

## **Dimensionnement d'une station automatique et continue de traitement physico-chimique des rejets liquides de traitement de surface**

**Aziza ABID<sup>\*</sup>, Abdeljalil ZOUHRI et Abdelali IDER**

*Laboratoire des Procédés de Valorisation des Ressources Naturelles, des Matériaux et Environnement,  
Département de Chimie Appliquée et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de  
Settat, BP 577, Maroc*

<sup>\*</sup> Correspondance, courriel : [ablaz1@yahoo.fr](mailto:ablaz1@yahoo.fr)

### **Résumé**

Les effluents de l'industrie de traitement de surface présentent une forte charge en pollution métallique très toxique qui nécessite un traitement avant toute décharge dans le milieu récepteur.

Dans ce travail, nous avons étudié le dimensionnement d'une station automatique et continue de traitement physico-chimique. Cette étude est menée sur les rejets liquides d'une unité industrielle de traitement de surface dans la zone industrielle de Settat (Maroc). Ce traitement nous a permis de réduire à 95%, la charge métallique à l'échelle laboratoire.

L'étude a été réalisée sur des échantillons industriels issus de cette unité de traitement de surface pendant les différents cycles de traitement ; chromage, laitonage, dorure et nickelage. Le traitement se base sur une neutralisation avec la chaux, suivi d'une coagulation avec le chlorure de fer et une floculation avec un floculant industriel à base de polyacrylamide puis une décantation.

Les paramètres qui ont été étudiés au cours de ce travail sont le pH, la Turbidité, la charge métallique, les débits des rejets et la consommation des eaux au sein de l'unité industrielle.

**Mots-clés :** *traitement de surface, effluents industriels, métaux, coagulation-floculation, dimensionnement.*

### **Abstract**

**Sizing of an automatic and continuous physico-chemical treatment station of refusal settles of a unity of surface treatment**

The effluents of the industry of treatment of surfaces, are considered as a strong load in pollution toxic metallic, which requires a treatment before any discharge in the receiving environment.

In this work, we studied the sizing of the physic-chemical non-stop and automatic treatment station, to realize the treatment of the refusals of an industrial unity of surface treatment in the industrial park of Settat. This treatment allowed us in the scale laboratory to reduce the metallic load to more than 95 %.

The study was realized on industrial samples stemming from this unity of surface treatment during the various cycles of treatment, the chromium-plating, laitonage, gilt and nickelage. The treatment bases itself on a neutralization with the lime, followed by a coagulation with ferrous chloride and a flocculation with an industrial flocculant on base of polyacrylamide then a settling.

The parameters which were studied during this work are the pH, the Turbidity, the metallic load, the debits of the refusals and the consumption of waters within the industrial unity.

**Keywords :** *treatment of surface; industrial effluent, metals, coagulation-flocculation, dimensioning.*

## 1. Introduction

La protection de l'environnement est devenue l'un des enjeux majeurs du développement économique. Au niveau national et international, les politiques des développements économiques et environnementales se renforcent l'une avec l'autre et l'environnement est devenu à la fois marché, facteur de croissance et élément de concurrence fait désormais partie intégrante de toutes les stratégies industrielles.

Le secteur de traitement de surface engendre des rejets liquides complexes car ils contiennent des polluants diversifiés selon les procédés de fabrication utilisés dont les principaux sont des métaux (Chrome, nickel, cuivre, zinc, etc.) et des composés tels que les acides, les bases et les cyanures, etc. Ces polluants sont caractérisés par une toxicité aiguë et souvent élevée et par des effets cumulatifs tout au long de la chaîne alimentaires (bio accumulation) [1-3,4].

De nombreuses études ont été effectuées dans le but de traiter ces effluents telles que les traitements biologiques et les traitements physico-chimiques [5-10]. En plus de leur complexité, la majorité de ces traitements reste coûteux.

Le présent travail minute a pour objet de présenter les résultats d'une étude effectuée au sein d'une unité industrielle de traitement de surface [11]. Cette étude a pour objet de définir les différentes conditions de réalisation d'une station d'épuration en continu et automatique des rejets liquides de la société.

En pratique l'unité de galvanoplastie en question consomme entre 150 et 205 m<sup>3</sup> d'eau par jour de travail (17 heures d'activité). Notre travail à deux objectifs :

Le premier est de traiter les effluents liquides d'origine industrielle de traitement de surface pour qu'ils soient rejetés ou réutilisés selon les normes sollicitées.

Le second est de dimensionner la station de traitement des rejets de traitement de surface. Le dimensionnement est basé d'une part sur les résultats obtenus et réalisés à l'échelle laboratoire et d'autre part sur les données bibliographiques.

L'étude a été réalisée sur des échantillons industriels issus de cette unité de traitement de surface pendant les différents cycles de traitement, chromage, laitonnage, dorure et nickelage.

## 2. Matériel et méthodes

Le traitement des rejets se base sur une neutralisation avec la chaux, suivie d'une coagulation avec le chlorure de fer, puis d'une floculation avec le floculant industriel à base de polyacrylamide et acrylate de sodium et enfin d'une décantation.

Les paramètres étudiés durant les différentes phases sont :

- le pH
- la turbidité
- la charge polluante en métaux
- les débits des rejets
- Le débit horaire du réactif de traitement
- la consommation des eaux au sein de l'unité industrielle.

## 2-1. Échantillonnage

Les prélèvements des échantillons à partir des eaux de rinçage ont été effectués sur 3 différents sites, le long de la chaîne de galvanoplastie. Pour chaque site, nous avons effectué 5 prélèvements espacés d'une heure afin de préparer un échantillon moyen représentatif. Ces opérations de prélèvement ont été effectuées en pleine activité au cours des divers cycles de production.

Le premier échantillon (échantillon 1) représente le cycle lié au rinçage après chromage et/ou après passivation.

Le deuxième échantillon prélevé (échantillon 2) représente le cycle de laitonnage (Rinçage après laitonnage).

Le troisième (échantillon 3) est effectué à partir du mélange des rejets provenant de la ligne de traitement de surface (cycle de la dorure et de nickelage).

En pratique, chaque cycle contient plusieurs étapes. Les pièces à traiter et leurs supports sont rincés après chaque étape de traitement. Les eaux de rinçage contiennent, sous une forme diluée, les constituants des bains de traitement situés en amont du rinçage.

Les cycles de traitement dans la ligne de traitement de surface sont :

- Cycle de la dorure.
- Cycle de nickelage.
- Cycle de laitonnage.
- Cycle de chromage.

Les étapes de chaque cycle de traitement et les différents types de polluants majoritaires dans les eaux de rinçage sont présentés dans le **tableau 1** :

**Tableau 1** : Les étapes des cycles de production au sein de la société

Cycle Étape	Dorure	Nickelage	Laitonnage	Chromage	Type de polluants majoritaires dans l'eau de rinçage
Étape 1	Dégraissage	Dégraissage	Dégraissage	Dégraissage	-----
Étape 2	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Rinçage	alcalinité
Étape 3	Décapage	Décapage	Décapage	Décapage	-----
Étape 4	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Acidité
Étape 5	Pré-nickelage1	Pré-nickelage1	Pré-nickelage1	Pré-nickelage	-----
Étape 6	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Ni <sup>2+</sup>
Étape 7	Cuivrage	Cuivrage	Cuivrage	Cuivrage	-----
Étape 8	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Cu <sup>2+</sup>
Étape 9	Pré-nickelage2	Pré-nickelage2	Pré-nickelage2	Pré-nickelage	-----
Étape 10	Nickelage	Nickelage	Nickelage	Nickelage	-----
Étape 11	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Rinçage	Ni <sup>2+</sup>
Étape 12	Dorure	Fin de cycle	Laitonnage	-----	-----

Étape 13	Rinçage mort	-----	Rinçage	Chromage	Zn <sup>2+</sup> ; Cu <sup>2+</sup> , CN <sup>-</sup>
Étape 14	Rinçage ouvert	-----	Passivation	Rinçage	Cr <sup>6+</sup>
Étape 15	Fin de cycle	-----	Rinçage	Fin de cycle	Cr <sup>6+</sup>
Étape 16	-----	-----	Fin de cycle	-----	-----

## 2-2. Description du procédé de traitement

Les rejets de l'atelier de traitement de surface doivent être détoxiqués avant qu'ils soient rejetés dans le milieu récepteur. Le traitement, d'une manière générale, devrait suivre les étapes décrites ci-dessous et schématisées par la *figure 1*:

- Isoler et traiter les rejets chromiques (déchromatation); c'est les bains de rinçages après le chromage et la passivation.
- Isoler et traiter les rejets cyanurés (décyanuration); c'est le cas des bains de rinçage après traitement laitonnage.
- Ajuster le pH afin de précipiter les ions métalliques (Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup> ...).
- Clarifier les rejets totaux. (coagulation-floculation).
- Décanter la matière en suspension (séparation solide-liquide : boue-eau claire).
- Traiter la boue (déshydratation et épaissement).

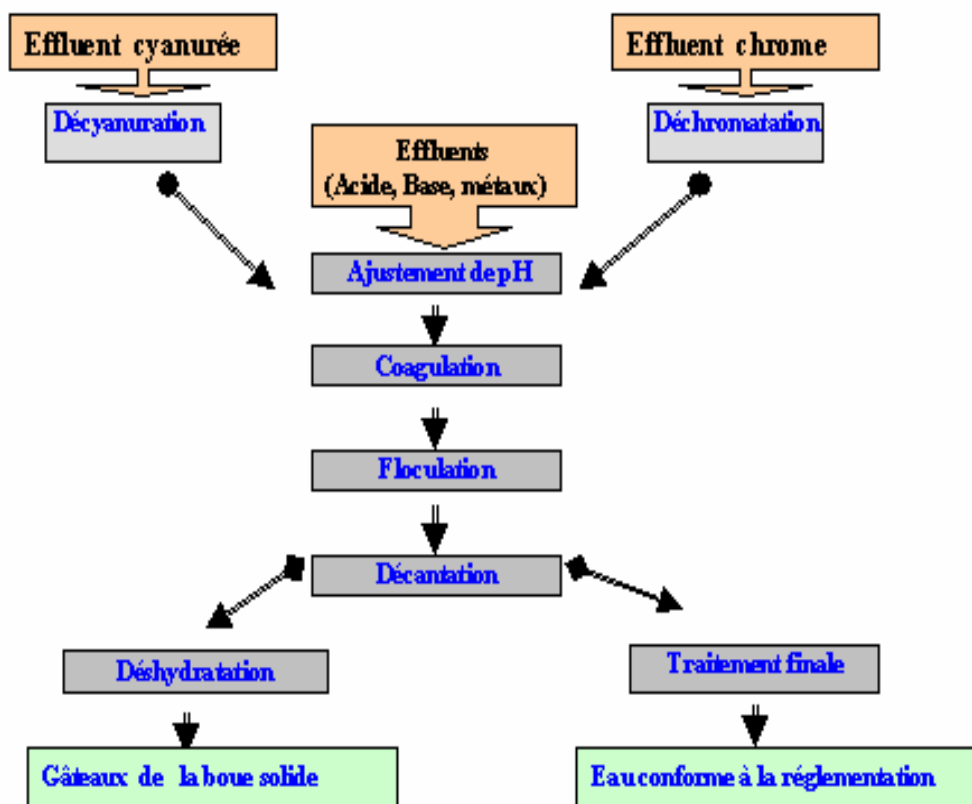


Schéma 1 : Les étapes de traitement par coagulation floculation

### 2-3. Méthodes d'analyses physico-chimiques

L'étude expérimentale et l'ensemble des analyses ont été réalisés à l'aide du matériel suivant :

- Turbidimètre de marque HANNA LP2000-11,
- pH-mètre Accumet Basic de marque AB15,
- Spectrophotomètre UV-Visible type UV-160 mode SHIMADZU,
- Spectroscopie d'absorption atomique avec flamme d'aire-acétylène (UNICAM929).
- Débitmètre

Les analyses physico-chimiques de différents paramètres de l'eau usée ont été effectuées, à température ambiante, selon les méthodes décrites dans Rodier [12] et ont porté sur les paramètres suivants : pH, turbidité, nickel, chrome, cyanures, cuivre et zinc. Le calcul du taux d'abattement d'un paramètre X, exprimé en pourcentage, est basé sur la formule suivante :

$$\% \text{ abattement (X)} = (C_i (X) - C_f (X)) * 100 / C_i (X) \tag{1}$$

C<sub>i</sub> : concentration initiale de X dans l'eau usée.

C<sub>f</sub> : concentration finale de X dans l'eau usée traitée.

Pour les réacteurs de notre station nous nous intéressons à des Réacteurs Parfaitement Agités (RPA) en continue.

On peut tirer le volume de réacteur d'après le temps de contact, noté (T<sub>c</sub>), c'est le temps mis pour traiter un volume (V) de réactif égal au volume de réacteur dans le cas d'un débit de rejet noté (Q) :

$$V = Q * T_c \tag{2}$$

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Mesure du débit

La mesure du débit et la consommation d'eau ont été réalisées à l'aide des débitmètres. Cette mesure est une étape primordiale pour le dimensionnement d'une station de traitement des rejets. Le dimensionnement d'un réacteur est effectué selon le débit de rejet et le temps de contact nécessaire. Le **Tableau 2** représente les différents débits des effluents par type de polluant :

**Tableau 2 : Débits des différents effluents**

Effluent	Chromé (échantillon 1)	Cyanuré (échantillon 2)	Total de l'unité (échantillon 3)
Débit en m <sup>3</sup> /h	3	3	12

#### 3-2. Les principaux polluants dans le rejet de l'unité industrielle

Les analyses ont été effectuées sur les 3 échantillons déjà décrit dans le paragraphe ci-dessus. Les résultats de l'analyse montrent que la majorité des polluants dans les différents échantillons (1), (2) et (3) dépassent les normes marocaines (**Tableau 3**). Ces résultats exigent donc un traitement de ces rejets, afin de respecter les normes de plus en plus rigoureuses et d'éviter tout impact négatif sur l'environnement.

**Tableau 3 : Résultats d'analyse des rejets de la ligne de traitement**

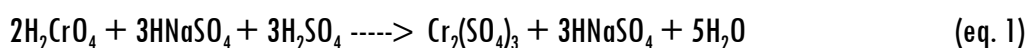
Élément	pH	Conductivité	turbidité	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	CN <sup>-</sup>
Valeur	6,5	970µs	7 NTU	12ppm	5ppm	7ppm	11ppm	9ppm
Norme [13,14]	6,5 - 8,5	-----	-----	0,5	0,5	5	0,2	1

### 3-3. Réacteur de la déchromatation

#### 3-3-1. Déchromatation

Pour la déchromatation, nous avons réduit le chrome hexavalent en chrome trivalent (Cr<sup>3+</sup>) par le bisulfite de sodium (HNaSO<sub>4</sub>) à pH acide entre 1,8 et 2,5. L'utilisation de bisulfite de sodium est très courante, elle concerne au moins 95% des stations de détoxication existantes [15]. En pratique la déchromatation est contrôlée par la valeur du potentiel rédox rH.

La réduction de chrome hexavalent se fait selon la réaction chimique principale suivante :



La fin de la réaction est marquée par un très net passage de la couleur jaune à la couleur verte. Les différentes conditions de traitement des rejets chromés sont récapitulées dans le **Tableau 4** ci-dessous :

**Tableau4: Paramètres opérationnel pour le traitement de rejet chromé (échantillon 1)**

Débit (Q) de rejet chromé	3 m <sup>3</sup> /h
pH de rejet	pH = 6,2
Concentration du chrome dans le rejet	11mg/L
Temps de la réduction de chrome	Réaction instantanée
Stœchiométrie pour 1g de Cr(VI) [9].	5,7mL de HNaSO <sub>4</sub> (d = 1.33) 0,95g d'acide sulfurique
Dose pratique industrielle pour 1g de Cr(VI) [9]	6,5 mL de HNaSO <sub>4</sub> (d = 1.33) 1,1g d'acide sulfurique
Débit (Q) du réactif de réduction	215 mL /h de HNaSO <sub>4</sub>
Dose de réactif de notre station de traitement	37 g d'acide sulfurique

La consommation de l'acide sulfurique pour l'ajustement du pH de l'effluent, dépend de la valeur initiale de ce dernier. En pratique l'ajout de l'acide est doté automatiquement par une pompe doseuse lié à un pH mètre. Le calcul de débit de chaque réactif est donné par l'équation suivante :

$$\text{Débit du réactif} = (\text{Concentration} \times \text{Débit de rejet} \times \text{Dose pratique}) \quad (3)$$

$$Q \text{ (réactif)} = [\text{Cr(VI)}] * Q * \text{Dose pratique} \quad (4)$$

### 3-3-2. Dimensionnement du réacteur de traitement

Le réacteur de déchromatation RPA utilisé doit être équipé par :

- Un agitateur.
- Régulateur de potentiel d'hydrogène (électrode de lecteur de pH).
- Lecteur de potentiel redox rH (électrode de rH,  $E^\circ = 1,33V$ ).
- Deux Pompes à débit contrôlé (rH et pH).
- Extracteur pour éviter le risque de dégagement des gaz toxiques.

Le temps de séjour dépend de la composition ionique de l'effluent à traiter. Il peut varier de façon significative. Néanmoins, le temps de contact minimum dans le réacteur est de 15 min. Généralement, le dimensionnement s'effectue pour un temps de contact (TC) de 20 à 30 min [13].

Le volume utile du réacteur ( $V_{\text{utile}}$ ), pour un débit (Q) de  $3\text{m}^3/\text{h}$ , est calculé par la formule suivante :

$$V_{\text{utile}} = (Q \times \text{TC})/60 = (3 \times 30)/60 = 1,5 \text{ m}^3 \quad (5)$$

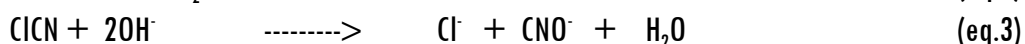
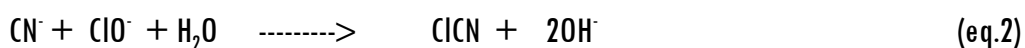
Nous en déduisons donc le volume du réacteur de déchromatation qui sera de  $1,5 \text{ m}^3$

### 3-4. Réacteur de la décyanuration

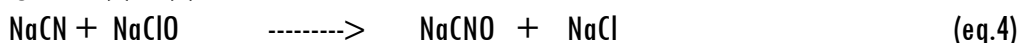
#### 3-4-1. Décyanuration

La décyanuration d'un effluent consiste en son oxydation pour transformer les cyanures ( $\text{CN}^-$ ) très toxique en cyanate ( $\text{CNO}^-$ ) qui sont beaucoup moins toxique. Nous avons choisi le traitement par l'hypochlorite de sodium (l'eau de javel  $\text{NaClO}$ ). C'est le traitement le plus utilisé à l'échelle industrielle, le moins cher et le plus facile à contrôler. Pour des raisons de sécurité (dégagement de l'acide cyanhydrique), le pH de l'oxydation des cyanures doit être basique ( $\text{pH} > 12$ ) [6,9].

L'oxydation du cyanure s'effectue en deux temps, selon les réactions suivantes :



Réaction globale (2) et (3) :



Les différentes conditions de traitement des rejets chromés sont récapitulées dans le **Tableau 5** ci-après :

### 3-4-2. Dimensionnement du réacteur de traitement des cyanures

Généralement, le dimensionnement du réacteur de décyanuration s'effectue sur un temps de contact (TC) de 45 min [13].

$$V_{\text{utile}} = (Q * \text{TC}) / 60 = (3 * 45) / 60 = 2,25 \text{ m}^3 \quad (6)$$

On prendra donc deux réacteurs en série (RPA) de  $1,5 \text{ m}^3$ . Pour plus de sécurité, et afin d'éviter les problèmes liés au danger du dégagement de l'acide cyanhydrique ces réacteurs seront équipés par :

- Un agitateur
- Régulateur de pH
- Régulateur de potentiel redox rH
- 2 Pompes à débit contrôlé (rH et pH)
- Couvercle avec raccordement à un extracteur.

**Tableau 5 : Paramètres opérationnels pour le traitement du rejet cyanuré (échantillon 2).**

Débit de rejet cyanuré	3 m <sup>3</sup> /h
pH de rejet	7,3
Concentration du cyanure dans le rejet	9 mg/L
Temps d'oxydation des cyanures à pH >12	30 min
Stœchiométrie pour 1g de CN <sup>-</sup> [9].	18,2ml de NaClO (46°); 3,1g de la soude;
Pratique industrielle pour 1g de CN <sup>-</sup> [9,6].	20 ml de NaClO (46°); 3,6 g de soude
Débit des réactifs de station de traitement.	550 mL/h de NaClO (46°); 1l/h de soude (100g/l).

### 3-5. Réacteur de précipitation

#### 3-5-1. Neutralisation et ajustement de pH de précipitation.

L'ajustement de pH pour la précipitation des métaux (**Tableau 6**), délimite la zone de pH de co-précipitation de ces métaux dans le cas de traitement par la chaux. D'après les zones de l'in-solubilisation optimale des différents cations dissous dans l'effluent (Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> et Cr<sup>3+</sup>), on définit le pH favorisant la co-précipitation maximale de ces métaux.

**Tableau 6 : Zone de pH de précipitation des polluants métalliques [9]**

Cation	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>
Zone de pH de précipitation	≥ 9,3	≥7,5	≥8,3	≥8,3

D'après le **Tableau 6**, le pH de précipitation pour les cations sous forme des hydroxydes métalliques est 9,3. Elle se fait selon la réaction suivante :



Pour les étapes de traitement ci-après et pour que le traitement soit représentatif, les essais sont réalisés sur un nouveau échantillon préparé à partir des échantillons 1, 2 et 3, on respecte respectivement les proportions de 15%, 15% et 70%. Les proportions sont déterminées selon les débits des rejets (**Tableau 2**).



Selon les essais effectués à l'échelle laboratoire, la dose nécessaire de la chaux pour ajuster le pH d'un litre de rejet est 0,7g donc 9Kg de Ca(OH)<sub>2</sub> pour les 12 m<sup>3</sup>. En pratique, la chaux sera introduite dans le circuit de traitement sous forme du lait de chaux à 250 g/l. Pour traiter donc les 12 m<sup>3</sup> d'effluents liquides évacués par heure, il nous faut un débit du lait de chaux de 36 l/h.

### 3-5-2. Dimensionnement

Le temps de contact minimum dans le réacteur d'ajustement de pH (neutralisation) est de 20 min. Généralement, le dimensionnement s'effectue sur un temps de contact (TC) de 30 min [13] et pour un débit total de 12 m<sup>3</sup>/h.

$$V_{\text{utile}} = (Q * TC)/60 = (12 * 30)/60 = 6 \text{ m}^3 \quad (7)$$

Dans notre station de traitement et pour un débit de 12m<sup>3</sup>/h, le volume utile de réacteur (RPA) de précipitation sera donc de 6 m<sup>3</sup>. Il sera équipé par :

- Un agitateur,
- Un régulateur de pH.
- 2 pompes (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et soude).

### 3-6. Réacteur de la coagulation

#### 3-6-1. Coagulation

La coagulation contribue à la décantation des divers composés tels que les hydroxydes métalliques en facilitant leur agglomération et leur séparation ultérieure du milieu liquide lors de l'opération de décantation. Dans ce travail nous avons pris comme coagulant, un sel de fer (chlorure de fer ou sulfate de fer) qui donne une bonne coagulation entre le pH 9 et 10 [10].

La dose du coagulant a été déterminée à l'aide des essais de traitement à l'échelle laboratoire par jar-test. L'ajout du coagulant effectué à pH = 9,5 sous une agitation rapide de 100 tr/mn pendant 1 à 2 mn suivi d'une agitation lente de 40 tr/mn pendant 15 mn. L'efficacité de la coagulation est déterminée par la mesure de la turbidité après 20 mn de précipitation (*Figure 2*).

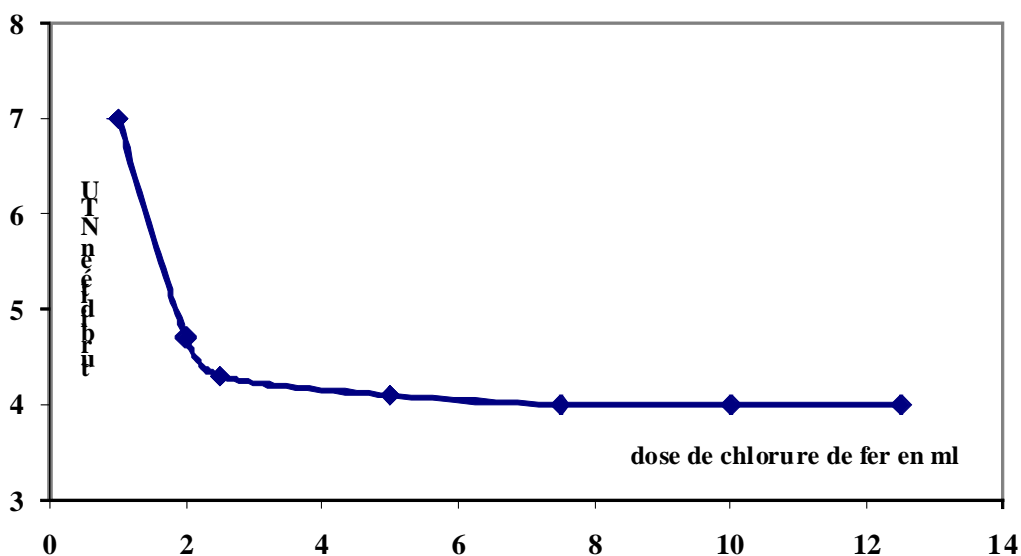


Figure 2 : Turbidité en fonction de la dose de coagulant (100g/L)

Les résultats de la **Figure 2**, montrent que la dose optimale, pour traiter un litre d'effluent, est 2 ml de chlorure de fer à 100 g/l. Le débit de coagulant nécessaire pour le traitement de 12 m<sup>3</sup>/h sera donc 24 l/h.

### 3-6-2. Dimensionnement

Le temps de contact est fonction de la nature de l'effluent à traiter avec un minimum de 15 min.

Généralement, le dimensionnement est basé sur un temps de contact de 30 min [13]. Le volume utile de notre réacteur sera 6 m<sup>3</sup> ou bien deux réacteurs en série de 3 m<sup>3</sup> pour assurer la bonne agitation. Le réacteur RPA sera doté par :

- Un agitateur,
- Régulateur de pH.

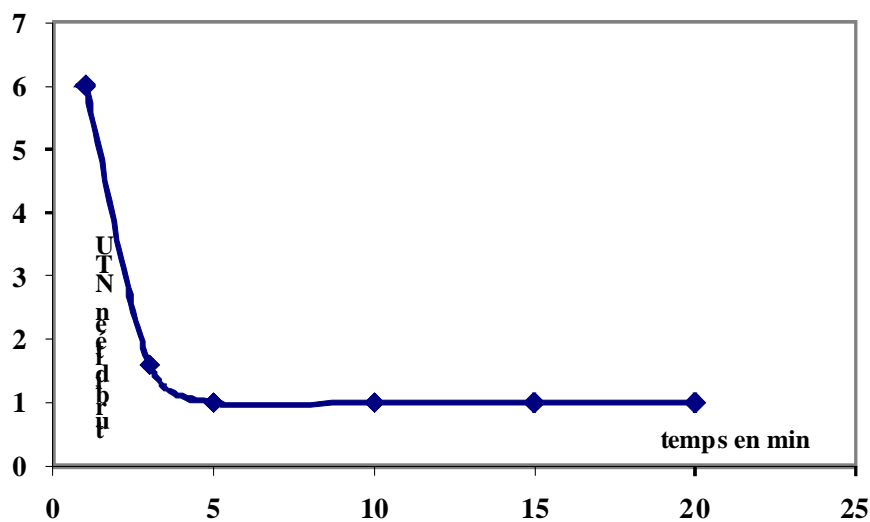
### 3-7. Réacteur de la floculation

#### 3-7-1. Floculation

La floculation a pour but le grossissement des floccs formés lors de l'étape de coagulation, afin d'accélérer la séparation solide-liquide ultérieure.

Après l'étape de la coagulation, nous avons traité les échantillons par le floculant industriel à base de polyacrilamide. L'ajout du floculant est effectué sous une agitation rapide de 100 tr/min pendant 30 secondes dans un premier temps puis ralentie à 40 tr/min pendant 20 min.

Pour les doses des floculants, nous avons suivi la turbidité en fonction du volume de floculant ajouté. Le pH étant fixé à 9,5. Les résultats obtenus affichent une turbidité minimale pour un volume de 0,1ml de floculant industriel à 1%, (**Figure 3**).



**Figure 3** : Suivi de la turbidité en fonction de temps de précipitation.

Pour un rejet de débit maximal de 12 m<sup>3</sup>/h, nous avons besoin donc, au niveau de notre station de traitement d'un débit de 1,2 l/h de floculant industriel.

### 3-7-2. Dimensionnement du réacteur de floculation

Le temps minimum de contact (TC) est de 15 min, mais généralement le dimensionnement préconisé est 20 min de contact [13]. Donc pour un débit de 12 m<sup>3</sup>/h il nous faut un réacteur RPA de volume de 4 m<sup>3</sup> équipé par un agitateur. L'agitation devrait être maintenue lente, pour éviter la déstabilisation des floccs formés.

### 3-8. Décanteur

#### 3-8-1. Décantation

Après la floculation des matières en suspension (MES) et des hydroxydes métalliques, la séparation des solides de la partie liquide est assurée par la technique de décantation.

#### 3-8-2. Mécanisme de décantation

Il n'existe pas de formule mathématique permettant de calculer la vitesse de décantation ( $V_d$ ) ou la vitesse de chute des particules floculées [10,15]. Pour résoudre ce problème, nous avons fait appel à la vitesse de Hazen pour dimensionner le décanteur.

La vitesse de Hazen ( $V_h$ ) est représentée par le débit des plaques projetées sur un plan horizontal ( $Q/S$ ).

Un décanteur horizontal est caractérisé par :

- Le débit  $Q$
- La surface  $S$
- La hauteur  $h$

Le temps de rétention dans le décanteur est exprimé par la relation suivante :

$$t = S * h / Q \quad (8)$$

Pour qu'une particule, dont la vitesse de décantation est  $V_d$ , soit retenue dans le décanteur, elle doit atteindre la zone boueuse avant d'arriver à l'extrémité de la cuve de décantation. La durée de chute nécessaire de cette particule est  $t_0 = h/V_d$ . Donc pour que la particule atteigne la zone boueuse, il faut que :  $t \geq t_0$  où  $V_d \geq Q/S$ .

Alors, la vitesse de décantation de la particule doit être supérieure ou égale la vitesse de Hazen :

$$V_d \geq V_h = Q/S = \text{Débit/Surface horizontale.}$$

Toutes les particules dont la vitesse de décantation est supérieure à la vitesse de Hazen sont retenues.

Le débit maximal d'un décanteur ne dépend que :

- De la vitesse de décantation des particules à retenir.
- De la surface horizontale du décanteur (surface utile).

On voit que la décantation, ne dépendra ni du volume ni de la hauteur du décanteur, mais un long temps de séjour est favorable, tant pour s'assurer de la précipitation complète des éléments à retenir que pour l'épaississement des boues. La vitesse de chute est ascensionnelle, elle varie généralement de 0,4 à 1m/h pour les particules floculées [6,9,13].

#### 3-8-3. Dimensionnement du bassin de décantation (Décanteur cylindro-conique)

Les décanteurs cylindro-coniques, sont alimentés par le centre du cylindre et l'évacuation gravitaire de l'eau traitée s'effectue sur toute la périphérie vers une goulotte.

Ces décanteurs ne retiennent que les particules dont la vitesse de chute  $V_d$  est supérieure à la vitesse d'Hazen ( $V_h$  : vitesse ascensionnelle).

La vitesse ascensionnelle habituelle est de 0,4 à 1 m/h (Desjardins ; 1990). En pratique, on se basera pour nos calculs sur une vitesse de chute moyenne ( $V_h$ ) de 0,7 m/h.

Dans notre cas, le débit  $Q$  ( $m^3/h$ ) sera :  $Q = 205 m^3/17 h = 12 m^3/h$ .

La surface de décanteur ( $S$ ) et leur diamètre ( $D$ ) seront calculés à partir des formules suivantes :

$$S = Q / V_h \quad \text{et} \quad D^2 = S * 4 / \pi \quad (9)$$

**Calcul :**

$$S = Q / V_h = 12 m^3/h / 0,7 m/h = 17,14 m^2$$

$$D^2 = S * 4 / \pi = 22 m^2 \quad \text{Donc } D = 4,7 m.$$

### 3-9. Résultats du traitement physico-chimique des rejets

**Tableau 7 : Résultats de traitement physico-chimiques des rejets**

Élément	pH	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>6+</sup>	Turbidité	CN <sup>-</sup>
Valeur avant traitement	6,5	12 ppm	5 ppm	7 ppm	11 ppm	7 NTU	9 ppm
Valeur après traitement	6,5 à 8,5	0,5	0,1	0,5	0,3	1 NTU	Non détectée
% d'élimination	-----	95,8 %	98 %	93 %	97 %	86 %	-----
Norme [13,14]	6,5 à 8,5	0,5	2	5	0,2	----	0,1

Avec le traitement physico-chimique de coagulation - floculation on est arrivé à un pourcentage d'élimination d'environ 96% (**Tableau 7**) de la totalité des polluants métallique.

### 3-10. Synthétique de la station de traitement.

On s'intéresse à une installation classique de détoxification en traitement continu et automatique. A noter que, les cuves de traitement, le bassin de sédimentation, les appareils de dosage, les agitateurs et les égaux doivent être en matière qui résiste aux acides (en PVC par exemple). Tous ces instruments et d'autre sont nécessaires pour une station de traitement automatique et continue (voir **Figure 4**).

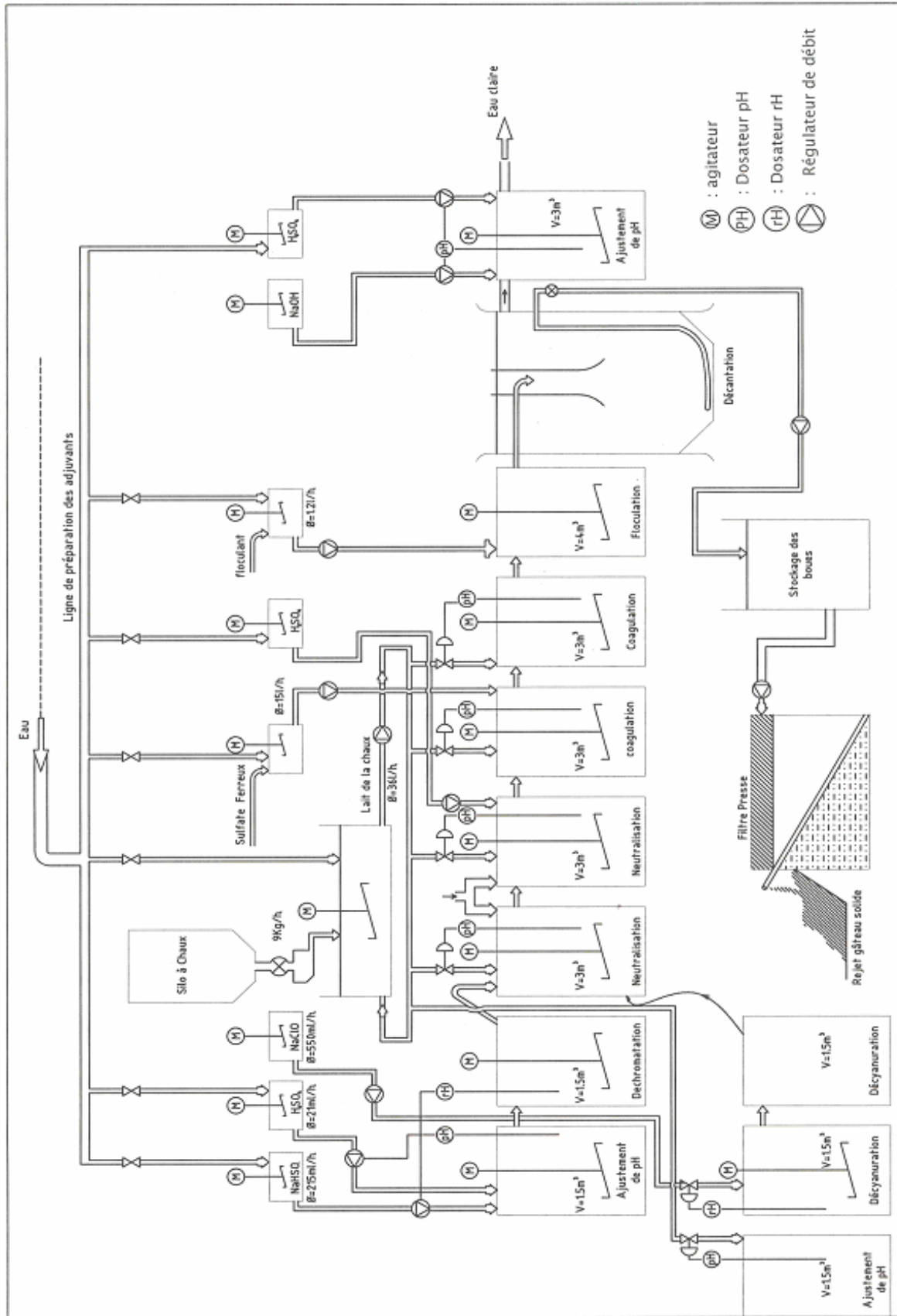


Figure 4 : Schéma synoptique de la station de traitement de rejet de l'unité industrielle de traitement de surface

#### 4. Conclusion

L'étude du présent projet pour la station de traitement physico-chimique d'une unité industrielle de traitement de surface, permet d'avoir des eaux qui respectent le règlement national en vigueur. Il permet aussi de regrouper plusieurs données qui sont indispensables avant de commencer un éventuel traitement à l'échelle industrielle. Pour une éventuelle application industrielle de ce procédé de traitement des rejets liquides de TS, nous proposons de prendre en considération les recommandations suivantes :

- Diminution de la concentration des polluants dans les effluents (placer un bain de rinçage mort après chaque bain de traitement pour la récupération des polluants),
- Diminution de la consommation d'eau en respectant la norme de 8 litres/m<sup>2</sup> de surface traitée par poste de rinçage [13],
- Sensibilisation des gens vis-à-vis des bonnes pratiques de l'environnement
- Réalisation des essais à l'échelle pilote,
- Recyclage d'une portion des eaux après traitement dans les processus de fabrication qui ne demande pas une grande pureté des eaux,
- Installation d'une cuve avant la station pour réglage du débit et dilution des rejets concentrés,
- Etude de la possibilité de traitement des rejets concentrés (acide ou alcalin).

#### Références

- [1] - OMS, Organisation Mondiale de la Santé, Rapport annuel sur la santé dans le monde, Genève, (1989).
- [2] - PNUD, Programme des Nations Unies pour le Développement au delà de la pénurie : Pouvoir, pauvreté et la crise mondiale de l'eau, Rapport mondial sur le développement humain, New York, (2006).
- [3] - O. ABOUALIE et J. LEDIONJ, « Influence de cuivre et du zinc sur le pouvoir entartrant de l'eau », *Journal européen d'hydrologie ISSN 1023-6368*, Vol. 27, n°2 (1999) p. 109-126.
- [4] - S. KHOLTEI et A. BOUZIDI., «Contamination des eaux souterraines de la plaine Berrechid dans la région de la Chaouia, au Maroc, par des métaux présents dans les eaux usées. Effet de la pluviométrie », *Vecteur environnement*, Vol. 36, n°5, (2003), p. 68-80.
- [5] - Fiche technique du Flocculant PRAAESTOLR2515.TR., Division traitement des eaux, degussa, Stockausen (2004).
- [6] - J. RIGAUD et L. M. GIRARD, Agence de l'eau, Lyon Cedex07 « Traitement de surface, épuration des eaux» France, 282pages.
- [7] - A. KHAYATI et A. MESSAFI, « Traitement des rejets liquides émanant des industries de traitements de surfaces et leur réutilisation dans les circuits des chaînes selon le principe « rejet zéro » », *Desalination*, n°167, (2004) p. 87-99.
- [8] - L. YOUCEF, S. ACHOUR, « Traitement des eaux fluorées du sud Algérien par combinaison chaux/sulfate d'aluminium », *Watmed2- Marrakech*, (2005), 14-17 Novembre.
- [9] - L. LACOURCELLE, « *Traite de Galvanotechnique*, Galva-conseil », France, (1996) 561p.
- [10] - J. BONTOUX, « Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, qualité et santé », Lavoisier Édition, Paris, France, (1993), 170 p.

- [11] - A. ABID, A. ZOUHRI et A. IDER, « Utilisation d'un nouveau bio-floculant extrait du cactus marocain dans le traitement des rejets chargés de chrome (VI) par le procédé de coagulation - floculation », *Revue des Énergies Renouvelable*, Vol.11, n°2, (2008) p. 251-257.
- [12] - J. RODIER, *L'analyse de l'eau*, Dunod 8<sup>ème</sup> édition, Paris, (1996).
- [13] - FODEP, « Fonds de dépollution industrielle, Critères d'éligibilité et termes de références de l'étude technique », Direction de l'observation des études et de la coordination, secrétariat chargé de l'environnement, (2003).
- [14] - MATEE, 2003, « Les nouvelles lois de protection de l'environnement », Ministre de l'aménagement du territoire de l'eau et l'environnement, Maroc.