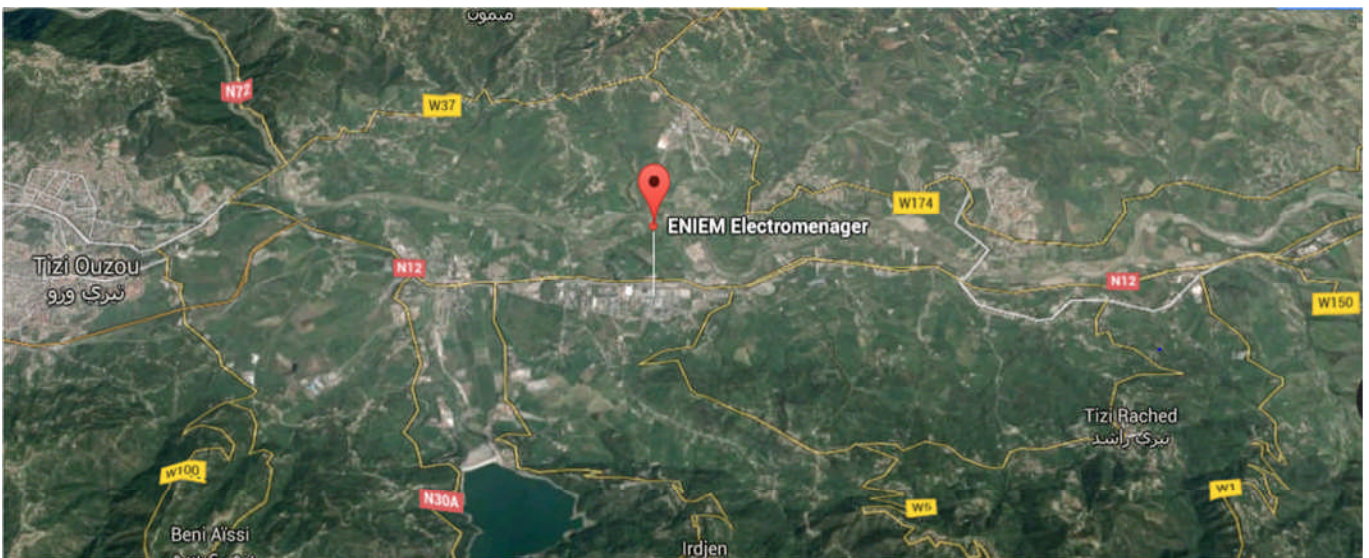


Figure 2 : Localisation de l'entreprise ENIEM

1.3 Politique environnementale

La politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement.

Pour y parvenir L'ENIEM se base sur :

- La prévention de toute pollution ;
- La préservation des ressources ;
- La sensibilisation et la formation ;
- La responsabilité et l'implication de son personnel.

Pour cela L'ENIEM a décidé de s'engager dans une démarche volontaire d'amélioration continue en mettant en place un système de management environnementale selon le référentielle ISO14001/2004 pour la réussite de ce projet, la direction met en à la disposition les moyens nécessaires :

- Respecter les exigences légales et réglementaires en vigueur ;
- Prévenir et maîtriser les risques de pollution générés par les activités de l'entreprise ;
- Améliorer la gestion des déchets ;
- Rationaliser la consommation d'énergie de l'entreprise ;
- Améliorer la compétence du personnel ;
- Améliorer l'efficacité du système de management environnemental ;

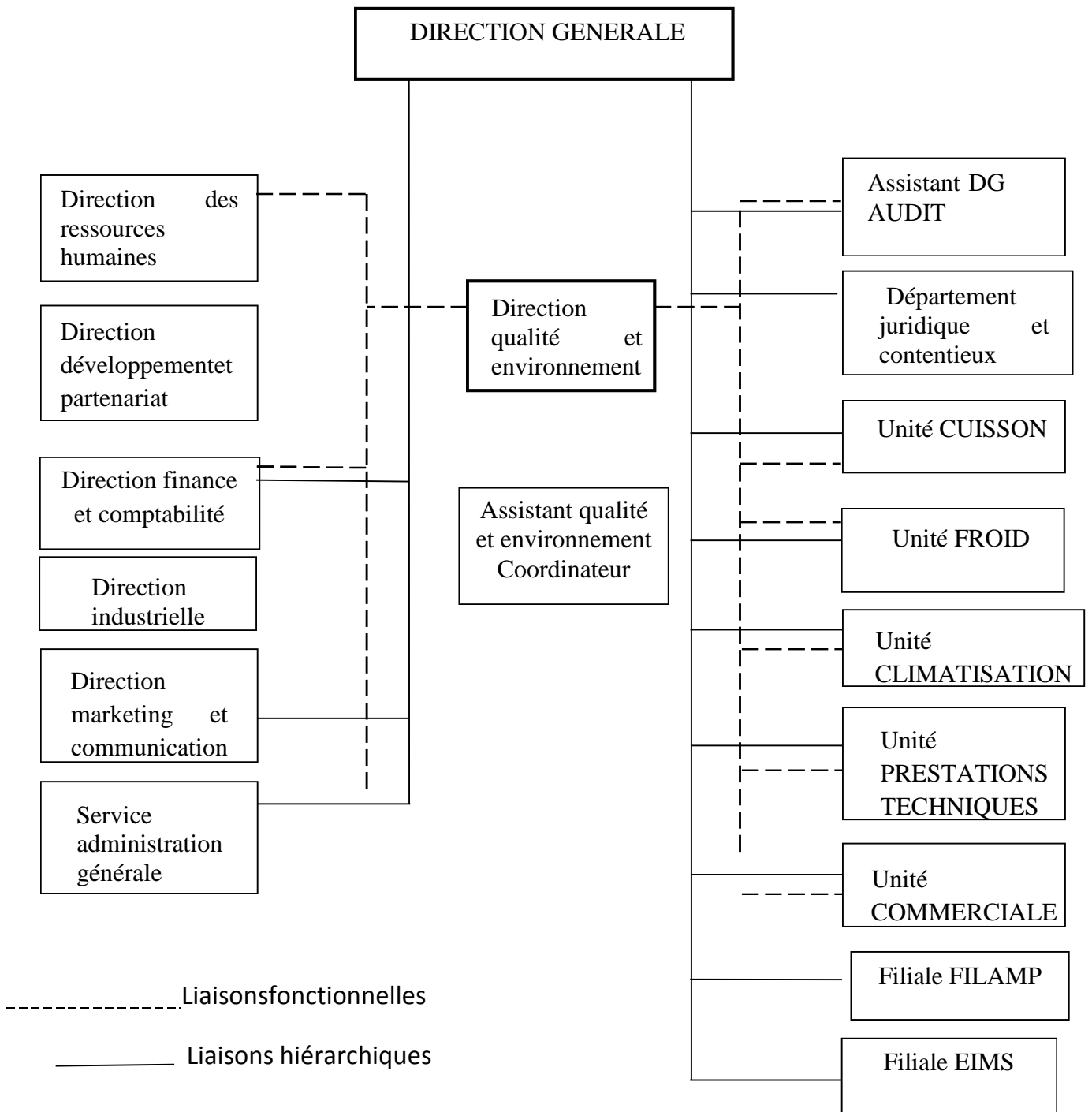
Pour l'année 2016 l'ENIEM a fixé les objectifs suivants :

- Réduire les déchets, élever le niveau de leurs trie et améliorer leurs gestions ;
- Rationaliser et réduire la consommation des énergies et fluides ;
- Prévenir les risques de pollution et mesurer les rejets atmosphériques ;
- La sensibilisation des parties intéressées ;
- La formation et la sensibilisation du personnel sur l'environnement ;
- Réduire les stocks morts ;
- Former des agents sur l'environnement et sensibiliser les sous-traitants et les agents agréés.

1.4 Organisation

L'ENIEM est composée de cinq Unités et de six Directions chapeautées par un Président Directeur Général, plus les deux filiales FILAMP et EIMS. L'organisation complète de cette entreprise peut être présentée dans la figure 3.

Présentation de l'entreprise ENIEM



Source : Direction Générale de l'ENIEM, 2011

Figure 3 : Organigramme de l'ENIEM

2. Les unités de traitement de surface

2.1 Définition de traitement de surface

Un traitement de surface est une opération mécanique, chimique, électrochimique ou physique qui a pour conséquences de modifier l'aspect ou la fonction de la surface des pièces métalliques afin de l'adapter à des conditions d'utilisation des données ; il consiste à déposer un revêtement sur des objets divers afin de leur conférer un aspect et des caractéristiques spécifiques tels que :

- Résistance à la corrosion ;
- Amélioration de l'aspect externe (rugosité, couleur, brillance) ;
- Amélioration ou modification des propriétés mécaniques et physiques (usures, conductibilité électrique, frottement) ;
- Augmentation de la durée de vie et la fiabilité du produit.

2.2 Structure des ateliers de traitement de surfaces

Les ateliers de traitements de surfaces sont composés de suites de cuves correspondant soit à des bains de traitements soit à des bains de rinçages, qui permettent de modifier l'état surface de la pièce par action de différents réactifs en phase aqueuse.

Avant tout traitement, le nettoyage de surfaces est une phase essentielle qui a pour objet d'enlever les souillures existant à la surface des pièces et qui comprend deux opérations distinctes :

- ❖ **Le dégraissage** : qui élimine les corps gras par des actions mécaniques, chimiques et électrolytiques ;
- ❖ **Le décapage** : qui enlève toute trace de corrosion et d'oxyde qui adhèrent à la surface des pièces et qui peuvent être éliminés par une action mécanique (sablage ou grenailage), chimique ou électrolytique.

Ces opérations sont toujours suivies d'un rinçage.

Les pièces subissent donc une sécession de trempages dans des bains afin de subir le traitement désiré. Les opérations de traitement de surface peuvent être scindées en trois phases :

Présentation de l'entreprise ENIEM

La phase préliminaire de préparation : dégraissage et décapage ;

La phase principale de dépôt des métaux ou de galvanisation qui confère à la pièce son aspect ;

La phase de rinçage destinée à débarrasser la pièce de l'excédent de produit ;

Le passage d'un bain à un autre s'effectue à l'aide de différents systèmes de manipulation automatisés

Dans chaque atelier de traitement de surface, il existe des laboratoires où on réalise le contrôle de paramètres chimiques des bains de traitement ainsi que la fiabilité des pièces traitées.

2.3 Le différent procédé de traitement de surface

- **dégraissage**

Les pièces métalliques sont généralement oxydées et couvertes d'huile ou de graisses. Le dégraissage est un traitement chimique ou électrolytique à l'aide d'un solvant aqueux alcalin, entre autres NaOH qui permet de nettoyer les pièces de toute trace de graisse ou de huile afin de les préparer ou revêtir.

- **décapage**

C'est l'attaque chimique de la surface de la pièce métallique à l'aide d'acide sulfurique H_2SO_4 (7 à 8 g/L) afin d'aviver la surface pour permettre la réalisation du dépôt électrolytique du traitement ultérieur et pour l'élimination des couches superficielles oxydées (élimination des éléments chimiques perturbateurs de la surface).

- **passivation chromique**

Revêtement chimique par immersion dans une solution acide ou basique contenant du chrome hexavalent (H_2CrO_3 248 à 275g/l) qui conduit à la formation d'une couche superficielle insoluble de chromate à la surface (passivation chronique).

Revêtement électrolytique par la réaction de réduction de cation métallique.

Présentation de l'entreprise ENIEM

- **zingage**

Le zingage est un terme général désignant tout traitement de surface entraînant la formation de revêtement métallique de zinc. L'objectif est d'empêcher la dégradation du métal recouvert par corrosion. En effet, le zinc est un métal très réducteur qu'est oxydé à la place de métal qu'il protège.

- **nickelage**

Le nickelage électrolytique consiste à recouvrir un objet en métal ferreux d'une fine pellicule de nickel pour empêcher la corrosion .il est utilisé sous forme de sel (NiSO_4 à 12 g/l).Il est réalisé au bain mort avec différentes teneurs en phosphores (P) suivant les caractéristiques recherchées.

- **phosphatation**

C'est un procédé chimique de protection par conversion superficielle qui ne provoque aucune modification des propriétés mécaniques. Le principe consiste à créer, à partir de phosphate acide soluble, des phosphates insolubles qui sont fixés à la surface du métal traité. La couche formée est plus ou moins cristalline et elle a un pouvoir d'absorption excellent des liquides (exemples : huiles, peintures,.....etc.).

- **rinçage**

Les étapes de rinçage interviennent entre chacune des fonctions de traitement. Leur objectif est d'éviter la contamination des bains les uns par les autres. De ce fait, la couche liquide qui recouvre la pièce à la sortie d'un bain doit être remplacée par un film dilué dont la concentration en éléments indésirables est satisfaisante pour le traitement suivant

- **neutralisation**

Permet de stopper la réaction chimique après traitement en milieu acide ou basique.

- **séchage**

Il s'effectue à une température de 150 °C cette opération permet de déshydrater la surfacetraitée ce qui évite toutes traces d'humidité qui peuvent engendrer une corrosion pendant le stockage de la pièce.

4. Sources des rejets liquides

Les ateliers de traitement de surface sont consommateur de grandes quantités de réactifs (produits chimiques) qui se transforment en pollution souvent toxique pour l'homme et le milieu naturel. Les rejets des traitements de surfaces sont complexes car ils contiennent des polluants de nature diversifiées selon les procédés de fabrication utilisés.

4.1 Unité froid

Elle se compose de deux sous unités : unité froid petit modèle et grand modèle, qui se basent sur un même procédé de fabrication.

Cette unité fabrique des réfrigérateurs et des congélateurs tous modèles confondus.

Les composants des réfrigérateurs à l'exception des compresseurs sont fabriqués sur place à partir des matières premières, ensuite ils vont subir des traitements de surfaces, ce dernier s'effectue par le mode aspersion dans plusieurs bains qui sont organisés en trois chaînes, dont les étapes de traitements sont différentes :

➤ Deux chaînes spéciales aluminium (évaporateurs)

Les pièces en aluminium sont découpées, embouties et soudées et subissent ensuite des traitements de surface selon différents procédés (voir annexes I).

➤ Une chaîne spéciale acier (portes)

Sont découpées embouties et soudées, elles subissent ensuite des traitements de surfaces suivant plusieurs procédés (voir annexes I).

➤ La chaîne des condenseurs

Cette chaîne subit plusieurs procédés de traitement (voir annexe I).

4.2 Unité cuisson

Dans l'unité cuisson sont fabriqués des cuisinières et réchauds, elle utilise en commun avec l'unité froid certains ateliers.

Tous les éléments métalliques des cuisinières sont fabriqués sur place, les tôles d'aciers sont décomposées embouties et soudées elles subissent ensuite un traitement de surface comparable à celui employé dans l'unité froid cependant il se différencie par l'émaillage.

- Quatre chaînes sont installées :

➤ **Chaîne de décapage par aspersion**

Le nettoyage par aspersion permet de dégraisser, rincer et sécher des pièces métalliques, ce procédé est rapide, efficace et économique.

Les pièces sont placées dans des baignoires, une ou plusieurs rampes d'aspersions pulvérisent de l'eau chaude sur les pièces et subissent plusieurs procédés de traitements (voir annexes II).

➤ **Chaîne de décapage par immersion**

Plusieurs étapes de traitements sont faites par immersion, en plongeant les pièces métalliques dans le contenu des baignoires de traitement (voir annexes II)

➤ **Chaîne de métallisation (nickelage-chromage)**

La métallisation est une opération qui consiste à recouvrir une surface d'une mince couche de métal, ce traitement qui permet de lui donner un aspect métallique subit des procédés différents (voir annexes II).

➤ **Chaîne de métallisation (Zingage)**

Elle subit plusieurs procédés de traitement (voir annexes II).

Des chaînes de montage permettent d'assembler tous les éléments et obtenir des produits finis qui sont testés régulièrement pour vérifier leurs performances, les pièces défectueuses sont retirées du circuit et mises en rebut et récupérées comme déchet, par suite, ces produits sont emballés et expédiés en zone de stockage dans le circuit commercial.

5 Station de neutralisation

Afin de minimiser les problèmes causés sur l'environnement (oued Sébaou), l'ENIEM a installé une station de neutralisation destinée à traiter les effluents provenant des unités de traitement de surface, en utilisant des processus et des produits chimiques (agent de neutralisation) spécifique pour chaque effluents. Le traitement prévu vise à ramener la concentration et les valeurs des effluents aux normes fixés par la réglementation environnementale.

5.1 Présentation de la station de neutralisation

La station de neutralisation de l'ENIEM est mise en service depuis 1988 remplaçant l'ancienne station (1976-1988), elle est située au sud-est de l'ENIEM, étalée sur une superficie d'environ de 3500 m³. Les effluents résultats de traitement de surface sont acheminés par des conduites séparatives en PVC de diamètre spécifique pour chaque rejet.

Ils se rejoignent dans cinq regards de visite afin d'assurer la collecte de toute les eaux industrielle. Ces regards sont situés juste avant l'entrée de la station de neutralisation.

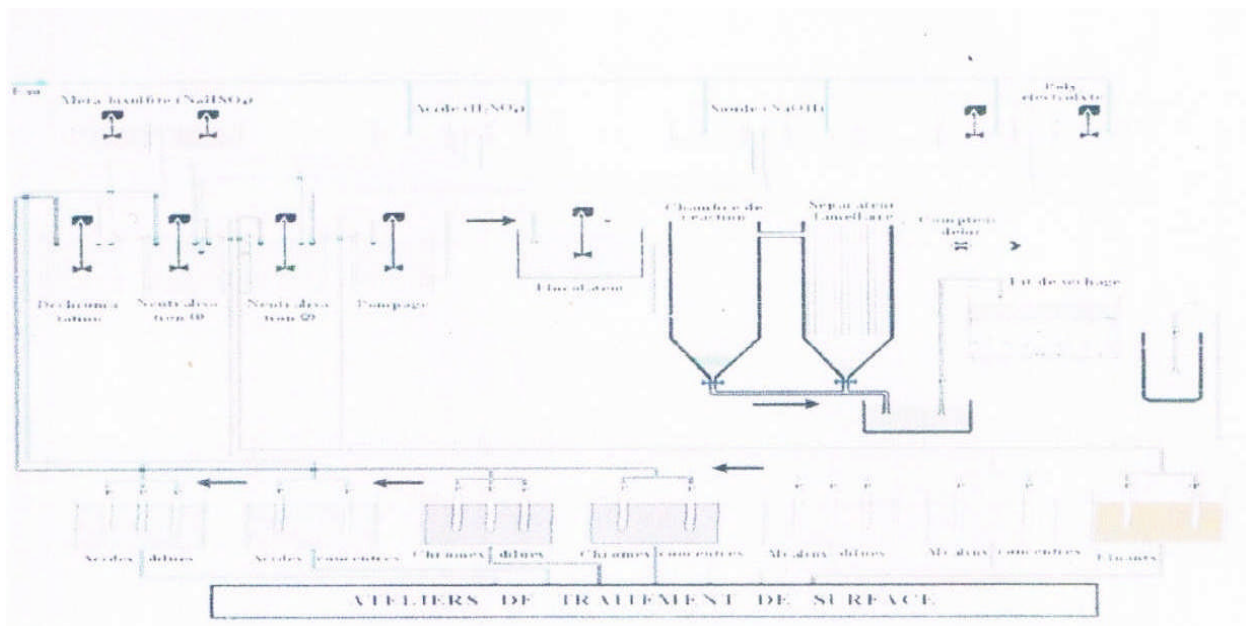


Figure 4 : Schéma de fonctionnement de la station de neutralisation de l'ENIEM

Présentation de l'entreprise ENIEM

5.2 Bassins de récupérations

La station de neutralisation est constituée de sept bassins de réception qui se trouvent à l'entrée de la station, dont ils se joignent les différents effluents de nature et de débit spécifique pour chaque bassin, comme ils sont indiqués dans le tableau suivant, ils sont reliés par des pompes qui permettent le passage vers les bacs de traitement (tableau 4)

Tableau 4: les bassins de récupération

Les bassins	Volume	Les pompes	
		Débit unitaire	Fonctionnement
Acide concentré	35 m ³	2 m ³ /h	2(1 en service 1 en secoure)
Alcalin dilué	41 m ³	9 m ³ /h	4(3 en service 1 en secoure)
Chrome concentré	12 m ³	0.57 m ³ /h	2(1 en service 1 en secoure)
Alcalin concentré	43 m ³	3 m ³ /h	2(1 en service 1 en secoure)
Chrome dilué	21.5 m ³	5 m ³ /h	3(2 en service 1 en secoure)
Acide dilué	49.5 m ³	10 m ³ /h	4(3 en service 1 en secoure)
Eluats	50 m ³	4 m ³ /h	2(1 en service 1 en secoure)

5.3 Quantité des effluents à traiter

Les quantités des effluents à traiter sont données en unités de production.

- **Unité froid**

Rejets journaliers (moyens) : 193,5 m³ /jour.

Présentation de l'entreprise ENIEM

- **Unité cuisson**

- ❖ Rejet journaliers (moyens) : 1020 m³/jour (hors émaillerie)
- ❖ Rejet globaux à traiter reçus par l'installation de détoxification hors émaillerie :

1213,5m³/jour.

- ❖ Le débit moyen à traiter en phase finale par la station de neutralisation est de 80m³/h

Quatre réactifs sont utilisés dans cette station :

- **Les métabisulfites de sodium**

Sa formule chimique est Na₂S₂O₅, son nom chimique est DISULFITE de SODIUM ANHYDRE (ou métabisulfite), il n'existe qu'à l'état sec mais son utilisation se fait à l'état liquide qui est préparé à partir de métabisulfite cristallisé à une concentration de 200g/l comme il est indiqué dans la réaction chimique suivante : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNaSO}_3 + \text{O}_2$

Le métabisulfite est utilisé pour la déchromatation en moyen 450 l/j

- **Le polyélectrolyte**

Sa formule chimique est (C₃H₅NO)_x. son nom chimique est le POLYACRYAMIDE, qui est préparé à partir de polyélectrolyte cristallisé par dissolution dans l'eau à une concentration de 5g/l.

Le polyélectrolyte est utilisé pour la floculation en moyen de 486 l/j

- **la lessive de soude 50%**

Sa formule chimique NaOH, son nom chimique est la soude caustique.

Elle est utilisée, à l'état liquide à une concentration de 0.2g/pour la neutralisation, en moyen de 192l/j.

- **acide sulfurique (90-92%)**

Sa formule chimique H₂SO₄

Présentation de l'entreprise ENIEM

L'acide sulfurique est utilisé pour la déchromatation et la neutralisation, à une concentration de 2.82g/l d'un volume moyen de 71,7l/j

Tous ces réactifs sont stockés, préparés et dosés dans des bacs en PEHD (polyéthylène haute densité) fretté de volume spécifique pour chaque réactif.

5.5 Le fonctionnement de l'installation :

A partir des bacs de réception, les effluents sont refoulés par des pompes spécifiques vers les bacs de traitement pour subir des traitements physico-chimique :

5.5.1 La détoxification

a) La Déchromatation

Le chrome hexavalent (Cr^{+6}) est un élément très toxique dont sa teneur ne doit pas dépasser 0.01mg/l dans les rejets, ce qui nécessite son traitement avant de le rejeter dans la nature

La déchromatation passe par les étapes suivantes

- Pompage des eaux chromé à partir des bacs de réceptions (bain du chrome dilué et le bain du chrome concentré) vers le bain de déchromatation ;
- l'addition automatique de l'acide sulfurique (H_2SO_4) pour rendre le milieu acide à un $\text{pH}=2$ à 3 environ, adéquat pour la déchromatation ;
- L'addition automatique de métabisulfite pour réduire le chrome six (hexavalent Cr^{+6}) en chrome trois (trivalent Cr^{+3}) ;
- Versification de la réduction totale du chrome dans l'armoire de commande à un $\text{EH}=280$ mV ;
- Passage des eaux déchromatées par débordement (par gravité) vers la neutralisation 1^{er} étage (figure 4).

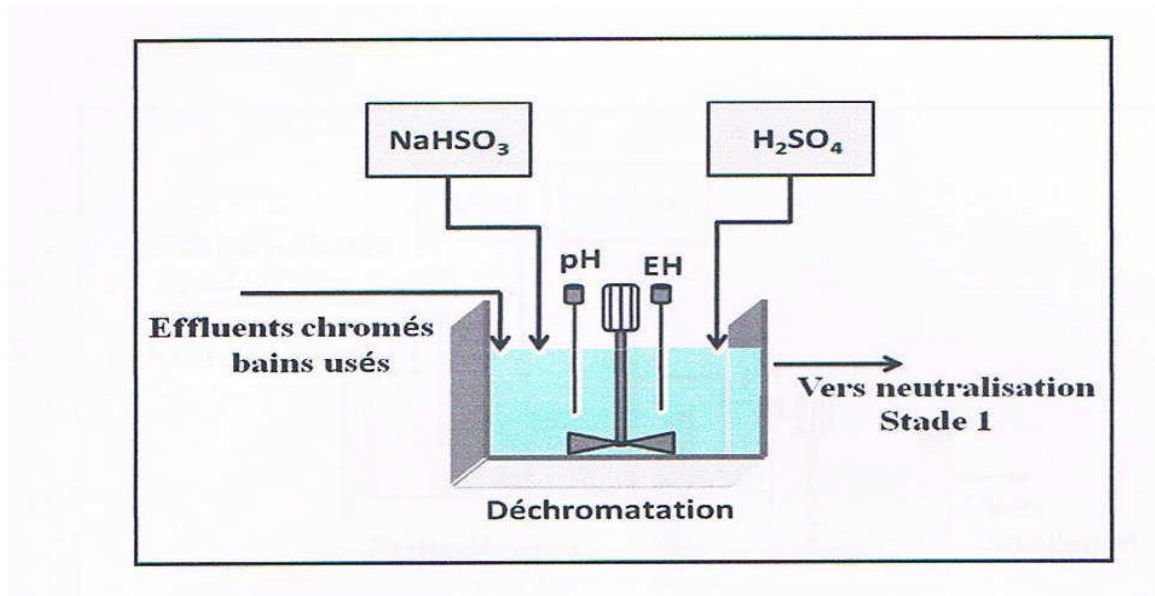


Figure5: schéma de principe de déchromatation

b) neutralisation

La neutralisation est opérée dans deux étages successifs :

➤ **Neutralisation 1^{ère} étage**

Les eaux acides et alcalines sont pompées à partir des bacs de stockages (bacs d'acides concentrés et dilués, et bacs d'alcalin concentrés et dilués, ainsi que les eaux déchromatées), sont admises dans la première étape de neutralisation, pour une précorrection ou correction grossière du pH assuré par un système d'injection automatique d'acide sulfurique (H_2SO_4) ou de la soude caustique (NaOH), selon le pH des eaux, l'acide réagit sur la base et vice versa pour ramener le PH à une valeur comprise entre 6.5 et 8.5 qui permet la précipitation d'hydroxydes métalliques principaux.

➤ **Neutralisation 2^{ème}**

Selon le même principe (figure 5), les effluents sont ramenés à un pH optimum de [6.5-8.5] qui est une correction finale permettant la précipitation des hydroxydes métallique

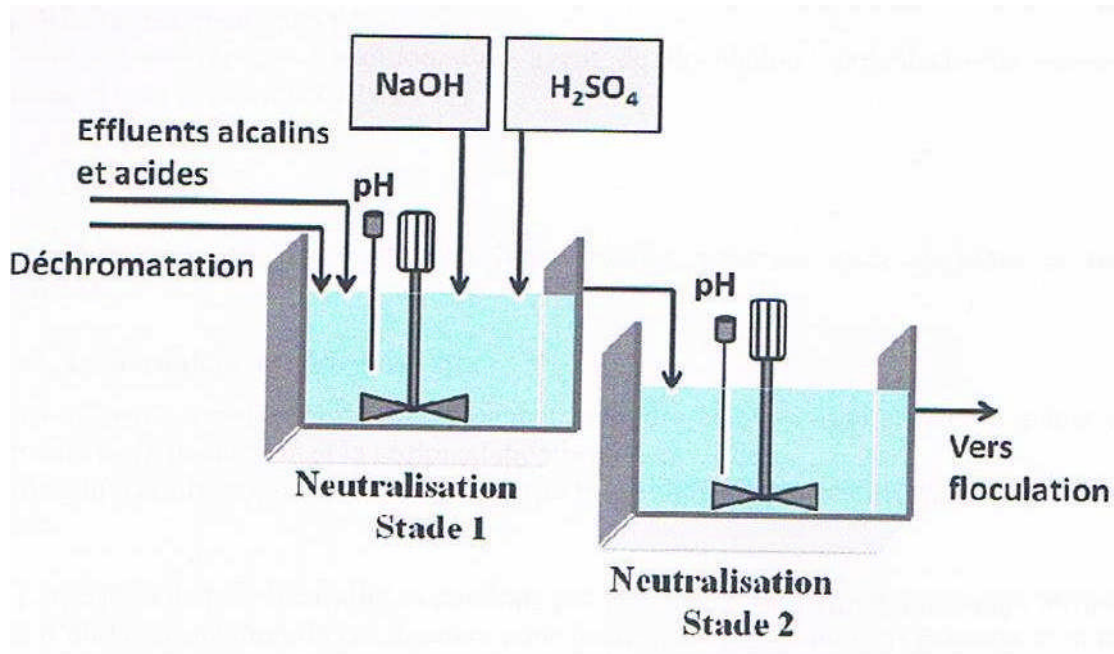


Figure6: schéma de principe de neutralisation 1^{er} et 2^{ème} stade

5-5-2-traitement physico-chimique

Les procédés physico-chimiques consistent à alourdir les particules en suspension. Ils font appel aux techniques de clarification (floculation et décantation) :

➤ La floculation

Les eaux neutralisées viennent dans le bac de pompage qui seront refoulées à l'aide de quatre pompes vers la chambre de réaction. et avec l'injection de réactifs polyelectrolyte une agitation lente de l'ordre de 5mn est produite.

Le processus de floculation est employé pour séparer les solides en suspension de l'eau par l'agglomération des hydroxydes métalliques formés tels que $\text{Fe}(\text{OH})_2$ et $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $\text{Cr}(\text{OH})_2$ en facilitant leurs décantations .

➤ Décantation

La décantation se fait dans la chambre lamellaire (décanteur lamellaire) qui consiste à faire déposer les particules en suspensions et de les isoler sous forme de boues des eaux.

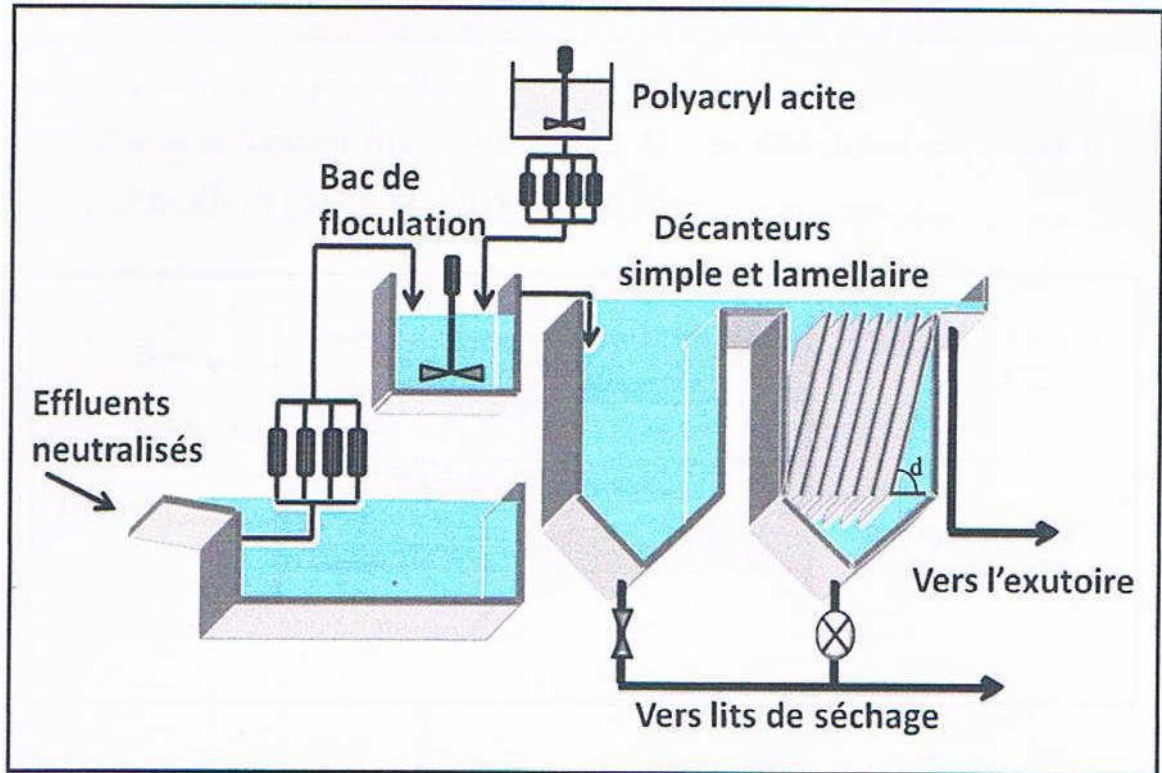


Figure7: schéma de principe de flocculation et de décantation

5.5.3 Le devenir des rejets de la station de neutralisation

Les boues évacuées sont refoulées dans une fosse comportant deux pompes immergées d'un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ chaque une, puis refoulées vers les lits de séchages situés à l'extérieur de la station puis elles sont extraites manuellement et stockées dans des cuves en PVC à côté des lits de séchages.



Figure 8 :devenir des boues

Présentation de l'entreprise ENIEM

Les effluents débarrassés de presque tous les métaux lourds ainsi que d'autres matières en suspension, sont évacués vers l'oued Sebaou, dont le volume horaire est donné par un débitmètre (m^3/h).

5.5.4 Déshydratation des boues

Elle s'effectue naturellement à l'aire libre dans six lits de séchages avec trois unités de base :

- Un lit de séchage en remplissage (environ une semaine) ;
- Un lit de séchage en cours de séchage (environ deux à trois semaines) ;
- Un lit de séchage en cours d'enlèvement des boues sèches ou en attentes.

La déshydratation se déroule suivant deux phases successives essentiellement avec une phase d'égouttage des boues à travers la couche filtrante comme elle est représentée dans la figure 7 vers un puits de stockage d'égouttures de boues qui seront récupérer à l'aide des pompes vers les bassins de réceptions pour être traités à nouveau, et une phase d'évaporation plus lente et progressive.

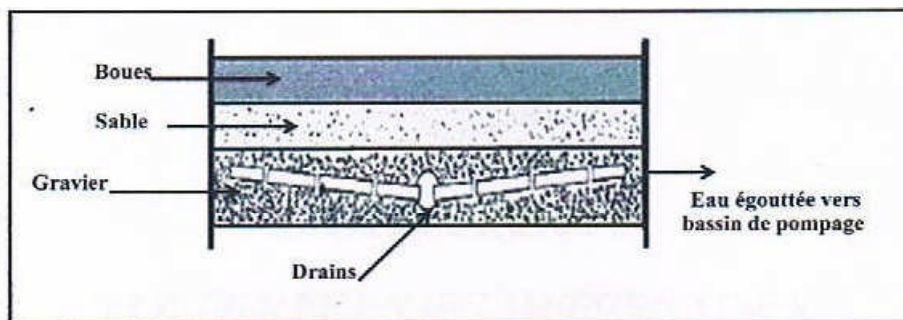


Figure 9: coupe représentative de la composition d'un lit de séchage

La mise en œuvre d'une station d'épuration au sein de l'entreprise montre sa responsabilité vis-à-vis de la protection du milieu récepteur ces rejets.

Le traitement efficace d'un rejet liquide nécessite précédemment une bonne connaissance de la quantité et les variations temporelles et de la composition de l'effluent. Dans le processus de l'identification des eaux résiduaires, la caractérisation physico-chimique est incontournable si nous espérons définir avec une bonne qualité les caractéristiques d'un procédé de traitement, les contrôles de ces paramètres au niveau du laboratoire d'analyse sont nécessaires.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

1. introduction

La mise en place d'un programme d'analyse d'eaux de la STEP au niveau de laboratoire, permet de s'assurer que les résultats fournis ont une qualité satisfaisante pour répondre aux normes fixée par la réglementation environnementale. L'interprétation des résultats réalisés permet d'effectuer des soutiens méthodologiques pour un bon fonctionnement de l'installation

2. présentation de laboratoire

Le laboratoire est situé au centre de l'entreprise, sur une superficie d'environ 20m² où s'effectuent des analyses physico-chimiques pour les chaufferies et la station de neutralisation (les effluents liquides industriels). Il est doté de différents réactifs et des appareils, selon les analyses à accomplir :

a) les réactifs utilisés

Les différents réactifs utilisés sont :

- L'Acide sulfurique
- de sulfate de mercure
- bichromate
- sulfate d'argent
- dichromate de potassium
- sulfate de fer et d'ammonium

b) les différents appareils utilisés



Le Spectrophotomètre



un réacteur de DCO



Le PH mètre



bloc chauffant



Le Jar test

Figure 10: Les différents appareils utilisés

3. L'échantillonnage

Nous avons effectué des prélèvements au niveau de l'entrée et de la sortie de la station de neutralisation pendant six semaines allant de février à avril de l'année 2016.

L'échantillonnage se fait par le prélèvement des échantillons représentatifs suivant plusieurs conditions :

- bouteilles en verres préparée pour les prélèvements des échantillons sont appropriées aux analyses spécifiques prévues par le laboratoire d'analyse ;
- Pendant le prélèvement, les bouteilles d'échantillonnages doivent être rincées plusieurs fois avec l'eau distillée puis avec l'eau à prélever puis remplies sans espace d'air et préservées de façon adéquate ;
- Avant l'acheminement des bouteilles d'échantillons au laboratoire, leur identification est réalisée sur le site par étiquetage comme suit :
 - ❖ le nom de l'établissement ;
 - ❖ La date et l'heure de prélèvement ;
 - ❖ Les points des rejets concernés et la nature des rejets.
- Le pH doit être mesuré lors du prélèvement, car la température influence sur ce paramètre (quand la Température augmente, le pH augmente aussi) ;

- Pour la conservation des métaux lourds, nous ajoutons de l'acide sulfurique au lieu de l'acide nitrique car ce dernier influe sur la DCO en l'augmentant.

4. Modes opératoires des paramètres analysés

4.1 La température et le potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

La mesure de la température et du pH de l'échantillon se réalise de façon classique avec un pH-mètre muni d'une sonde de température.

➤ Mode opératoire

- Vérifier que le pH-mètre est connecté au réseau électrique ou que ces batteries sont en état de fonctionnement ;
- Allumer le pH-mètre ;
- Retirer la capsule qui protège la sonde de mesure ;
- Rincer la sonde avec l'eau distillée ;
- Vérifier et étalonner le pH-mètre avec au moins deux solutions étalons (7 et 10 ou 7 et 4 suivant la gamme de mesure à réaliser ;
- Verser une quantité d'échantillon à analyser dans un bécher ;
- Plonger la sonde de mesure dans le milieu à analyser, agiter l'électrode afin d'éliminer les bulles d'aires emprisonnées et attendre que la lecture se stabilise ;
- Effectuer la lecture du pH

Il y a une autre méthode pour mesurer le pH au moment du prélèvement, elle consiste à utiliser une bandelette indicatrice de pH, dans ce cas la température est mesurée à l'aide d'un thermomètre. La mesure de la température doit s'effectuer au moment du prélèvement.

4.2 La demande chimique en oxygène (DCO)

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer ce paramètre, mais les plus utilisées sont : la méthode spectrale et volumétrique.

➤ Principe

Détermination photométrique de la diminution de concentration en chromates après une oxydation de 2 heures à l'aide du dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et du sulfate d'argent à 148 °C.

➤ Mode opératoire

- Prélever 2 ml de l'échantillon à analyser ;
- Introduire avec précaution cet échantillon dans une cuve ronde contenant :
 - De l'acide sulfurique 80% ;
 - De sulfate de mercure(2) ≤ 0.5 % ;
 - Le bichromate de potassium.
- Secouer la solution (elle devient trouble et chaude) ;
- Placer la cuve ronde dans un bloc chauffant à 148 °C pendant 2 heures de temps ;
- Sortir la cuve du bloc chauffant ;
- Secouer et refroidir la cuve jusqu'à une température ambiante ;
- Nettoyer la cuve de l'extérieur ;
- Introduire dans le spectrophotomètre à une longueur d'onde 436 nm ;
- Faire la lecture.

4.3 Le phosphore total**➤ Principe**

Il existe deux méthodes pour mesurer ce paramètre :

- Méthode par le test rapide ;
- Méthode spectrale.

❖ Méthode par test rapide**➤ Mode opératoire**

- Prélever 20 ml d'échantillon à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif phosphate 1 et agiter ;
- Ajouter 1 ml du réactif phosphate 2 et agiter ;
- Après 10 minutes comparer la coloration produite avec l'échelle colorimétrique et lire la valeur correspondante sur cette échelle ;

- Si la coloration dépasse la limite supérieure de l'échelle il faut faire la dilution.

❖ **Méthode spectrale :**

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Verser 0.2 ml de l'échantillon à analyser (le pH doit être entre 1 et 10)
- Ajouter le réactif nanofixephosphate total R2 ;
 - Fermer à fond, mélanger et la placer dans le bloc chauffant à 120 °C pendant 30 à 60 min ;
 - Laisser refroidir à température ambiante.
- Ajouter le réactif nanofixe phosphore R3 ;
- Ajouter 0.2 ml de phosphate total R4 ;
- Mélanger et nettoyer la cuve à l'extérieure ;
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre après 10 min à une gamme allant de 5 à 50 mg/l.

4.4 Les métaux lourds

3.4.1 Le chrome total

Il existe 2 méthodes de mesure de ce paramètre :

- méthode colorimétrique ;
- méthode spectral.

a) Méthode colorimétrique

- on prélève 5 ml de l'échantillon à analyser à l'aide d'une seringue et on les verse dans le récipient (A) ;
- verser de l'eau distillée dans le récipient (B) et le laisser comme témoin (sans lui ajouter de réactif) ;
- on ajoute 5 gouttes du réactif Cr-1 (chloral hydrate 10-20%) et mélanger ;
- puis on ajoute 5 gouttes du réactif Cr-2 (chloral hydrate 10-20%) et mélanger ;
- laisser reposer pendant 3 min ;
- on place la capsule sur le comparateur et on fait glisser jusqu'à l'équilibre des 2 couleurs de (A et B), puis on fait la lecture de la concentration sur le comparateur ;

- comparer la valeur obtenue avec la norme de rejet de l'OMS (figure 7)

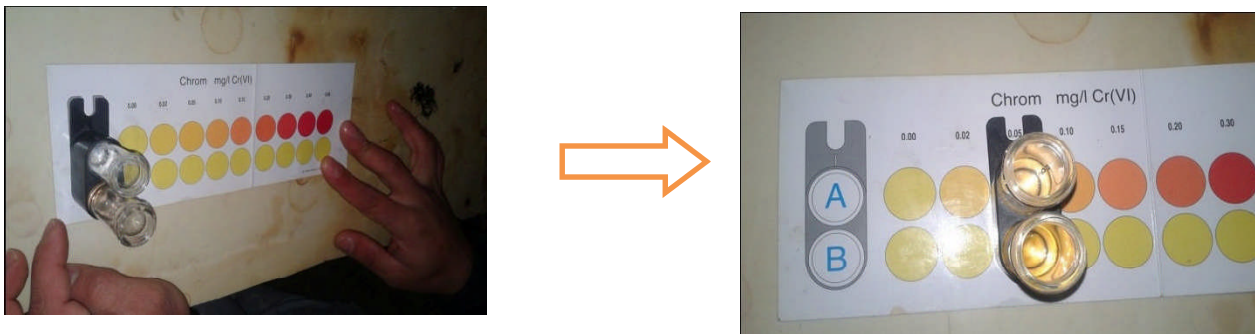


Figure11 : principe de la méthode colorimétrique de chrome

b) Méthode spectrale

➤ Principe

La réduction du chrome 3 en chrome 6 soit dans un milieu alcalin ou dans un milieu acide.

Le mode opératoire

a) Préparation pour l'oxydation

- Prélever 2 ml de R₁ (il contient de l'acide sulfurique à 10%) à l'aide d'une seringue verser dans une cuve ronde ;
- Ajouter 2ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter un régulateur d'ébullition, mélanger ;
- Enrouler une bandelette de papier autour d'un crayon (par exemple) et l'introduire dans une cuve ronde, car cette bandelette doit être appliqué contre la paroi et dépasser un peu le bord supérieur de la cuve ;
- Placer la cuve dans un bloc chauffant pendant 2 heures à une Température de 148 °C.

b) Oxydation

- Ajouter avec précaution 4 ml de chrome total R₂ (il contient de l'acide sulfurique 10-15%), mélanger ;

- Ajouter une cuillère de mesure rempli à ras bord de chrome total R₃(contient prexodisulfatode amnios $\geq 50\%$;
- Fermer et mettre la cuve dans le bloc chauffant pendant 30 minutes, à une température de 100°C ;
- Introduire respectivement dans une fiole jaugée de 25 ml, une cuillère de mesure de chrome R₁(il contient de l'acide sulfurique) ;
- Ajouter de 2 ml de chrome R₂ et agiter de manière vigoureuse pendant 1 minute ;
- Ajouter le contenu de la cuve à l'aide d'un entonnoir et rincer 3 fois avec 5 ml d'eau distillée ;
- Ajuster le volume dans la fiole à 25 ml avec l'eau distillée et mélanger ;
- Après 5 minutes, transverse le contenu de la fiole dans une cuve rectangulaire ;
- Préparer le spectrophotomètre et entrer le numéro du programme ;
- Placer la cuve dans le spectrophotomètre et effectuer la lecture à une longueur d'onde 540 nm.

3.4.2 Le Nickel

Il existe 2 méthodes de mesure de ce paramètre :

- méthode colorimétrique ;
- méthode spectral.

A) Méthode colorimétrique (test rapide)

➤ Mode opératoire

- verser 5 ml d'échantillon à analyser dans chacun des deux récipients de mesures A et B à l'aide d'une seringue ;
- placer un récipient de mesure à la position A du comparateur ;
- ajouter du réactif qu'au récipient de mesure B ;
- ajouter 1 cuillère de mesure de Ni-1(ammonium peroxosulfate 20-100%), fermer le récipient et dissoudre en agitant le contenu ;
- Ajouter 5 gouttes de Ni-2(solution de sodium hydroxyde 5-20%), fermer et mélanger ;

- Ouvrir le récipient après 1 min et placer-le dans la position B du comparateur ;
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut ;
- Lire la valeur sur la languette du comparateur (figure 12).

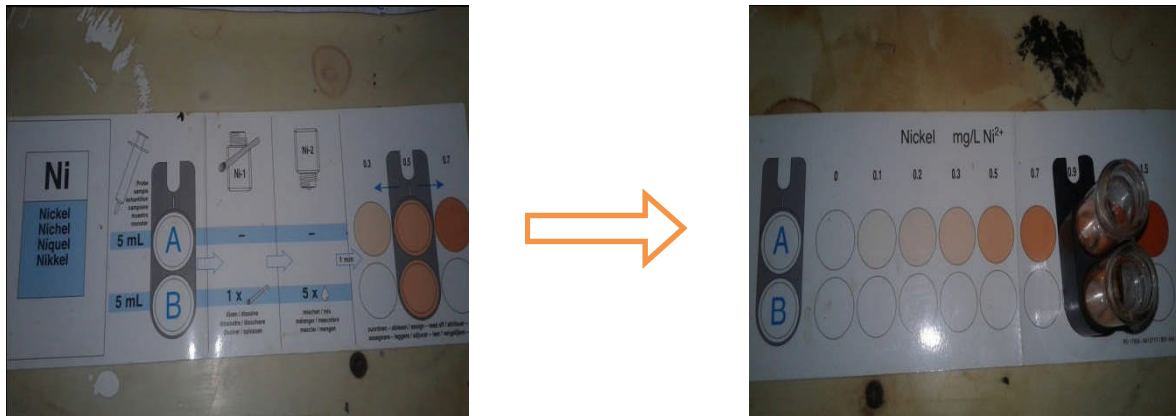


Figure 12: principe de la méthode colorimétrique de nickel

B) Méthode spectral

➤ Mode opératoire

- Prélever 20 ml d'échantillon à analyser à l'aide d'une pipette graduée, verser les dans une fiole jaugée de 25 ml (la valeur du pH doit être comprise entre 1 et 13) ;
- Ajouter 1 ml de R1 (R1 : contient du bromate de potassium 2%) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R2 (contient de l'acide nitrique 19%) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R3 (contient de l'ammoniac 14%) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R4 (contient de diméthylglyoxime) et mélanger ;
- Ajuster le volume dans la fiole jusqu'à 25 ml avec de l'eau distillée, mélanger et laisser réagir 5 min ;
- Verser le contenu de la fiole dans une cuve rectangulaire ;
- Allumer le spectrophotomètre et entrer le numéro du programme (1-62) à une longueur d'onde égale à 436/445 nm ;
- Réinitialisé le spectrophotomètre avec le blanc du Nickel ;
- Placer la cuve dans le spectrophotomètre et effectuer la lecture.

3.4.3 Le zinc

Il existe 2 méthodes de mesure de ce paramètre

- méthode colorimétrique ;
- méthode spectral.

a) Méthode colorimétrique

- A l'aide de la seringue en plastique, verser 1 ml d'échantillon d'eau dans chacun des deux récipients de mesure.
- Placer un récipient de mesure à la position A de comparateur ;
- N'ajouter de réactif qu'au récipient de mesure B ;
- Ajouter 2 gouttes de Zn-1 (potassium cyanide 0.1-1%) fermer le récipient et mélanger ;
- Ajouter 2 gouttes de Zn-2 (potassium cyanide 0.1-1%) fermer le récipient et mélanger ;
- Ajouter 5 gouttes de Z-3 (chloralhyd phosphorique) fermer le récipient et mélanger ;
- Ouvrir le récipient après 1 min et placer-le à la position B du comparateur ;
- Faites glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut, lire la valeur sur languettes du comparateur (figure 13)

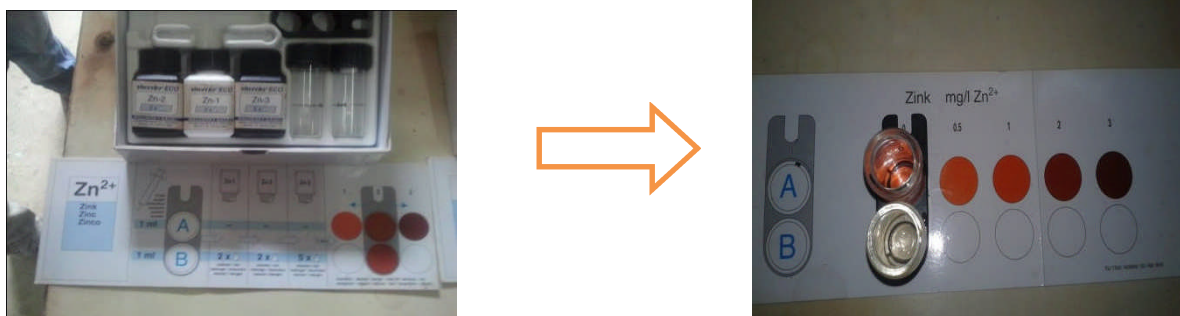


Figure 13: principe de la méthode colorimétrique de zinc

b) Méthode spectral

- Rincer plusieurs fois l'éprouvette de réaction avec l'échantillon d'eau à analyser et introduire 5 ml de l'échantillon ;
- Ajouter 5 gouttes de Zn-1 fermer et mélanger ;
- Ajouter 5 gouttes de Zn-2 fermer et mélanger ;
- Ajouter 10 gouttes de Zn-3 fermer et mélanger ;
- Allumer le spectrophotomètre ;
- Réinitialisé le spectrophotomètre avec le blanc du zinc (en entrant le numéro du test spécifique) ;
- Placer la cuve de l'échantillon à analyser dans la plaque à cuvette du spectrophotomètre et on procède à la lecture sur l'écran.

3.4.4 Le fer**➤ Principe**

Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotomètre en utilisant la coloration rouge donné par sels ferreux avec la phenanthroline 1.10.

➤ Mode opératoire

- Prélever 20 ml de l'échantillon à analyser à l'aide d'une pipette graduée, verser les dans une fiole jaugée de 25 ml (la valeur du pH doit être comprise entre 1 et 13) ;
- Ajouter 1 ml de R1 (contient de chlorure d'hydroxylamine) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R2 (contient de chlorure d'hydroxylamine 80%) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R3 (contient de l'acide acétique 25-50%) et mélanger ;
- Ajouter 1 ml de R4 (contient de phénanthroline et éthanol 35-55%) et mélanger ;
- Ajouter de l'eau distillé jusqu'à 25 ml, mélanger et laisser réagir 5 min ;
- Préparer un témoin dans les mêmes conditions avec 25 ml d'eau distillé ;
- Verser le contenu de la fiole dans une cuve ;
- Allumer le spectrophotomètre et entrer le numéro du programme (1-36) à une longueur d'onde égale à 470 nm ;

- Placer la cuve dans le spectrophotomètre et effectuer la lecture et tenir en compte de la valeur du témoin (à une gamme allant de 0.1 à 10 mg/l).

Chapitre III :

Résultats et discussions

1. Introduction

Dans le but de vérifier la fiabilité du fonctionnement de la station de neutralisation de l'ENIEM, nous avons analysé certains paramètres au niveau de de l'entrée et de la sortie de la station, ces paramètres sont :

- Le pH et la température ;
- La DCO ;
- Le Phosphore total ;
- Le chrome total ;
- Le nickel, zinc et le fer ;

Le tableau 5 résume les différents résultats d'analyses des effluents industriels à l'entrée et la sortie de la station ; le tableau 6 représente les valeurs limites des eaux de rejet selon l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Pour mieux interpréter et comparer les résultats, nous avons représenté ces derniers sous forme d'histogramme.

Tableau 5 : résultats d'analyses des effluents industriels à l'entrée et à la sortie de la station pendant six semaines allant de Mars à avril.

Paramètres	Entrées station						Rejets station					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
pH	9	10.2	4.56	4.89	6	9.33	6.8	7	6.5	7.3	8	7.5
DCO	125.00	145.36	130.27	152.02	301.7	180.2	47.33	89.23	56.8	90.3	200.36	116.23
Phosphore Total	33	36	46	29	28	46	5.03	4.37	8.99	4.26	2.32	6.06
Chrome Total	4.36	5.33	3.98	4.03	4.9	5.02	0.16	0.37	0.09	0.22	0.2	0.12
Nickel	5.23	3.66	3	4.12	2.89	5.02	0.39	0.54	0.50	0.64	0.45	0.3
Zinc	4.26	4.01	3.88	5.35	5.87	6.03	0.88	0.99	0.13	1.01	1.74	2
Fer	8.13	8.02	7.98	6.78	5.99	8.25	4.5	1.97	0.06	1.73	0.51	1.13

Tableau 6 : valeurs limites des eaux de rejets selon l’OMS :

Paramètres	Unités	Valeurs limites
PH	-	6.5-8.5
Température	°C	30
DCO	Mg/l	120
Phosphore total	-	10
Chrome total	-	0.5
Nickel	-	0.5
Zinc	-	3
Fer	-	5

2.1 L'évolution de pH

Les résultats d'analyse du pH sont représentés dans la figure 14.

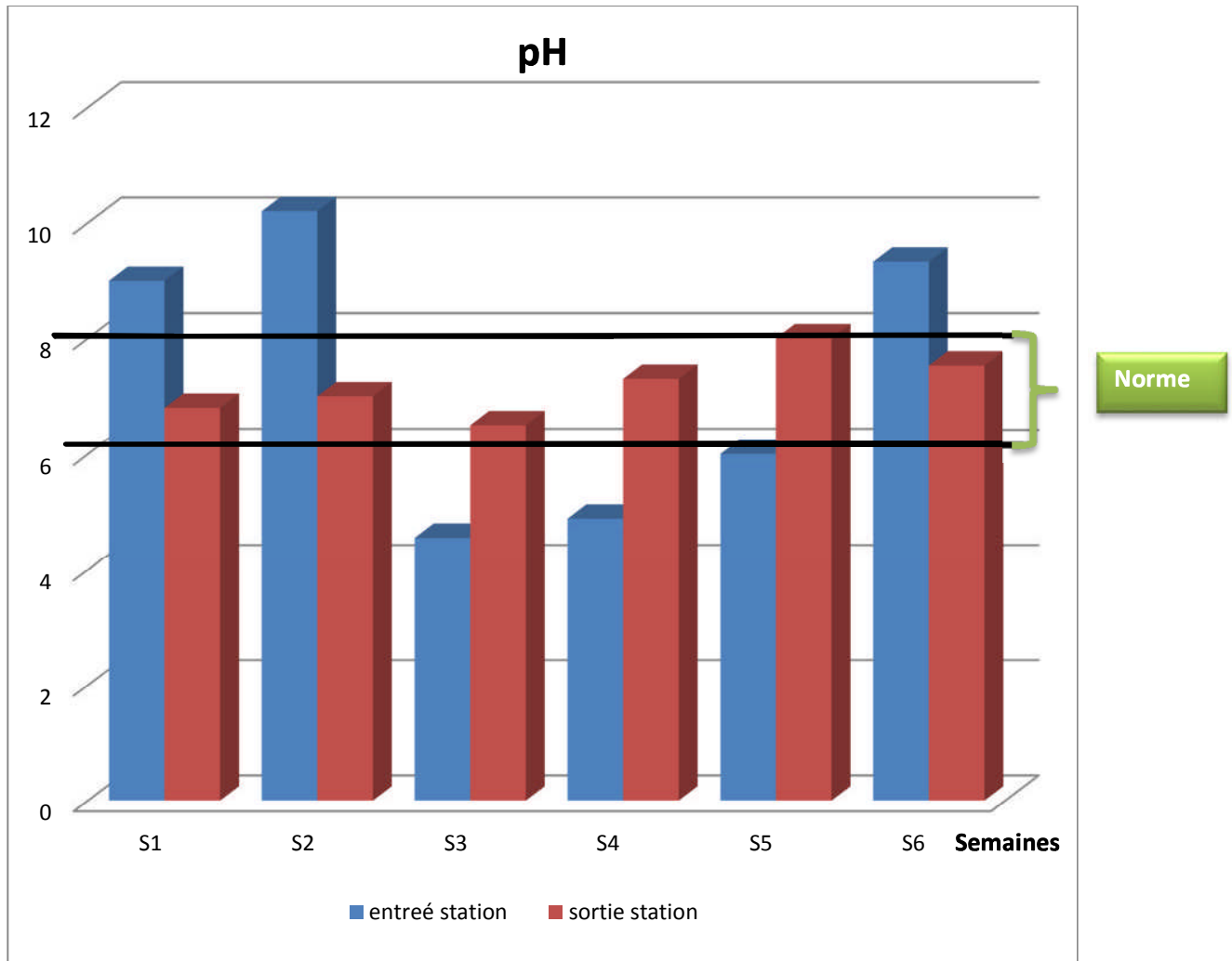


Figure 14 : représentation graphique des valeurs du pH de l'entrée et de la sortie de la station

La figure 10, montre que les valeurs enregistrées se situent entre (6.5-8.5), donc elles sont conformes à la norme de rejets des effluents industriels. Cela explique une bonne neutralisation du pH par la station, ce qui ne pose pas de problème pour le milieu récepteur. Nos résultats ne sont pas similaires à ceux trouvés par Hadj Larbi et Haroun (2012), qui ont montré que les valeurs du pH ont augmenté à la sortie de la station, cette augmentation est due à la formation des

hydroxydes métalliques. Les résultats nous laissent dire que l'entreprise ENIEM, arrive à améliorer la maîtrise de ce paramètre.

2.2 Évolution de la DCO

Les résultats d'analyse de la DCO sont représentés dans la figure 15.

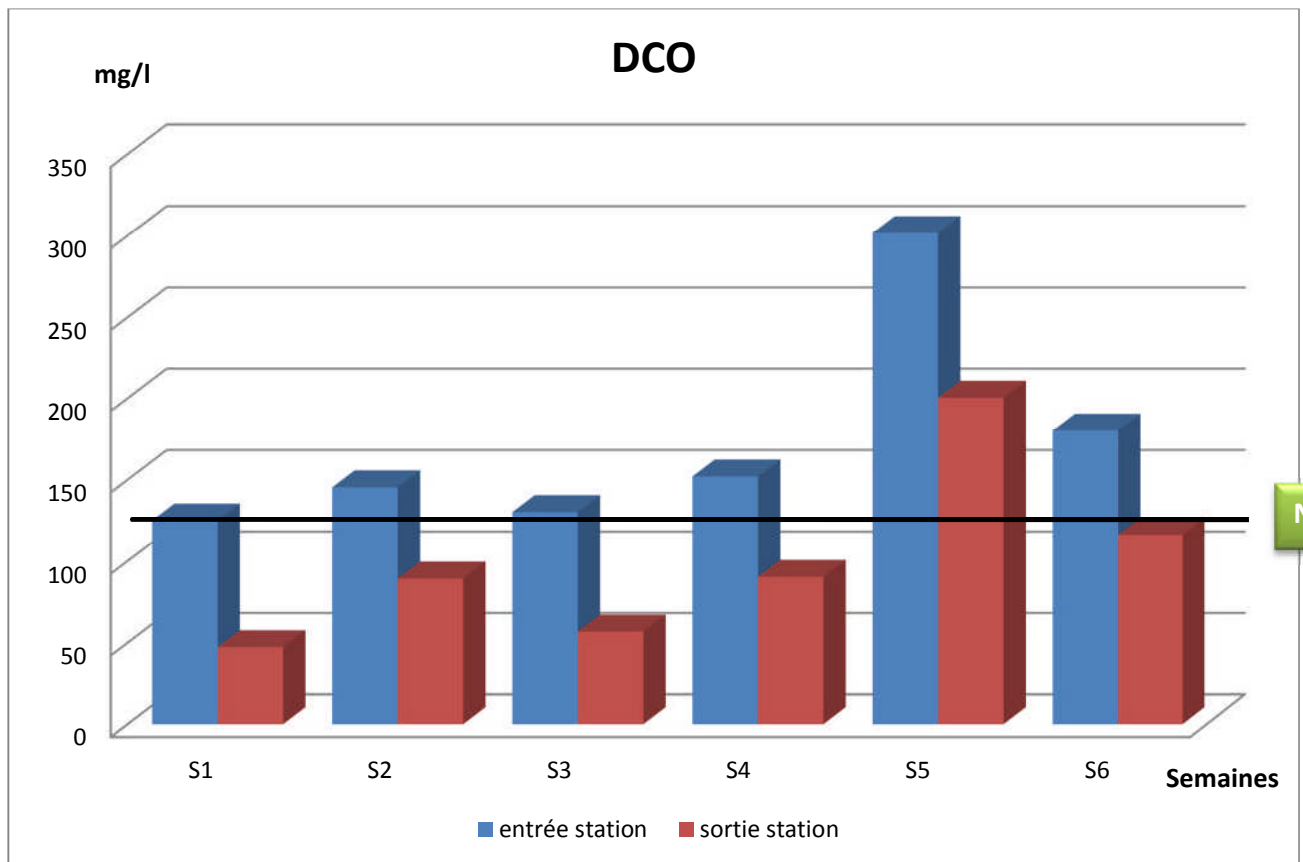


Figure 15 : représentation graphique des valeurs de la DCO à l'entrée et à la sortie de station.

D'après la figure 15, nous remarquons des fortes concentrations de la DCO au niveau de l'entrée de la station, ces valeurs diminuent après traitement, mais pour la 5^{ème} semaine la valeur de la DCO dépasse la norme de rejets donnée par la réglementation qui est de 120 mg/l dans ce cas le personnel de l'entreprise procède à la récupération de ces eaux pour les traiter encore une fois

avant de les rejeter définitivement dans la nature pour éviter tout impact sur l'environnement. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Hadj Larbi et Haroun (2012) qui ont enregistré des valeurs importantes de la DCO à la sortie de la station ce qui montre la non maîtrise de ce paramètre par l'entreprise ENIEM.

2.3 Évolution de la concentration de phosphore total

Les résultats d'analyse du phosphore total sont représentés dans la figure 16.

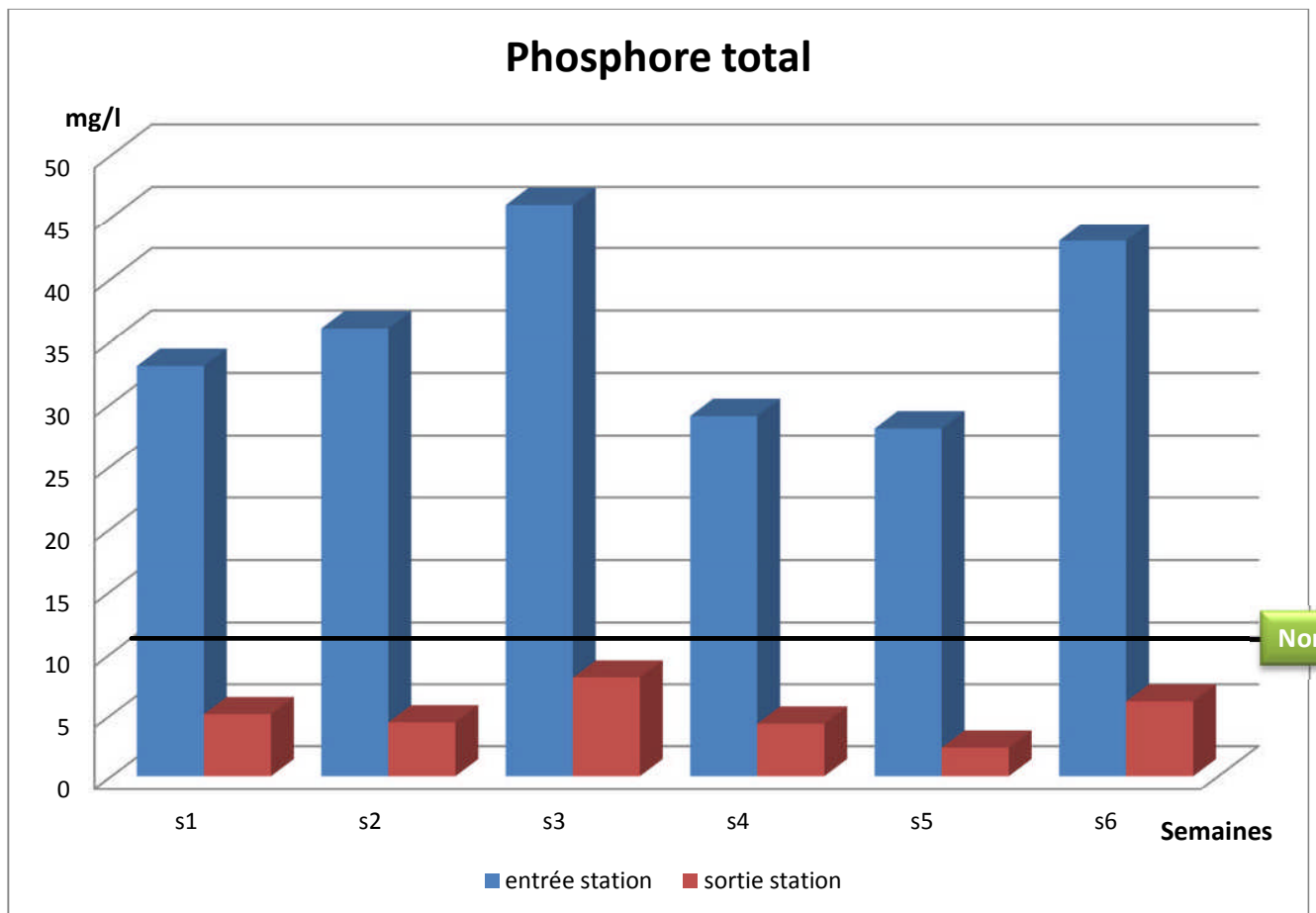


Figure 16: Représentation graphique de la concentration du phosphore total au niveau de l'entrée et de la sortie de la station.

La figure 16 montre que les concentrations du phosphore total sont très élevées à l'entrée de la station durant toutes les semaines cela est due au déversement non contrôlé des bains de phosphates au niveau des ateliers de traitements de surfaces, ces valeurs diminuent après

traitement et restent inférieurs à la valeur limite qui est 10 mg/cela confirme que le traitement de ce paramètre est maîtrisé au niveau de la station de neutralisation.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Khelfane et Kebaili (2013) qui ont enregistré des valeurs inférieurs à la norme à la sortie de la station, ce qui montre que ce paramètre est maîtrisé par l'entreprise ENIEM.

2.4 Évolution de la concentration de chrome total

Les résultats d'analyse du chrome total sont représentés dans la figure 17.

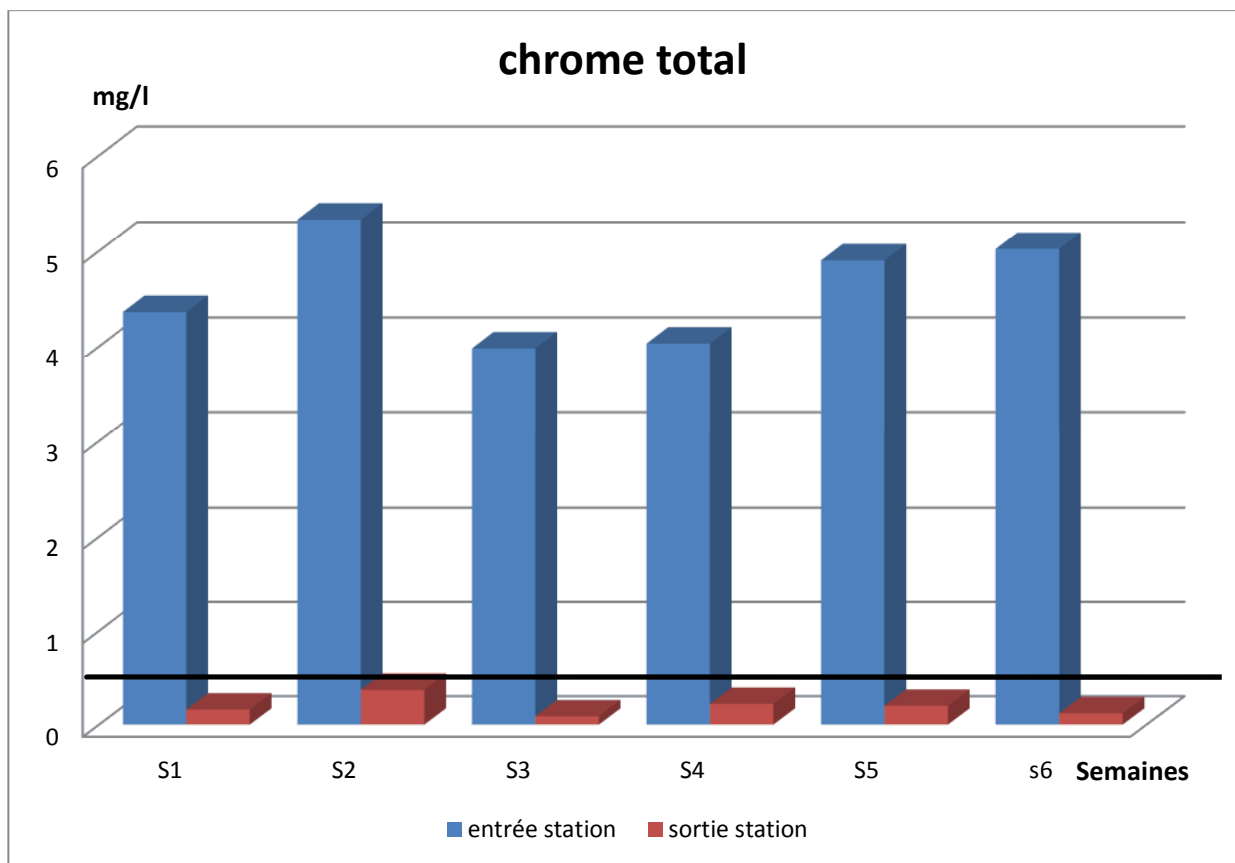


Figure 17: représentation graphique des concentrations du chrome total au niveau de l'entrée et de la sortie de la station.

D'après la figure 17, nous remarquons une régression des concentrations du chrome total au niveau de la sortie de station par rapport aux concentrations à l'entrée de la station durant les six

semaines, et elles sont inférieures à la norme de l'OMS (0.5mg/l). Ces résultats montrent que le procédé de déchromatation est bien maîtrisé dans la station de neutralisation de l'ENIEM donc ça ne pose pas de problème pour le milieu récepteur. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par KHelfane et Kebaili (2013) qui ont enregistré des valeurs inférieures à la norme à la sortie de la station. Les résultats nous laissent dire que l'entreprise ENIEM a amélioré la maîtrise de ce paramètre.

2.5 Évolution de la concentration du Nickel

Les résultats d'analyse Nickel sont représentés dans la figure 18.

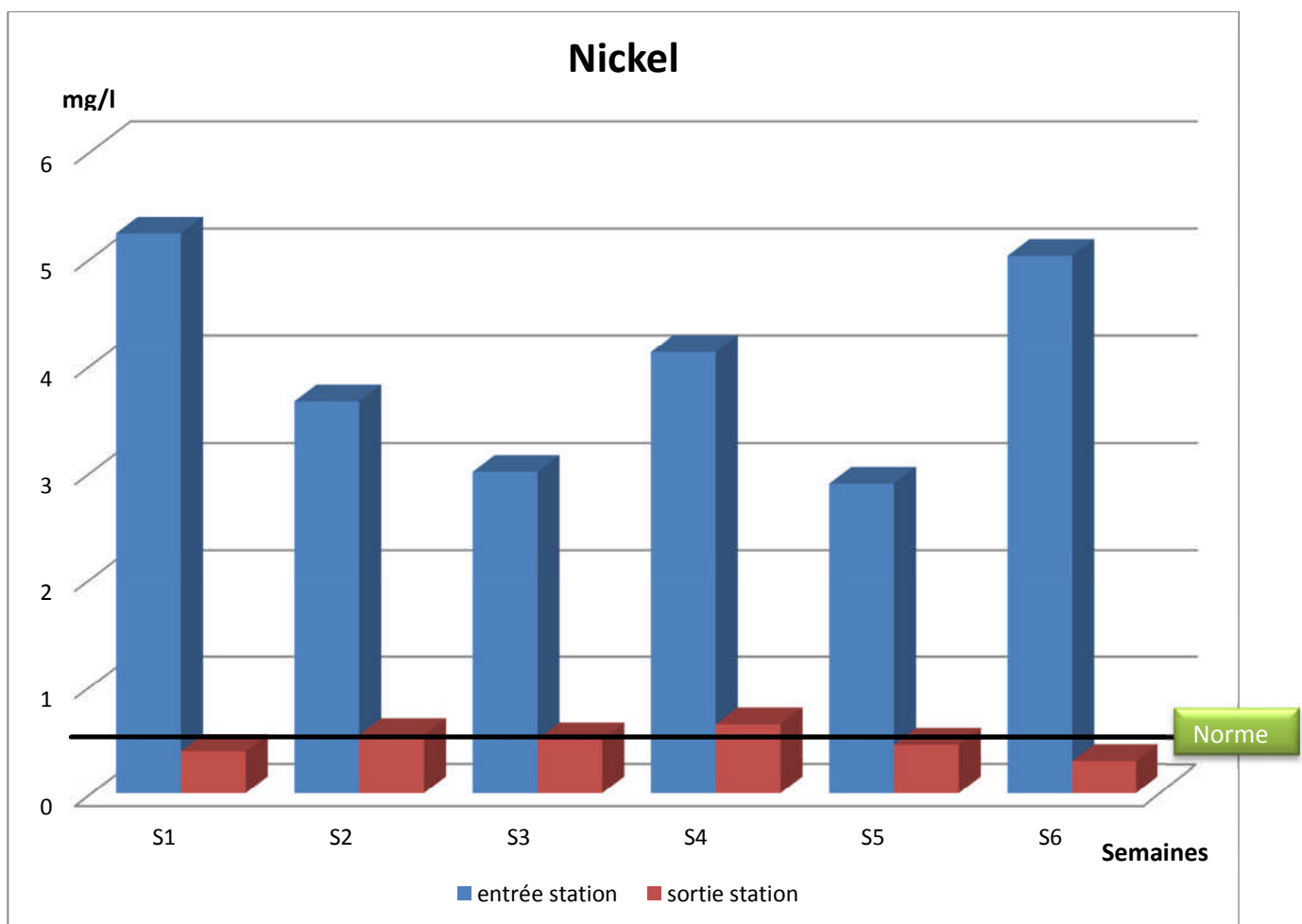


Figure 18 : représentation graphique des concentrations du Nickel au niveau de l'entrée et de la sortie de station.

D'après la figure 18, nous remarquons une grande concentration du nickel au niveau de l'entrée de la station, nous constatons par la suite une diminution de cette concentration au niveau de rejet de la station, pour la deuxième et la quatrième semaine les valeurs de la concentration en Nickel dépasse la norme (0.5mg/l)

Nous pouvons conclure que le traitement de ce paramètre n'est pas maîtrisé, à cause du pH optimum de précipitation de Nickel qu'est de 9.2, alors les eaux de rejet sont à un PH compris entre 6.5 et 8.5. Donc dans ce cas (existence d'une anomalie) on procède à la vidange des eaux de rejets et leur récupération et dosage du PH par l'addition de la soude (NaOH) pour assurer la précipitation du nickel et son élimination.

En comparant nos résultats à ceux trouvés par Hadj Larbi et Haroun (2012), Nous constatons que le traitement de ce paramètre par la station de neutralisation est amélioré.

2.6 Évolution des concentrations de zinc

Les résultats d'analyse de zinc sont représentés dans la figure 19.

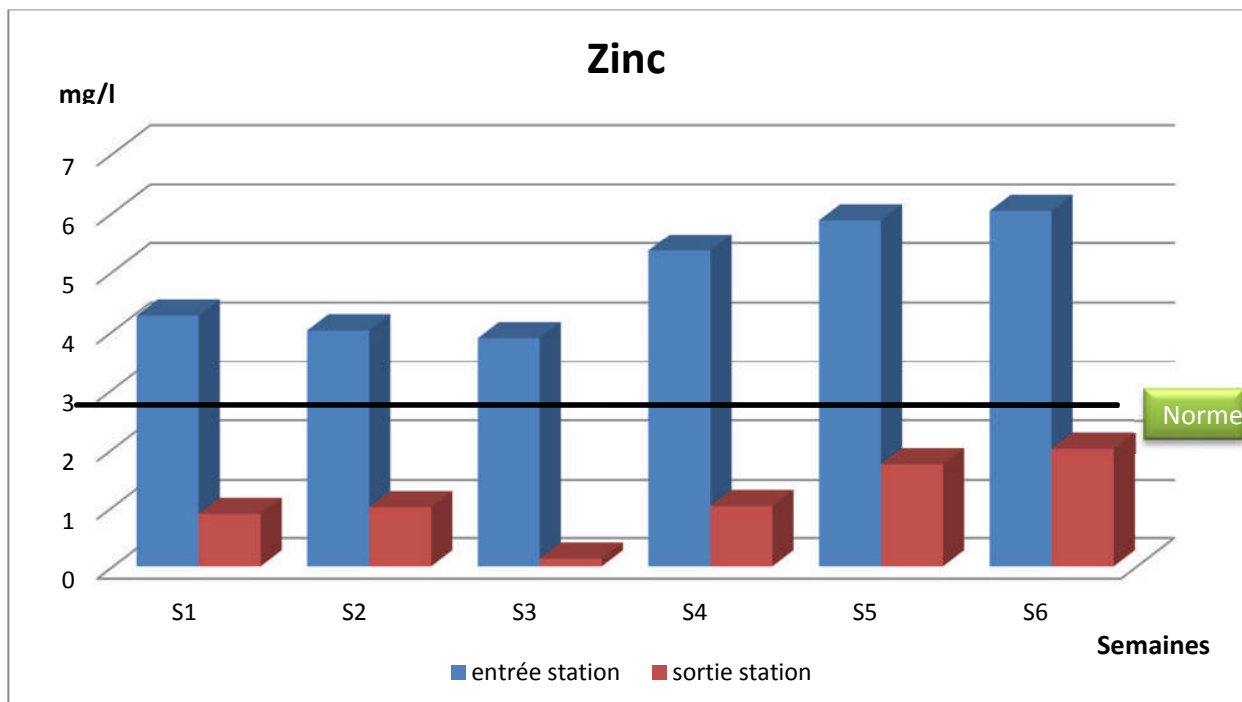


Figure 19: représentation graphique concentrations du zinc au niveau de l'entrée et à la sortie de la station

La figure 19 indique que les concentrations du zinc à la sortie de la station sont inférieures aux concentrations à l'entrée de la station, les résultats sont conformes à la norme pendant les six semaines cela signifie un bon traitement du zinc par la station.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par KHelfane et Kebaili (2013) qui ont enregistré des valeurs inférieures à la norme à la sortie de la station, cela signifie une bonne neutralisation du zinc par la station.

2.7 Évolution des concentrations de fer

Les résultats d'analyse de fer sont présentés dans la figure 20.

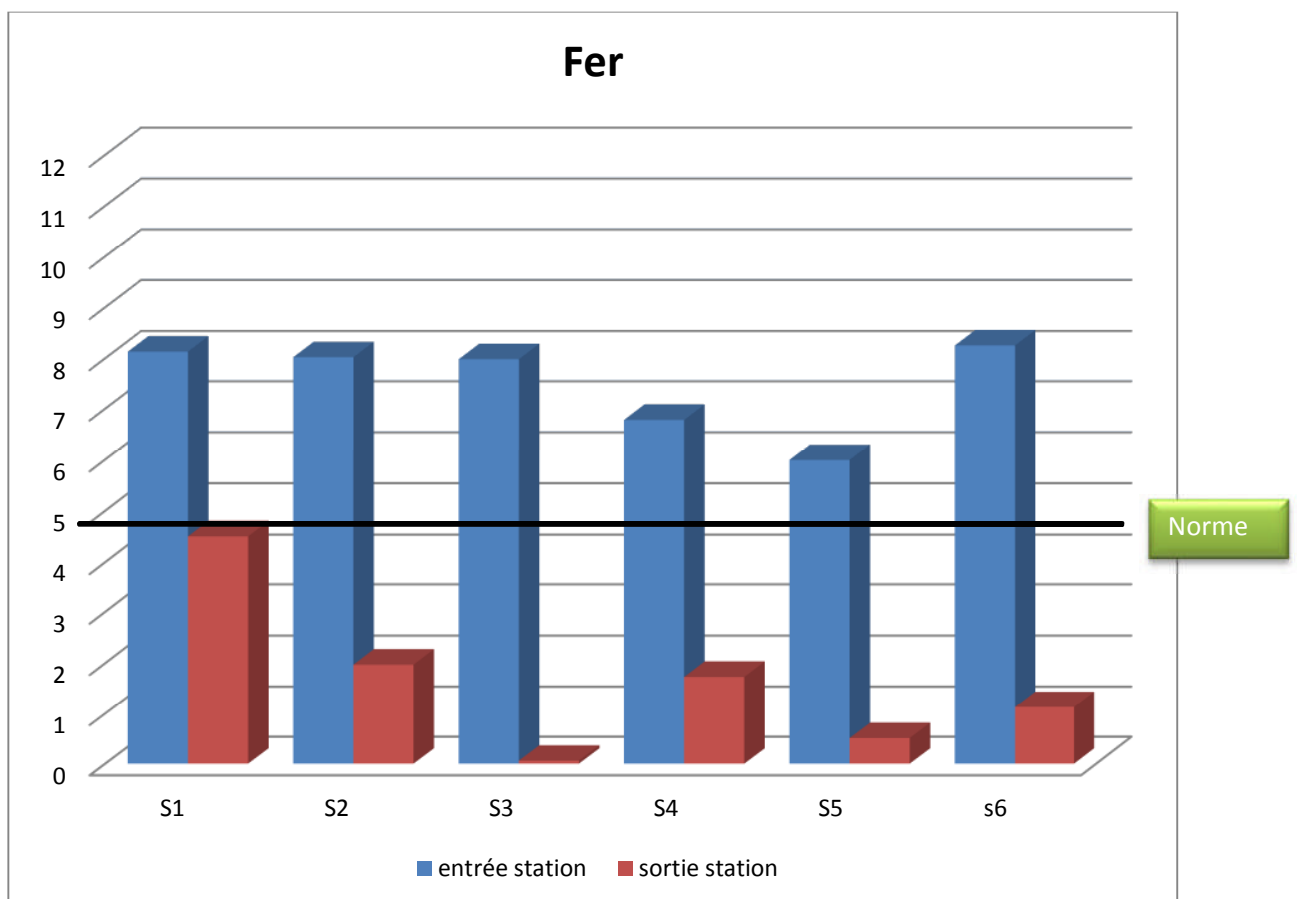


Figure 20: représentation graphique des concentrations du fer au niveau de l'entrée et de la sortie de station.

La figure 20 montre que les concentrations du fer sont grandes au niveau de l'entrée de la station, et après traitement ces fortes concentrations ont baissées et elles sont conformes à la norme, ce qui signifie que le traitement de ce paramètre est maîtrisé au niveau de la station, ce qui ne pose pas de problème pour le milieu naturel. Nous constatons que nos résultats sont similaires à ceux trouvés par Hadj Larbi et Haroun (2012) cela signifie que l'entreprise ENIEM maîtrise ce paramètre.

Conclusion générale

Le travail que nous avons réalisé dans le cadre de ce mémoire avait pour objectif de suivre l'efficacité des traitements des effluents industriels de l'entreprise ENIEM et de contrôler leur conformité aux normes de la réglementation environnementale.

L'ENIEM génère des quantités importantes d'effluents industriels de nature diverses provenant essentiellement des ateliers de traitement de surface. Pour cela l'entreprise a installé une station de neutralisation qui traite les effluents liquides contenant des quantités importantes des métaux lourds. A partir des analyses effectuées à ses effluents liquides, nous constatons que pour la majorité des paramètres étudiés, les valeurs diminuent à la sortie de la station d'épuration, atteignant des valeurs inférieures aux normes réglementaires, ce qui explique la fiabilité de la station de neutralisation.

Il est important de signaler qu'au niveau de la station de neutralisation de l'ENIEM, le traitement de certains éléments tels que le Nickel, n'est pas maîtrisé. Le pH optimum de précipitation du Nickel est de 9,2 et n'est donc pas précipité car la station fait sortir l'eau à un pH compris entre 6,5 et 8,5.

Pour les concentrations élevées de Nickel au niveau de la sortie de la station nous proposons deux solutions :

La première consiste à diluer au niveau du premier stade pour diminuer sa concentration

Pour la deuxième solution nous proposons une extension au niveau de la station par la création d'un bassin spécifique de traitement et d'élimination du nickel.

La demande chimique en oxygène (DCO) est en concentration élevée par rapport à la valeur limite de la réglementation, car elle n'est pas prise en charge dans le procédé de traitement de la station.

En ce qui concerne la DCO, nous proposons deux solutions :

La première consiste à placer un déshuileur en amont de la station au niveau de la canalisation des alcalins concentrés chargés par les huiles et les graisses ou à la sortie de la station au niveau du canal du comptage des effluents.

La seconde est de créer une station de traitement biologique par boue activée en parallèle.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

Anonyme 1 :Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Anonyme 2 :Documents intérieurs de L'ENIEM

Anonyme 3 :Journal officiel de la république algérienne

Anonyme 4 :organisation mondiale de la santé

Abdellatif H., (2006).Traitements de l'eau source bousa fer,mémoire de fin d'étude (licence).université des sciences et de la technologie, Oran.100 p.

BLIEFERT CetPerraud R., (2001).Chimie de l'environnement : air, eau, sols déchets. Édition de Boeck 2^eédition, Bruxelles 285-336

Bouziani M.,(2000).l'eau de la pénurie aux maladies .édition IBN-KHALDOUN. Alger.p93-96.

Brissaud f, Heurteaux P, Podlejski J, Moutonnet P., (1982). Transferts dispersifs et propagation de pesticides dans un sol de rizière inondée ; Journal of Hydrology Volume 57, P 233–245

Cadot C., (2010).traitement de l'eau pour l'ingénieur. Édition, Ellipses, Paris France .223 p.

CantetJ., (2007). Effluents industriels .revue cahier des chroniques scientifiques volume 2 n °10 .p 1-2.

Cardot C., (1999). Traitement de l'eau. Édition, Ellipses, Paris, France. p 43

Haroun et hadj larbi.,(2012).Le contrôle d'une pollution industrielle générée par les différentes unités de l'ENIEM.gradeingénieur. Ecologie végétal et environnement, université de Mouloud Memeri, TiziOuzou. P 87

Chalon A, Leroy d, Thome j, Goffarta, Bastin b, Brahy v, Delloye F, Hennebe P., (2014).Micropolluants, l'eau et l'environnement aquatique P 1-2.

CriniG, Badot M., (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées. Press universitaire de Franche-Comté, France.p 24

DalmasP., (2000).mesure de la conductivité sur une eau pure ou comment appliquer la norme USP24-NF19., radiometeranalytical.p -3-4.

Debray B., (1977).Système d'aide à la décision pour le traitement des déchets spéciaux. Thèse, pour obtenir le grade de docteur, science et technique du déchet, Lyon, 313 p

Dégrement S., (1978). Mémento technique de l'eau. Technique et documentaire, (8^{eme} Edition), Paris.p103-105.

Dégrement S., (2005).Mémento technique de l'eau, technique en documentation,10^eÉdition, Paris p 587

Références bibliographiques

Dégrement S ., (1989).Mémento technique de l'eau. Édition technique et documentation ,9^{ème} édition, Paris p 49-56.

Delporte C,Berardo P., (2004).Le traitement Biologique des effluents industriels liquides.Revue,OndeoIndustrialSolution,n°36.p 29-31.

Desjardins R., (1997). Le traitement des eaux. 2^{ème} édition, Montréal, p 38-48.

GAID A., (1989).épuration biologique des eaux usées urbaines. Office des publications universitaires, Alger.P27.

Gaujous D.,(1995).la pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire.2^e édition.11, rue Lavoisier.200 p

HADE A., (2002). Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides.p 360.

HAJJI C, BENDOU A, MOUHANNI H, HASSOU M., (2012).Qualité physico-chimique des effluents de la station de traitement des eaux de cale des navires au port d'Agadir-Maroc. Revue Internationale d'Héliotechnique .p 14-22-44.

Hoet P., (2007).Nickel et composés. EMC – ToxicologiePathologie professionnelle.Université catholique de Louvain, Faculté de médecine.volume 53,n°11.p 9.

Kebaili Z, khelfane C., (2013). Contribution à l'analyse de la qualité des effluents liquides au niveau de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager (ENIEM). Mémoire de fin d'étude, spécialité : Photologie des écosystèmes .UMMTO.56 p

Kim b.(2014).Devenir du phosphore dans les filtres plantés de roseaux : étude de sa rétention / libération et des facteurs d'influence.L'institut national des sciences appliquées de Lyon.thèse de doctorat Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain.181 p

Koller E., (2004).traitement des pollutions industrielles : eau, aire, déchet, sol, boue. , EditionDunod, Paris. p 50-54.

MENOUER S, TAIBI S., (2014). Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval du complexeGL1/Z. Mémoire de Projet de Fin d'Études. Gestion des Déchets et Pollution des Ecosystèmes. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran.63 p.

MolittaR., (2009).le traitement des déchets.Éditions Tec & Doc – Lavoisier. p 712

OudizB,Cessac, J. BrenotJ.P.MaignéP.,Santucci, M.C. Robé P.

Charbonneau.,(2000).Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives. Réalisé par l'IPSN pour le compte des ministères de l'Environnement et de la Santé.

Ouikene N., (2011).étude d'un traitement biologique des eaux usées d'origine ménagères (pont de bougie) et du traitement des eaux usées issues d'une station de lavage graissage de véhicules (tizi-rached).Mémoire d'ingénieur en écologie végétal et environnement

Références bibliographiques

Pesson p .,(1976).pollution des eaux continentales, Édition bordas,paris.p 285.

Ramade F., (1998).Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Édition Edi science international, Paris.487 p

Ramade f.,(2008).dictionnaire encyclopédique de l'eau. Édition Dunod, Paris.p 760

Rejesek F., (2002).Analyse des eaux, aspect réglementaire et technique, France. p 170-195

Rodier J et coll., (2005).Analyse des eaux : l'eau naturelle l'eau, résiduaire, l'eau de mer 8^e édition, Dunod, Paris.p 1383

Rodier J., (2009).Analyse des eaux : l'eau naturelle, l'eurésiduaire, l'eau de mer.9^e éditiondunod,Paris .p 1526

SALGHI R ; (2000).Différentes filières de traitement des eaux. Edition ESKA, p 83-87

Schmitzberger K.,(2008).La prévention des pollution ,la pollution de l'eau ,édition agence de l'eau,rhin-Meuse,p127-130

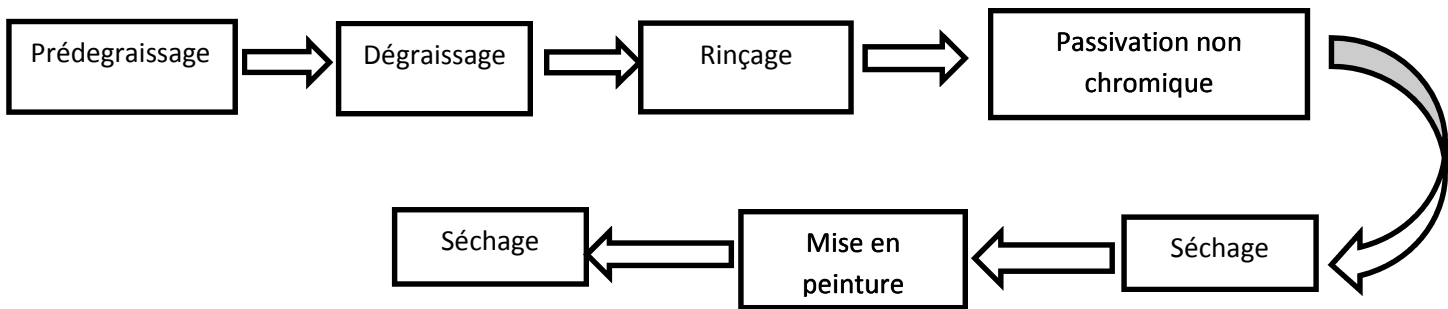
Schrock R., (2006).Nitrogen Fix, dams Technology Review, Massachusetts Institute of Technology, Etats-unis.210 p

Annexes

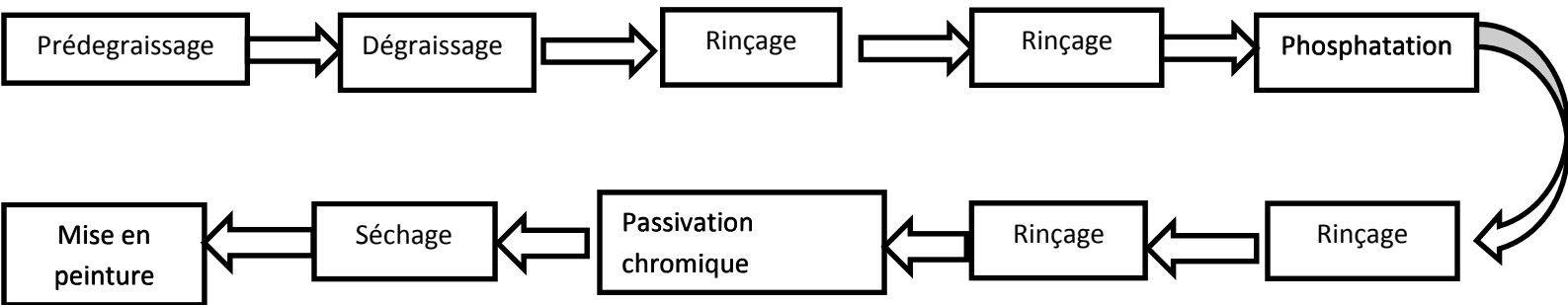
Annexes

Annexe I : chaîne de traitement dans l'unité froid

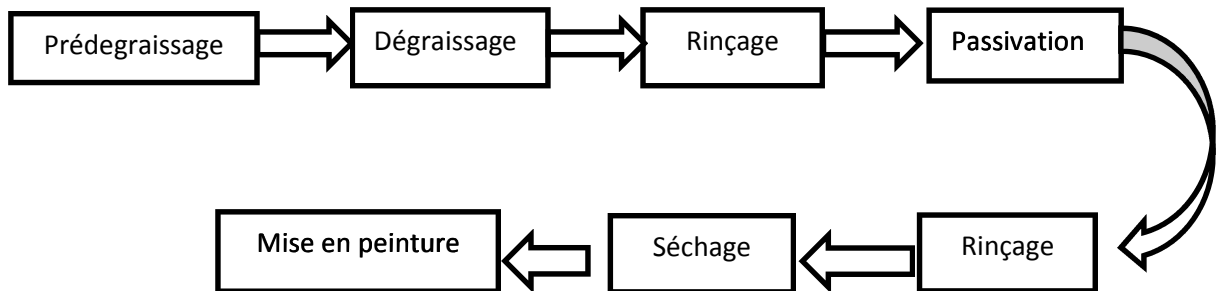
- Deux chaînes spéciales aluminium(évaporateur)



- Une chaîne spéciale acier (portes)



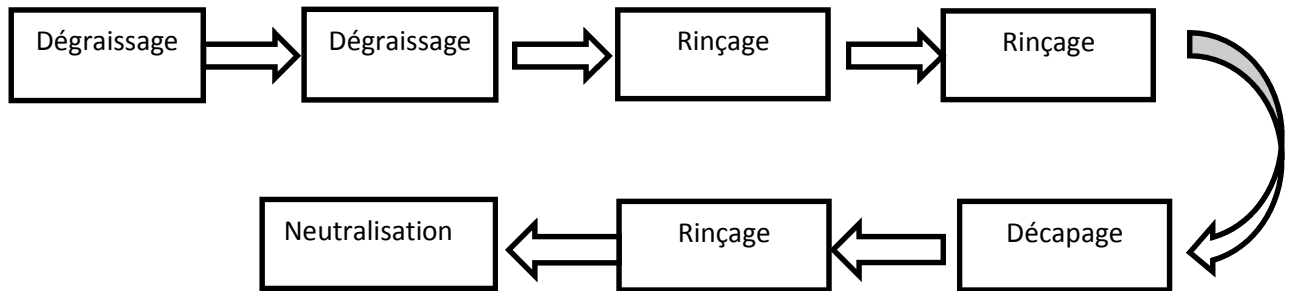
- La chaîne des condenseurs



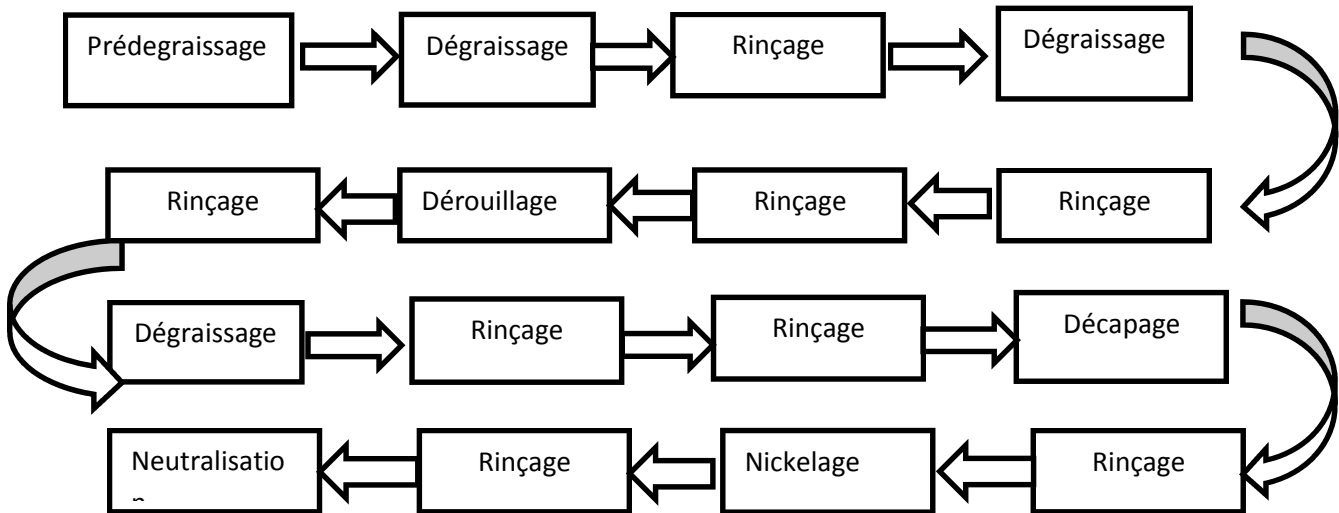
Annexes

Annexes II : chaîne de traitement dans l'unité cuisson :

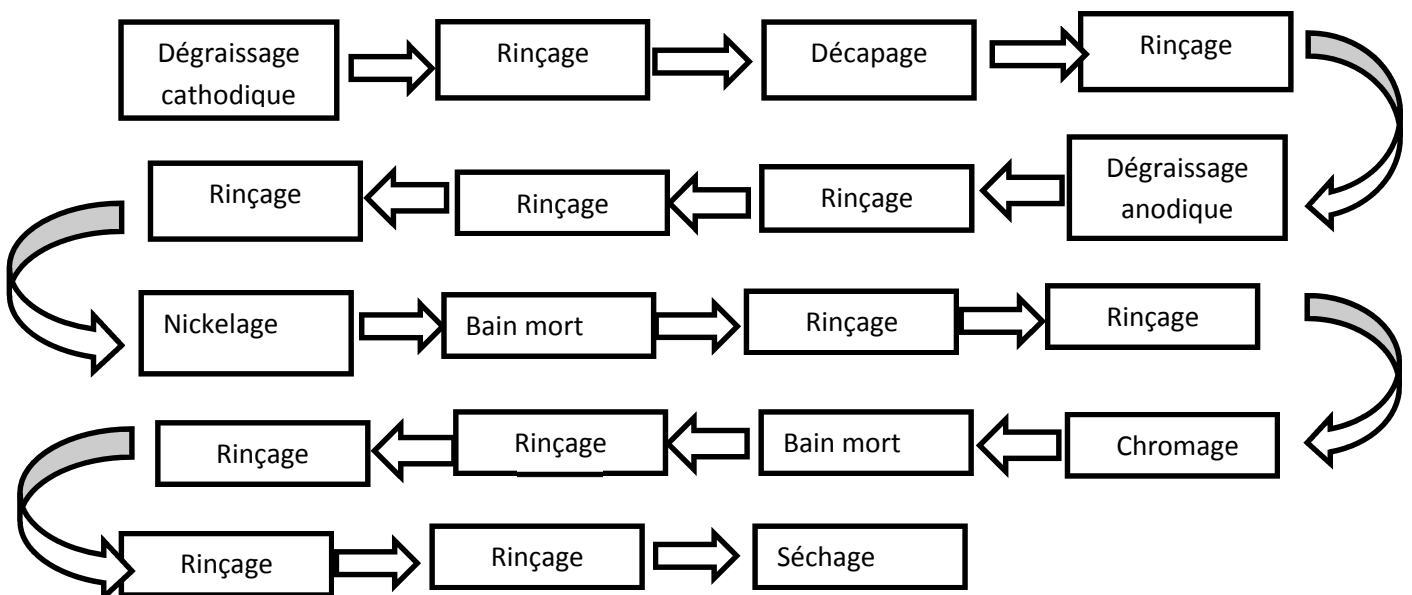
➤ Chaîne de décapage par aspersion



➤ Chaîne de décapage par immersion

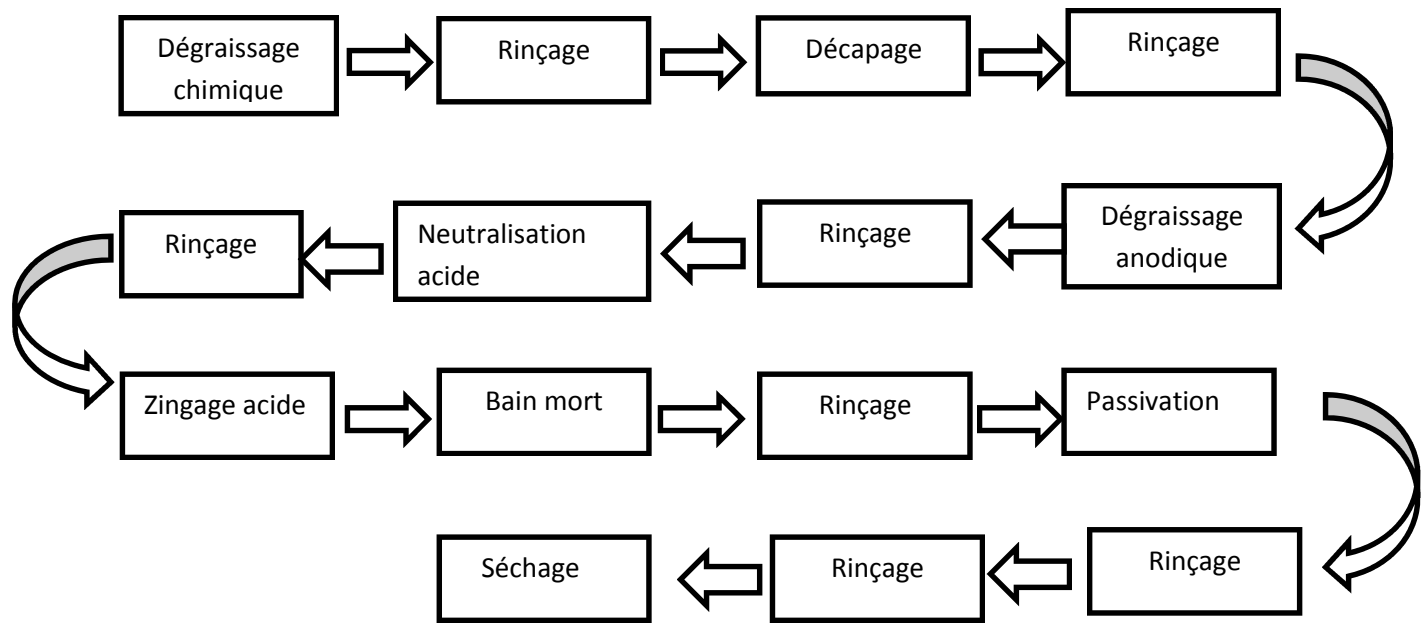


➤ Chaîne de métallisation (Nickelage chromage)



Annexes

➤ Chaîne de métallisation (zingage)



Annexes

Annexes III : les résultats d'analyse de certains métaux lourds pour les années 2011, 2012,2013

Tableau 01 : Les résultats d'analyse du chrome total pour les années 2011, 2012,2013

Mois années	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	septembre	octobre	Novembre	décembre
2013	0.32	0.06	0.11	0.5	0.01	0.09	0.23	0.23	0.22	0.3	0.04	0.09
2014	0.20	0.10	0.09	0.09	0.1	0.4	0.5	0.32	0.24	0.18	0.26	0.33
2015	0.22	0.36	0.49	0.28	0.1	0.21	0.34	0.41	0.33	0.25	0.2	0.19

Tableau 02 : Les résultats d'analyses du Nickel pour les années 2013-2014-2015

Mois années	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	septembre	octobre	Novembre	décembre
2013	0.49	0.5	0.42	0.48	0.49	0.5	0.48	0.48	0.22	0.42	0.3	0.2
2014	0.1	0.1	0.64	0.69	0.5	0.23	0.56	0.2	0.63	0.56	0.46	0.63
2015	0.2	0.4	0.52	0.6	0.4	0.3	0.51	0.5	0.48	0.5	0.39	0.44

Tableau 03 : Les résultats d'analyses du zinc pour les années 2013-2014-2015

Mois années	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	septembre	octobre	Novembre	décembre
2013	0.60	0.70	0.50	2.50	1.5	1	1.5	1.5	0.5	1.5	1	1
2014	1.00	0.5	1	0.30	1	0.59	1.52	1.6	0.51	0.4	1.50	1
2015	1.01	0.66	1.2	2.11	0.7	0.5	1.4	1.33	1.14	0.60	2	0.8