



Licence sciences et techniques branche eau et environnement

Etude de faisabilité de l'adsorption du Chrome sur un matériaux à base d'argile

Réalisé par :

Chaimaa Ghoufir
Sanae Essaoudi

Encadrant interne :

Mr A.Benkaddour

Encadrant de stage :

Mr H.Chahid

Co-encadrant :

Mr A. Ait Hman

Année Universitaire 2014 - 2015



L'accomplissement du présent travail n'a été possible qu'avec le soutien d'ALLAH et de certaines personnes .Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé, en particulier Mr CHAHID le chef de service de la station de traitement d'eau potable, notre profonde reconnaissance s'adresse également à Mr ARAFA AIT HMANE ,IMANE DAHOUE et Mr ABDELMAJID pour leurs efforts précieuses ,leurs conseils et leurs disponibilités durant toute la période du stage sans oublier évidemment toute l'équipe chargée du service de traitement de l'eau potable Rocade pour ses soutiens et aides fructueux. Nos vifs remerciements vont également à notre encadrant Mr A. BENKADDOUR qui a tant déployé d'efforts pour la réussite de ce programme, nous citons notamment Mlle BOURGEOINI et Mr DAOUDI pour leurs aides et leurs disponibilités étaient estimables afin d'accomplir certaines tâches de notre projet. Nous remercions aussi Mr RIZKI qui a bien voulu siéger dans ce jury et accepter d'évaluer notre travail. Nos sincères remerciements s'adressent aussi à Mmes et Mrs les professeurs du département des Sciences de la terre, FST Marrakech, pour nous avoir permis d'acquérir une excellente formation en eau et Environnement, une formation didactique et appréciable tout au long de notre cursus. Nous leur exprimons notre reconnaissance et remerciements.

*Enfin, une grande pensée à nos familles qui ont supporté toutes mes demandes matérielles et morales. Que nous sommes heureuses de les voir assister au fruit de leurs sacrifices.
Merci à tous.*

RESUME

Ce travail consiste en une étude sur la faisabilité de l'adsorption du chrome par la boue de la station de traitement de l'eau potable Rocate à Marrakech.

La fonction de la station Rocate est d'alimenter la ville Marrakech en eau potable, ce traitement s'accompagne de la formation d'un sédiment résiduel, c'est la boue purgée au niveau des décanteurs de la station.

Au cours de ces dernières années, la station de traitement Rocate se concentre sur la problématique des boues; leur mise en décharge cause une problématique environnementale. À cet égard la boue peut être utilisée comme un adsorbant naturel pour atteindre l'objectif de décontamination des eaux usées à savoir les rejets de tanneries chargées du chrome trivalent.

La possibilité d'éliminer ce métal des rejets de tanneries a été traitée par différentes études, ces recherches ont donc pour principal objectif d'évaluer et optimiser l'emploi des adsorbants naturels tels que les boues, lesquelles sont facilement disponibles et à peu de frais, reste une voie prometteuse pour atteindre l'objectif de décontamination des eaux usées de tanneries chargé du chrome trivalent.

Table de matières

Chapitre I : Station de traitement de l'eau potable à Marrakech (Station Rocade).....**Erreur ! Signet non défini.**

- I- Présentation de l'ONEE Branche Eau :.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - I-1- Station de Traitement de l'eau potable de la ville de Marrakech (station Rocade)
.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - I-2- Ressources souterraines :**Erreur ! Signet non défini.**
 - I-3- Ressources superficielles en eau :**Erreur ! Signet non défini.**
- II- Filières de Traitement:.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-1- Dégrillage.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-2- Ouvrage d'arrivée**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-3- Pré oxydation**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-4- Débourbage**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-5- Clarification**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-6- Laboratoire Rocade :.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-7- Analyses physico-chimiques.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-8- Jar test :**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-9- Analyses bactériologiques**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-10- Etude de cas :**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-11- Traitement des boues de vidanges de la station de traitement : **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre II : Généralité sur les processus d'adsorption du chrome sur les argiles.....**Erreur ! Signet non défini.**

- I- L'adsorption**Erreur ! Signet non défini.**
- II- Généralités sur l'argile**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-1- Structure des minéraux argileux :**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-2- Propriétés et rôle des minéraux argileux.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-3- Réactivité de la surface des argiles**Erreur ! Signet non défini.**
 - II-4- Résumés des thèses traitant l'adsorption des matériaux sur les argiles :**Erreur ! Signet non défini.**
- III- Généralité sur le chrome :.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-1- Présence du chrome dans la nature**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-2- Etats d'oxydation du chrome**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-3- Mobilité du chrome dans le sol.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-4- La toxicité du chrome**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre 3 : l'étude de la faisabilité de l'adsorption du chrome sur un matériau à base d'argile
.....**Erreur ! Signet non défini.**

- I- Introduction:.....**Erreur ! Signet non défini.**
- II- Problématique:.....**Erreur ! Signet non défini.**
- III- Proposition d'une solution à cette problématique:.....**Erreur ! Signet non défini.**
 - Matériaux et méthodes :**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-1- Premier essai :**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-2- Deuxième essai :**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-3- Discussion des résultats :**Erreur ! Signet non défini.**
 - III-4- Synthèse :.....**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre 4 : Test de validation des analyses**Erreur ! Signet non défini.**

- I- Essai de validation :.....**Erreur ! Signet non défini.**
- II- Caractérisation d'un prélèvement du rejet du Chrome du Tannerie : **Erreur ! Signet non défini.**

II-1- Protocole de l'essai de calcination :	49
II-2- Interprétations:	49
Conclusion :	50

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Schéma synoptique, ressources souterraines	11
Figure 2 : Schéma synoptique, ressources superficielles	14
Figure 3 : Procédés de filtration au sein de la station Rocate	19
Figure 4 : Turbidité de l'eau décantée en fonction de la dose de sulfate d'alumine	23
Figure 5 : Turbidité de l'eau filtrée en fonction de la dose de sulfate d'alumine	23
Figure 6 : Turbidité de l'eau décantée en fonction de la dose de sulfate d'alumine	26
Figure 7 : Turbidité de l'eau filtrée en fonction de la dose de sulfate d'alumine	26
Figure 8 : Structure des minéraux argileux	31
Figure 9 : Diagramme de Pourbaix du chrome dans l'eau, l'acide perchlorique ou l'hydroxyde de sodium, à 25°C, $[Cr^{3+}] = 10 \mu m$,	34
Figure 10 : courbe d'adsorption du chrome par la boue : optimum	42
Figure 11 : courbe d'adsorption du chrome par la boue : optimum	44
Figure 12 : courbe résultante de la diffraction de laser pour la boue de la station	46
Figure 13 : courbe résultante de la diffraction de laser pour l'argile de poterie	47

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1: normes des paramètres physico-chimiques	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2: récapitulation des analyses effectuées sur l'eau brute 10/05/2015	21
Tableau 3 : récapitulation des analyses de l'essai de Jar test effectuées sur l'eau traitée 10/05/2015	22
Tableau 4 : récapitulation des analyses effectuées sur l'eau brute 26/05/2015	24
Tableau 5 : récapitulation des analyses de l'essai de Jar test effectuées sur l'eau traitée 26/05/2015	25
Tableau 6 : principales bactéries analysées au niveau du laboratoire	27
Tableau 7: doses du chrome et les masses de la boue utilisés lors du premier essai	41
Tableau 8: résultats obtenus par l'adsorption atomique sont récapitulés dans le tableau ci après :	42
Tableau 9: résultats obtenus par l'adsorption atomique sont récapitulés dans le tableau ci après :	43
Tableau 10 : caractérisation de l'échantillon du rejet de chrome	48

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Station Rcade de traitement des eaux potables à Marrakech

Photo 2: Barrage de Lalla Takerkoust

Photo 3 : Dégrilleur de la station Rcade

Photo 4: Ouvrage d'arrivée de la station de traitement Rcade

Photo 5: Décanteurs au niveau de la station Rcade

Photo 6 : Processus de filtration au niveau de la station Rcade

Photo 7 : Activité de tannerie à Bâb Dbagh Marrakech

Photo 8 : Préparation de la boue de la station Rcade

Photo 9 : Préparation de la solution du chrome (dosage)

Photo 10 : Essai de Jar test avec des doses croissantes de la boue

Photo 11 : Analyse du chrome résiduel à l'aide de l'appareil de l'absorption atomique

Photo 12: Essai de Jar test avec des doses croissantes de la boue dopée

Photo 13: Machine de granulométrie par diffraction laser

Photo 14: Préparation des échantillons au niveau du laboratoire de la FST (faculté de sciences et techniques)

Photo 15: Préparation des nitrates au sein de laboratoire de station Rcade

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP : alimentation en eau potable

ADN : acide désoxyribonucléique

HOCL : acide hypochloreux

MES : matières en suspension

MST : matières sèches totale

MVS : matières volatile solide

MF : membrane filtrante

NPP : nombre le plus probable

NTU : néphélométrie turbidity units (mesure de la lumière diffue à 90°)

ONEE : Office Nationale de l'Eau et l'Electricité

ONE : Office Nationale d'Electricité

PH : potentiel d'hydrogène

T : température

TA : titre alcalimétrique

TH : titre hydrotimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

DCO : demande chimique en oxygène

L'Or bleu

L'eau dont nous disposons dans la nature n'est pas directement utilisable pour la consommation humaine ni pour l'industrie car elle n'est pas potable sauf de rares cas suffisamment pure, lors de sa circulation dans le sol à la surface de la terre ou même dans l'air.

L'eau se pollue et se charge de matières en suspensions ou en solution ; des particules d'argiles ; des sels divers (chlorures, sulfates, carbonates de sodium de calcium, fer, manganèse ...) de matières organiques (Acide humique, fulviques, résidu de fabrication, gaz ...etc.).

Alors la présence de ces impuretés de différentes natures impose le traitement des eaux avant leurs utilisations pour les rendre aptes aux applications envisagées ou après utilisation pour éviter tout risque de contamination à notre environnement.

Pour parvenir aux résultats recherchés depuis l'obtention d'un liquide clair et limpide pour la consommation humaine jusqu'à celle de l'eau extra pure demandée par l'industrie électrique moderne.

A cet égard nous effectuons au sein de l'office ONEE Branche Eau des diverses analyses physico chimiques et bactériologiques sur des échantillons prélevés au niveau des différents stations de traitement.

I- Présentation de l'ONEE Branche Eau :

Crée en 1972, l'Office National de l'Eau Potable est un organisme public chargé de la production des eaux potables à l'échelle nationale au niveau urbain et rural.

Actuellement l'Office porte une nouvelle dénomination après la fusion avec l'ONE (Office Nationale d'Electricité), l'Office est devenue l'ONEE Branche Eau.

Pour assurer le contrôle de la qualité des eaux l'ONEE dispose d'un laboratoire central et de 27 laboratoires décentralisés repartis sur le territoire national.

Les principales activités de l'Office sont :

1. La planification de l approvisionnement en eau potable du royaume
2. La programmation des projets
3. Le contrôle de la qualité des eaux produites et distribuées
4. L'assurance de l'exécution des travaux des unités de production et distribution
5. La gestion de la production d'eau potable
6. L'assistance en matière de surveillance de la qualité des eaux
7. L assainissement au niveau des centres

I-1- Station de Traitement de l'eau potable de la ville de Marrakech (station Rocade)

La station de Traitement Rocade est une usine de production d'eau potable qui a été réalisée en 1983 pour assurer l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech et quelques centres avoisinants le débit nominal de la station S1 est 1400 l/s. La deuxième tranche S2 a été réalisée en 2007 pour un débit de 700 l/s. La troisième tranche S3 a été réalisée en 2012 pour un débit de 1000 l/s.

L'Usine de Traitement Rocade comporte les ouvrages suivants et sont répartis par station.



Photo 1: station Rocade de traitement des eaux potables à Marrakech
(Masrouh, 2014)

I-1-1- Station S1 :

- Un ouvrage d'eau comportant une chambre de dissipation d'énergie et deux déversoirs alimentant équitablement les deux les files de traitement.
- Quatre décanteurs à recirculation de boues par turbine (deux décanteurs par file.)
- Dix filtres à sable comportant : un plancher constitué de dalles en béton assemblées munies de tuyauterie, un filtrant de sable granulométrie de 0,95 mm environ, un matelas d'eau de 81cm au-dessus du sable pour éviter le dégazage en période chaude, les filtres sont utilisés à un débit variant de 375 à 550 m³ /h et la vitesse de filtration à débit nominal est de 5,95 m³/h.

I-1-2- Station S2 :

- Un ouvrage d'arrivée d'eau brute assurant la répartition de l'eau entre les deux files.
- Deux débourbeurs lamellaires dont la capacité de traitement allant jusqu'à 50 g/l en MES (Matière En Suspension).
- Deux décanteurs lamellaires.
- Une batterie de six filtres à sable.
- Une citerne d'eau traitée de 20000 m³.
- Une station de recyclage des eaux de lavage qui parviennent des lavages des filtres et les eaux de surverse issues de traitement de boue.

I-1-3- Station S3:

- Un ouvrage d'arrivée d'eau brute assurant la répartition de l'eau entre les deux files

- Deux débourbeurs lamellaires
- Deux décanteurs lamellaires
- Dix filtres à sable
- Une citerne de 10000 m³

I-1-4- Station de Traitement des Boues :

La station de traitement des boues est composée par deux épaisseurs type lamellaire et un épaisseur type circulaire pour traitement les boues issues de traitement des eaux dans un objectif de recycler une partie des eaux de lavages en tête de la filière.

Les boues après épaissement sont donc stockées au niveau des lits de séchage qui sont au nombre de 90 lits assurant une surface de 27 000 m².(méthodologie d'analyse des eaux 1984)

I-2- Ressources souterraines :

Les ressources souterraines qui participent actuellement en partie de l'AEP de la ville de Marrakech sont regroupées au niveau des champs captant d'Agdal, N'Fis, Bahja, Ourika, Issil et Ménara le débit total généralement prélevée à partir de ces ressources ne dépasse pas 200 l/s.

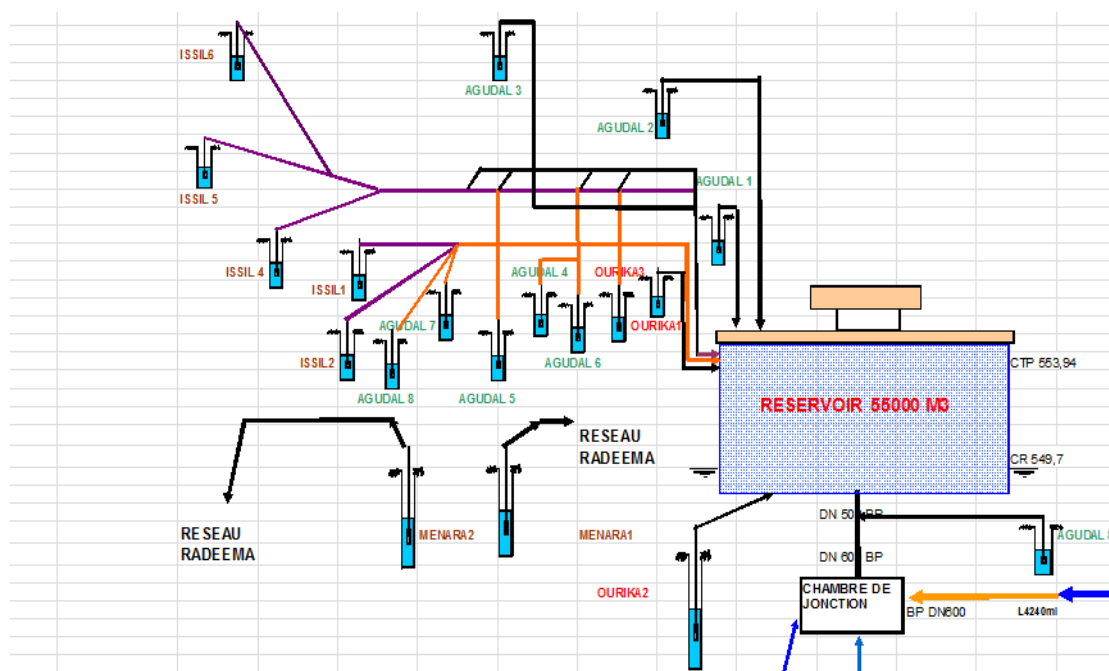


Figure 1:Schéma synoptique, ressources souterraines(ONEP)

I-2-1- Barrage lalla takerkoust :

Le barrage Lalla Takerkoust, situé à environ 35 Km au Sud Ouest de Marrakech, a été construit entre 1929 et 1935 pour l'irrigation et la production d'énergie électrique. Il est construit sur l'oued N'fis qui prend sa source dans la chaîne du haut Atlas et qui est un affluent de l'oued Tensift traversant d'Est en Ouest l'immense plaine alluviale du Haouz de Marrakech d'une superficie d'environ 6.000 Km²

Le barrage existe à une distance de 35km de la station, c'est la ressource de secours en cas d'une charge ou un entretien au niveau du canal Rocate l'eau pompée par une station de pompage de trois pompes en parallèle à un réservoir puis il arrive gravitairement à la station de traitement par une conduite de 1000 mm et contient aussi une vanne de sectionnement et une autre pour la régulation de débit.



Photo 2: Barrage Lalla Takerkoust
(Masrouh, 2014)

I-2-2- Barrage Sidi Driss :

Le barrage de Sidi Driss est le compensateur du barrage réservoir de Hassan premier situé à une quarantaine de km plus à l'amont. Il est situé au piémont du bassin hydrogéologique du Haut Atlas calcaire au contact de ce dernier avec la chaîne des Jbilette et la plaine du Haouz. La caractéristique essentielle de ce vaste domaine montagneux de l'Atlas, dont l'étendue est d'environ 35.000 km², réside en la présence généralisée de puissants réservoirs naturels calcaires qui contiennent d'importantes réserves d'eaux emmagasinées et exercent de ce fait une

régularisation d'importance décroissante d'Ouest en Est et du Nord au Sud. Les eaux dérivées par Sidi Driss transitent à travers le Canal de Rcade long de 120 km, vers la plaine du Haouz Central.

I-2-3- Barrage Yaakoub Elmanssour :

Ce barrage comporte une retenue de 70 millions de mètres cubes, il est situé sur l'Oued N'fis à 65 km au sud de Marrakech et à environ 20 km à l'amont du barrage Lalla Takerkoust, il permettra d'améliorer la capacité de régulation de l'Oued N'fis au niveau du barrage Lalla Takerkoust. Il permettra également de renforcer l'AEP de Marrakech et de diminuer les pertes d'eau vers l'aval ainsi qu'il aura un impact socio-économique positif sur la région.

I-3- Ressources superficielles en eau :

L'usine de Traitement Rcade est alimentée en eau brute à partir de deux ressources superficielles : Le canal Rcade en tant que ressource principale acheminant les eaux de la retenue du barrage Sidi Driss, ce dernier joue le rôle compensateur et s'alimente en eau à partir du barrage Hassan 1^{er}.

Le Barrage Lalla Takerkoust en tant que ressource de secours et s'alimente aussi de la retenue du Barrage Yaacoub Al Mansour.

Le canal Rcade achemine de l'eau sur une étendue de 118 Km est composé de sept biefs pour assurer la régulation de la débitance en eau, la prise ONEE est située au niveau du sixième régulateur au point kilométrique 112 Km à partir de la sortie du barrage Sidi Driss.

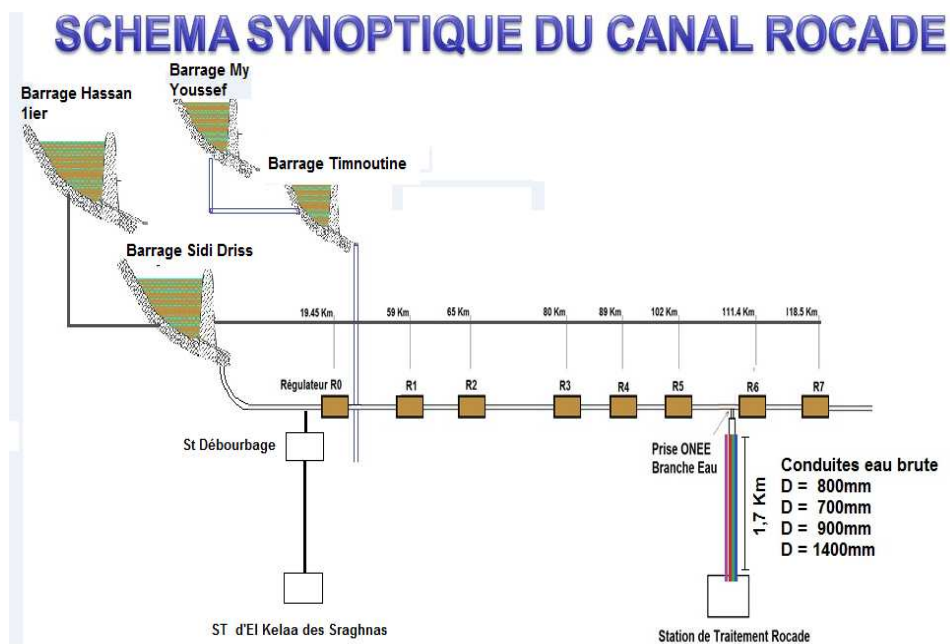


Figure 2:Schéma synoptique, ressources superficielles (ONEP)

Filières de Traitement: (méthodologie d'analyse des eaux 1984)

Le procédé de traitement adopté au niveau de l'usine est composé des étapes suivantes :

II-1- Dégrillage

En fonction des matières solides ; des gros déchets tels que les branches, les bouteilles en plastiques, herbes mortes, tronc d'arbre..., Ils sont charriés par l'eau brute à traiter, pour ce faire nous adopterons le type de dégrilleur que nous estimons le plus approprié, parmi ceux mentionnés ci-après ou autres :

- Les grilles fixes à barreaux, espacement de 30 à 120 mm, destinés à retenir les plus gros matériaux pouvant se présenter épisodiquement. L'extraction des matériaux se fait manuellement ou à l'aide de matériels de levage.
- Les dégrilleurs automatiques dont l'espacement des barreaux est de l'ordre de 15 à 60 mm, ils constituent en général le premier maillon de la chaîne des équipements électromécaniques de filtration. Le fonctionnement du dégrilleur ainsi que l'extraction des déchets sont automatisés

moyens de détecteurs de perte de charge. Nous prévoyons des bennes pour charger les matériaux enlevés, Les grilles fixes à tamis, à maille de filtration de 1 à 10 mm, placés perpendiculairement à l'écoulement. Le lavage de la grille se fait manuellement, celle-ci étant relevée hors de l'eau pour le nettoyage.



Photo 3 : Dégrilleur de la station Rocade (prise)

II-2- Ouvrage d'arrivée

L'ouvrage d'arrivée est, en général, conçu pour assurer la réception de l'eau brute (l'eau du **canal de Rocade** et l'eau du **barrage de Takerkoust**) et son équirépartition (par utilisation de déversoirs) vers les différentes files de traitement. L'injection de **l'eau chlorée** ou de la solution d'**hypochlorite** pour la préchloration ou le renforcement de cette dernière pourrait être éventuellement effectuée juste à la sortie des déversoirs précités au cas où elle n'a pas été prévue à l'amont de cet ouvrage.



Photo 4: Ouvrage d'arrivée de la station de traitement Rocade (prise)

II-3- Pré oxydation

L'objectif de cette étape c'est d'assurer l'effet bactériostatique et bactéricide de l'oxydant en plus de pouvoir :

C'est une méthode qui s'applique au début du traitement pour :

- Eliminer l'azote ammoniacal.
- Eliminer la couleur.
- Améliorer la clarification.
- Maintenir la propreté des installations de traitement.

Cela veut dire la lutte contre la prolifération d'organismes (algues) qui ne sont pas pathogènes mais qui nuisent au bon fonctionnement de certains ouvrages comme les décanteurs et les filtres. Selon la nature et le taux d'oxydant utilisé, ces différents objectifs sont plus au moins complètement atteints, Généralement le chlore est introduit sous forme gazeux (Cl_2) pour la désinfection, ou acide hypochloreux (HOCL).

Exemple d'oxydant les permanganates de potassium sont utilisés pour l'oxydation de Fer et de Manganèses.

II-4- Débourbage

C'est une étape de prétraitement qui permet l'abattement de la matière en suspension :

L'objectif du débourbeur est la dégradation des matières en suspension lourdes (traitement physique).

L'eau arrive au centre du débourbeur à l'intérieur d'une jupe métallique, l'eau brute chargée descend le long de cette jupe et lorsque celle-ci se termine en profondeur les eaux déchargées ayant une densité plus faible remontent à la surface.

Les boues restent au fond et un système de racleurs évacue celle-ci par le biais des purges d'évacuation.

En surface un déversoir récupère les eaux débourbées qui poursuivent leur cheminement jusqu'à l'ouvrage numéro 2.

Le débourbeur permet un rabattement de la MES (matière en suspension)

II-5- Clarification

C'est au cours de cette étape que sont extraits de l'eau brute les matières colloïdales, principales responsables de la turbidité de l'eau.

Dans sa forme la plus complète la clarification fait appel a des processus de séparation liquide solide : la décantation, les formes d'agglomérat qui se constituent sont généralement sédimentées au fond des ouvrage de la décantation, les formes les plus fines qui échappent à la décantation sont arrêtées au niveau de la filtration qui utilise un matériau de filtration qui le sable fin en plus une grande partie de la matière organique dissoute contenue dans l'eau se trouve retenue à la surface des floccs et sera donc éliminée

Il est souvent utilisé le **charbon actif** soit en poudre soit engrain pour l'adsorption de la matière organique et d'odeur.

II-5-1- Coagulation

Les particules colloïdales caractérisés par leur dimensions très faible $<1\mu$ possèdent la propriété de maintenir en équilibre au sein de l'eau sous l'effet de force électrostatique de répulsion pour éliminer ces particules, on introduit dans l'eau des **réactifs chimiques** appelées coagulants dont l'hydrolyse conduit a la déstabilisation des colloïdes et a la formation de précipites insolubles.

Les colloïdes déchargées sont alors adsorbées sur les précipites l'ensemble forme un flocc qui tombe très lentement.

L'action de ces réactifs étant instantanée, leur injection dans l'eau doit être accompagné d'une agitation violente crée gravitairement par des chute des étranglements, des obstacles ...etc. Ou au moyen d'agitateurs rapides a hélice.

Le **pH** du milieu joue un rôle essentiel dans le processus de coagulation, il existe pour chaque coagulant, un pH optimal pour lequel l'effet recherché sera maximum.

Aussi dans certains cas, un ajustement du pH avant coagulation peut être nécessaire, cette correction peut être effectuée par **l'acide sulfurique** dans le cas ou le **pH est élevé** et si le **pH est très diminué** on utilise du **Lait de chaux** pour l'augmenter.

Les réactifs **coagulants** utilisés sont généralement des sels de métaux fer et aluminium. Les principaux sont **le sulfate d'alumine**, le pro chlorure d'alumine.

La coagulation est phénomène très complexe, aussi la méthode la plus sur et la plus rationnelle pour déterminer dans chaque cas la nature du réactif a utilisé et sa quantité.

II-5-2- Flocculation

La flocculation a pour but d'accroître le volume, le poids du floc formé. Ce grossissement est obtenu par la création d'une turbulence modérée favorisant la collision entre les particules de floc. Ces turbulences sont créées au moyen d'agitateurs mécaniques installés dans des bassins.

Cette agitation peut aussi, comme on le verra plus loin, avoir lieu au sein même d'un certain type de décanteur.

II-5-3- Décantation

Pour que la décantation soit efficace, il faut que la vitesse de sédimentation des particules soit supérieure à 8 m/h.

Les décanteurs à contact de boues, que l'on alimente périodiquement avec l'effluent (floculé, coagulé...)

Après un temps de décantation, les particules décantées doivent être purgées. Les purges du décanteur sont réglées automatiquement de sorte à ce qu'elles puissent se vider régulièrement. Les eaux décantées passent à travers un matériau filtrant pour une optimisation du traitement. Les eaux décantées sont ensuite filtrées.



Figure 5: Décanteurs au niveau de la station Rocade (prise)

II-5-4- Filtration

L'eau décantée arrive des deux files et alimente les dix filtres par le biais des tourelles.

Lorsque la turbidité atteint une valeur proche de 0,50 NTU avec une perte de charge bien précise, l'exploitant démarre le processus de nettoyage du filtre.

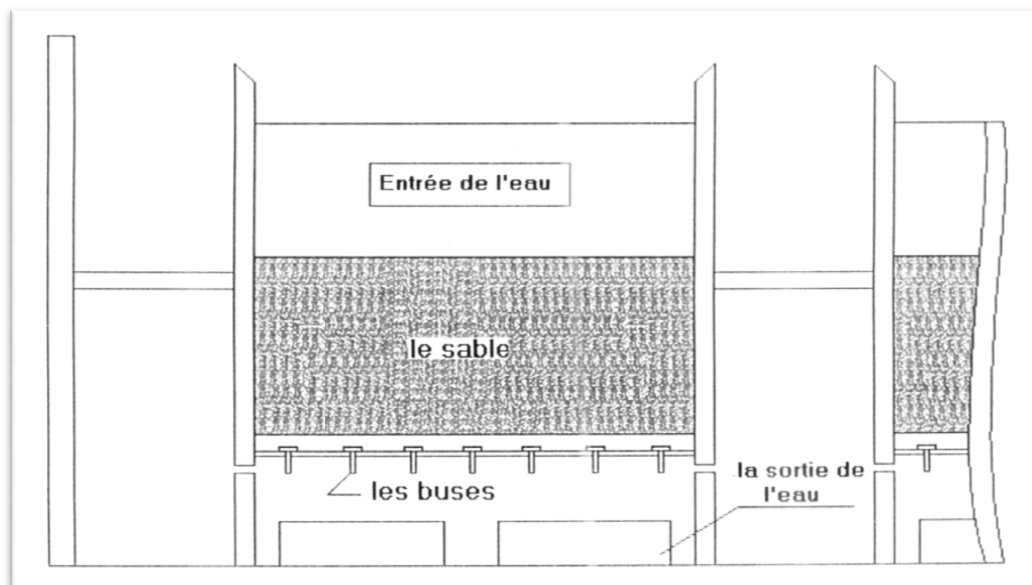


Figure 3: Procédés de filtration au sein de la station Rocade
(Mémoire gestion et maîtrise de l'eau établit Mlle F.Masrouh, 2013/2014)



Photo 6 : Processus de filtration au niveau de la station Rocade (prise)

II-5-5- Désinfection (Chloration)

II-6- Laboratoire Rcade :

La station rocade est doté d'un laboratoire d'analyse pour le suivi de la qualité de l'eau où nous effectuons les mesures de tous les paramètres ; il est constitué de :

1. Salle des analyses bactériologique
2. Salle des analyses physico-chimique
3. Salle des essais de Jar test
4. Salle de laverie

II-7- Analyses physico-chimiques

La détermination de certains paramètres physico-chimiques de l'eau traitée donne directement une idée sur la potabilité de cette eau.

Ces analyses chimiques visent à évaluer la sécurité chimique des produits tout en testant mesurant ou bien dosant, elle porte sur :

- la température (T)
- le pH
- la conductivité
- la turbidité
- les sulfates
- le TA (titre alcalimétrique)
- TAC (titre alcalimétrique correspond à la neutralisation par un acide)
- le TH (titre hydrotimétrique)
- Oxydabilité
- Chlorure

II-8- Jar test :

L'essai a pour objectif de déterminer la nature et les doses optimales probables du ou des réactifs permettant de clarifier l'eau de la station de traitement.

Protocole :

Avec de l'eau à tester nous remplissons une série de six béchers de 1 litre. Les béchers de 1 à 6 vont recevoir des doses croissantes des réactifs.

En général les réactifs utilisés sont selon les impératifs du traitement comme suit :

- Le chlore
- Lait de chaux
- Acide sulfurique

- Sulfate d'alumine ou chlorure de fer se sont des coagulants
- Polymères (poly électrolytes) adjuvant de floculation
- L'eau de chaux (équilibre calcocarbonique des eaux)

En fin du test au Jar test nous choisissons la dose du coagulant injectée au niveau du bécher dont les valeurs répondent aux critères suivants :

Date : 10/05/2015

Heure : 10h45

Echantillon : eau brute de l'ouvrage d'arrivé

Tableau 1:récapitulation des analyses effectuées sur l'eau brute 10/05/2015

Une mesure des paramètres est effectuée sur un prélèvement de l'eau brut

Paramètres	Unité	Concentration
T° eau	°C	11,4
Ph	Unité de Ph	8,30
Conductivité	mS/cm	0,58
Turbidité	NTU	61,2
Turbidité colloïdale	NTU	0,56
MES	g /L	0,00
TAC	°F	14,5
Demande en chlore	mg/L	2,3
Oxydabilité	MgO ₂ /L	1,60
TH	°F	24,8

**Tableau 2: récapitulation des analyses de l'essai de Jar test effectuées sur l'eau traitée
10/05/2015**

N° de b�cher	I	II	III	IV	V	VI
Dose de sulfate d'alumine (mg/L)	15	20	25	30	35	40
Aspect Des floes	06	08	08	08	08	06
pH (unité de pH)	7,54	7,42	7,40	7,35	7,30	7,34
Turbidité eau décantée (NTU)	5,83	4,28	4,18	4,00	3,22	2,08
Turbidité eau filtrée (NTU)	0,58	0,41	0,36	0,32	0,28	0,34
Oxydabilité eau décantée (mg /L)	—	—	—	—	—	—
TAC eau filtrée (F�)	14,25	14,00	13,75	13,00	13,00	12,25

Le b cher numéro II répond aux critères de choix pour le meilleur test (voir ci contre l'évolution de la turbidité en fonction de la dose de sulfate d'alumine).

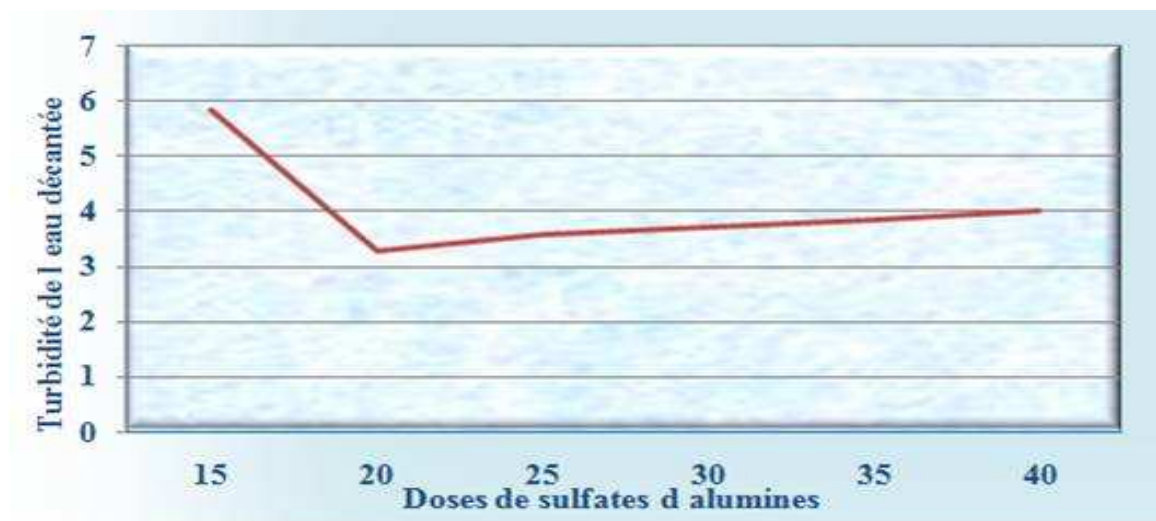


Figure 4: Turbidité de l'eau décantée en fonction de la dose de sulfate d'alumine

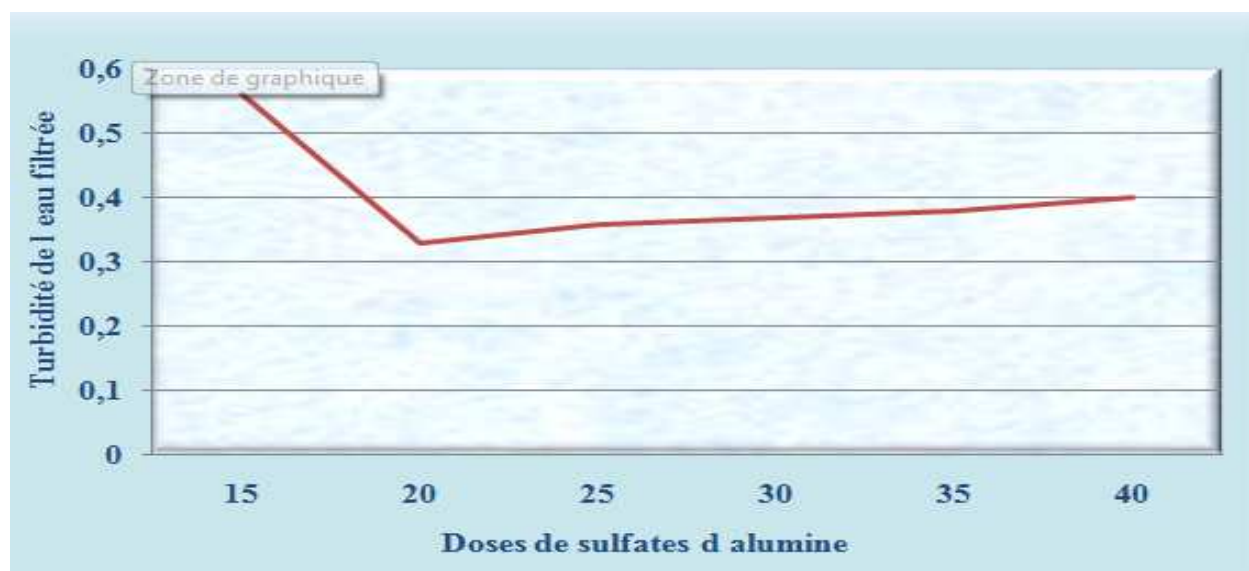


Figure 5: Turbidité de l'eau filtrée en fonction de la dose de sulfate d'alumine

Date : 26/05/2015

Heure : 8h30

Echantillon : eau brute de l'ouvrage d'arrivée

Tableau 3: récapitulation des analyses effectuées sur l'eau brute 26/05/2015

Paramètres	Unité	Concentration
T° eau	°C	10
pH	Unité de pH	7,42
Conductivité	mS/cm	0,58
Turbidité	NTU	560
Turbidité colloïdale	NTU	0,6
MES	g /L	0,00
TAC	°F	14,5
Demande en chlore	mg/L	2,3
Oxydabilité	mg/L	3
TH	°F	24,8

Une mesure des paramètres est effectuée sur un prélèvement de l'eau brute

Tableau 4:récapitulation des analyses de l'essai de Jar test effectuées sur l'eau traitée 26/05/2015

N° de b�cher	I	II	III	IV	V	VI
Dose de sulfate d'alumine (mg/L)	30	35	40	45	50	55
Aspect Des floes	06	06	08	08	08	08
pH (unité de pH)	7,56	7,50	7,47	7,43	7,40	7,36
Turbidité eau décantée (NTU)	7,12	5,08	4,50	3,62	3,00	2,15
Turbidité eau filtrée (NTU)	1,86	1,12	0,48	0,30	0,28	0,26
Oxydabilité eau décantée (mg /L)	1,68	1,12	0,89	0,68	0,62	0,60
TAC eau filtrée (F�)	14,75	14,50	14,25	14,00	13,5	13,5

Le b cher numéro II répond aux critères de choix pour le meilleur test (voir ci contre l'évolution de la turbidité en fonction de la dose de sulfate d'alumine).

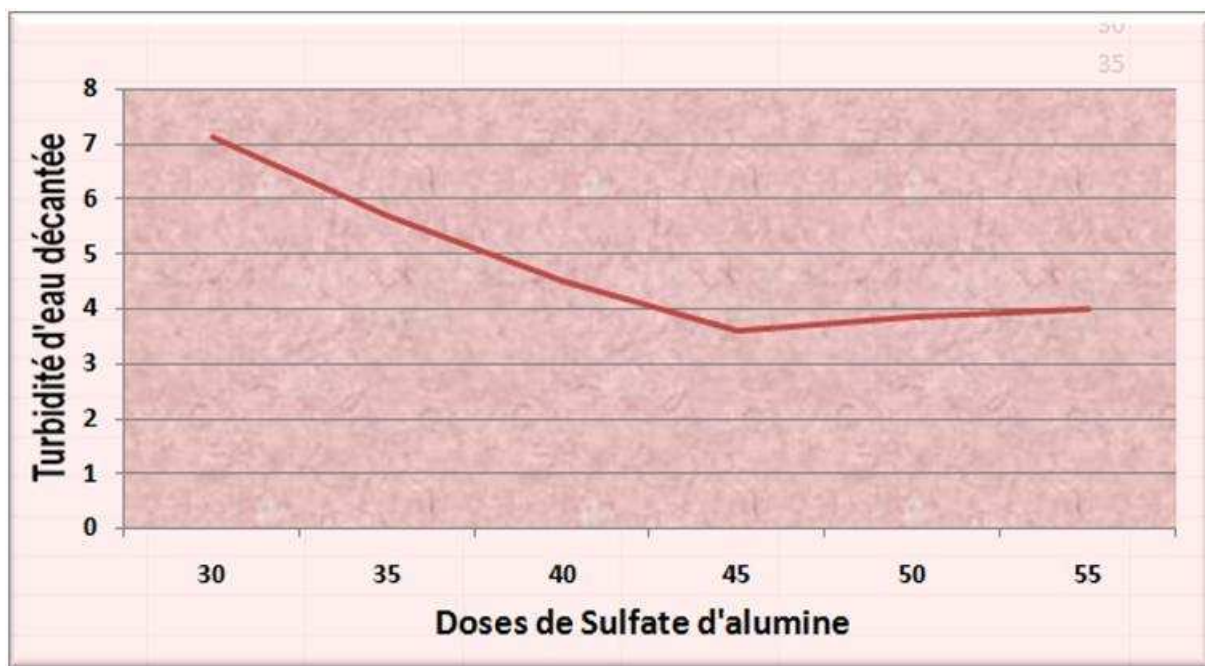


Figure 6: Turbidité de l'eau décantée en fonction de la dose de sulfate d'alumine

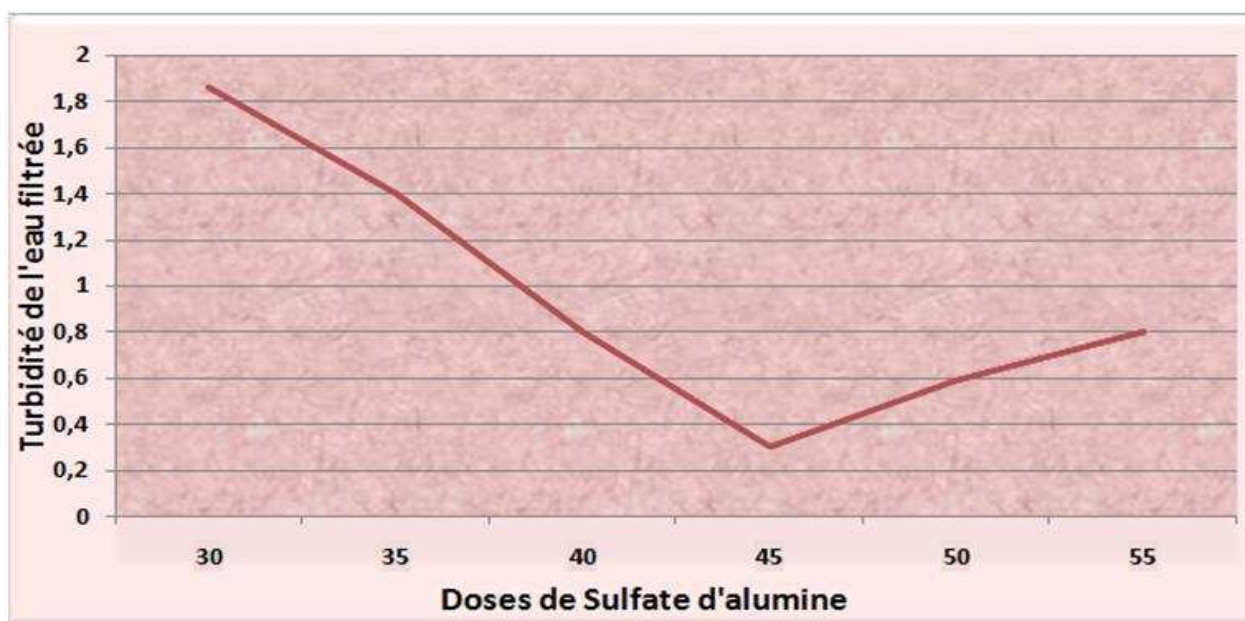


Figure 7: Turbidité de l'eau filtrée en fonction de la dose de sulfate d'alumine

II-9- Analyses bactériologiques : (Méthodologie d'analyse des eaux 1984)

L'analyse chimique ne permet pas de décider seule de la potabilité d'une eau, les renseignements sur la matière organique fer etc., ne peuvent donner que des présomptions sur les possibilités de pollution.

La bactériologie est basée sur la recherche des germes du groupe coliforme dont en particulier *Escherichia coli* et de quelques autres germes sporulés indiquant la présence d'une pollution par matière fécale, une eau qui contient ces germes risque donc de devenir dangereuse en cas d'épidémies.

L'analyse bactériologique est basée sur deux méthodes :

❖ Méthode dite du **nombre le plus probable** (NPP), elle consiste à ensemençer des séries de tubes avec volume donné de l'échantillon ou de ses dilutions.

❖ Méthode dite de la **membrane filtrante** (M.F), elle consiste à filtrer un volume donné de l'échantillon sur une membrane qui est la déposée sur un milieu sélectif avant incubation. Cette dernière n'est pas valable que pour l'analyse de l'eau traitée. Au contraire de l'eau brute contenant beaucoup de bactéries qu'on ne peut pas calculer sur une boîte de pétri, sauf si on fait des **dilutions** de l'échantillon. Ces analyses portent sur la détermination des coliformes totaux et fécaux streptocoques fécaux (*Escherivhia colis*), tout en prenant une quantité de l'échantillon et on le met dans des boîtes de pétri où est préparé le milieu de vie de la bactérie à déterminer.

Chaque type de bactérie nécessite un conditionnement en milieu de culture et en température.

Tableau 5:les principales bactéries analysées au niveau du laboratoire (méthodologie d'analyse des eaux au laboratoire de l'ONEP 1984)

Le	Bactéries	Milieus de culture
	<i>Escherichia coli</i>	Tergitol -7-TTC
	Entérocoques	Slanetz et Barthez
	Bactéries coliformes	Tergitol -7-TTC
	Clostridie	TSC
	Micro-organisme revivifiabiles	Gélose à l'extrait de levure

processus de traitement des eaux s'accompagnent avec une production massive de boues générées par les différentes étapes de clarification ces boues sont donc traitées et stocker dans des lits de séchage.

(Méthodologie d'analyse des eaux au laboratoire de l'ONEP 1984)

II-11- Traitement des boues de vidanges de la station de traitement :

Le traitement des boues résultant des purges des décanteurs nécessite un dimensionnement bien précis des installations de traitement en occurrence les épaisseurs. Ces boues présentent généralement des teneurs en MES de l'ordre de 5 à 50 g/L. Selon la disponibilité du terrain et la quantité de boues à traiter, il est à proposer l'un des trois types de traitement ci-après :

II-11-1- Epandage des boues :

Les boues sont envoyées dans un grand bassin, les matières solides se déposent dans le fond et l'eau s'évapore et s'infiltre dans le sol. Le terrain doit être aménagé de telle façon que l'infiltration des eaux soit minimale. L'alimentation du bassin peut se faire par gravité ou pompage suivant les terrains disponibles près de la station. A base des taux d'évaporation dans la région, nous définissons le nombre de bassins requis pour l'évaporation naturelle des eaux. Les boues qui se décantent au fond des bassins sont collectées manuellement ou par des engins mécaniques appropriés. La fréquence de cette opération sera estimée par l'entrepreneur. Ce système trouve son application poudres usines de faibles capacités de production.

II-11-2- Bassin de décantation statique :

Les boues sont récupérées dans une fosse de pompage puis envoyées dans trois bassins rectangulaires avec fond en pente de 60 ° comme dans les concentrateurs de boues.

Un bassin est en remplissage, un autre en décantation et le troisième en vidange. Le temps de rétention dans un bassin est de 8 à 12 heures. Les boues sont ensuite évacuées vers des lits de séchage. Dès que la boue est sèche et pelletable, elle est enlevée, transportée sur un terrain (pour servir comme matériau de remblai) ou vers une décharge autorisée.

II-11-3- Epaissement des boues :

Lorsque cette solution est retenue, les boues épaissies (ayant une teneur en matières sèches variant de 4% à 8%) seront traitées comme suit :

- soit additionnées de poly électrolyte puis refoulées vers les lits de séchage par pompes à rotor excentré et à débit réglable
- Le temps de séchage des boues sera au maximum de 30 jours pour obtenir des boues pelletables avec une siccité au voisinage de 18% minimum.
- soit traitées au lait de chaux et au poly électrolyte avant d'être filtrées sur filtres presses à débatissage automatique
- Les gâteaux obtenus, d'une siccité de l'ordre de 35%, sont stockés dans des trémies puis évacués par camion. Les résidus liquides des filtres-presses sont neutralisés avant d'être recyclés en tête des épaisseurs.

Chapitre II : Généralité sur les processus d'adsorption du chrome sur les argiles

INTRODUCTION GENERALE

L'idée à traiter dans ce chapitre est de pouvoir valoriser les boues qui sont riches en sulfate d'alumine issu du traitement des eaux.

Il a été donc proposé d'étudier le pouvoir adsorbant des boues du métal chrome qui est généralement induit de l'industrie de textile et de tannerie et qui présente un effet néfaste à l'environnement ; une étude bibliographique sera donc développée en ce sens avant de passer aux essais de traitabilité à suggérer.

I- L'adsorption

Lors de l'adsorption le polluant est transféré de la phase liquide vers la phase solide, le charbon activé et l'électrocoagulation sont les adsorbants les plus communément utilisés dans le tannage se sont révélés efficaces mais ils restent très onéreux et nécessitent en plus une régénération. (Yeddou, 2005, et Namane, 2005) les recherches se sont orientées vers les procédés de traitement classique utilisant les matériaux naturels tels que les argiles, les matières agricoles et certains rejets industriels ... etc.

Les argiles fixent l'eau par adsorption à leur surface et augmentent de volume par gonflement. Elles constituent ainsi une réserve d'eau.

L'argile sèche développe une tension de succion importante pour l'eau qui peut s'opposer à celle des racines des plantes.

Avec adjonction croissante d'eau, la tension de succion diminue, l'ensemble eau-argile devient plastique, puis visqueux et finalement les particules d'argile se dispersent dans l'eau en formant une solution colloïdale. L'argile imprégnée d'eau qui se dessèche se rétracte et se casse par des fentes de retrait.

II-Généralités sur l'argile

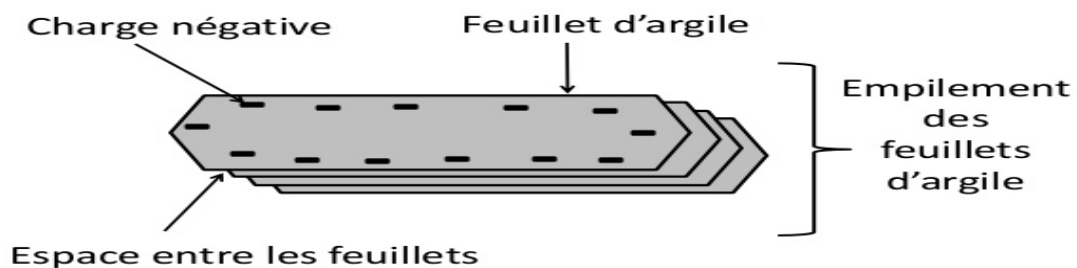
Les minéraux argileux appartiennent au groupe des phyllosilicates (grec « phyllon » feuille ; latin « silis » : silex).

Ils ont la particularité d'avoir une taille très petite (quelques microns au maximum) et de se former plutôt dans les domaines de la surface (altérites, sols, sédiments) ou de la sub-surface (diagenèse, altérations hydrothermales), ainsi sont difficiles à observer sans utilisation des

microscopes électroniques (balayage et transmission), ils ont été abondamment étudiés par diffraction de rayon X qui est l'outil fondamental pour leur identification.

II-1- Structure des minéraux argileux :

Les feuillets de phyllo silicates sont formés par des couches dont la composition chimique est différente et dans lesquelles les cations et les anions sont liés par des forces intenses (liaisons intermédiaires ioniques-covalentes). Compte tenu de leur différence de diamètre ionique, trois types de coordinence déterminent les polyèdres élémentaires qui composent différentes couches de la structure cristalline.



Structure de l'argile

11

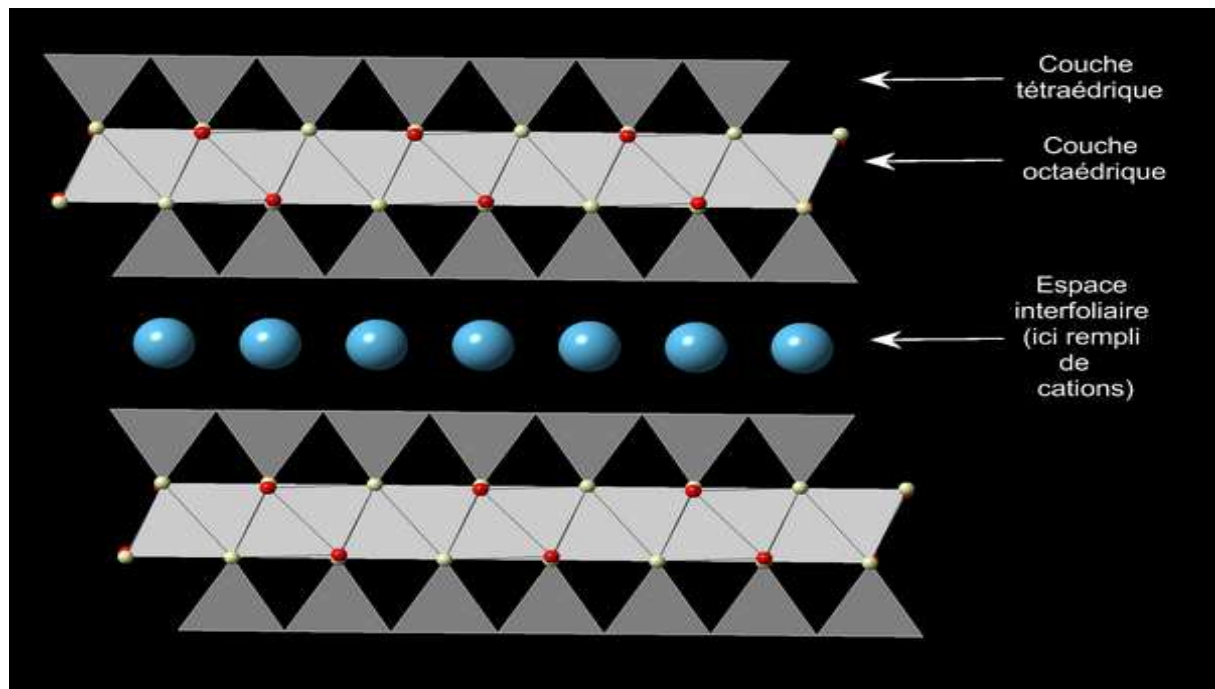


Figure 8: Structure des minéraux argileux

II-2- Propriétés et rôle des minéraux argileux

Les argiles sont des nanoparticules particulièrement remarquables par leur ubiquité et leur réactivité leur taille nanoparticules leur charge négative et leur feuillets offre en feuille une grande surface spécifique vis-à-vis d'adsorption et leur confère un rôle crucial dans la rétention d'un grand nombre de polluantes d'origines naturelle ou anthropique

L'étude de leur réactivité est un enjeu majeur en sciences de L'environnement avec des retombées importantes tant sur le plan fondamental qu'appliqué en particulier dans la gestion et la protection des ressources comme l'eau. **SAMAKE,(2008)**

II-3- Réactivité de la surface des argiles

La « réactivité » des argiles correspond à des réactions de protonation-déprotonation, précipitation-dissolution, fixation ou libération de cations organiques et inorganiques. Ces réactions peuvent être couplées ou non à des réactions d'oxydation. La réactivité des argiles dépend donc du pH et de la composition chimique de la solution, ainsi que de la stabilité des espèces chimiques de surface qui se forment durant les réactions. **SAMAKE,(2008)**

II-4- Résumés des thèses traitant l'adsorption des matériaux sur les argiles :

• Elimination, par adsorption sur argile locale, des ions métalliques contenus dans les eaux de rejet industriel de la région d'Annaba

Le kaolin hydrothermal de la région de Guelma (Algérie), a été choisi comme adsorbant des ions Cu^{2+} et $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ en milieu aqueux. À l'état brut comme à l'état purifié, ce kaolin a montré des caractéristiques favorables à l'élimination des ions étudiés, avec une plus grande affinité pour le cation à une température de 25°C : mg de Cu^{2+} contre mg de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ peuvent être fixés par gramme de solide brut, tandis que sur le kaolin traité, on a observé une adsorption de mg/g de Cu^{2+} et mg/g de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. L'adsorption des ions étudiés serait soumise à un régime chimique, et représente un caractère exothermique. Le modèle de Langmuir semble mieux convenir que le modèle de Freundlich à la fixation des ions étudiés sur le kaolin brut et purifié, et nous renseigne sur la nature et la texture de la surface du kaolin qui serait homogène, avec des sites énergétiquement identiques, capables de recevoir le cation Cu^{2+} ou l'anion $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ en monocouche. **DJEFFAL,(2009)**

• L'adsorption sur les argiles des colorants utilisés dans les usines de textile dans en la Tunisie

Cette présente étude avait pour objectif principal l'application des argiles naturelles dans l'adsorption de certains colorants anioniques susceptibles d'être présents dans les eaux teinturières. Elle nous a permis d'une part de dégager quelques conclusions quant à l'importance dans l'adsorption de colorant de la nature des argiles adsorbantes de l'influence des cations échangeable du pH de la force ionique et des rôles que jouent les charges de surface des différents matériaux utilisés et d'autre part on a pu mettre en évidence les processus probables d'adsorption des colorants anioniques sur les supports argileux. Nous avons montré en particulier qu'il était possible d'adsorber des colorants anioniques sur des argiles naturelles non traitées préalablement par calcination acidification ou fixation de molécules organiques comme c'est le plus souvent décrit dans la littérature. **ERRAIS , (2011)**

III-Le métal chrome :

Fut découvert en 1797 par le chimiste français Nicolas- Louis Vauquelin,

Le chrome est un élément chimique de symbole Cr et de numéro atomique 24, son étymologie vient du grec chroma signifiant couleur, car les composés du chrome sont diversement colorés.

Le chrome fait partie de la série des métaux de transition , ces métaux toxiques présent dans certains déchets industriels (tannerie, textile, teinture ...) la toxicité du chrome varie fortement selon sa forme chimique (particule, nanoparticule, ion, oxyde, hydroxy de valence...). (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Chrome>), est utilisé dans de nombreux domaines comme moyen de passivation, composant de peinture, agent catalytique, agent de fixation ou encore conducteur électrique.

III-1- Présence du chrome dans la nature

La concentration moyenne en chrome de la croûte continentale est de 125 mg /Kg avec des valeurs généralement comprises entre 80 et 200 mg/Kg (**Losi et al, 1994**). Il est largement présent dans les roches ignées où le chrome trivalent peut se substituer au fer(III) car leur rayons ioniques sont très proches ($r_{Fe(III)} = 0,067 \text{ nm}$ et $r_{Cr(III)} = 0,064 \text{ nm}$). **SAMAKE,(2008)**

III-2- Etats d'oxydation du chrome

Le chrome est amphotère et peut exister dans l'eau sous plusieurs formes : l'état de cations se trouve dans les eaux naturelles à pH acide.

Le chrome peut exister sous plusieurs formes de valence pouvant aller de -2 à $+6$. Les formes les plus couramment rencontrées avec les valeurs de pH et de potentiel redox trouvées dans l'environnement sont les formes Cr(VI) et Cr(III). **SAMAKE,(2008)**

- Trivalent (Cr^{3+} , Cr_2O_3) : La forme Cr(III) est considérée comme la forme la plus stable dans l'environnement mais ayant des propriétés chimiques plus complexes que le chrome hexavalent, insoluble dans la plupart des conditions environnementales. Sa forme ionique est chargée positivement, ce qui favorise sa rétention par les particules du sol chargés négativement.
- Hexa valent (CrO_4^{2-} pour un $pH > 6$, $HCrO_4^-$ pour un pH entre 1 et 6, H_2CrO_4 pour un $pH < 1$).
Deuxième forme la plus stable, beaucoup plus mobile dans l'environnement de part sa force ionique négative, en solution ces divers chromates peuvent être en équilibre avec les bichromates $Cr_2O_7^{2-}$. Ces solutions présentent un pouvoir oxydant énergétique. Représente un risque majeur puisqu'il est cancérogène.

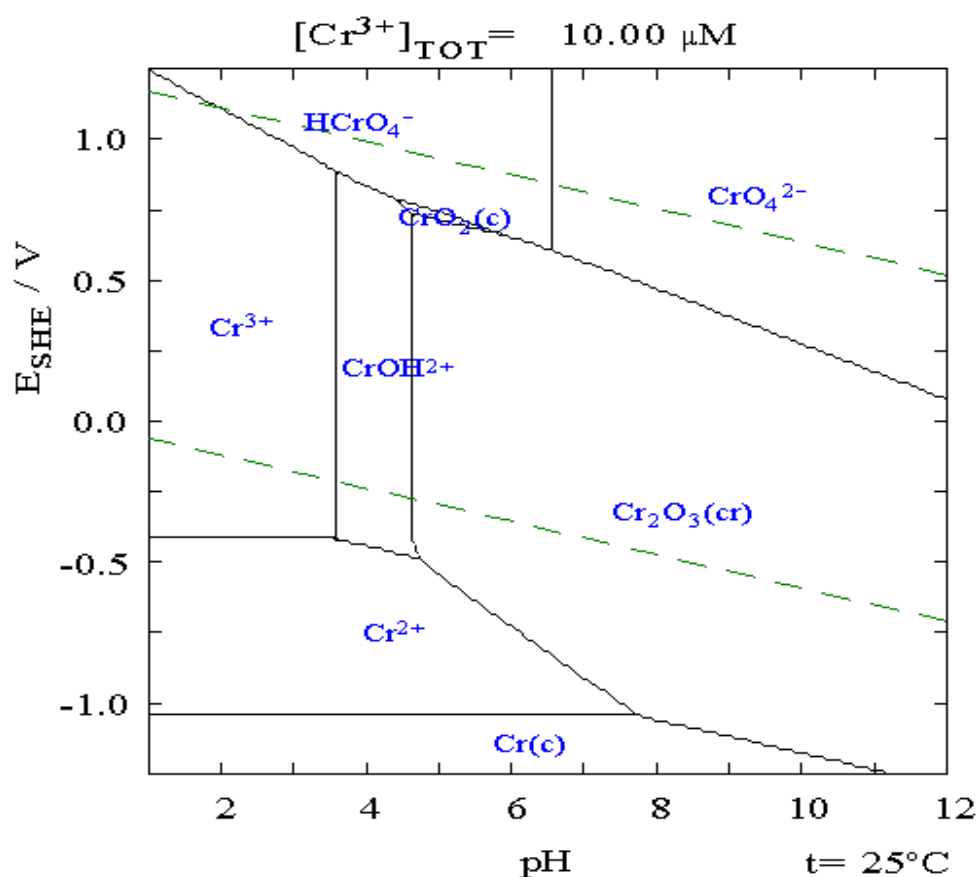


Figure 9: Diagramme de Pourbaix du chrome dans l'eau, l'acide perchlorique ou l'hydroxyde de sodium, à 25°C, $[Cr^{3+}]_{TOT}=10\mu M$,

III-3- Mobilité du chrome dans le sol

La mobilité du chrome dans les sols dépend du pH et du potentiel d'oxydoréduction qui détermine la spéciation du métal et la capacité d'échange cationique (pour le Cr(III)) ou anionique (pour le Cr(VI)), ainsi que la présence d'agents chélatant organiques ou minéraux.

Compte tenu de la quasi insolubilité de son hydroxyde $Cr(OH)_3$ et de son oxy-hydroxyde $CrOOH$ et de la forte capacité de sorption cationique des sols et des sédiments, le chrome trivalent est quasi immobile dans la plus part des milieux naturels, spécialement si ceux-ci contiennent des quantités importantes d'argile.

L'adsorption des chromates augmente avec la diminution du pH parce que les groupements OH notamment deviennent protonnés. La migration des chromates dans les sols est donc favorisée à des pH neutres ou alcalins. Le Cr(III) risque de s'oxyder en présence notamment d'oxydes de manganèse présents dans le sol, et d'être relargué dans l'environnement sous forme de Cr(VI), soluble lors de pluies acides par exemple. **SAMAKE,(2008)**

III-4- La toxicité du chrome

Le chrome est un élément rencontré dans de nombreux effluents liquides. Sous sa forme hexavalente, il présente une toxicité très élevée qui dépend de son état d'oxydation. L'accumulation de ce dernier à des fortes doses peut générer de sérieux troubles et maladies tels que les nausées, les ulcérations de peau ainsi que le cancer de poumon. Quand sa concentration atteint 0,1 mg/l, il peut devenir mortel. www.article/rejets-des-tanneries-un-procede.pdf

Le chrome hexavalent (Chrome VI) est une substance cancérigène par inhalation, toxique par ingestion et allergène par contact avec la peau, du fait de sa solubilité, s'est retrouvé en interaction avec beaucoup d'organismes aquatiques et terrestres sans oublier l'homme.

III-4-1- Chez les micro-organismes

La présence du métal chrome peut être tolérée par certains micro-organismes. Par contre, à de fortes concentrations le chrome (VI) a des effets toxiques et mutagènes. 10 à 12 mg de chrome (VI) par litre peuvent inhiber le développement de bactéries du sol alors que les mêmes concentrations en chrome (III) n'ont aucun effet sur ce développement (Ross et al., 1981).

Le chrome a un effet sur les bactéries saprophytes et nitrifiantes, sur les champignons filamenteux, les algues et sur le phytoplancton. SAMAKE,(2008)

III-4-2- Chez les végétaux

Comme pour les micro-organismes, le chrome ne semble pas être essentiel à la vie des plantes (Nieber et al. 1988). Sa toxicité vis à vis du règne végétal est rare dans les systèmes Naturels. Certaines plantes poussent sur des sites hautement contaminés en chrome. Certain auteurs s'accordent à dire qu'il n'y a pas d'absorption du chrome par les végétaux mais seulement une absorption racinaire sans passage vers les autres parties de la plante (Losi et al. 1994). Cependant, une étude récente a montré que la jacinthe d'eau cultivée en milieu riche en chrome hexavalent était capable de se reproduire au niveau de ses racines. Le chrome (III) est alors stocké au niveau de celles-ci mais aussi dans d'autres parties de la plante comme les feuilles et le pétiole, sous forme libre ou complexée avec l'oxalate (Lytle et al. 1998). La capacité détoxifiante de cette plante permet d'envisager son utilisation pour la phytoremédiation des rivières, marécages ou lagunes pollués en chrome (VI). SAMAKE,(2008)

III-4-3- Interaction avec hommes et animaux

La forme hexavalente n'est pas la source nutritionnelle car elle est très toxique et mutagène. En principe, l'homme et l'animal absorbent peu le chrome par inhalation, mais pour l'essentiel au travers des aliments et de l'eau potable.

Les complexes organiques sont absorbés à raison de 20-25% et le chrome inorganique à raison de 0,5% environ. Cependant, les complexes chromiques absorbés avec les aliments sont relativement inoffensifs tandis que les chromates sont fortement toxiques.

La résorption dans le tube intestinal dépend beaucoup de la structure chimique du chrome. La toxicité du chrome (VI) vient de sa grande facilité à traverser les membranes biologiques et de ses propriétés mutagènes et de puissant oxydant.

Chez certaines personnes, la substance a tendance à provoquer des réactions allergiques des voies respiratoires (danger de pneumonie), des lésions muqueuses nasales, des ulcères d'estomac.

Chez des mammifères et dans d'autres systèmes. Il provoque des lésions de l'acide désoxyribonucléique (ADN), des mutations génétiques et des transformations cellulaires.

SAMAKE,(2008)

Résumés des thèses traitant l'adsorption du chrome sur de différents matériaux :

● Adsorption du chrome sur le charbon actif local

Au cours de notre projet, nous avons pu déterminer l'intérêt d'un déchet végétal local (les noyaux de jujubes), valorisé en un produit utile est efficace en matière de traitement de l'eau, ceci est éventuellement dans le cadre de la préservation des sources en eau. En effet, nous avons pu préparer un charbon actif nommé NBZ, sur le quel nous avons pu apprécier l'influence du procédé d'activation chimique par ZnCl_2 sur la structure du charbon et sa capacité d'adsorption des ions chromate (chrome VI) en solution aqueuse acidifié.

L'étude de cinétique d'adsorption du chrome VI sur le charbon NBZ a été réalisée pour les différentes concentrations, Ainsi le temps d'équilibre est de l'ordre de 180 minutes pour la concentration la plus élevée. La modélisation de la cinétique d'adsorption nous a permis d'appliquer l'équation du premier ordre pour la détermination de la constante de vitesse, ainsi la constante de vitesse d'adsorption du chrome VI croît avec la concentration de ce dernier. L'isotherme d'adsorption de Langmuir, nous a permis de calculer la quantité maximale que peut adsorber le charbon NBZ, Ainsi la quantité maximale est de 111.11 mg/g.

En fin, tous les résultats et constatations issues de notre travail nous ont permis de prouver l'efficacité et l'importance du charbon actif préparé en matière d'épuration des eaux polluées.

Nadjem.I et Bouandas .F(2011)

● Adsorption de chrome par d'autres matériaux

Utilisation des matériaux zéolithiques pour le traitement d'une eau chargée en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$:

L'objectif de l'étude est d'analyser une eau chargée en ions bichromates ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), en étudiant le phénomène d'adsorption de ces ions par des matériaux zéolithiques, afin de les éliminer. Les expériences ont été effectuées aussi bien pour la cinétique que pour les isothermes d'adsorption, les variables expérimentales étudiées sont : la température et la concentration initiale du Chrome (VI). Le maximum de la quantité d'adsorption a été de l'ordre de 34.48 mg/g. Les valeurs du temps d'équilibre, de la constante de vitesse d'adsorption ainsi que la quantité d'adsorption ultime sont déterminées. **TERKMANI, (2011)**

Chapitre 3 : l'étude de la faisabilité de l'adsorption du chrome sur un matériau à base d'argile

I- Introduction:

La problématique de l'environnement fait désormais partie intégrante des stratégies de développement conçues et mises en œuvres dans chaque pays au niveau national comme au niveau sectoriel, ces activités industrielles telle que : (textile, tannerie, teinture ...) représentent une source de pollution très importante et contribuent d'une façon certaine à la détérioration de l'environnement.

Marrakech est parmi les villes marocaines qui sont connues par excellence par l'activité industrielle de Tannerie, c'est une pratique artisanale qui produit des cuirs prêtent à utiliser en transformant la peau animale en produits inaltérables et imputrescibles, pour ce faire elle utilise des séries de produits chimiques comme les Surfactants, les acides, les colorants, les huiles sulfonées, les sels mais elle est basé principalement sur des agents tannants tels que le chrome ce procédé est le plus répandu pour le tannage à grande échelle car il agit rapidement et produit un cuir doté des propriétés physiques et chimiques contrôlées. Ce traitement de la peau brute s'effectue en deux étapes, la première génère des eaux alcalines, contenant de fortes teneurs en sulfures, élément essentiel pour épiler les peaux, et la deuxième étape quant à elle produit des

eaux acides chargées en chrome. Ces eaux de rejet constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine et constituent une source de dégradation de l'environnement, Mais la productivité a un coût écologique en effet les tanneries rejettent du

Chrome trivalent toxique pour la vie aquatique. Les concentrations en chrome supérieures à 1mg/litre dans les effluents empêchent l'oxydation biologique des matières organiques carbonées et la nitrification. Les tanneries de Dokkarat à Fès par exemple représentent un tiers de l'activité du tannage à Fès et déchargent 14 m³/jour des bains de chrome épuisés avec une concentration moyenne en chrome de 6.230 mg/litre (**Projet Pérennité des Ressources en Eau du Maroc** <http://pdf.usaid.gov>). Les effluents rejetés dans les égouts par les tanneries et d'autres industries ont contaminé l'oued Fès, qui se jette en aval dans l'oued Sebou à Fès, contribuant ainsi à faire de ce fleuve l'un des plus pollués du Maroc. Une visite sur le site de tannerie de Marrakech nous a permis de découvrir le déroulement de tannage ainsi qu'avoir une idée sur la pollution causée par cet activité sur l'environnement.



Photo 7 : Activité de tannerie à Bâb Dbagh Marrakech (prise)

II-Problématique:

Le traitement des eaux usées des Tanneries représente un sérieux problème environnemental.

Les procédés classiques utilisés par les usines de traitements de ces effluents sont mal et parfois même pas adaptés à la dépollution de ces polluants, parmi les procédés nous citons la coagulation-floculation la Précipitation ou la neutralisation de certains composés, qui nécessite l'utilisation de produits chimiques et génère encore des déchets chimiques, l'adsorption sur charbon actif et tout dernièrement l'électrocoagulation ou la méthode électrochimique de récupération du chrome qui est une méthode demandant une grande quantité d'électricité donc Coûteuse. . Alors même si le charbon actif est révélé efficace reste un matériau onéreux. Les recherches se sont alors orientées vers les procédés de traitement utilisant les matériaux naturels tels que les argiles en raison de leur propriétés absorbantes à savoir : l'importance de la surface développée par ce matériaux par la présence de charges leur possibilité d'échanger les cations et par une large disponibilité dans la nature leurs faibles couts. L utilisation de l argile dans un nouveau processus de traitement s inscrirait dans un cadre de développement durable par l aspect environnemental et sociétal.

III- Proposition d'une solution à cette problématique:

Le but de ce travail à long terme est de suivre la cinétique de l'adsorption du chrome trivalent se retrouvant dans les effluents de Tannerie prélevés de Dar Debbagh de Marrakech sur les matériaux à base d'argiles déjà pris au niveau de la vidange du décanteur de la station de traitement des eaux potables ONEE à Marrakech. C'est une boue appelée hydroxylique vue qu'elle est enrichie en sulfate d'alumines de formule chimique $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ utilisé lors de traitement des eaux.

Matériaux et méthodes :

III-1- Premier essai :

Effectuant une analyse d'adsorption du chrome trivalent par la boue hydroxylique de la station de traitement Rocate.

III-1-1- Préparation de l'échantillon :

La boue de station Rocate :

✓ Passage d'une boue en suspension dans l'eau à une boue sèche en poudre cela demande une préparation de 3 jours en 3 grandes étapes :

1. Prélèvement de la suspension de la boue au niveau de la vidange du décanteur de la station de traitement ONEE.
2. versement de la suspension dans des béciers et les sécher dans un étuve à une température de 105°C pendant 72h.
3. broyage de matériaux à l'aide d'un mortier en porcelaine afin d'avoir 250g de poudre de la boue.



Photo 8 : Préparation de la boue de la station Rocate (prise)

Solution de chrome :

- ✓ Préparation d'une solution synthétique du chrome à 25 mg/l, à l'aide d'une base forte la soude (Na OH) et l'acide nitrique et nous ajustons le pH à un pH optimale de 6,49.



Photo 9 : Préparation de la solution du chrome (dosage)
(Prise)

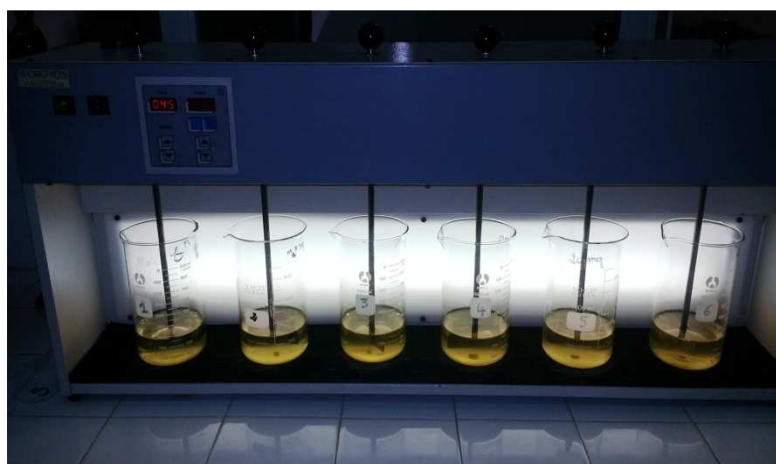
III-1-2- Protocole de l'essai :

Dans une série de six béchers, nous introduisons des doses croissantes de boue, les béchers contenant 250 ml d'une solution de chrome de concentration 25 mg/l nous ajustons le pH à un pH égale à 6.49 qui est le pH optimal.

Tableau 6: Doses du chrome et les masses de la boue utilisés lors du premier essai

N° de béchers	1 (témoin)	2	3	4	5	6
Les Doses du chrome (mg/L)	25	25	25	25	25	25
Quantité d'argile mg/L	0	20	40	60	80	100

1. Nous effectuons l'essai de Jar test en assurant une bonne agitation moyenne du mélange pendant 2h.
2. Après une décantation qui dure 20 min ; nous filtrons le contenu des béchers est filtré par la membrane filtrante à 0.45 μm .
3. L'analyse du chrome résiduel a été effectuée à l'aide de l'absorption atomique, type thermo Ice Série 3000.



**Photo 10 : Essai de Jar test avec des doses croissantes de la boue
(Prise)**

Photo 11 : Analyse du chrome résiduel à l'aide de l'appareil de l'absorption atomique

III-2-3- Résultats de l'adsorption du chrome par la boue de la station :

Tableau 7: Résultats obtenus par l'adsorption atomique sont récapitulés dans le tableau ci après :

Concentration de boue (g/L)	Concentration Résiduelle du Cr (mg/L)	Concentration adsorbée en Cr (mg/L)	100 Concentration /Co
0,2	3,3	21,7	86,80
0,4	2,61	22,39	89,56
0,6	2,57	22,43	89,72
0,8	2,56	22,44	89,76
1	2,2	22,8	91,20

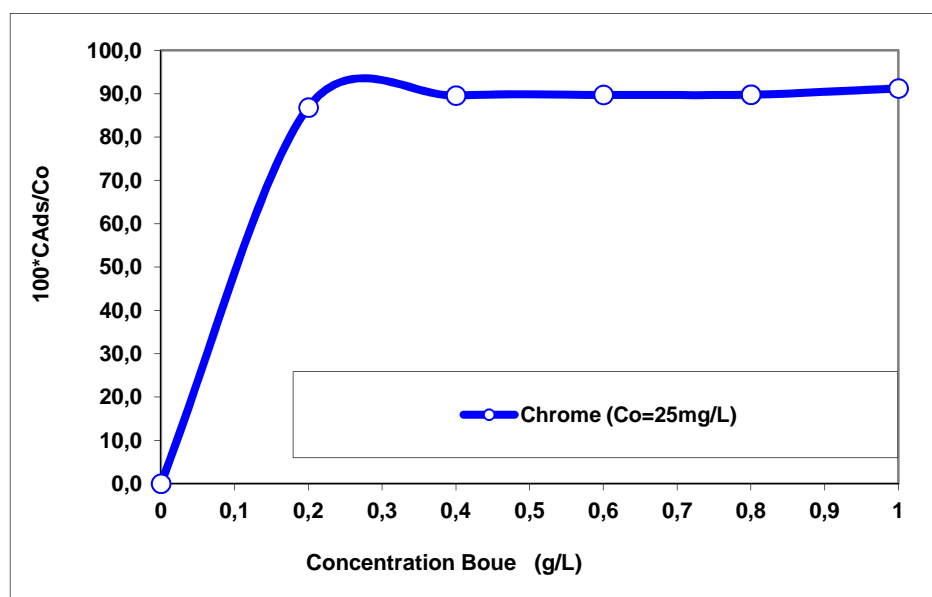


Figure 10 : Courbe d'adsorption du chrome par la boue : optimum

L'examen des résultats obtenus suite au suivi de la cinétique d'adsorption du métal chrome en introduisant la boue hydroxyde en tant qu'adsorbant montre que l'équilibre est atteint après injection de 0.4 g/L qui est la dose optimale.

III-2- Deuxième essai :

Nous avons effectué encore un autre essai de Jar test mais cette fois en analysant l'adsorption du chrome trivalent par une boue dopée par en argile de poterie à 50 % en masse.

III-2-1- Protocole de l'essai :

Il s'agit de mêmes conditions de réalisation sauf on changeant les doses croissantes de la boue de la station par des doses croissantes de la boue dopée.

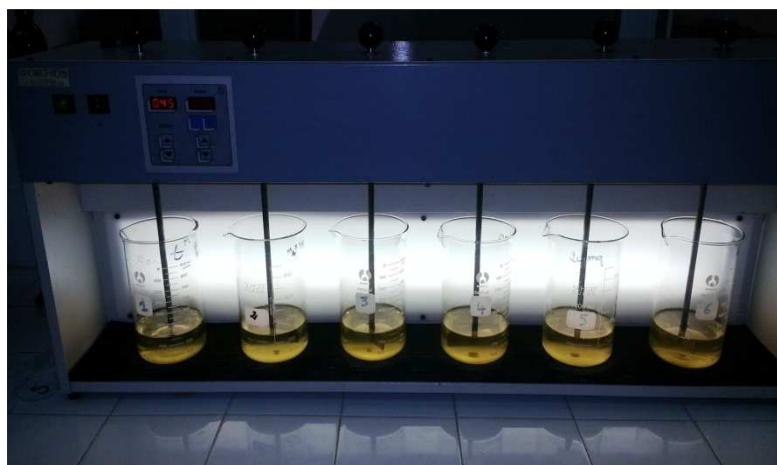


Photo 12 : Essai de Jar test avec des doses croissantes de la boue dopée (prise)

III-2-2-Résultats d'adsorption du chrome par la boue dopée :

Tableau 8 : Résultats obtenus par l'adsorption atomique sont récapitulés dans le tableau ci après :

Concentration de boue En mg	Concentration Résiduelle du Cr mg/L	Concentration du chrome mg/L	100Concentration du chrome s/Co
0,2	10,56	14,44	57,76
0,4	6,42	18,58	74,32
0,6	0,48	24,52	98,08
0,8	9,09	15,91	63,64
1	2,97	22,03	88,12

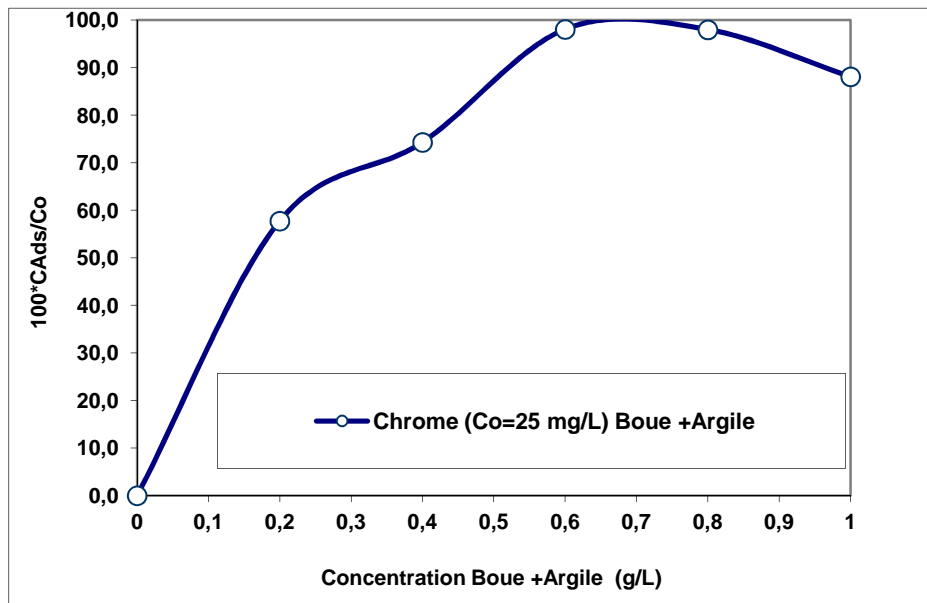


Figure 11: Courbe d'adsorption du chrome par la boue : optimum

Une solution synthétique en chrome a été préparée à une concentration de 25 mg/L. dans l'objectif de tester l'effet du mélange des argiles avec les boues de la station sachant que la bibliographie a traité cet effet pour les argiles et jugé important. La dose d'adsorption maximale est 0,6.

III-3- Discussion des résultats

Ces deux tests sont faits dont l'objectif de savoir la meilleure formation à adopter permettant une bonne adsorption de la solution du chrome préparé, pour se faire nous réalisons une caractérisation des matériaux utilisés.

Analyses de granulométrie des boues de la station de traitement ONEE et les argiles de poterie :

Il est indispensable pour appréhender un matériau de le caractériser, c'est-à-dire d'en analyser les propriétés physiques et chimiques, les qualifier, les quantifier, les mesurer.

En vue de caractériser les matériaux utilisés et mesurer la taille de leurs éléments plusieurs techniques se présentent, les échantillons étudiés portent des éléments fins donc il est nécessaire d'effectuer une granulométrie par **diffusion laser**.

III-3-1- Principe :

La granulométrie par diffusion laser est une technique de mesure indirecte couramment utilisée pour déterminer la distribution de taille des matériaux granulaires pulvérulents. Le principe de la méthode est le suivant :

- l'unité optique du granulomètre enregistre l'image de la diffusion (diffraction, réflexion, réfraction) d'un rayonnement monochromatique par une suspension de particules (Figure 1),
- des images de diffusion sont calculées à partir d'un modèle de diffusion, en fonction de distributions granulométriques théoriques,
- les images calculées et l'image mesurée sont ajustées par la méthode des moindres carrés.
- Les logiciels commerciaux pour granulomètre intègrent généralement deux modèles mathématiques.

Le modèle le plus complet est basé sur la théorie de la diffusion de Mie. Il prend en considération l'ensemble des phénomènes optiques liés à la diffusion des particules (diffraction, réfraction, réflexion).

(<http://www-lmdc.insa-toulouse.fr/>)



**Photo 13 : Machine de granulométrie par diffraction laser
(Prise)**

III-3-2- Préparation des échantillons :

L'analyse granulométrique nécessite une préparation des échantillons de boues et d'argiles ;

au niveau du laboratoire de la faculté ,les échantillons ont subi technique d'agitation afin de les rendre homogènes.



**Photo 14: Préparation des échantillons au niveau du laboratoire de la fst
(Prise)**

III-3-3- résultats :

La boue de station :

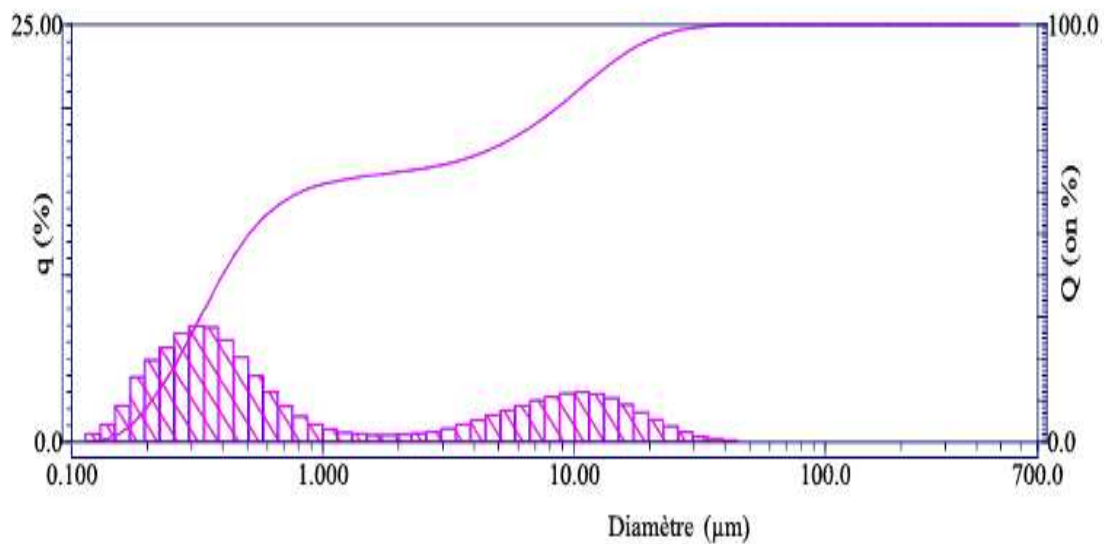


Figure 12: Courbe résultante de la diffraction de laser pour la boue de la station

Les résultats obtenues représentent une distribution multimodale il s'agit donc de populations hétérogènes caractérisées par des fractions de taille moyenne de 0,1 μm , 1 μm et 10 μm .

La répartition granulométrique montre la présence des fractions argileuses vue la dominance des particules ayant le diamètre inférieures à 2 μm . (**Analyses granulométriques Principes et méthodes**) Jérôme Fournier, Chantal Bonnot-Courtois Raphaël Paris, Olivier Voldoire, Monique Le Vot).

L'argile de poterie :

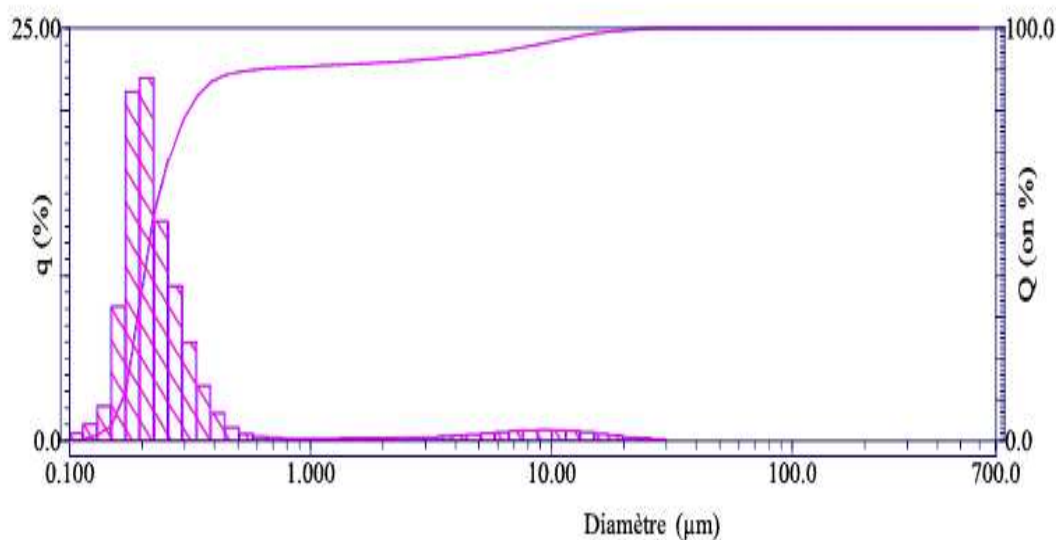


Figure 13: Courbe résultante de la diffraction de laser pour l'argile de poterie

Les résultats obtenus représentent une distribution bimodale, il s'agit alors de populations hétérogènes caractérisées par 2 fractions de taille moyenne entre 0,1 μm et 0,3 μm .

Synthèse :

Les deux tests effectués montrent qu'on a une simulation de résultat c'est-à-dire une très bonne adsorption du chrome sur les 2 types de formulation (boue de station et boue dopée) cette adsorption est en général de l'ordre de 98%.

Chapitre 4 : Test de validation des résultats

I- Introduction :

Les résultats obtenus nécessitent d'être validé sur un échantillon prélevé de la tannerie de Marrakech. À cet effet Nous avons effectué au niveau du laboratoire à l'échantillon prélevé les analyses des paramètres physico-chimique à savoir la turbidité, le pH, la conductivité, Ca, MES afin d'expliquer le comportement de l'adsorption.

III-Caractérisation d'un prélèvement du rejet du Chrome du Tannerie

Tableau 9: Caractérisation de l'échantillon du rejet de chrome

Paramètres	Unité	Concentration
Ph	Sans	3 ,23
Conductivité	mS/cm	59 ,3
Turbidité	NTU	60,4
MES	g /L	0,306
MST	g /L	69
MVS	g /L	7
Cendres	g /L	62
Nitrite (NO ₂ ⁻)	g /L	0
Nitrate (NO ₃ ⁻)	g /L	
TA	meq/L	0
TAC	meq /L	40
CO ₃ ²⁻	mg/L	0
HCO ₃ ⁻	mg/L	2440
Chlorure	mg/L	18 ,105
Sulfate	g/L	18,7134
DCO	g /L	4,8
Oxygène dissous (O ₂)	mg/ L	4,6

Les analyses des éléments minéraux sont effectuées au sein du laboratoire de la station, les mesures du pH, la conductivité, MES, Cr ainsi que la turbidité sont effectués sur l'échantillon à l'état brute, les autres analyses à savoir TA TAC chlorure titrage de Nitrite et Nitrate demandent des dilutions à préparer.



**Photo 15: Préparation des nitrates au sein de laboratoire de station Rocade
(Prise)**

II-2- Interprétations:

Les analyses physico-chimiques des rejets permettent de connaître la concentration des charges polluantes émises par les usines et les polluants majeurs contenus dans l'effluent, la DCO et la MES sont les indicateurs de pollution organique, la salinité de l'eau est donnée par la forte conductivité électrique de l'ordre de 59,3 ms/cm due à l'utilisation des sels au cours de la préparation de la peau, la détection des éléments minéraux à savoir les bicarbonates, les chlorures, le chrome et les sulfates revient à leurs utilisation dans le tannage **SAMAKE,(2008)**, en plus les sulfates sont employés avec le chrome ainsi que la magnésite afin d'augmenter le Ph pour permettre la fixation du Cr sur la peau, la disparition des nitrites est expliquée par leurs réductions en nitrates à cause de la présence de la matière organique. Les rejets de tannerie présentent une acidité importante due à l'emploi des acides au cours du tannage.

L'essai de validation :

Notre objectif était de réaliser un essai de l'adsorption de cet échantillon sur les 2 formulations de boues ; la boue dopée et la boue de station ROCADE mais suite à la panne qui été survenue, à deux reprises au niveau de l'extracteur de la machine de l'adsorption atomique, nous n'avons pas pu aller jusqu'au bout de ce travail.

Conclusion :

Ce travail est une mémoire de fin d'étude dont le sujet, défini conjointement, est d'étudier la faisabilité d'adsorption du chrome sur des matériaux à base d'argile ,dont l'objectif de profiter des boues issues de la station du traitement de l'eau potable ,dans un intérêt environnemental à savoir la dépollution des rejets toxiques des industries.

Dans un premier temps nous avons effectué deux tests dans le but de connaître la meilleure formation à adopter permettant une bonne adsorption de la solution chrome préparé, l'analyse du chrome résiduel a été faite à l'aide de l'absorption atomique .Ensuite nous avons réalisé une caractérisation des matériaux utilisés. Les résultats obtenus des essais effectuées nécessitent d'être validés sur un échantillon réel, c'est pour cette raison nous avons choisi les rejets du chrome des tanneries comme un échantillon réel sur lequel nous avons effectué tout d'abord des analyses physico-chimique.

Les résultats obtenus le long des analyses prouvent la performance d'absorption du chrome par les boues et répondent à la problématique générale de notre sujet, vu que cette absorption est de l'ordre de 98% va contribuer certainement à une réduction des concentrations des métaux lourds (chrome) se trouvant dans les effluents industriels toxiques.

Page référence

DJEFFAL L. ,(2008) -Elimination par adsorption sur argile locale, des ions métalliques contenus dans les eaux de rejet industriel de la région d'Ananba.Mémoire,Univ. badji-Mokhtar,Annaba,59p..

ERRAIS E.,(2011)-Réactivité de surface d'argile naturelle. Etude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse ,Univ .Strasbourg, 210 p ..

Nadjem I.et Bouandas. F (2010) Adsorption du chrome sur le charbon actif local. Licence fondamentale

in J. Fournie, B. Chantal, R.Courtois ,O. Voldoire, M. Le vot Analyses granulométriques

in Principes et méthodes

in Losi et al., 1994

in Lytle et al. 1998

in Kannan et al ., 1997

in Kwolek, etal. 2003

in Ross et al., 1981

in Shin et Lee. 2006

in Yeddou, 2005, et Namane, 2005

SAMAKE D.(2008)-Traitement des eaux usées de tanneries à l'aide de matériaux à base d'argile. Thèse, Univ .Bamako ,168p..

TERKMANI A. et ZERROUKI A.,(2011)-Utilisation des matériaux zeolythique pour le traitement d'une eau chargée en ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.licence fondamentale

Page web reference

www.article/rejets-des-tanneries-un-procede.pdf

www.eau-tensift.net

www.fr.wikipedia.org/wiki/Chrome

www.leconomiste.com

www-lmdc.insa-toulouse.fr/

www.pdf.usaid.gov

www.water.gov.ma