

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET  
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

# **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**Pour l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine : Sciences et Technologie**

**Filière : Génie Electro Mécanique**

**Spécialité : Maintenance Industriel**

## **THÈME**

**Contribution à l'étude de l'impact du chrome  
sur l'environnement**

**Présenté par : Mr. BELGUENDOZ Benchohra  
Mr. KOUCHIH Khaled**

**Devant le Jury :**

<b>Nom et prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Lieu d'exercice</b>	<b>Qualité</b>
<b>Mr. Moulgada Madjid</b>	<b>MCA</b>	<b>UIK Tiaret</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. ZAGANE Salah Mohammed</b>	<b>MCB</b>	<b>UIK Tiaret</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. Sassi Ahmed</b>	<b>MCA</b>	<b>UIK Tiaret</b>	<b>Encadreur</b>

## *Remerciements*

*Nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la santé et la volonté de réaliser ce modeste projet.*

*Un grand merci à notre encadreur monsieur Mr. AHMED SASSI pour sa grande disponibilité et ses encouragements pour la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions les membres du jury qui ont consacré leur précieux temps afin d'apporter les critiques nécessaires pour ce travail.*

*Nous remercions tous les enseignants de l'université Ibn Khaldoun (génie mécanique) qui ont contribué à notre formation.*

*Nous remercions aussi les spécialistes du GROUPE BCR (SETIF) qui nous ont donné beaucoup de conseils utiles.*

*Enfin nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin.*

# *Dédicaces*

*Avant tout, nous remercions notre dieu de nous avoir donné la santé et le courage.*

*Nous dédions ce modeste travail à :*

*A nos parents,*

*A nos professeurs,*

*A nos frères*

*A tous nos amis.*

*Qui sont présents dans tous les moments*

*Difficiles de nos vies.*

## Sommaire :

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I: Présentation de l'unité</b>	<b>3</b>
<b>I- Présentation de l'unité</b>	<b>4</b>
<b>I-1.Historique</b>	<b>4</b>
<b>-GROUPE BCR</b>	<b>4</b>
<b>-ORGANISATION</b>	<b>4</b>
<b>-Activité Commerciale</b>	<b>4</b>
<b>-Activité de production</b>	<b>4</b>
<b>I -2.Emplacement</b>	<b>5</b>
<b>-Contiguïté</b>	<b>5</b>
<b>I -3. LES DONNEES CLIMATIQUES</b>	<b>6</b>
<b>I -4 FAUNE ET FLORE</b>	<b>6</b>
<b>I -5 ORGANISATION DE L'ETABLISSEMENT</b>	<b>7</b>
<b>I -6 Les Procédés de fabrication</b>	<b>7</b>
<b>I -6-1.La Fabrication de pièces brutes moulées (ébauches collée)</b>	<b>7</b>
<b>I-6-1-1 Traitement du sable</b>	<b>7</b>
<b>I -6-1-2 Noyautage</b>	<b>8</b>
<b>I -6-1-3 Stockage des noyaux</b>	<b>8</b>
<b>I -6-1-4 Coulage</b>	<b>8</b>
<b>I-6-1-4-1 Coulage à basse-pression</b>	<b>8</b>
<b>I -6-1-4-2 Coulage par gravité</b>	<b>8</b>
<b>I -6-1-5 Tronçonnages, Meulage, Grenailage</b>	<b>8</b>
<b>I -7 Fabrication des pièces par matriçage</b>	<b>9</b>
<b>I -7-1 Tronçonnage</b>	<b>9</b>
<b>I -7-2 Chauffage des LOPINS</b>	<b>9</b>
<b>I -7-3 Matriçage</b>	<b>9</b>
<b>I -7-4 Ebavurage</b>	<b>9</b>

I -7-5 Meulage	9
I -7-6 Décapage	9
I-7-7 Contrôle	10
<b>I -8 Fabrication des barres en laiton :(Station de METATHERM)</b>	<b>10</b>
I -8-1 Magasin Intermédiaire	11
I -8-2 Usinage et décolletage	11
I -8-2- 1 Section d'usinage	11
I -8-2- 2 Section de décolletage	11
<b>I -9 Finition Et Montage:</b>	<b>12</b>
I-9-1 Section de finition	12
I -9-1-1 Meulage	12
I -9-1-2 Polissage	12
I -9-1-3 Chromage	12
<b>I -10 Section Montage</b>	<b>13</b>
<b>Chapitre II:    Traitement de surface par chromage</b>	<b>15</b>
<b>Introduction</b>	<b>16</b>
<b>II-1 Propriétés du chrome</b>	<b>17</b>
II-1-1 propriétés physiques	17
II-1-2 Propriétés chimiques et électrochimiques	18
II-1-3 Propriétés mécaniques	20
<b>II-2 Surfaces métalliques</b>	<b>22</b>
II-2-1 État de surface métallique	22
II-2-2 Préparation des surfaces	23
II-2-2-1 Décapage	23
II-2-2-1-1 Décapage mécanique	23

II-2-2-1-2 Décapage chimique	24
II-2-2-1-3- Décapage électrolytique	24
II-2-2-1-4 - Décapage thermochimique	25
II-2-2-1-5 - Décapage ionique	25
II-2-3 Dégraissage	25
II-2-3-1- Dégraissage chimique	26
II-2-3-2- Dégraissage électrolytique	26
II-2-3-3- Dégraissage aux ultrasons	27
II-2-3-4- Dégraissage mécanique	28
II-2-4- Le polissage	28
II-2-4-1- Polissage mécanique	28
II-2-4-2- Polissage électrolytique	28
II-2-4-3 Polissage chimique	28
II-2-5 Le rinçage	29
-Rinçage statique	29
- Rinçage simple courant	29
- Rinçage multiple en série (cascade)	29
- Rinçage par aspersion	29
<b>II-3 Opération de chromage</b>	<b>29</b>
<b>Introduction</b>	<b>29</b>
II-3-1 Composition du bain pour le chrome décoratif	30
II-3-2 Composition du bain pour le chrome dur	30
II-3-3 Autres types de Bain :	31
- Bain à froid	31
- Bain de chrome fluoré	31
- Bain à haute densité de courant	31
- Bain moderne	32

<b>II-3-4 Appareillage :</b>	<b>33</b>
<b>II-3-4-1 Cuves et matériel annexe</b>	<b>33</b>
<b>II-3-4-2 Ventilation</b>	<b>33</b>
<b>II-3-4-3 Contrôle des bains</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre III : Impacts des métaux lourds sur l'environnement</b>	<b>36</b>
<b>III-1 Définitions et généralités</b>	<b>37</b>
<b>III-1-1 Le Nickel</b>	<b>38</b>
<b>III-1-1-1 Effet sur l'environnement</b>	<b>38</b>
<b>III-1-2 Le Zinc</b>	<b>39</b>
<b>III-1-2-1 Effet sur l'environnement</b>	<b>39</b>
<b>III-1-3 Le cuivre</b>	<b>40</b>
<b>III-1-3-1 Effet sur l'environnement</b>	<b>40</b>
<b>III-1-4 le chrome</b>	<b>41</b>
<b>III-2 les rejets (état des lieux) :</b>	<b>42</b>
<b>III-2-1 généralité sur les eaux usées</b>	<b>42</b>
<b>III-2-1-1 Les eaux usées industrielles</b>	<b>43</b>
<b>III-2-1-2 Les eaux usées agricoles</b>	<b>43</b>
<b>III-2-1-3 Les eaux pluviales</b>	<b>43</b>
<b>III-2-2 analyses des eaux usées</b>	<b>43</b>
<b>III-2-3 conformité des résultats d'analyse par rapport à la réglementation</b>	<b>44</b>
<b>III-2-4- Identification des différents déchets:</b>	<b>45</b>
<b>-Réglementation</b>	<b>45</b>
<b>-Bilan des déchets recyclables</b>	<b>45</b>
<b>-Génération des déchets, traitements et impacts</b>	<b>47</b>
<b>III-3 Le chrome dans le procédé</b>	<b>51</b>
<b>III-3-1 Définitions et généralités</b>	<b>51</b>
<b>III-3-2 toxicité du Chrome</b>	<b>51</b>

<b>III- 3-3 Les différents procédés d'élimination</b>	<b>52</b>
<b>III- 3-3-1 Procédés d'échange d'ions :</b>	<b>52</b>
<b>III-3-4 Exemple d'interaction chrome- bentonite</b>	<b>53</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>57</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>58</b>



## Listes des figures :

### Chapitre I

- Figure I-1** : Organisation de l'unité **4**
- Figure I-2** : Procédé de fabrication **14**

### Chapitre II

- Figure II-1** : différentes variétés du chrome sous forme de chromates **18**
- Figure II-2** : Diagramme d'équilibres tension – pH du système chrome / eau à 25 °C. **19**
- Figure II-3**: Coefficient de dilatation linéaire du chrome comparé à celui du molybdène et du tungstène **21**
- Figure II-4** : Conductivité thermique du chrome comparée à celle du molybdène et du tungstène **21**
- Figure II-5** : Module d'Young du chrome en fonction de la température Comparé aux : W, Mo, Ta, Nb **22**

### Chapitre III

- Figure III-1** : Schéma montrant les cavités de fixation du chrome **54**
- Figure III-2** : Isothermes d'adsorption de [Cr6+] sur le mélange **55**
- Figure III-3** : Unité de traitement des eaux industrielles par la bentonite **56**

## **Liste des tableaux :**

### **Chapitre I**

<b>Tableau I-1:</b> station metatherm	<b>10</b>
---------------------------------------	-----------

### **Chapitre II**

<b>Tableau II-1 :</b> Propriétés mécaniques du chrome	<b>20</b>
---	-----------

### **Chapitre III**

<b>Tableau III-1 :</b> Concentrations en métaux et métalloïdes définissant les limites de qualité d'une eau potable (Législation Française, OMS)	<b>38</b>
--	-----------

<b>Tableau III-2 :</b> Résultats d'analyses	<b>44</b>
---	-----------

<b>Tableau III-3 :</b> Déchets recyclables	<b>45</b>
--	-----------

<b>Tableau III-4 :</b> Nature des déchets	<b>46</b>
---	-----------

<b>Tableau III-5 :</b> déchets industriels et leurs transformations	<b>47</b>
---	-----------

<b>Tableau III-6 :</b> Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 réglementant l'effluente liquide industrie	<b>50</b>
---	-----------

<b>Tableau III-7 :</b> Composition de la bentonite de Maghnia	<b>54</b>
---	-----------

## Liste des symboles et abréviations :

Cr : chrome

e<sup>-</sup> : électron négatif

A<sup>+</sup> : cation

Mn<sup>-</sup> : anion

Ni-P : nickel -phosphore

TiO<sub>2</sub> : Dioxyde de titane

TiN : Le nitrure de titane

CdS: sulfure de cadmium

H : hydrogène

Al : aluminium

O : oxygène

mm : millimètre

N : azote

C : Carbone

NH<sub>3</sub> : Ammoniac

V : dureté Vickers

Sb : L'antimoine

Sn : l'étain

Al : aluminum

Mg : magnesium

Zn : zinc

SiO<sub>2</sub>: silice

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>: sulfate

SiF<sub>6</sub><sup>-2</sup>: acide hexfluorosilicique

Sr<sup>+2</sup>: strontium

K<sup>+</sup> : Potassium

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: acide sulfurique

Pb: plomb

Ni OH : hydroxyde de nickel

μm : micromètre

°C : degré Celsius

mn : minute

g : gramme

cm : centimètre

W : Tungstène

Mo: Molybdène

m : mètre

°K : kelvin

Ω .m : ohm mètre

MPa : méga pascal

V : Potentiel

PH: Le potentiel hydrogène

L : litre

A : ampère

Mol : moule

μΩ : micro ohm

nm : nano mètre

ESH : Connectivité

ENH : électrode normale à hydrogène.

C : la concentration

DBO5 : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

CEC : capacité d'échange cationique

$\text{CrO}_3$  : Trioxyde de chrome

$\text{FeO}$  : Oxyde de fer

$\text{PbCrO}_4$  : chromate de plomb

$\text{Al}_2\text{O}_3$  : Oxyde d'aluminium

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  : Oxyde de fer (III)

$\text{CaO}$  : Oxyde de calcium

$\text{Na}_2\text{O}$  : Oxyde de sodium

As : Astate

PAF : Perte au feu

$\text{MgO}$  : Oxyde de magnésium

$\text{K}_2\text{O}$  : Oxyde de potassium

## Introduction générale

Un traitement de surface est une opération mécanique, chimique, électrochimique ou physique qui a pour conséquence de modifier l'aspect ou la fonction de la surface des matériaux. Le traitement de surface réalisé par voie électrolytique (voie humide) représente aujourd'hui, et pendant longtemps encore sans doute, l'essentiel du marché des traitements et revêtements de surfaces des matériaux métalliques.

La notion de traitement de surface par revêtement est une technique de plus en plus utilisée. Elle consiste à améliorer les propriétés d'une surface par un dépôt d'un film. Cette couche appelée revêtement, peut être utilisée afin d'augmenter la dureté, d'assurer la protection contre la corrosion, d'améliorer les propriétés physiques particulières ou, encore à usage décoratif.

Le chromage est un procédé de revêtement par électrolyse de déposer du chrome métallique sur les surfaces traitées pour leur conférer les propriétés de ce métal. Ce traitement bien connu est effectué pour deux applications importantes : le chromage décoratif et le chromage dur, lesquelles, la couche déposée ne diffère essentiellement que par son épaisseur.

Les métaux lourds sont des polluants générés par l'activité humaine, ils sont principalement rencontrés dans les effluents de traitement de surface, les lixiviats d'hydrométallurgie, les eaux de lavage de gaz de combustion de charbon et d'incinération des ordures ménagères. La complexité et la difficulté du contrôle des émissions de métaux lourds dans l'environnement résultent de la diversité des sources de rejet et de leur importance.

La problématique même des métaux lourds repose sur le fait qu'ils sont très utiles, voire indispensables à l'homme. En effet, de part leurs propriétés, ils entrent dans la composition d'une grande variété de produits et se trouvent à de nombreux niveaux : chimie, métallurgie, pharmacie, énergie, etc.

Dans ce mémoire, nous avons présenté dans le premier chapitre Présentation de l'unité de stage ; dans le deuxième chapitre, nous avons traité les questions relatives au procédé de chromage qui est l'objet principal de ce travail et dont le stage a été effectué dans ce sens enfin un troisième chapitre impacts des métaux lourds sur l'environnement et les différents procédés d'éliminations du chrome des eaux industrielles.

# **Chapitre I: Présentation de l'unité**



**I- Présentation de l'unité [1] :****I-1 Historique :**

Le complexe de ROBINETERIE AIN EL KEBIRA a été réalisé dans le cadre du programme spécial de la wilaya de Sétif.

Le groupe BCR a été créé par le décret n° 83-08 DU 01/01/1983

L'année de mise en exploitation : janvier 1978

Constructeur : firme suisse OERLIKON BUHRLE SA.

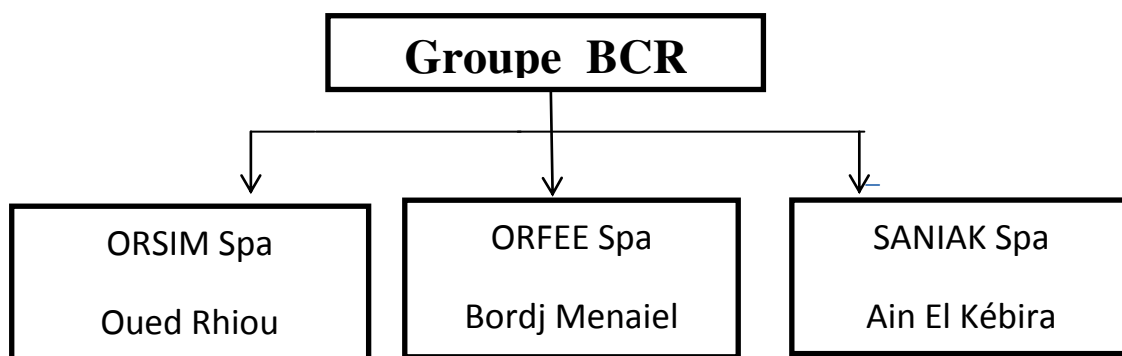
**-GROUPE BCR:**

En 1990, elle est érigée en Spa dotée d'un Capital de 1.960 MDA

Elle gère 3 sites de production et 4 structures commerciales.

**- ORGANISATION:**

Ces filiales sont des entreprises autonomes disposant de la personnalité morale et structurées à l'effet de prendre en charge le développement de leurs métiers.



**Figure I-1 :** Organisation de l'unité

**-Activité Commerciale:**

BCR s'appuie sur la satisfaction du marché en matière de produits commercial couvrant l'ensemble du territoire.

**-Activité de production :**

Robinetterie : 1600 Tonnes /an

**I -2.Emplacement:**

L'entreprise SANIAK Spa (Filiale groupe BCR) se trouve à Ain El Kebira, une ville située à 27 Km au Nord-est de la wilaya de Sétif limitrophe à la route départementale 9-b. Commune d'ouled addouane Daira d'Ain El Kebira wilaya de Sétif.

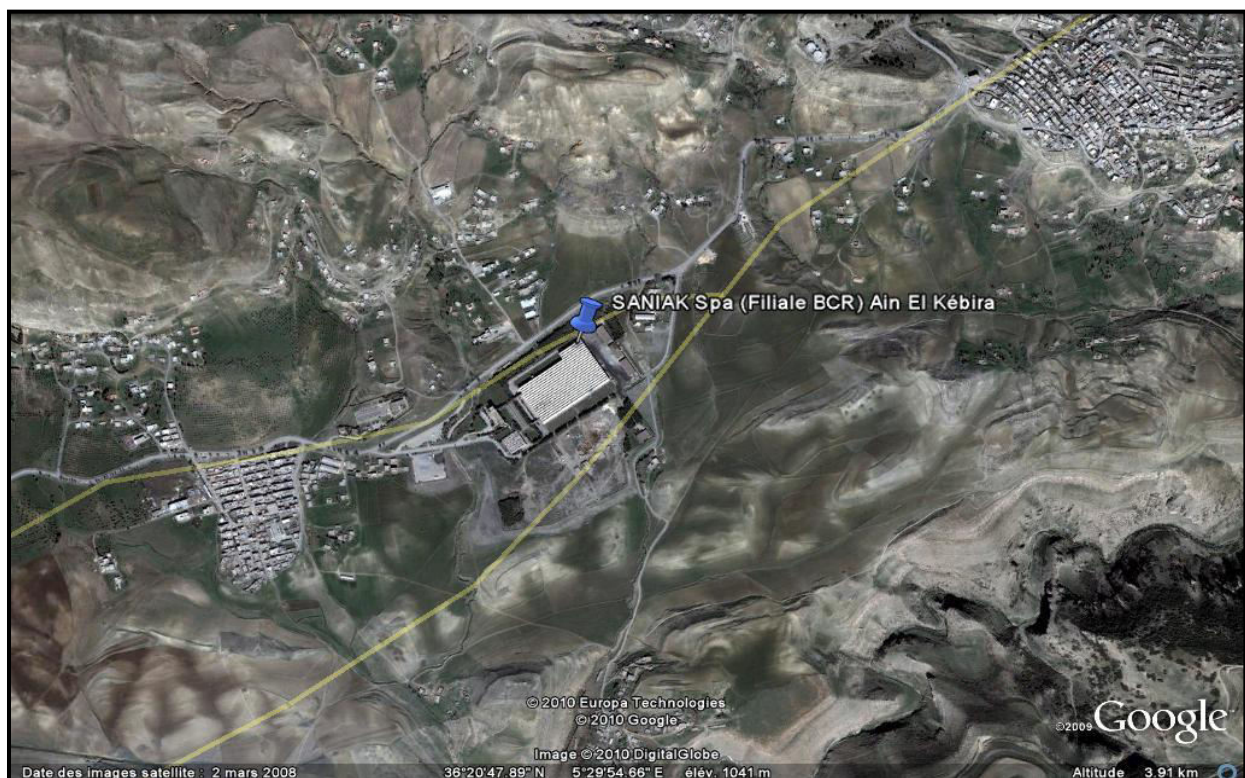
LATITUDE 36° 24' 47.95" N

LONGITUDE 5° 29' 46.43" E

**-Contiguïté :**

L'entreprise BCR filiale SANIAK est délimitée par :

- Au Nord- route départementale 9-b.
- A l'ouest : Groupe De Maison D'habitation et poste Sonelgaz
- Au Sud : Terrain agricole
- A l'Est : Terrain agricole



**I -3. LES DONNEES CLIMATIQUES:**

L'orientation du relief est particulièrement lourde de conséquence dans le domaine climatique, elle provoque le blocage des influences maritimes d'autant plus que Sétif se trouve à moins de 100km à vol d'oiseau de la mer Méditerranée, ainsi la région se caractérise par un climat continental semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers rigoureux. Les pluies sont insuffisantes et irrégulières à la fois dans le temps et dans l'espace ; si les monts de Babor sont les plus arrosés en recevant 700 mm par an, la quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines par contre la zone Sud –Sud-Est (zone d'étude) est la moins arrosée, les précipitations ne dépassent pas les 300 mm.

Du point de vue thermique, l'accentuation des contrastes thermiques est remarquable, les températures sont basses en hiver et élevées au cours de la période estivale. A cela s'ajoute la médiocrité de l'humidité atmosphérique dont les conséquences sur l'allongement de la saison sèche.

Il y a lieu de signaler le nombre élevé des gelées blanches qui touchent notamment la zone des hautes plaines. L'enneigement demeure médiocre.

Enfin, les vents sont variables avec une prépondérance des vents ouest et nord-ouest ; pendant l'hiver, le sirocco se manifeste pendant l'été avec des effets négatifs. La région de la zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

Pour le besoin de l'étude, l'analyse des données climatiques s'est effectuée sur la base des données relevées auprès des documentations fournies.

**I -4 FAUNE ET FLORE :**

La faune locale est constituée d'espèces domestiques tels moutons, chèvres, reconnues suite à l'identification des traces et excréments trouvés aux alentours du site.

De même qu'ont été observées des espèces ornithologiques et une grande variété de petit gibier : sanglier, chacal, renard, belette, lièvre.

La flore qui caractérise la zone d'étude est représentée essentiellement par des terrains privés cultivés en céréaliculture et maraîchage.

A travers ces données sur la faune et la flore, on dit que la zone d'étude ne présente pas une grande richesse floristique et faunistique.

**I -5 ORGANISATION DE L'ETABLISSEMENT :**

L'occupation consiste en une Société de Fabrication d'Accessoires industriels et sanitaires propriété de l'entreprise SANIAK Spa (Filiale groupe BCR) situé à Ain El Kebira.

L'unité est composée de :

- Atelier de production (technique, robinetterie, stockage matières premières, expédition)
- Administration
- Vestiaires
- Cantine
- Portier
- Centrale d'énergie
- Garage
- Aire de stockage déchets et coupeaux
- Hangar de stockages produits chimiques
- Aire de stockage matières premières
- station d'épuration
- Guérite
- Poste de garde
- Parking

**I -6 Les Procédés de fabrication :****I -6-1.La Fabrication de pièces brutes moulées (ébauches collée) :**

Les opérations pour fabriquer des pièces brutes moulées sont :

**I-6-1-1 Traitement du sable:**

C'est une opération de préparation de sable pour fabrication de noyaux:

- Séchage de sable humide dans un séchoir pour avoir un sable sec.
- Traitement de sable dans un silo qui contient quatre tamis pour éliminer les déchets.
- Mélange (sable +résine en vue d'obtenir du sable préparé prêt pour le noyautage .Cette opération se fait manuellement.

**I -6-1-2 Noyautage :**

En fonderie, un noyau est un composant du moule, réalisé en mélange de sable, et permettant de réaliser les évidements intérieurs de la pièce ou des zones en contre-

Dépouille .On le réalise en moulant le sable dans une "boîte à noyaux" (coquille) sur une machine à Tirer les noyaux ou à souffler les noyaux.

Une coquille de fonderie de sable est généralement constituée d'une partie inférieure, d'une partie supérieure et d'un ou plusieurs noyaux, suivant la complexité de la pièce à réaliser.

**I -6-1-3 Stockage des noyaux :**

Opération de classement des noyaux en fonction de leurs utilisations (noyau robinet 1/2, noyau multi-utilisation...).

**I -6-1-4 Coulage :**

Le moulage est l'action de prendre une empreinte qui servira ensuite de moule dans lequel sera versé un matériau et qui permettra le tirage ou la production en plusieurs exemplaires d'un modèle. Le moulage consiste donc à injecter le laiton préalablement fondu dans un moule.

Dans la fonderie on distingue deux procédés en fonction de la pression à laquelle on coule le métal soit par graviter ou par basse-pression.

**I-6-1-4-1 Coulage à basse-pression :**

Procédé semi-automatique pour la fabrication de pièces moulées de haute qualité, précise et homogènes, en petite et grande série.

**I -6-1-4-2 Coulage par gravité :**

Le moulage en coquille par gravité, pour lequel le laiton est coulé à la pression atmosphérique dans un moule métallique.

**I -6-1-5 Tronçonnages, Meulage, Grenailage :**

Le grenailage est une technique consistant à projeter, à l'aide d'une machine « Grenailleuse », des microbilles sur la surface de la pièce brute pour en modifier la

structure superficielle dont le but :

-le nettoyage des surfaces pour en améliorer l'aspect, technique similaire au sablage.

-la précontrainte, pour améliorer les qualités techniques des surfaces.

Le tronçonnage est une opération qui consiste à la découpe des pièces aux dimensions voulues.

Le meulage est une opération de finition préalable.

Les pièces sont stockées dans le magasin intermédiaire.

### **I -7 Fabrication des pièces par matriçage :**

La fabrication courante par matriçage se résume aux stades suivants:

#### **I -7-1 Tronçonnage :**

C'est une opération qui consiste à tronçonner la barre de laiton en « LOPINS », à l'aide de scies circulaires automatiques.

#### **I -7-2 Chauffage des LOPINS :**

Les ébauches ou lopins sont chauffés dans des fours tunnels à gaz munis de rampes de brûleurs avec mélange d'air additionnel.

#### **I -7-3 Matriçage:**

Le matriçage est une opération de déformation des métaux ; elle s'effectue par l'intermédiaire des presses.

Il existe deux types de presses F 0180 et F 0300.

#### **I -7-4 Ebavurage:**

Le découpage de la bavure et le poinçonnage est exécuté à froid à la presse avec un outil de forme épousant très exactement le profil apparent de la pièce au contour du joint de la pièce.

#### **I -7-5 Meulage :**

Le meulage est utilisé dans des cas nécessaires avec des meuleuses à bondes abrasifs pour enlever de petites bavures et profils tranchants.

#### **I -7-6 Décapage :**

Les pièces brutes matriçées, ébavurées subissent un décapage en procédant à l'enlèvement des traces d'oxydation superficielles ou les crasses de lubrifiants disposés dans des paniers en grés les produits sont immergés dans un premier bain d'acide nitrique, rincés à l'eau froide et immergées une seconde fois dans un bain sulfo-nitrique, ensuite rinçage à l'eau froide.

Finalement les produits sont parfaitement propres et d'un bel éclat métallique.

**I-7-7 Contrôle :**

Le contrôle s'effectue en permanence au cours de la fabrication

-Vérification des dimensions.

-Etats de surface ou défaut divers.

Une fois le contrôle final les pièces sont acheminées vers le magasin intermédiaire pour instance d'usinage.

**I-8 Fabrication des barres en laiton :(Station de METATHERM) :**

La METATHERM est une installation qui produit les barres en laiton à différents diamètres (du Ø 26 jusqu'au Ø 60). La matière utilisée au niveau de cette installation est une récupération des copeaux et déchets générés par l'usinage, décolletage et ébavurage. En cours de fusion le métal est analysé au niveau du laboratoire, la composition du métal est corrigée par des rajouts en matériaux nécessaires pour l'obtention des barres conçues pour le matriçage à chaud.

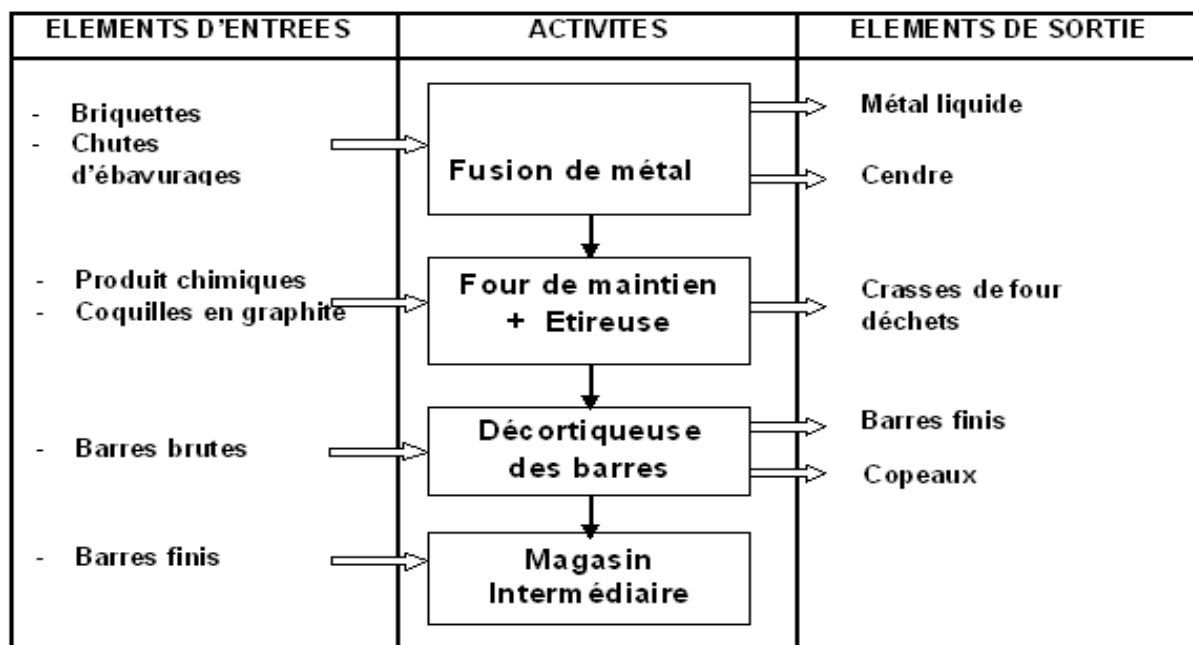


Tableau I-1 : station metatherm

**I -8-1 Magasin Intermédiaire:**

Le magasin intermédiaire reçoit les produits semi-finis accompagnés de la carte d'entrée renseigné par le responsable d'atelier concerné et valide par le contrôle de production.

A partir de ce magasin, il est acheminé vers les différents ateliers de production pour subir d'autres transformations de fabrication ou vers section chargé du montage.

**I -8-2 Usinage et décolletage:****I -8-2- 1 Section d'usinage :**

L'usinage est un procédé de techniques de fabrication de pièces brutes (ébauches). Le principe de l'usinage est d'enlever de la matière de manière à donner à la pièce brute la forme voulue, à l'aide des machines-outils (Machine 4AII ou DA8-A, DAF, ZAF, DIAMAT). Par cette technique, on obtient des pièces d'une grande précision.

**I -8-2- 2 Section de décolletage:**

En technique, le décolletage désigne un domaine de la fabrication où des pièces de révolution (manette de robinet, tige, ... etc.) sont usinées par enlèvement de matière à partir de barres de laiton. Le décolletage s'effectue sur des machines appelées « décolleteuses » : tours automatiques, dont les mouvements sont générés par des systèmes cames.

Les pièces produites par cette technique sont généralement de petites dimensions (diamètre 2 mm à 60 mm) et de précision élevée (centième de millimètre). Outre les opérations courantes de tournage, de taraudage et de filetage, certaines décolleteuses effectuent des opérations supplémentaires telles que le perçage et le fraisage.

Remarque : Les procédés d'usinage et de décolletage produisent des copeaux et de la limaille qui sont, mélangés aux huiles de coupe et forment la boue. Les copeaux ont donc un coût.

La filiale SANIAK a installé une machine ARNOLD (Briqueteuse) pour le recyclage de copeaux et des huiles qui ont été produits lors de la réalisation de la pièce brute.

Ce recyclage se fait dans le but de :



- La récupération des copeaux pour les réutiliser dans la fabrication des barres en laiton (METATHERM),
- La récupération des huiles pour les réutiliser au niveau de l'usinage
- La protection de l'environnement

**I -9 Finition Et Montage:****I-9-1 Section de finition :**

Les pièces usinés (produits sanitaire) vont passer dans la section de finition par les opérations suivants :

**I -9-1-1 Meulage :**

Consiste à faire passer la pièce par plusieurs grains ( sur une meuleuse à bandes abrasives) afin de leur conférer un état de surface apte à être poli Sert a enlevé les impuretés de la surface d'une pièce.

**I -9-1-2 Polissage :**

Le polissage est une composante du parachèvement ou finition des corps de robinetterie visant à obtenir un bel aspect, un état de surface de haute qualité.

**I -9-1-3 Chromage :**

Le chromage est un ensemble d'opérations chimiques et électrochimiques qui consistent à donner aux accessoires de robinetteries un aspect spécifique suivant les exigences produites et celle des clients.

Le chromage décoratif s'effectue sur des surfaces généralement revêtues au préalable d'une couche de nickel et a pour but essentiel de donner au revêtement les caractéristiques de brillance du chrome.

La résistance au ternissement de ce métal, associée à sa dureté, font que cette couche décorative, de l'ordre du micromètre, permet de donner un aspect brillant pendant de longues années.

Pour les becs on retrouve des sous opérations comme le Cintrage Brasage qui est l'assemblage de deux pièces par soudage à l'étain ou à l'argent, ensuite on a le Polissage et le Chromage.

**I -10 Section Montage :**

A ce niveau les pièces sont assemblées selon les prescriptions des gammes de montage qui après contrôle d'étanchéité, de fonction et contrôle final sont emballées et destinées vers le magasin produit fini pour commercialisation.

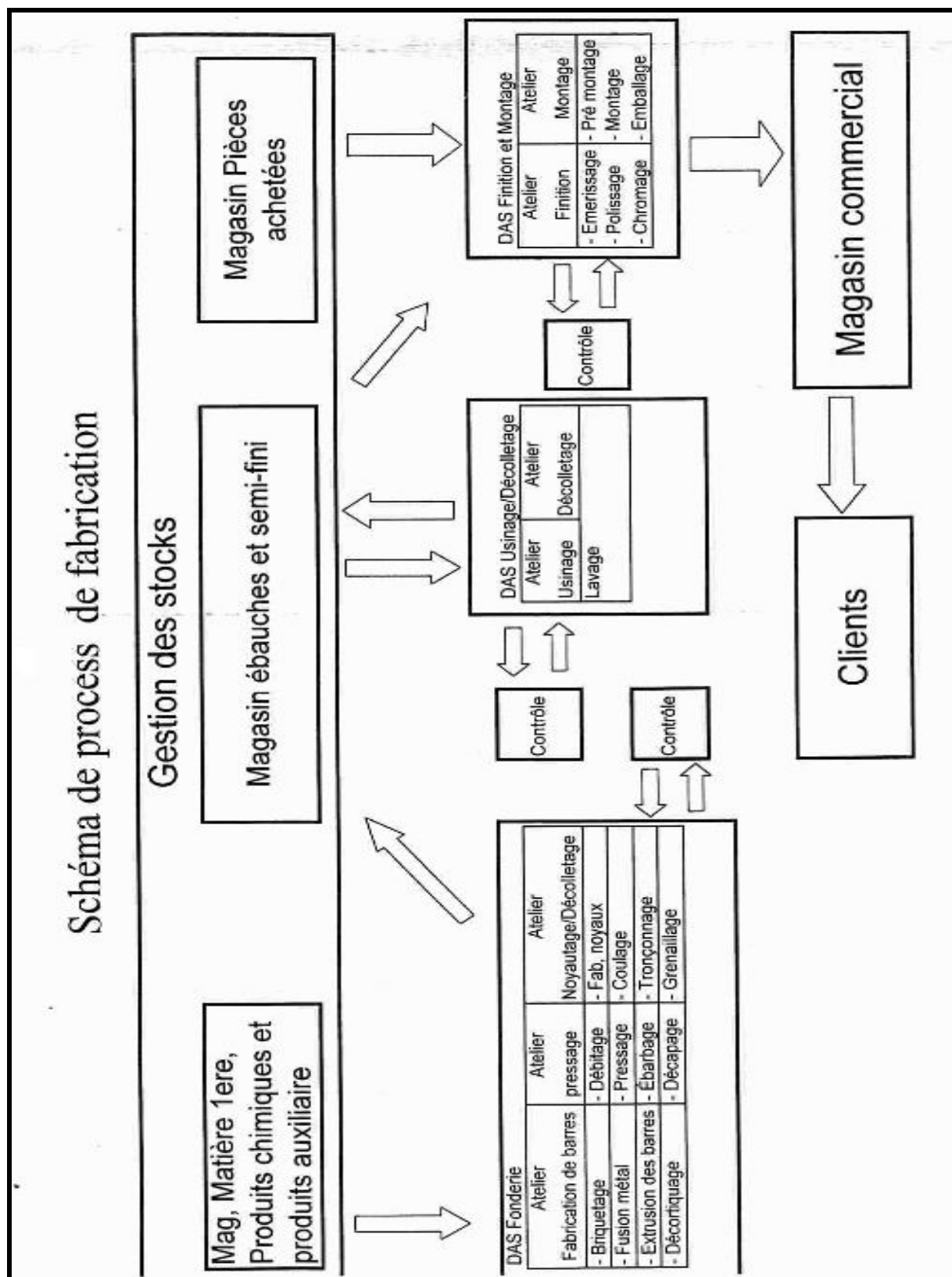


Figure I-2 : Procédé de fabrication

# **Chapitre II : Traitement de surface par chromage**

**Introduction :**

L'emploi du chrome dans certains objets métalliques est attesté en Chine voilà deux millénaires. C'est en 1798 que fut isolé [2] le chrome métallique, par Nicolas Louis Vauquelin. Le nom « chrome » vient du grec *chroma* signifiant « couleur » car les composés du chrome sont extrêmement colorés.

L'opération de chromage consiste à recouvrir une pièce d'une épaisseur plus ou moins grande, de 0,5  $\mu\text{m}$  (chrome décoratif) à 1/10 mm rectifié (chromage dur).

Le chromage décoratif s'effectue sur des surfaces généralement revêtues au préalable d'une couche de nickel (ou éventuellement de couches de cuivre et de nickel) et il a pour but essentiel de donner au revêtement les caractéristiques de brillance du chrome. La résistance au ternissement de ce métal, associée à sa dureté, fait que cette couche décorative de l'ordre du micromètre permet de donner un aspect brillant qui peut être entretenu pendant de longues années. On l'utilise par exemple pour des pare-chocs et des poignées de porte des automobiles.

Le chromage dur se distingue du précédent par le fait que son épaisseur est plus importante (de quelques micromètres à quelques dixièmes de millimètres). Il procure au matériau sur lequel il est effectué [3] :

- un bon coefficient de frottement;
- assure de bonnes propriétés de résistance à l'usure et à la corrosion;
- il est très visible par exemple sur les vérins des appareillages mécaniques (appareils de levage ou engins de travaux publics, etc.). Ce type de traitement est le revêtement privilégié dans le domaine de la mécanique pour les pièces en rotation ou en translation qui ont à résister à l'usure et à avoir de bonnes qualités de frottement, et pour les domaines où l'adhérence pourrait être un handicap (plasturgie, cylindres de laminoir, etc.)

La tenue à la corrosion des dépôts de chrome noir est identique, voire supérieure aux dépôts de chrome classique. Nombreuses industries sont attirées par ce dépôt : l'automobile dans le souci de créer des surfaces non réfléchissantes ; l'optique pour les caméras et les appareils de mesure à lunette; l'armement, dans un souci d'anti reflet ; les industries sanitaires pour diverses pièces destinées aux salles de bain; la décoration, la bijouterie: en outre les dépôts de chrome noir constituent une excellente base pour l'accrochage des peintures [4].

En raison de ces diverses applications, le chrome est le polluant métallique le plus courant dans l'environnement et les effluents industriels constituent la source principale de

contamination [5]. Étant donné que des oxydants et des désinfectants peuvent être présents dans les effluents, il est aussi probable que le Cr(III) non toxique s'oxyde en Cr(VI) très toxique.

## **II-1 Propriétés du chrome :**

### **II-1-1 propriétés physiques :**

Le chrome est un métal de transition de couleur gris-acier argenté. C'est un métal dur qui résiste à la corrosion et au ternissement. Il est essentiellement utilisé en métallurgie où il augmente la résistance à la corrosion et aux chocs des aciers (inox) ainsi que la dureté d'alliages de haute performance. Il est aussi utilisé dans le traitement de surface de métaux, dans le tannage du cuir ou encore comme pigment ou catalyseur. Si le chrome III est un oligo-élément essentiel qui intervient dans le métabolisme des graisses et des sucres, le chrome VI est reconnu comme cancérigène [6].

Symbole : Cr.

Isotopes stables : 50 Cr (4,35 % en masse), 52 Cr (83,79 %), 53 Cr (9,50 %), 54 Cr (2,36 %).

Numéro atomique : 24.

Masse atomique : 52,01g/mole

Masse volumique : 7,2 g · cm<sup>-3</sup>

Température de fusion : 1 830 °C.

Température d'ébullition : 2 672 °C.

Coefficient de dilatation : à 20 °C 7.10<sup>-6</sup>/°C.

Dureté Brinell [MPa]: 500 à 1200.

Conductivité thermique du dépôt brut : 23 W. m<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>.

Résistivité du dépôt brut : (30 à 65) .10<sup>-8</sup> Ω .m .

Module d'élasticité [MPa] : 25 000.

Potentiel standard : -0,74 V (Cr<sup>3+</sup> /Cr)

Cristallisation : cubique centré.

Structure électronique : 1 s<sup>2</sup> 2 s<sup>2</sup> 2 p<sup>6</sup> 3 s<sup>2</sup> 3 p<sup>6</sup> 3 d<sup>5</sup> 4 s<sup>1</sup>.

En fait, il est admis que pour cet élément à l'état solide, il y a un échange continu entre les électrons 3d et 4s (on pourrait s'attendre à un remplissage du type 3 d<sup>4</sup> 4 s<sup>2</sup> par exemple) et que par suite le nombre d'électrons moyens dans ces bandes d'énergie n'est pas un nombre

entier ce qui peut expliquer les caractéristiques particulières du chrome d'un point de vue magnétique, température de fusion, etc. [3,6]

Le chrome peut exister sous différentes variétés (Figure II-1)

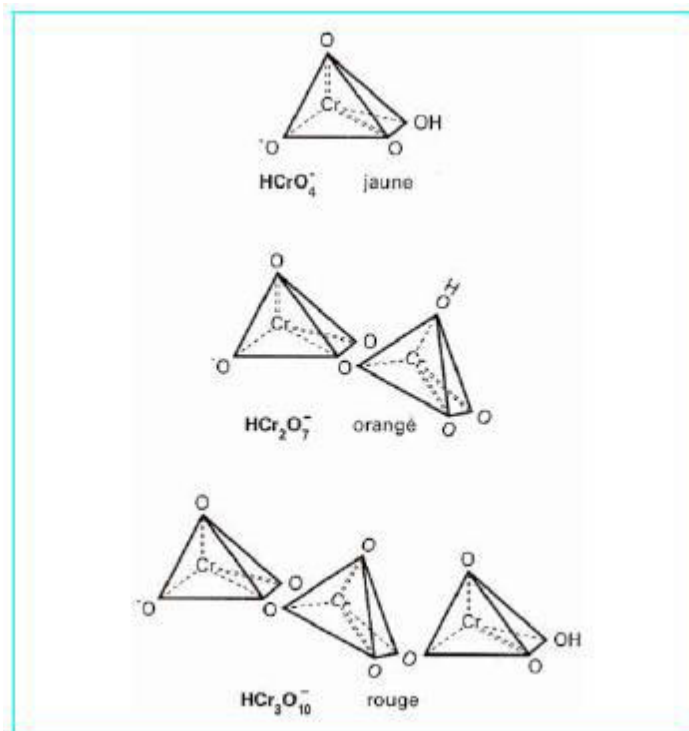


Figure II-1 : différentes variétés du chrome sous forme de chromates [7]

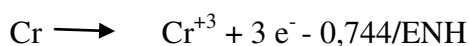
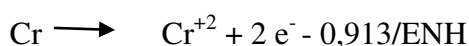
### II-1-2 Propriétés chimiques et électrochimiques :

Métal dur de couleur bleu-blanc. Soluble dans HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, mais pas dans HNO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub> PO<sub>4</sub> ou HClO<sub>4</sub> grâce à la formation de couches protectrices et résistantes à l'oxydation de l'air.

La résistance des dépôts de chrome est bonne (à très bonne) à température ordinaire pour :

- les acides : chromique, nitrique, sulfurique, gluconique, mantélique, oxalique, salicylique, stéarique.
- les gaz : ammoniac, dioxyde de carbone, oxygène, air ;
- certains produits : les acides de fruit, le lait, le pétrole, les encres d'imprimerie, le sucre, les huiles lourdes.

Le chrome peut se présenter sous plusieurs degrés d'oxydation : +II, +III, +VI (le chrome II, chrome chromeux, est très peu stable). Le métal est très peu noble (moins que le zinc), et les potentiels normaux sont [6] :



**A la cathode :**

Trois réactions principales :

- dégagement d'hydrogène par la réaction :  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- réduction de chrome hexavalent en chrome trivalent (qui ne conduit pas un dépôt métallique) ;
- réduction du chrome hexavalent en chrome métallique. [6]

**A l'anode:**

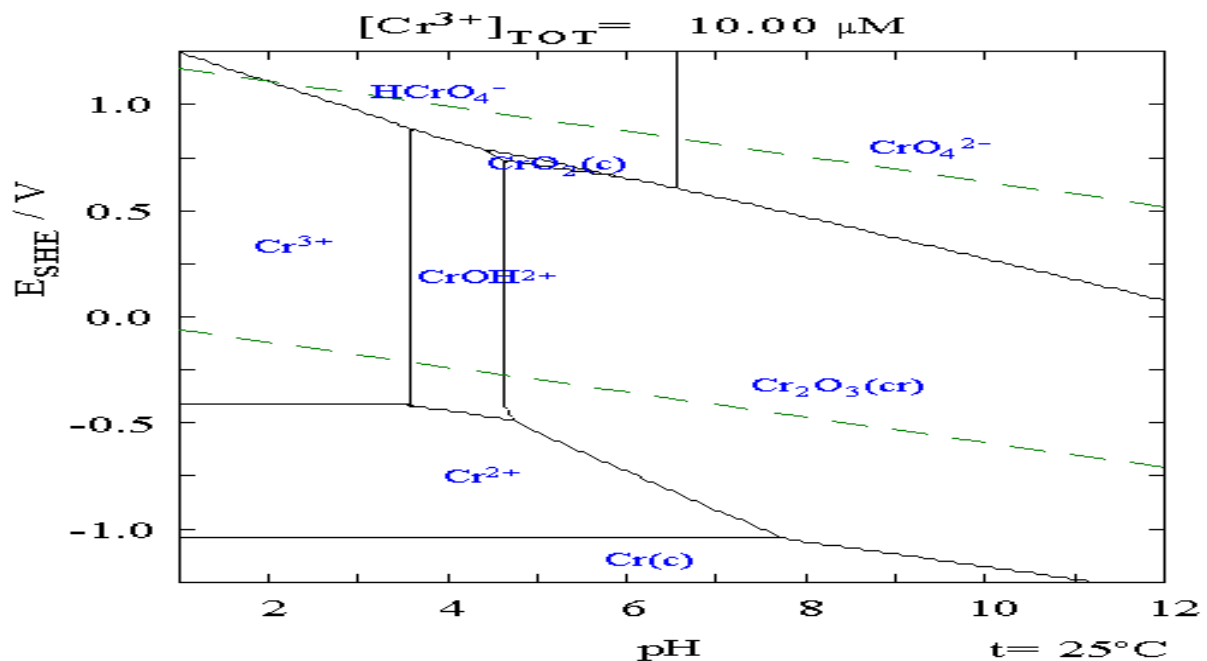
-dégagement d'oxygène par la réaction :



- oxydation du chrome trivalent formé par la réaction cathodique en chrome hexavalent.
- bivalent dans le protoxyde de chrome ( $\text{CrO}$ ), instable;
- trivalent dans l'oxyde chromique ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ );
- hexavalent dans l'anhydride chromique ( $\text{CrO}_3$ ).

Il y a là, au vu de ces potentiels normaux, une contradiction avec le comportement noble du chrome. Cependant, le chrome se passive très facilement en milieu oxydant (par création à la surface d'une couche d'oxydes ou d'hydroxydes insolubles). Cette faculté explique le comportement du chrome qui est à la fois attaquable en milieu acide et/ou réducteur, et qui résiste bien à la corrosion en milieu neutre, basique et/ou oxydant. Le diagramme tension-pH permet de rendre compte de ce phénomène (Figure II-2). [6]

- Figure qui explique le diagramme d'équilibres tension –pH du système chrome /eau à 25 °c



**Figure II-2 :** Diagramme d'équilibres tension – pH du système chrome / eau à 25 °C. [8]



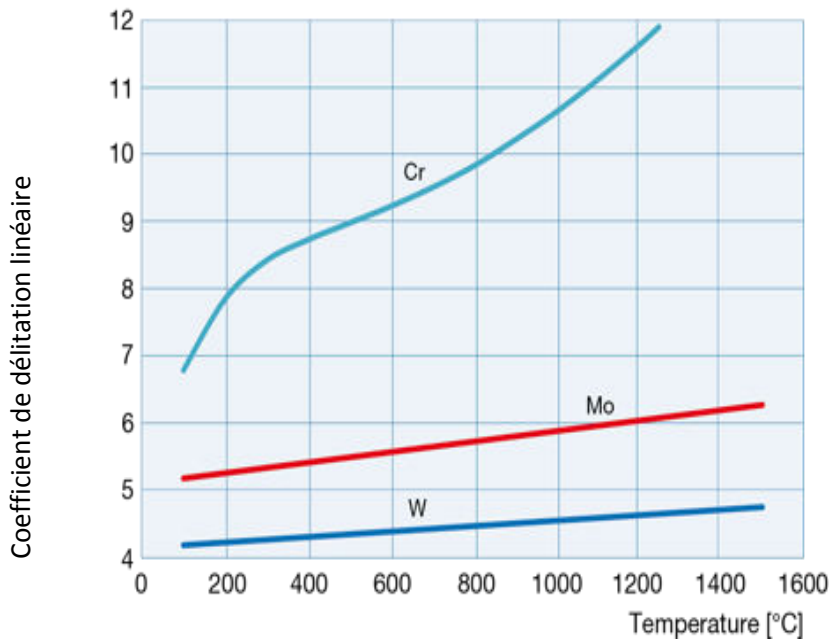
**II-1-3 Propriétés mécaniques :**

Le plaquage au chrome est d'un usage fréquent dans les alliages et les céramiques. Grâce à sa très grande résistance à la corrosion provoquée par des acides et bases très divers, ainsi que les gaz chauds, le chrome est un matériau très utilisé pour les revêtements protecteurs. Dans les équipements de combustion, le chrome est utilisé en tant que revêtement résistant à l'usure pour augmenter la durée de vie de composants spécifiques. En tant que composant dans les piles à combustibles haute-température, il se comporte à merveille. En plus de ces applications, le chrome est également utilisé comme revêtement décoratif sur des éléments de commande d'appareils, ainsi qu'en bijouterie.

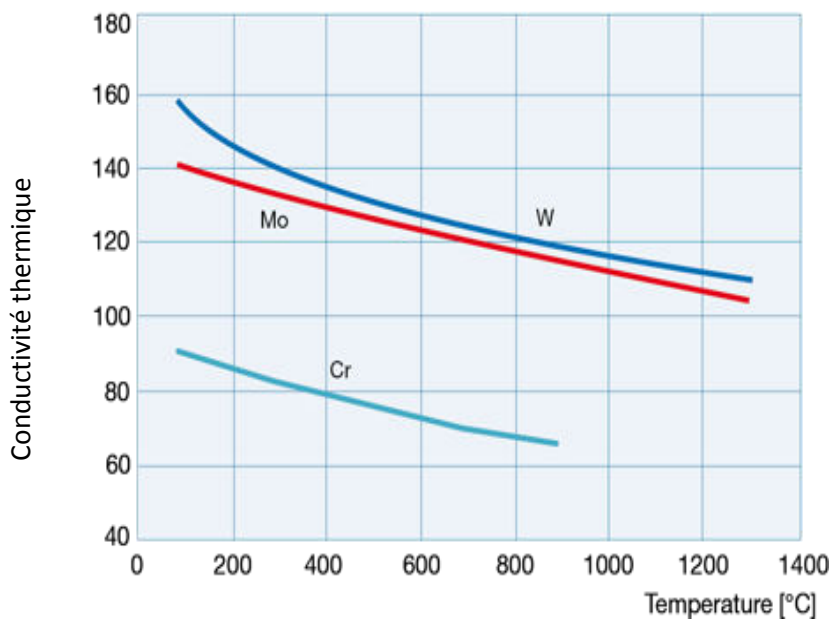
Résistance à la traction (MPa)	689
Module de cisaillement (GPa)	115
Dureté brinell	500 à 1200
Module d'young (MPa)	279
Coefficient de poisson	0,21

**Tableau II-1 :** Propriétés mécaniques du chrome

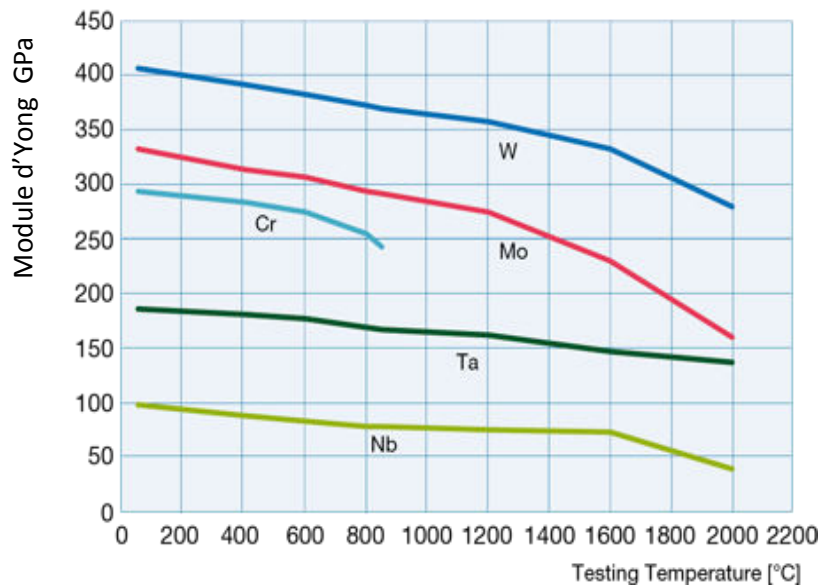
Du fait de ses propriétés uniques, il n'est pas étonnant de retrouver le chrome dans certaines applications industrielles très spéciales, par exemple en tant que matériau de revêtement dans des processus très divers, en tant que revêtement de haute dureté à base de nitrure de chrome appliqué sur des pièces en mouvement, ce matériau procure une protection fiable contre l'usure et l'abrasion. En outre, le chrome procure brillance et lustre aux montres et à des accessoires de toute sorte. Parallèlement à cela, le chrome protège de la corrosion.



**Figure II-3:** Coefficient de dilatation linéaire du chrome comparé à celui du molybdène et du tungstène [9]



**Figure II-4 :** Conductivité thermique du chrome comparée à celle du molybdène et du tungstène [9]



**Figure II-5 :** Module d'Young du chrome en fonction de la température Comparé aux : W, Mo, Ta, Nb [9]

## II-2 Surfaces métalliques :

### II-2-1 État de surface métallique :

La surface en question est en fait un volume, avec des éléments étrangers sur le métal dans la « peau » du métal et dans les imperfections de continuité du métal (joints de grains, fissures, porosités, jonctions et assemblages de pièces). Ces éléments étrangers dépendent de l'origine de la pièce [10] :

- des oxydes et des scories de traitements ou d'usage à hautes températures (fonderie, laminage, brasure, reprise après traitements thermiques);
- des « calamines » et des graisses brûlées;
- des oxydes « naturels » et des couches de passivation (réhabilitation de pièces, reprise après stockage);
- des huiles et des graisses de lubrification ou de protection (usinage, estampage, reprise après stockage);
- des produits adsorbés (inhibiteur de corrosion par exemple);
- des poussières et des copeaux (polissage, usinage);
- des traces d'eau (réhabilitation de pièces);
- des sels minéraux (réhabilitation de pièces);
- quelquefois des micro-organismes (réhabilitation de pièces);

- des gaz dissous ou occlus (fonderie, traitements de surfaces);
- des revêtements provenant d'un traitement précédent (masque, pellicule de protection temporaire, métal, etc.);
- des éléments de la couche superficielle du métal écrouie ou non;
- des bavures (traitements de surfaces, usinage).

De cette diversité de matériaux à éliminer résulte la diversité des préparations de surface.

**II-2-2 Préparation des surfaces :**

Les principales techniques de mise en œuvre pour la préparation d'une surface peuvent être classées en deux catégories [11] :

- les techniques de nettoyage et de mise à vif de la surface : le décapage et le dégraissage;
- les techniques qui consistent à améliorer l'aspect de la surface : le polissage et les traitements thermiques de restauration.

**II-2-2-1 Décapage :**

Le décapage est une préparation soit [12] :

A- de la pièce oxydée avant revêtement en éliminant les produits solides adhérents à la surface sans altération du métal de base:

- couches d'oxydes superficielles
- sable de la fonderie;
- produits de corrosion.

B- de rénover les matériaux revêtus qu'ils soient organiques (décapage des peintures) ou métalliques (dé métallisation sélective).

La diversité infinie des matériaux métalliques et de leurs oxydes, ainsi que la multiplicité des procédés mécaniques ou chimiques pouvant être mis en œuvre, montre qu'il n'existe pas un décapage mais des décapages à savoir:

- le décapage mécanique;
- le décapage chimique;
- le décapage thermochimique;
- le décapage ionique ;

**II-2-2-1-1 Décapage mécanique :**

Il est réalisé par divers procédés :

- grattage ou piquage à l'aide d'un instrument de percussion;
- brossage à l'aide d'une brosse métallique;
- sablage et microbillage;
- grenailage (projection d'abrasifs);

- meulage (surtout pour supprimer la calamine des pièces de grandes dimensions).

Ces opérations peuvent se dérouler à sec par exemple (le grenailage), ou par voie humide (par exemple le sablage humide). Dans ce dernier on ajoute un passivant afin de créer un film mince qui assure une bonne adhérence des revêtements ultérieurs. [12]

### **II-2-2-1-2 Décapage chimique :**

Il a pour objectif d'éliminer à l'aide des acides (sulfurique, chlorhydrique, fluorhydrique) les couches d'oxydes adhérentes à la surface de la pièce à traiter. L'opération peut se faire à Froid, mais elle est accélérée lorsque la température du bain augmente. Il est réalisé par diverses méthodes [13]:

- par circulation de la solution (pour canalisation);
- par projection (pour des petits objets);
- à la pâte (pour des gros objectifs);
- à la mousse (pour les volumes très important)

On note qu'il est nécessaire de faire suivre ce décapage par un rinçage afin d'éliminer toute trace de produit de corrosion.

Exemple de bain de décapage chimique

A- les aciers au carbone, l'aluminium et ses alliages, on utilise des bains contenant de l'eau additionnée de:

- 5 à 15% d'acide sulfurique;
- 10% d'acide chlorhydrique;
- 2 à 15 % d'acide fluorhydrique.

B- les aciers inoxydables se décapent avec un bain contenant:

- 15% d'acide chlorhydrique;
- 15% d'acide azotique;
- 5% d'acide sulfurique et de l'eau.

3. pour le cuivre et ses alliages, on emploie un bain contenant un mélange:

- 5% d'acide azotique;
- 5% d'acide sulfurique et d'eau.

### **II-2-2-1-3- Décapage électrolytique :**

Le principe est simple et consiste à imposer au produit à décaper une polarisation anodique et/ou cathodique [12].

Les objectifs visés sont multiples:

- accélération de la pénétration du proton dans la couche d'oxydes (sous l'effet du champ électrique);

- réduction des oxydes;
- action des dégagements gazeux (oxygène + hydrogène) à l'interface métallique, résultant de l'alternance des polarisations anodique et cathodique;
- meilleur contrôle des conditions de décapage;
- gain de productivité.

L'électrolyte utilisé, est généralement à base de sulfate et peut être acide ou neutre. Le décapage se fait à chaud afin d'éviter la cristallisation des sulfates métalliques.

**II-2-2-1-4 - Décapage thermo-chimique :**

Il consiste à traiter les pièces en acier dans un bain des sels fondus. Ce procédé permet une transformation des oxydes superficiels aux d'autres types d'oxydes plus solubles dans une solution acide. [12]

**II-2-2-1-5 - Décapage ionique :**

Il s'effectue à l'aide des ions de gaz rares, focalisés sous forme d'un faisceau qui balaie la surface à nettoyer. Ce type de décapage est plus intéressant, mais il peut conduire à une modification structurelle de la pièce à traiter à cause de la forte énergie des ions projetés. [12]

**II-2-3 Dégraissage :**

Ce que l'on cherche à éliminer dans cette opération clef, ce sont des graisses animales, végétales ou minérales ainsi que leurs produits de dégradation et toutes les souillures qu'elles retiennent et de rendre la surface physiquement propre afin d'assurer le bon déroulement des opérations ultérieures et par là même, de garantir la qualité du produit fini .

Dans la pratique, la phase de dégraissage se subdivise généralement en deux grandes classes:

- pré dégraissage aux solvants, qui contribue à éliminer l'essentiel des polluants organiques;
- dégraissage final, réalisé en milieu aqueux et destiné à détruire le résidu huileux de faible épaisseur. [12]

Choisir un dégraissage, pour une application donnée, nécessite de réaliser un état des lieux détaillés prenant en compte:

- nature des matériaux à dégraisser et les critères de propreté de la surface;
- nature des polluants de surface à traiter;
- les contraintes dans les domaines de la protection des travailleurs et de l'environnement;
- les options technologiques proposées par les différents fournisseurs de produits et de matériels.

En somme, il n'existe pas une seule forme de dégraissage mais un ensemble de techniques, chacune d'entre elles possédant sa spécificité. Savoir apprécier la nature exacte de l'interface

métallique et par voie de conséquence connaître l'histoire amont du matériau d'une part, et les conditions aval des traitements superficiels d'autre part, constituera un atout important pour le choix du dégraissage. Il existe plusieurs voies de dégraissage. [12]

- voie chimique;
- voie électrolytique;
- effet mécanique;
- aux ultrasons.

#### **II-2-3-1- Dégraissage chimique :**

Il est un simple moyen de nettoyage, permettant d'obtenir une surface physiquement propre, conforme aux besoins. Les dégraissants chimiques couramment utilisés sont classés en deux groupes [12]:

##### **Dégraissants organiques :**

Solvants chlorés, hydrocarbures, etc.;

##### **Alcalins ou neutres :**

Soude, carbonate de soude, etc;

Ils sont très répandus dans les industries mécaniques et métallurgiques en mettant en œuvre, de manière isolée ou conjointe, trois mécanismes d'action :

- la dissolution des graisses par un solvant organique;
- la solubilisation des corps gras d'origine animale ou végétale (esters) par saponification dans des solutions alcalines concentrées et chaudes;
- l'emploi d'un produit tension actif dans un bain de dégraissage a pour effet de produire un mouillage de la surface à nettoyer, ce qui diminue l'aire de contact de la goutte graisseuse avec la pièce et en facilite l'élimination.

Au surplus, le tensioactif produit l'émulsion des graisses insaponifiables en une multitude de particules sphériques qui sont décollées de la surface souillée et mises en suspension dans le bain.

#### **II-2-3-2- Dégraissage électrolytique :**

Le dégraissage électrolytique est généralement employé comme finition dégraissante. Il conjugue l'effet d'une polarisation de la pièce à partir d'une source de tension extérieure, la solution aqueuse étant utilisée comme électrolyte dans un réacteur où le matériau métallique à dégraisser occupe la position d'anode ou de cathode. Lors de la polarisation, le système réagit vers un nouvel équilibre ce qui induit des réactions électrochimiques et un violent dégagement gazeux sur la surface des pièces [12]:

Exemple de bain électrolytique :

Les dégraissants alcalins utilisés sont la encore :

- la soude caustique : .....70g/l;
- cyanure de soude : .....25g/l;
- carbonate de soude : ..... 30g/l;
- phosphate trisomique : .....30g/l;
- agent mouillant : .....3g/l.

Les réactions aux électrodes sont :

#### **À la cathode**

- dégagement de l'hydrogène;
- réduction des solvants ou de celle des cations métalliques parasites contenus dans le milieu.

#### **À l'anode**

- dégagement de l'oxygène;
- oxydation du solvant si le métal est inattaquable;
- ionisation du matériau s'il n'est pas stable dans le milieu (ex : Al, Mg, Zn, etc.).

Ces dégagements (de l'oxygène et de l'hydrogène), générateurs d'une agitation locale associés aux propriétés dégraissantes du bain en assurant un excellent nettoyage de la surface à traiter, mais certains effets secondaires sont parfois néfastes :

- formation d'oxyde à l'anode;
- attaque du métal par la solution basique à la cathode;
- fragilisation du substrat
- redéposition d'impuretés à partir de bain pollué.

Pour remédier les inconvénients de ce traitement, on fait alterner périodiquement les polarités des pièces à dégraisser.

#### **II-2-3-3- Dégraissage aux ultrasons :**

Il facilite le décollement des salissures. La technique consiste à transmettre des vibrations suivant les caractéristiques chimiques du bain liquide, sous forme des ondes Sonores. [12]

Il permet d'atteindre tous les recoins inaccessibles avec une certaine rapidité d'exécution et l'absence d'intervention humaine durant le nettoyage, permet d'optimiser les coûts liés à la main d'œuvre. Le bain à ultrasons permet ainsi d'accélérer le processus d'entretien des pièces, généralement à l'aide de produits de nettoyage spécifique ; par exemple, un solvant conçu pour le dégraissage. Et, si vous travaillez dans l'industrie métallurgique, dans la



transformation de matériaux, un bain de dégraissage est une étape nécessaire avant chaque traitement de surface des matériaux métalliques.

**II-2-3-4- Dégraissage mécanique :**

Il utilise du dioxyde de carbone congelé ou la projection de billes de glace sur la surface à dégraisser. [12]

Le nettoyage cryogénique est un procédé qui s'apparente au sablage mais dont le produit employé est le CO<sub>2</sub> solide ou glace carbonique. La glace carbonique est projetée sur les surfaces à nettoyer dans un flux d'air comprimé ; ce procédé, très efficace, est un procédé à sec qui ne génère pas de déchets secondaires. Il préserve la surface des supports de par son action mécanique très douce. Il est de 2 à 4 fois plus rapide que les méthodes classiques.

**II-2-4- Le polissage [14] :****II-2-4-1- Polissage mécanique :**

Le polissage est un usinage de surface, au moyen d'abrasifs de plus en plus fins. Il consiste à polir les surfaces par la suppression des anfractuosités et des aspérités superficielles à l'aide des machines rotatives. Les abrasifs sont collés sur des disques de bois ou de feutre animés d'un mouvement de rotation rapide, comme les meules. L'état de la surface à polir dépend de la dureté du métal et la qualité finale désirée. Cette technique de préparation est indispensable pour des revêtements protecteurs durables.

**II-2-4-2- Polissage électrolytique :**

La pièce à polir est constituée l'anode dans l'électrolyte sous des conditions électriques qui permettent une dissolution sélective des aspérités du métal (zone où la densité du courant très importante). Il confère à la surface un pouvoir réflecteur très élevé. L'avantage principal de ce procédé est le gain de temps et l'absence des couches minces superficielles écrouies, mais il ne peut pas être appliqué pour des échantillons à forte porosité.

**II-2-4-3- Polissage chimique :**

Le polissage chimique ne diffère pas essentiellement du polissage électrolytique, la source du courant étant constitué par la multitude de couples locaux (piles) qui se manifestent à la surface du métal pendant l'opération. Pour augmenter la tension de ces couples, on opère à haute température, en présence d'oxydants et d'un sel lourd.

**II-2-5- Le rinçage :**

Une ligne de traitements de surfaces est une succession de traitements chimiques ou électrolytiques, séparés par des rinçages qui ont donc une double vocation

- débarrasser les pièces de leur pellicule d'entraînement du bain après immersion ;
- jouer le rôle de barrière antipollution entre deux opérations consécutives.

Après émergence d'un bain de traitement, le matériau métallique traité est recouvert d'un film de solution « concentrée » dont l'épaisseur dépend des caractéristiques de la

Solution (concentration, température, etc.) mais également de celles du matériau (forme géométrique, rugosité, etc.). Rincer une surface consiste donc à diluer cette fine pellicule de solution, diminuer la concentration du squelette minéral de la solution mais également à déstabiliser les émulsions.

Pour améliorer le rinçage, il convient d'associer l'effet de dilution avec une agitation (mécanique ou par injection d'air déshuilé), en augmentant la vitesse de diffusion des espèces en solution par chauffage des rinçages ou en intervenant sur le rapport de dilution.

Plusieurs structures de rinçages sont exploitées en pratique. [15]

**Rinçage statique :**

Il est souvent considéré comme un pré rinçage (rinçage mort) qui sert à retenir une partie de la pollution en provenance du bain de traitement ;

**Rinçage simple courant :**

Nécessitant un débit d'eau élevé pour assurer un rapport de dilution satisfaisant.

**Rinçage multiple en série (cascade) :**

C'est la configuration la plus rencontrée dans les installations de traitements de surface. L'arrivée d'eau se situe dans la dernière cuve de rinçage et traverse en cascade les différentes cuves de rinçages jusqu'à la première [15].

**Rinçage par aspersion :**

Il permet d'améliorer la qualité du rinçage grâce à l'effet hydromécanique et peut être réalisé en combinaison avec un rinçage au trempé.

**II-3 Opération de chromage :****Introduction :**

Le chrome peut se présenter au degré d'oxydation 6. La solution aqueuse du trioxyde de chrome (anhydride chromique) est appelée acide chromique. En solution dans l'eau, on peut trouver, suivant la concentration  $C$  en  $\text{CrO}_3$ , des composés différents [16] :

Concentration (mol/l)	Nature du complexe
$C < 10^{-2}$	$\text{HCrO}_4^-$
$10^{-2} < C < 10^{-1}$	$\text{HCrO}_4^- \longleftrightarrow \text{Cr}_4\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
$10^{-1} < C < 1,5$	$\text{Cr}_4\text{O}_7^{2-}$
$1,5 < C < 3,5$	$3\text{Cr}_4\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ \longleftrightarrow 2\text{Cr}_4\text{O}_{10}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
$3,5 < C < 7,5$	$\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$
$7,5 < C < 10$	$4\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-} + 2\text{H}^+ \longleftrightarrow 3\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

La concentration en chrome hexavalent se situe entre 200 et 400 g/l, mais la variation autour de la valeur choisie ne doit guère dépasser 10 % en valeur relative. L'appauvrissement du bain en chrome hexavalent a pour causes essentielles d'une part, bien sûr, le chrome déposé, et d'autre part la recommandation qui est faite pour un bon fonctionnement :

- usage d'anodes en plomb (avec des éléments d'addition du type Sb, Sn,...) toutes les fois que les conditions d'utilisation le permettent (nature du bain, forme des pièces...);
- surface anodique suffisante pour permettre une oxydation du  $\text{Cr}^{3+}$  : en général, la surface anodique doit être au moins le double de la surface cathodique [16].

**II-3-1 Composition du bain pour le chrome décoratif [17] :**

Anhydride Chromique	300g/l
Acide sulfurique	3g/l
Rapport de ( $\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ )	100
Conditions d'utilisation :	
Température	30-40° C
Densité de courant	15-12 A/ dm <sup>2</sup>
Rendement	12%
Anode	Plomb à 6% d'antimoine.
Rapport anode-cathode	1,5-2/1

**II-3-2 Composition du bain pour le chrome dur : [17]**

Anhydride Chromique	250g/l
Acide sulfurique	2,5g/l
Rapport de ( $\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ )	100
Condition d'utilisation :	
Température	50-60° C
Densité de courant	40-50 A/ dm <sup>2</sup>
Rendement	13-14%

Rapport anode-cathode 1,5-2/1

### II-3-3 Autres types de Bain :

#### - Bain à froid : [17]

Acide chromique .....220 g/l

Sulfate de nickel .....1, 2 g/l

Sulfate de fer .....0,8 g/l

Alcool méthylique.....0,5 g/l

Conditions d'utilisation :

Température.....18-20°C

Densité de courant cathodique.....7-10 A/dm<sup>2</sup>

Anodes..... plomb 7% antimoine

Rapport anode-cathode.....1-1

#### - Bain de chrome fluoré : [17]

Acide-chromique .....200 g/l

Acide sulfurique.....1 g/l

Fluosilicate de potassium.....4 g/l

Conditions d'utilisation :

Température..... 35-45°C

Densité de courant cathodique.....10-30 A/dm<sup>2</sup>

Rendement.....20-22 %

Rapport anode-cathode .....1-1

Sulfate de strontium .....2 g/l

Bichromate de potassium.....10g/l

Chromate de strontium .....2g/l

#### - Bain à haute densité de courant : [17]

Acide chromique 300 g/l

Méta vanadate d'ammonium 20 g/l

Acide acétique 10 g/l

Acétate de baryum 7 g/l

Conditions d'utilisation :

Température 30-40 °C

Densité de courant 75-90 A/dm<sup>2</sup>

Anode Plomb

Rapport avec la cathode 1-1

**- Bain moderne : [17]**

Acide chromique	480 g/l
Chrome trivalent	7 g/l
Catalyseur non dévoilé	
Conditions d'utilisation :	
Température	16-30 °C
Densité de courant	27-60 A/dm <sup>2</sup>
Anode	Plomb dur
Rapport avec la cathode	2-1
Temps de traitement minimum	6 à 8 min

La température optimale se situe entre 18 et 22°C pour une densité moyenne

De 20 à 30 A / dm<sup>2</sup>.

Les montages doivent être introduits sous courant à forte densité.

D'une manière générale, les conditions opératoires pour le chromage, que l'on cherche à faire pour les bonnes propriétés mécaniques, d'anticorrosion ou décoratives, sont les suivantes :

- acide chromique (CrO<sub>3</sub>) : de 250 à 400 g/l
- acide sulfurique : (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) : de 2,5 à 5 g/l
- densité de courant : de 20 à 50 A/dm<sup>2</sup>
- température : 45 à 60°C

Lors des traitements de surface par dépôt électrolytique, les anodes conditionnent la qualité d'un bon dépôt. Dans le cas du chromage, les anodes utilisées sont du type anodes insolubles, le chrome consommé lors du dépôt est rajouté régulièrement sous forme de CrO<sub>3</sub> (solide ou en solution aqueuse).

De manière générale, les anodes utilisées pour le dépôt de chrome sont des anodes en plomb ou en alliage de plomb (tels que Pb-Sb, Pb-Sn). Toutefois, pour des applications bien particulières, il est possible d'utiliser des anodes en fer, en platine, ou en titane platiné.

Dans ces applications, il est nécessaire de prendre en compte l'influence du métal de l'anode pour la bonne marche du bain.

Au cours du processus anodique, le plomb métallique tend à s'oxyder : le dégagement gazeux d'oxygène et la présence de chrome hexavalent de la solution tendent à provoquer à la surface de l'anode des réactions d'oxydation qui conduisent à la formation d'oxydes de plomb (de couleur noire) et de chromates de plomb (de couleur jaune). Il semble que lors de l'électrolyse, la réaction de formation des oxydes soit préférentielle (les anodes sont alors de couleur brun noir). Si on laisse les anodes dans le bain sans passage de courant, elles se

recouvrent d'une pellicule jaune orangée, signe de formation de chromate. Ces chromates sont de très mauvais conducteurs du courant, il convient donc de conditionner les anodes ayant séjourné dans un bain sans passage de courant, avant de démarrer un traitement. Un léger brossage ou une électrolyse primaire sous potentiel, permettent de remettre les anodes en état. Le rôle de ces anodes, outre les caractéristiques bien connues dans les processus électrolytiques, est primordial pour le bon fonctionnement dans le temps du bain de chromage.

En effet, au cours de l'électrolyse, le chrome trivalent formé à la cathode s'oxyde en chrome hexavalent, permettant ainsi de maintenir la concentration de chrome trivalent à des valeurs correctes.

Cette réaction d'oxydation du chrome trivalent en chrome hexavalent a été étudiée par de nombreux auteurs. Son rendement est fonction des potentiels réciproques des réactions pouvant se produire, potentiel qui est bien sûr fonction du matériau sur lequel se produit cette réaction (plomb, fer, platine...), mais aussi fonction de son état physique (massif, Electro déposé...) et de son état de la surface (polie, couche d'oxyde formée dans le bain...). Comme on peut le constater, un grand soin doit être apporté à la nature, la forme, l'entretien des anodes pour assurer un fonctionnement correct des bains. [18]

### **II-3-4 Appareillage :**

#### **II-3-4-1 Cuves et matériel annexe :**

En ce qui concerne les cuves, la matière en contact avec la solution de chromage devra être en matériau résistant à l'agressivité à la fois acide et fortement oxydante de cette solution, d'autant plus que les traitements sont généralement réalisés à une température de l'ordre de 50 à 55 °C. De plus, pour éviter tout phénomène de modification dans la répartition du courant sur les pièces traitées, l'ensemble de la cuve devra être parfaitement isolée électriquement. Pour ne laisser en fonctionnement que les parties métalliques des anodes ou des pièces à revêtir. Les amenées de courant devront aussi être protégées.

#### **II-3-4-2 Ventilation :**

Tout le matériel utilisé en complément de l'électrolyse (agitation, chauffage, refroidissement...) devra également être parfaitement résistant à l'agressivité de la solution et des vapeurs émises.

Au cours de l'électrolyse, une grande quantité de gaz se dégage : à l'anode, c'est l'oxygène et à la cathode, l'hydrogène. Ces gaz entraînent avec eux de la solution de chromage sous la forme d'un brouillard chromique. Pour des raisons de sécurité et de santé, ces vapeurs doivent être parfaitement lavées avant d'être rejetées dans l'atmosphère. Un système d'aspiration très

efficace et de lavage avec récupération de ces entraînements est donc nécessaire. L'ensemble aspiré passe dans un dévésiculateur dont le rôle est de retenir les particules d'acide chromique par condensation sur des parois solides.

L'utilisation d'agents de type tensio-actifs ne réagissant pas chimiquement aux électrodes se développe de plus en plus. Ces agents agissent en diminuant la tension superficielle, en particulier aux électrodes, et permettent ainsi de diminuer la taille des bulles de gaz qui se dégagent, diminuant très sensiblement la quantité de solution entraînée.

Dans certains ateliers on utilise aussi un *rideau* surnageant dans la cuve, rideau formé de boules d'un matériau organique (type polypropylène) de faible densité et résistant bien sûr à l'acide chromique.

Lors de l'introduction des pièces, ces boules s'écartent facilement laissant pénétrer la pièce dans le bain, le rideau se reforme ensuite pour s'écarter à nouveau lors de la sortie du bain, des pièces traitées.

Ce rideau permet aussi de diminuer les pertes par évaporation qui se produisent en raison de la température de fonctionnement des bains (50°C). À ce sujet, il est utile de signaler que l'ajout de liquide pour ajuster le niveau des bains doit prendre en compte l'introduction toujours possible d'éléments ou d'ions contenus dans ce liquide ; par exemple, il faut se méfier de ne pas introduire d'eau contenant des ions sulfates ou chlorures qui, pour les premiers, viendraient s'ajouter au catalyseur, et qui, pour les seconds provoqueraient une dégradation des conditions de dépôt ainsi que la corrosion des anodes.

Une attention toute particulière doit bien sûr être apportée à la qualité des contacts électriques pour éviter la création d'étincelles pouvant conduire à des accidents en raison de la nature des gaz qui se dégagent [18].

### **II-3-4-3 Contrôle des bains :**

Dans ce paragraphe, nous ne traiterons pas des contrôles très classiques type température, agitation ou qualité de l'électrolyse mais plutôt de l'évolution des caractéristiques du bain au cours du temps. Au cours du chromage, la composition chimique des bains utilisés varie. Si tout phénomène admet un domaine d'utilisation, les valeurs des paramètres de l'opération doivent rester dans la plage d'utilisation optimale.

Au cours de l'électrolyse et des différentes manipulations, la solution s'appauvrit en chrome hexavalent, et s'enrichit en cations métalliques (type fer, nickel, cuivre) et chrome trivalent. Il peut aussi y avoir variation de la concentration en catalyseur. Nous ne traiterons pas ici des cas particuliers de dégradation des différents composés d'addition pouvant être ajoutés dans le bain (type tensio-actifs)... Il faut cependant se méfier de certains composés

organiques anti moussants qui pourraient, par dégradation anodique ou cathodique, relarguer des ions semblables au catalyseur utilisé (ions sulfates par exemple). Pour un bon fonctionnement, il est nécessaire de connaître les concentrations respectives des différents composants majeurs du chromage pour ajuster au mieux, quand cela est possible, leur concentration dans la zone adéquate [18].



# **Chapitre III : Impacts des métaux lourds sur l'environnement**

**III-1 Définitions et généralités :**

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse  $5 \text{ g/Cm}^3$ . ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces [19] : Mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus toxiques [20] d'entre eux sont le plomb, le cadmium, et le mercure.

La toxicité des métaux lourds [21] n'est plus à démontrer. la toxicité du mercure est par exemple connue depuis l'antiquité. la plus part du temps, les effets toxiques [22] des métaux lourds concernent le système nerveux, le sang ou la moelle osseuse. Ils sont généralement cancérigènes. Ils englobent l'ensemble des métaux et métalloïdes présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement [23]. La pollution atmosphérique (rejets urbains et industriels) et la pollution liée aux activités agricoles. Les conditions physico-chimiques de la majorité des sols cultivés (milieu oxydant, pH élevé, richesse en argile) sont propices à la fixation des métaux lourds dans les parties supérieures du sol liés à la fraction fine. Il y a donc un risque important d'entraînement, par ruissellement, [24] particulièrement en cas d'orage sur un sol nu et pentu. En général, les sols argilo- limoneux fixent les métaux par adsorption [25] ce qui n'est pas le cas pour les sols sablonneux

Les normes sont des valeurs limites fixées par la loi et établies en vertu de compromis entre demandes concurrentes. L'établissement de normes des métaux lourds présente un intérêt particulier [26]. Ceci s'explique par le fait que leurs effets sur l'homme et l'environnement ne cessent d'être mis en lumière, voire prouvés pour certains. Pour ce qui concerne la qualité des eaux, il existe deux types de normes: les normes de qualité des eaux, qui définissent les caractéristiques que doit présenter une masse d'eau selon son utilisation et les normes concernant les effluents, qui fixent les charges polluantes limites qui peuvent être rejetées ponctuellement dans les eaux réceptrices (Tableau III-1)

Élément	Décret n°2001-1220	Recommandations OMS
10 µg/l	10 µg/l	As
5,0 µg/l	3,0 µg/l	Cd
Cr	50 µg/l	50 µg/l (chrome total)
Cu	2,0 mg/l	2,0 mg/l
Hg	1,0 µg/l (mercure total)	1,0 µg/l (mercure total)
Ni	20 µg/l	20 µg/l
Pb	10 µg/l	10 µg/l
Se	10 µg/l	10 µg/l

**Tableau III-1 :** Concentrations en métaux et métalloïdes définissant les limites de qualité D'une eau potable (Législation Française, OMS) [26]

### III-1-1 Le Nickel :

Plus de risque de développer un cancer des poumons, du larynx de la prostate.

- nausées, vomissement et vertige après une exposition au gaz.
- embolie pulmonaire.
- échec respiratoire.
- échec de naissance.
- asthme de bronchite chronique.
- réactions allergiques telles que des éruptions cutanées (principalement avec les bijoux).
- problème cardiaque.
- Formule chimique :  $Ni^{+2}$ . [27]

#### III-1-1-1 Effet sur l'environnement :

Le nickel est relâché dans l'air par les centrales et les incinérateurs de déchets. Ensuite, il se dépose sur les sols ou retombe après réaction avec l'eau de pluie. Il faut en général un certain temps pour éliminer le nickel de l'air. Le nickel peut aussi finir dans les eaux de surfaces quand il est présent dans les eaux usées.

La part la plus importante du nickel relâché dans l'environnement est adsorbée par les sédiments et les particules du sol et devient par conséquent immobile. Cependant, dans les sols acides, le nickel devient plus mobile et il peut rejoindre les eaux souterraines.

Il n'y a pas beaucoup d'informations disponibles sur les effets du nickel sur les organismes autres que l'être humain. On sait que de hautes concentrations en nickel dans des sols

sablonneux peuvent endommager les plantes et, de hautes concentrations en nickel dans les eaux de surface peuvent diminuer le taux de croissance des algues. Les micro-organismes peuvent aussi souffrir d'une diminution de croissance due à la présence de nickel mais, en général, après un certain temps, il développe une résistance au nickel. Pour les animaux, le nickel est un aliment essentiel en petite quantité, mais il peut être dangereux lorsqu'on dépasse les quantités maximales tolérées. Il peut provoquer alors différents types de cancer à différents endroits du corps, et ce principalement chez les animaux vivant près des raffineries. [27]

### **III-1-2 Le Zinc :**

Le zinc est un élément qui essentiel pour la santé de l'homme les carences en zinc peuvent aussi provoquer des problèmes lors de la naissance, les problèmes causés par le zinc sont:

- crampes d'estomac.
- des irritations de la peau.
- vomissement, nausées, l'anémie.
- la grippe quand appel (la fièvre du fondeur). [27]

#### **III-1-2-1 Effet sur l'environnement :**

Le zinc est présent naturellement dans l'air, l'eau et le sol mais les concentrations en zinc de façon non naturelle du fait du rejet de zinc par les activités humaines. La plupart du zinc est rejeté par les activités industrielles, telles que l'exploitation minière la combustion du charbon et des déchets et l'industrie de l'acier. La production mondiale de zinc ne cesse d'augmenter, ce qui basique ment signifie que de plus en plus de zinc se retrouve dans l'environnement.

L'eau est polluée en zinc du fait de la présence de grandes quantités dans les eaux usées des usines industrielles. ces eaux usées ne sont pas traitées de façon satisfaisante. L'une des conséquences est que les fleuves déposent des boues polluées en zinc sur leurs rives. Le zinc peut aussi augmenter l'acidité de l'eau. Certains poissons peuvent accumuler le zinc dans leur organisme lorsqu'ils vivent dans des eaux contaminées en zinc. D'importantes quantités de zinc peuvent être trouvées dans le sol. Quand le sol des terres agricoles est polluées par du zinc, les animaux absorbent des concentrations mauvaises pour leur santé. Le zinc soluble dans l'eau qui se trouve dans le sol peut contaminer les eaux souterraines.

Le zinc n'est pas seulement une menace pour le bétail, mais aussi pour les plantes. du fait

de l'accumulation de zinc dans le sol, les plantes absorbent souvent des quantités de zinc que leur système ne peut pas gérer.

Sur un sol riche en zinc seul un nombre limité de plantes a des chances de survivre. C'est pourquoi il n'y a pas beaucoup de diversité des plantes près des usines manipulant du zinc. Du fait de ces effets sur les plantes le zinc est une sérieuse menace pour la production des terres agricoles. Malgré ça les engrais contenant du zinc sont toujours utilisés. Enfin le zinc peut interrompre l'activité du sol, car il a une influence négative sur l'activité des micro-organismes et les vers de terre. La décomposition de la matière organique peut être sérieusement ralentie de ce fait. [27]

### **III-1-3 Le cuivre :**

Les hommes utilisent énormément le cuivre, il est utilisé par exemple dans l'industrie et dans l'agriculture. On peut trouver du cuivre dans beaucoup de type d'aliments, dans l'eau. A cause de cela on absorbe des quantités importantes de cuivre chaque jour en mangeant, buvant. L'absorption de cuivre est nécessaire, car le cuivre est un élément qui est essentiel pour la santé. Bien que l'homme puisse gérer des concentrations en proportion importantes de cuivre, des quantités excessives peuvent causer des problèmes de santé importante comme :

Endommagement des reins, foie, et même peuvent causer la mort.

On n'a pas encore déterminé si le cuivre était cancérigène. [27]

#### **III-1-3-1 Effet sur l'environnement :**

La production mondiale de cuivre est toujours en augmentation. Ce qui prouve son existence dans l'environnement. Les fleuves déposent sur leur rives des boues contaminées par du cuivre, du fait du rejet d'eaux usées. Le cuivre pénètre dans l'air principalement lors de la combustion de combustibles fossiles. Il reste dans l'air pendant une période assez longue avant de se déposer lorsqu'il pleut. Il se retrouve alors essentiellement dans le sol. Par conséquent, les sols peuvent contenir une grande quantité de cuivre après que le cuivre de l'air se soit déposé.

Le cuivre peut être relâché dans l'environnement par des sources naturelles et par les activités humaines. On peut citer quelques exemples de sources naturelles: poussières soufflées par le vent, pourrissement de la végétation, feu de forêt, et dispersion de gouttelettes d'eau de mer. Quelques exemples d'activité humaine contribuant à la dispersion du cuivre ont

déjà été donnés, on peut citer d'autres exemples: l'exploitation minière, la production de métaux, la production de bois et la production de fertilisants aux phosphates.

Comme le cuivre est dispersé à la fois par des procédés naturels et humains; il est très énormément diffusé dans l'environnement. On le trouve souvent près des mines, des installations industrielles, des décharges et des broyeurs d'ordure.

Quand le cuivre se retrouve dans le sol, il se lie fortement aux matières organiques et aux minéraux. Par conséquent, il ne voyage pas très loin et il ne pénètre presque jamais dans les eaux souterraines. Dans les eaux de surface, le cuivre peut parcourir de longue distance, que se soit suspendue sur des particules de boue ou comme ion libre.

Le cuivre ne se détruit pas dans l'environnement et, de ce fait, il peut s'accumuler dans les plantes et les animaux quand il est présent dans le sol. Sur les sols riches en cuivre, seul un nombre limité de plantes a des chances de survivre. C'est pourquoi, il n'y a pas beaucoup de diversité de plantes près des industries rejetant du cuivre. Du fait des effets sur les plantes, le cuivre est une sérieuse menace pour la production des terres agricoles. Le cuivre peut sérieusement influencer ce qui se passe sur les terres agricoles, suivant l'acidité du sol et la présence de matière organique. Malgré cela, les engrais contenant du cuivre sont toujours utilisés.

Le cuivre peut interrompre l'activité du sol, car il influence de façon négative l'activité des micro-organismes et des vers de terre. La décomposition de la matière organique est sérieusement ralentie de ce fait.

Quand le sol des terres agricoles est pollué par du cuivre, les animaux absorbent des concentrations importantes leur causant des problèmes de santé. Les moutons, surtout, souffrent beaucoup de l'empoisonnement au cuivre car les effets du cuivre chez les moutons se manifestent même à de très faibles concentrations. [27]

#### **III-1-4 le chrome :**

Il y a plusieurs types de chrome qui n'ont pas tous les mêmes effets sur les organismes. Le chrome pénètre dans l'air, l'eau et le sol sous les formes chrome III et chrome VI lors des processus naturels et du fait de l'activité humaine.

Les principales activités humaines qui augmentent les concentrations en chrome(III) sont la fabrication de l'acier, du cuir et des textiles. Les principales activités humaines qui augmentent les concentrations en chrome(VI) sont les fabriques de produits chimiques, de cuir et de textile, l'électro-peinture et autre application du chrome (VI) dans l'industrie. Ces applications augmentent principalement les concentrations en chrome de l'eau. Lors de la

combustion du charbon, le chrome peut aussi se retrouver dans l'air et lors de l'évacuation des eaux le chrome peut se retrouver dans le sol.

La plupart du chrome de l'air se dépose finalement et finit dans l'eau ou dans le sol. Dans le sol, le chrome se lie fortement aux particules du sol et, par conséquent, il ne se déplace pas jusqu'aux eaux souterraines. Dans l'eau, le chrome est absorbé sur les sédiments et devient immobile, seule une petite partie du chrome qui se retrouve dans l'eau finit par se dissoudre. Le chrome (III) est un élément essentiel pour les organismes qui peut interrompre le métabolisme du sucre et provoquer des problèmes au cœur lorsque la dose quotidienne est trop faible. Le chrome (VI) est principalement toxique pour les organismes. Il peut altérer le matériel génétique et provoquer des cancers.

Les cultures possèdent un système contrôlant la consommation de chrome. Mais lorsque la quantité de chrome dans le sol augmente, cela peut mener à des concentrations plus élevées dans les cultures. L'acidification des sols influence aussi la consommation de chrome par les cultures. En général, les plantes absorbent uniquement le chrome (III). C'est peut-être le type essentiel de chrome mais lorsque les concentrations dépassent une certaine valeur, des conséquences négatives peuvent toujours se produire.

Le chrome n'est pas connu pour s'accumuler dans le corps des poissons, mais des concentrations élevées en chrome, du fait du rejet de produits en métal dans les eaux de surfaces peut endommager les ouïes des poissons nageant dans des eaux proches du point de rejet.

Chez les animaux, le chrome peut provoquer des problèmes respiratoires, une capacité plus faible à lutter contre les maladies, des défauts à la naissance, une infertilité ou la formation de tumeurs.

variables et sont directement liées au type d'industrie agroalimentaire, chimique, minière ou autre. Après des premiers traitements spécifiques, les eaux usées industrielles sont assimilables à des eaux usées domestiques, ce qui permet leur rejet dans un réseau de collecte public. [27]

### **III-2 les rejets (état des lieux) :**

#### **III-2-1 généralité sur les eaux usées :**

Les eaux usées ou effluents, sont des eaux utilisées et souillées par différentes substances telles que les détergents, les urines, les matières fécales, les huiles, les microorganismes (bactéries, virus, parasites), les pesticides, les engrais, etc. Elles sont issues des différents usages de l'eau liés aux activités humaines domestiques, industriels, agricoles ou autres. [27]

**III-2-1-1 Les eaux usées industrielles :**

Leurs caractéristiques sont extrêmement variables et sont directement liées au type d'industrie agroalimentaire, chimique, minière ou autre. Après des premiers traitements spécifiques, les eaux usées industrielles sont assimilables à des eaux usées domestiques, ce qui permet leur rejet dans un réseau de collecte public. [27]

**III-2-1-2 Les eaux usées agricoles:**

Issues des élevages. Elles sont polluées notamment par les déjections des animaux, on distingue plusieurs. [27]

**III-2-1-3 Les eaux pluviales :**

Peuvent être fortement polluées en particulier en début de pluie du fait du lessivage des fumées dans l'atmosphère, du lavage des chaussées grasses et des toitures chargées de poussière, du lessivage des zones agricoles traitées (écoulement de purin, épandage d'engrais et de désherbants) et des zones de terrassements (écoulement de boues). Les polluants présents dans ces eaux peuvent être des matières organiques biodégradables ou non, des matières en suspension ou dissoute, des toxiques. Les matières de vidange correspondent aux matières extraites de l'entretien des systèmes épuratoires individuels. Elles constituent un concentré de pollution domestique, leur évacuation et collecte font partie intégrante de l'assainissement des grandes catégories d'eaux. [27]

**III-2-2 analyses des eaux usées :**

Après la réception d'échantillon de l'eau de la station d'épuration, on procède aux analyses des eaux comme suit :

\*Vérification du PH : il doit être entre 5.5 et 8.5.

\*vérification de la température : la valeur limite 30°C.

\*indication de la concentration du chrome : la concentration limite 0.5 mg/l

\*indication de la concentration du cyanure : la concentration limite 0.1 mg/l

Si : la concentration du chrome ( $[Cr] > 0.15$  mg/l) il faut faire une réduction dans un milieu fortement acide.

-la concentration du cyanure ( $[CN] > 0.15$  mg/l) il faut faire une oxydation dans un milieu fortement acide



-PH < 5.5 ou PH > 8.5, il faut faire une neutralisation.

Vérification les paramètre suivants : **T,PH,CN ,Cr,Cu,Zn,P,Fe,Ni,DCO,MES**

Les eaux usées résiduaires traitées sont évacuées à la sortie de l'unité et après avoir subis aux différents procédés de traitement, vont rejoindre le milieu récepteur, un Oued à côté de l'unité, cet oued englobe aussi les eaux usées issues d'une autre grande unité qui est la cimenterie. [27]

**III-2-3 conformité des résultats d'analyse par rapport à la réglementation :**

	Limites réglementaire	02/10/2013	08/10/2013	21/10/2013	27/10/2013	30/10/2013
Température	30°C	23.7°C	22.1°C	20.4°C	22.33°C	20.02°C
PH	5.5 - 8.5	6.26	8.05	7.3	6.22	7.02
Cyanure	0.1 Mg/L	0.023	0.007	0.01	0.006	0.007
Chrome	0.5Mg/L	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01

	Limites réglementaire	13/11/2013	20/11/2013	21/10/2013	24/11/2013
Température	30°C	15.3°C	16.9°C	20.4°C	13.9°C
PH	5.5 - 8.5	7.3	6.7	7.3	6.9
Cyanure	0.1 Mg/L	0.016	0.025	0.01	0.040
Chrome	0.5Mg/L	0.06	0.06	0.03	0.05

	Limites réglementaire	03/12/2013	08/12/2013	18/12/2013	23/12/2013
Température	30°C	16.3°C	19°C	17.3°C	13.5°C
PH	5.5 - 8.5	5.85	6.41	6.30	6.37
Cyanure	0.1 Mg/L	0.00	0.042	0.031	0.010
Chrome	0.5Mg/L	0.08	0.24	0.06	0.08

**Tableau III-2 : Résultats d'analyses [27]**

**III-2-4 Identification des différents déchets:**

**Réglementation :**

**Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001** relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.

**Bilan des déchets recyclables :**

Désignation	Unité	2007	2008	2009
Déchets de laiton	Tonne	1207	608.9	466
Crasse de laiton	Tonne	186	198.18	174
Déchets d'acier	Tonne	63	2.17	00

**Tableau III-3 : Déchets recyclables [27]**

-Les déchets de laiton sont valorisés, une partie est récupérée à l'intérieur de l'installation Metatherm destinée à leur récupération et transformation en barres de pressage à chaud et une partie est vendue à des récupérateurs de déchets

Pour les déchets en acier, ils sont vendus.

-Les autres déchets sont générés par les résidus d'opérations chimiques et les déchets acides, alcalins et salins (majoritairement en provenance des activités de traitement et revêtement des surfaces des produits).

-Parmi les résidus des activités de traitement et revêtement des métaux, on distingue ainsi d'une part boues métalliques contenant des composés organiques et d'autre part des bains usagés contenant des alcalins et des acides. En vue d'un traitement de surface, d'un encollage, les pièces à usiner sont débarrassées de l'huile et des graisses.

-Des solvants sont utilisés couramment à cet usage. Les hydrocarbures halogènes les plus importants sont les hydrocarbures chlorés, en raison de leur caractère volatile et leur capacité à dissoudre les graisses.

-En outre, pour éliminer la calamine et d'autres contaminants sur les surfaces métalliques, on emploie des dégraissants et des produits de décapage.

-Pour le travail des métaux, on emploie des huiles et des préparations à bases d'huile appelées « les ou lubrifiants de coupe ». Ces fluides servent à la fois à la lubrification et au refroidissement des outils et des pièces lors des opérations d'usinage et de pressage.

-Les déchets d'emballage (plastiques, palette de bois et papier).

-Les batteries usées.

-Les déchets ménagers, qui sont générés par la cantine.

Type de déchets	Quantité stockées en T au	Mode de conditionnement	Condition de stockage	Lieu de stockage	Nocivité	Observation
Boue de phosphatation	4,40T	Sacs en plastique	Magasin	Site usine	Nocive	Non recyclable
Boue hydroxyde	25T	Sacs en plastique	Magasin	Site usine	Nocive	Non recyclable
Métaux non ferreux	0	Néant	A l'air libre	Site usine	Néant	Recyclable
Palette de Bois	0	Néant	A l'air libre	Site usine	Néant	Recyclable
Crasses de fours de laiton	0	Futs métalliques	A l'air libre	Site usine	Néant	Recyclable
Déchets de sable	0	En vrac	A l'air libre	Site usine	Néant	Recyclable
Déchets ménagers	0	En vrac	A l'air libre	Décharge	Néant	Non recyclable
Cartons	0	En vrac	Moyenne	Décharge	Néant	Recyclable
Produits chimique périmés	0,395	Leurs emballages initial fermés dans des	Moyenne	Site usine	Nocive	Non recyclable
Les batteries usées	10	Néant	A l'air libre	Site usine	Nocive	Recyclable
Chiffons souillés	0	En vrac	A l'air libre	Décharge	Nocive	Non recyclable
Gants usés souillés	0	En vrac	A l'air libre	Décharge	Nocive	Non recyclable
Plastiques		En vrac	A l'air libre	Site usine	Néant	Recyclable

**Tableau III-4 : Nature des déchets [27]**

**Génération des déchets, traitements et impacts :**

L'entreprise génère une multitude de déchets dont les principaux sont portés

Dans le (Tableau III-5)

Déchets	Traitement des déchets	Impact
_Crasses (cendres) de laiton <déchets indésirables banals >	Recyclable	Pollution du sol et de la nappe phréatique
_ Copeaux de laiton<déchets indésirables banals >	Recyclable	Pollution du sol et de la nappe phréatique
Gants de sécurité<déchets indésirables spéciaux>	Incinérable	Pollution du sol et l'air
Huiles usées <déches indésirables spéciaux>	Recyclable	Pollution du sol et de la nappe phréatique
Déchets de laiton en bavures <déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Boue huileuse<déchets indésirables spéciaux >	Incinérable	Pollution du sol ; air ; eaux
Gants de sécurité usés<déchets indésirables inertes>	Incinérable	Pollution du sol et de l'air
Déchets de noyaux au sable <déchets indésirables spéciaux >	Enfouis	Pollution du sol

Cendre de laiton<déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Déchets de grenaille<déches indésirables banals>	Recyclable	pollution du sol
Boue de poussière de laiton <déchets indésirables banals>	Enfouie	Pollution de sol
Disque à tronçonner usée <déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Bandes abrasives <déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Futs métalliques <déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Boue de chrome <déchets indésirables spéciaux>	Enfouie	Pollution du sol et de l'eau
Eaux usées <déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution de la nappe phréatique
Disques de polissage usés<déchets indésirables banals>	Recyclable	Pollution du sol
Emballage de carton <déchets indésirables banals>	Incinérable	Pollution du sol et de l'air
Pièces de rechange usées		Pollution du sol
Pièces de rechange électrique usées		
Coupeaux d'acier		

Coupeaux de fonte	Recyclable	
Coupeaux non ferreux		
Coupeaux de béryllium		
<b>Station d'épuration</b>		
Boue hydroxyde < <b>déchets indésirables spéciaux</b> >	Enfouie	Pollution du sol
Boue naturelle active < <b>déchets indésirables inertes</b> >	Recyclable	/
Eaux traitées rejetées		Pollution de l'eau et impacte sur la faune et la flore
Charbon actif < <b>déchets indésirables spéciaux</b> >	Enfouie	Pollution du sol

**Tableau III-5 :** déchets industriels et leurs transformations [27]

<b>VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS</b>				
<b>N°</b>	<b>PARAMETRES</b>	<b>UNITE</b>	<b>VALEURS LIMITES</b>	<b>TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS</b>
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

**Tableau III-6 : Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006** réglementant l'effluente liquide industrie [27]

**III-3 Le chrome dans le procédé:****III-3-1 Définitions et généralités :**

Le chrome est un métal d'origine naturelle très répandu dans la croûte terrestre sous forme d'oxydes ( $\text{CrO}_3$ ,  $\text{FeO}$ ),  $\text{PbCrO}_4$  et  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Il a été découvert à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle par le chimiste français Louis-Nicolas Vauquelin dans le minerai de plomb appelé crocoïte ou chromate de plomb  $\text{PbCrO}_4$  en Sibérie (Russie) [28]. Il existe sous deux formes : trivalent ou Cr(III) et hexavalent ou Cr(VI). La majorité du chrome provient de minerais dont le plus important et le plus abondant dans la croûte terrestre est la chromite ferreuse  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  où il se trouve sous la forme trivalente. La dénomination du nom chrome vient du mot grec « chroma » qui signifie couleur et qui lui a été alors attribué pour la grande diversité des couleurs éclatantes de ses composés [29,30]. Il fait partie du groupe chimique VIB comprenant également le molybdène et le tungstène qui se caractérisent par des corps simples métalliques qui ont des points de fusion élevés, des pressions de vapeur parmi les plus basses, des faibles coefficients de dilatation thermique. Il se forme sur leur surface, à température ambiante, une couche d'oxyde protectrice entravant souvent les réactions chimiques destructrices. Toutes ces propriétés physiques et chimiques font du chrome l'un des métaux le plus utilisé dans l'industrie [31]. Les gisements de chromite se trouvent principalement en Afrique du Sud, en Russie, au Zimbabwe, en Turquie, aux philippines et en Inde.

**III-3-2 toxicité du Chrome:**

-il est classé dans la catégorie cancérigène.

-peut provoquer le cancer

-peut provoquer des altérations génétiques héréditaires.

-très toxique par inhalation.

-peut entraîner une sensibilisation par inhalation.

-toxique par contact avec la peau.

-l'acide chromique à l'état sec ou humide a une action corrosive sur les yeux et la peau. Peut provoquer des brûlures.



-le contact avec la peau peut provoquer des brûlures graves, des ulcères et l'ulcération de la peau fissuré.

-l'ingestion peut provoquer des brûlures au niveau des voies digestives ainsi que des effets généralisés.

-les sels solubles de chrome hexa valent sont absorbé par le corps après contact direct avec la peau et les muqueuses : peut provoquer un empoisonnement générale et des lésions au niveau de la foi et des reins. [27]

### **III-3-3 Les différents procédés d'élimination :**

Dans la littérature, plusieurs procédés ont été utilisés pour l'élimination et la récupération du chrome. Nous développons ci-dessous les principaux procédés :

- Les procédés membranaires (osmose inverse, électrodialyse, nanofiltration, ultrafiltration).
- Les procédés chimiques (coagulation, précipitation, complexation, extraction par solvant).
- Les procédés biologiques (bio-réduction, bio-rémédiation).
- Les procédés d'adsorption (échange d'ions, résine spécifique, charbon actif, bentonite). [32]

#### **III-3-3-1 Procédés d'échange d'ions :**

Les procédés d'échange d'ions sont essentiellement des réactions d'échange entre des ions en solutions et des ions dans une phase solide insoluble ou des liquides non miscibles appelé résine échangeuse d'ions comportant des cations ou des anions mobiles susceptibles d'être réversiblement échangeables avec les ions de même charge des solutions d'électrolytes avec lesquelles ils sont mis en contact jusqu'à l'obtention d'un équilibre dicté par la loi d'action de masse. Les échangeurs d'ions sont utilisés comme masse filtrante pour le traitement de l'eau. L'échange d'ions est une technique permettant d'extraire sélectivement les sels de l'eau : adoucissement, décarbonatation, déminéralisation. [32]

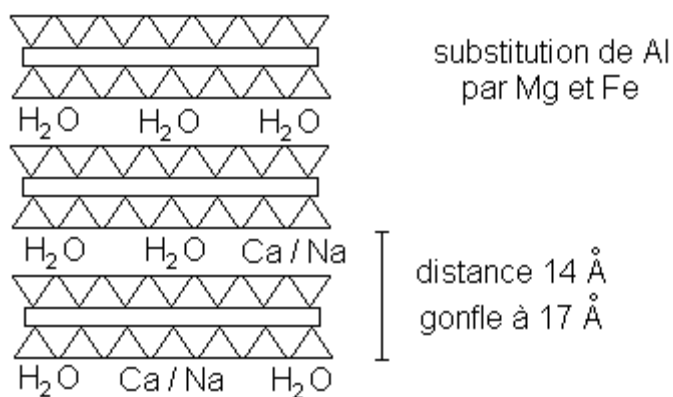
**III-3-4 Exemple d'interaction chrome- bentonite :**

L'utilisation intensive du chrome dans les industries a entraîné de grandes quantités d'effluents déversées dans la nature à des concentrations élevées, d'où la nécessité d'un traitement spécifique des rejets et une révision des réglementations concernant les teneurs du chrome présents dans les eaux [33].

La forme hexavalente du chrome est la plus problématique, le chrome (VI) est très toxique mais aussi très soluble dans l'eau sous cette forme. Cette solubilité lui confère une grande mobilité dans les écosystèmes. Le chrome hexavalent a été considéré comme l'un des polluants les plus toxiques à cause de ses propriétés cancérigènes et tératogénies sur l'être humain. Il est devenu un grave problème de santé. Le chrome peut être libéré dans l'environnement par diverses industries, y compris l'industrie du finissage des métaux, la sidérurgie et la production de produits chimiques inorganiques. L'utilisation intensive du chrome dans les industries a entraîné de grandes quantités d'effluents déversées dans la nature à des concentrations élevées, d'où la nécessité d'un traitement spécifique des rejets et une révision des réglementations concernant les teneurs du chrome présents dans les eaux. La valeur maximale du chrome destinée à la consommation humaine est estimée à 0,1 mg l-selon U.S.EPA. [34]

Les argiles sont largement utilisées dans des domaines diversifiés et présentent un grand intérêt industriel qu'agricole. Les bentonites sont des argiles gonflantes, elles développent de grandes surfaces spécifiques et possèdent des espaces interfoliaires [35] qui servent de support au cours des intercalations (Figure III-1) par échange d'ions ; ces matériaux sont dotés d'un grand pouvoir adsorbant qui est un phénomène de surface spontané par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces des solides selon divers processus.

Plusieurs bibliographies traitent ce processus, nous avons voulu proposer cette technique à l'unité de chromatation qui utilise des résines échangeuses d'ions importées.



**Figure III-1 :** Schéma montrant les cavités de fixation du chrome

Les matériaux utilisés sont des bentonites locales

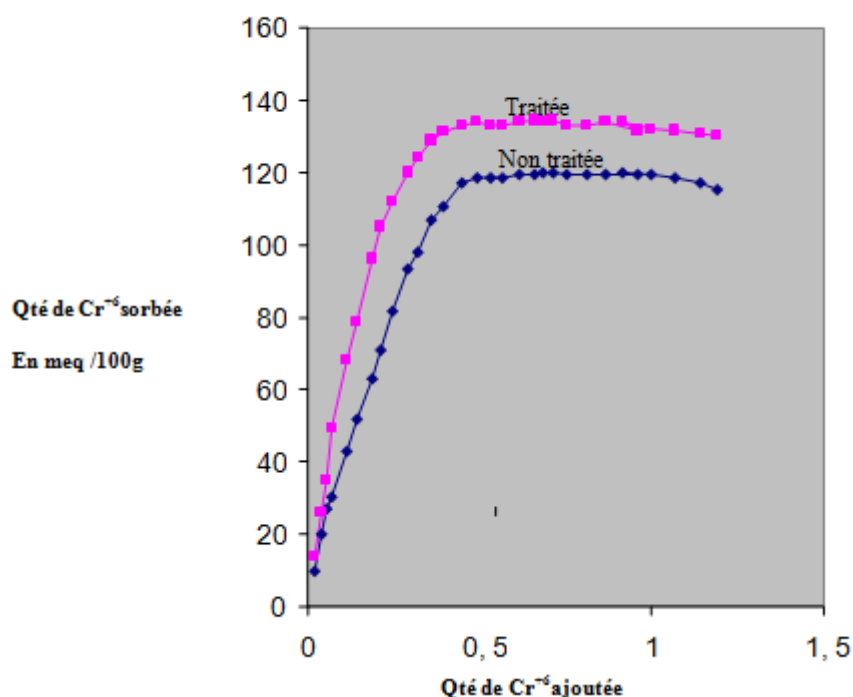
Ex. bentonite de Maghnia.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ti <sub>2</sub> O	As	PAF
%	69,4	14,7	1,2	1,1	0,3	0,5	0,8	0,2	0,05	11

**Tableau III-7 :** Composition de la bentonite de Maghnia

La bentonite contient beaucoup d'impuretés qu'il faut éliminer par sédimentation. [35]

La fraction argileuse réagit avec des solutions de Cr (VI) par agitation puis décantation ; les filtrats sont analysés et les résultats sont montrés sur (Figure III-1). [36]



**Figure III-2** : Isothermes d'adsorption de  $[Cr^{+6}]$  (Sur le mélange)

On remarque que pour la bentonite traitée au taux de rétention meilleur.

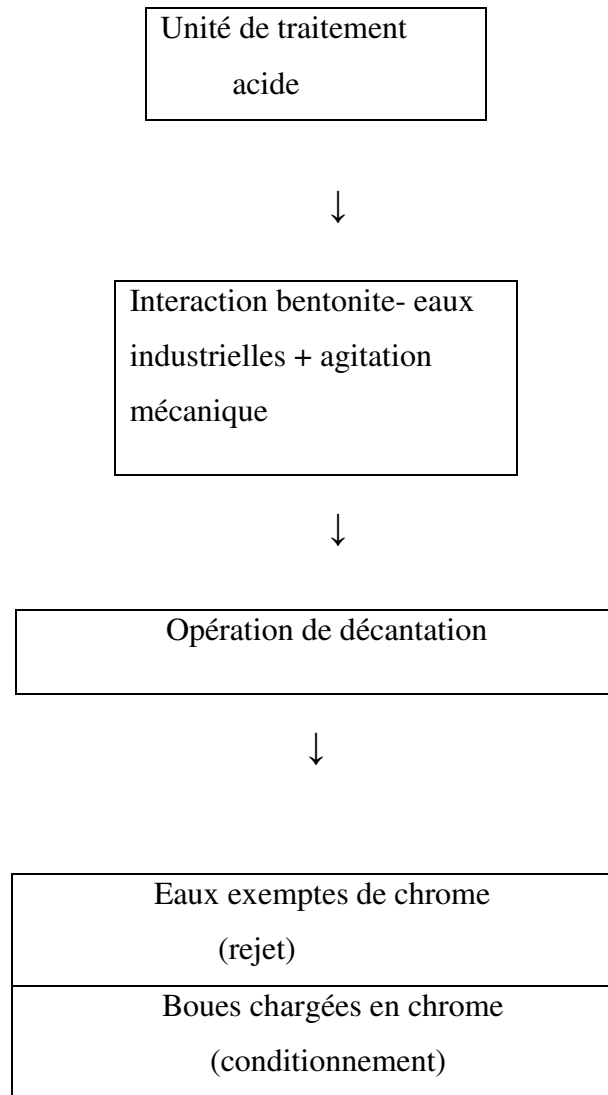
La capacité d'échange cationique (CEC) représente la charge sur la surface de l'argile.

Nécessaire à la compensation des charges ; elle s'exprime en milliéquivalent rapportée à 100g d'argile, on remarque qu'elle varie avec le PH (cas de la bentonite traitée) et dépend de la granulométrie car le comportement colloïdal des argiles est dû aux charges superficielles d'où l'importance dans cette étude du système (eau-argile) ; il faut aussi tenir compte des différents degrés d'humidité.

La proposition à l'échelle industrielle (Figure III-3) consiste à la création d'une ligne de traitement acide de la bentonite, ce qui permet de donner à l'argile de bonnes propriétés de rétention.

On doit ensuite installer un bassin pour l'interaction de la bentonite avec les eaux industrielles chargées en chrome avec des agitations mécaniques ; le processus doit durer deux heures afin de garantir l'adsorption totale du chrome puis on laisse reposer pendant trois

heures jusqu'à la décantation complète, les eaux exemptes de traces de chrome (après analyse) seront évacuées et les boues obtenues chargées en chrome seront conditionnées.



**Figure III-3 :** Unité de traitement des eaux industrielles par la bentonite

## Conclusion générale

Nous avons présenté dans ce travail une entreprise algérienne spécialisée dans le domaine des traitements de surface et en particulier la chromatation, procédé qui utilise des solutions de chrome, qui existe sous les formes +3 et +6, la forme +6 étant la plus toxique et dont les impacts pour l'environnement sont exposés avec une contribution pour l'élimination de ces produits toxiques par une argile locale.

Il existe trois grandes familles d'argile que l'on classe selon le nombre de couches tétraédriques et octaédriques qui constituent leurs feuillets. Les interstices entre les feuillets peuvent contenir des molécules d'eau ou des ions. Les minéraux argileux possèdent de grandes surfaces spécifiques (jusqu'à 800 m<sup>2</sup>/g) et de grandes capacités d'échange cationique. Les argiles peuvent donc retenir une importante quantité de métaux lourds par adsorption qui est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules se fixent sur la surface solide d'un substrat selon divers processus. Certains minéraux, comme les argiles ou les zéolites, sont d'excellents adsorbants, grâce à leurs très grandes surfaces spécifiques.

Nous avons tenté dans ce travail, par une proposition d'une argile gonflante (la bentonite), la rétention du chrome dans les eaux de rejet, dont l'application à l'échelle de laboratoire semble être efficace et dont l'application à l'échelle industrielle est simple et moins coûteuse par rapport aux produits utilisés.

## Bibliographie:

- [1] : (document de l'entreprise BCR Sétif 2019)
- [2] : <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-chrome-4691/>
- [3] :C. Kasper, Théorie du Chromage, J.Res.Nat.Bur. Stand (USA) ,1932.
- [4] :G.O T.S ; fiche techniques guide pratique du chef d'atelier 1989
- [5]: Yi Wang, Dongfang Liu, Jianbo Lu, Jian Huang. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 481 (2015) 133-142.
- [6] :<http://www.chromage-decoratif.fr/images/chromage-vieille-voiture.jpg>
- [7] : HOARE (J.P.). – Plat. Surf. Finish. 9, 76 (1989).
- [8] :<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/1789>
- [9] : <https://www.plansee.com/fr/materiaux/chrome.html>
- [10] : Alain PRONER: Revêtements par projection thermique (pages 6, 7 et 8) année: 1999
- [11] :[http://m.20-bal.com/pars\\_docs/refs/22/21475/21475\\_html\\_2b3597bb.gif](http://m.20-bal.com/pars_docs/refs/22/21475/21475_html_2b3597bb.gif)
- [12] :M. Wery, Décapage des Métaux, M1455, Technique de l'Ingénieur, 2000
- [13] :M. Wery, Dégraissage, M1450, Technique de l'Ingénieur, 2000.
- [14] :R. Tournier, Polissage Mécanique, M1495, Technique de l'Ingénieur, 2000
- [15] :J. Deruelle, Préparation des Surfaces, Introduction, Technique de l'Ingénieur, 2000.
- [16] : MARTINS (A.) et CARPENI (G.). – J. Chim. Phys., 60, p. 534 (1963).
- [17] :G.O T.S ; fiche techniques guide pratique du chef d'atelier 1989
- [18] : <https://fr.scribd.com/document/270271776/M1615>
- [19] : ADRIANO D.C., 2001. Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag, New York.
- [20] : BEHANZIN G. J., ADJOU E.S., YESSOUFOU A.G., DAHOUENON A.E. et SEZAN A., 2014. Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, Journal Applied Biosciences, Vol 83, pp 7499-7505.
- [21] : BOURRELIER, P.H., BERTHELIN J. (1998) - Contamination des sols par les éléments en traces: les risques et leur gestion. Rapport n°42, Académie des Sciences. (Ed). Lavoisier, 300p.
- [22]: BOWEN H., J., M., 1979.Environmental chemistry of the elements, Ed AcademicPress, New York, pp.49-62.
- [23] : ROBERT N, JUSTE C., (1999) Enjeux environnementaux et industriels- Dynamiques des éléments traces dans l'écosystème sol. In : spéciation des métaux dans le sol, les cahiers du club Crin, Paris, p 15-37.
- [24]: WEISS D., SHOTYK W., KEMPF O., 1999.Archives of Atmospheric Lead Pollution. NaturWissenschaften. Mémoire de magister de l'université de Tlemcen-Algérie.

- [25] : JUSTE, C. 1995 - Les micropolluants métalliques dans les boues résiduaire des stations d'épuration urbaines. Convention ADEME-INRA, ADEME (ed), 209p
- [26] : BAIZE, D. (1997) - Teneurs en éléments traces métalliques dans les sols (France). Paris: INRA, 401p.
- [27] : document du molybdène et du tungstène de l'environnement de l'entreprise BCR Sétif
- [28] : Risikesh Thakur, G. D. Sharma, B. S. Dwivedi, S. K. Khatik, Jr. of Industrial Pollution Control, 23 (2) (2007) 209-215.
- [29] Eleni Vaiopoulou, Petros Gikas, A review, Water Research, 46 (2012) 549-570.
- [30] M. E. Losi, C. Amrhein, W. T. Frankenberger Jr, Environmental Toxicology and Chemistry, 13 (1994) 1727-1735.
- [31] Leticia Torres Rodriguez, Juan Manuel Vargas Morales, Juan F. Cárdenas-González, María de Guadalupe Moctezuma-Zárate, International Journal of Applied Science and Technology, 5(2015) 45-52.
- [32] : Ikhlass MARZOUK TRIFI Thèse de Docteur (Etude de l'élimination du chrome VI par adsorption sur l'alumine activée et par dialyse ionique croisée) année le 22/12/2012 Université Paris-Est Créteil ICMPE
- [33] : Amer et Boucherguine « étude du chrome hexavalent sur une bentonite activée »  
Master 2017 Université A.Mira Bejaia.
- [34] :M. IKHLASS MARZOUK TRIF, << Etude de l'élimination du chrome (VI) par, adsorption sur l'alumine activée et par dialyse ionique croisée>>, thèse de doctorat Université Paris-Est, 2012. Français.
- [35] :A. SASSI, « propriétés de transport dans une montmorillonite »  
Thèse de Docteur Ingénieur Université des Sciences et Techniques Montpellier France 1987
- [36] :A.SASSI et al. Projet de recherche (J1401) « étude de la fixation des micropolluants inorganiques sur une bentonite) Université Ibn Khaldoun Tiaret 2003



## RESUME

Le chrome est un matériau très utilisé pour les revêtements protecteurs ; il intervient dans le procédé de chromage, il est résistant à l'usure et protège les surfaces métalliques contre la corrosion.

Le chrome (VI) est principalement toxique pour les organismes. Il peut altérer le matériel génétique et provoquer des cancers de ce fait, il a un grand impact pour l'environnement.

La forme hexavalente du chrome est la plus problématique, le chrome (VI) est très toxique mais aussi très soluble dans l'eau sous cette forme ; cette solubilité lui confère une grande mobilité dans les écosystèmes. Les argiles sont souvent utilisées comme une alternative économique pour le traitement des eaux.

Compte tenu des propriétés d'adsorption des bentonites, nous avons montré qu'il est possible de fixer des quantités de chrome contenues dans les eaux industrielles avant leur rejet.

### ملخص

الكروم هو مادة تستخدم على نطاق واسع لطلاءات واقية . يتم استخدامه في عملية الطلاء بالكروم ، إنه مقاوم للتآكل ويحمي الأسطح المعدنية من التآكل.

الكروم (سادسا) سامة للكائنات الحية. يمكن أن يغير المادة الوراثية ويسبب السرطان بسبب هذا ، له تأثير كبير على البيئة.

شكل سداسي التكافؤ من الكروم هو الأكثر إشكالية، والكروم (سادسا) سامة للغاية ولكن أيضا قابل للذوبان في الماء في هذا الشكل . هذا الذوبان يعطيها قابلية كبيرة للتنقل في النظم الإيكولوجية. وغالبا ما تستخدم الطين كبديل اقتصادي لمعالجة المياه.

نظراً لخصائص امتزاز البنتونيت ، فقد أظهرنا أنه من الممكن إصلاح كميات الكروم الموجودة في المياه الصناعية قبل تصريفها.

## **ABSTRACT**

Chromium is a widely used material for protective coatings; it is used in the chrome plating process, it is resistant to wear and protects metal surfaces against corrosion.

Chromium (VI) is mainly toxic to organisms. It can alter the genetic material and cause cancer because of this, it has a great impact on the environment.

The hexavalent form of chromium is the most problematic, chromium (VI) is very toxic but also very soluble in water in this form; this solubility gives it great mobility in ecosystems. Clays are often used as an economical alternative for water treatment.

Given the adsorption properties of bentonites, we have shown that it is possible to fix the amounts of chromium contained in industrial waters before they are discharged.