

Abatement du chrome par l'électrocoagulation des eaux usées de tannerie.

Résumé :

L'électrocoagulation est un moyen de réduire le taux des polluants émergents. La tannerie est une activité socio-économique dont l'eau et le chrome sont des éléments centraux. Les eaux usées de tannerie source des effluents contenant des polluants émergents dont le chrome très toxique sont déversées dans les canaux d'épuration. L'objectif de l'étude est l'abatement du chrome par l'électrocoagulation des eaux usées de la tannerie. La méthode consistait à séparer les impuretés d'un litre d'échantillon d'eau usée à l'aide d'un électrocoagulateur. L'eau usée est introduite dans la cuve électrolytique à deux électrodes connectées au générateur sous tension électrique. À chaque électrocoagulation les électrodes sont nettoyées à la solution d'acide sulfurique de 0.1 N. Après la décantation et la filtration (0,5µ) la concentration finale du chrome des filtrats est déterminée. Les résultats révèlent qu'avec un échantillon de concentration initiale 16,59 mg/L en 45 minutes : à pH 7,15 l'abatement minimal est de 97,22%. Au pH 8,59, l'abatement maximal est de 99,93%. En conclusion l'électrocoagulation peut réduire le taux de chrome des eaux usées à 0,01 mg/L inférieur à la norme 2 mg/L. L'abatement du taux des polluants émergents des eaux usées collectées à Bamako est notre perspective.

Mots Clés : eaux, chrome, tannerie, électrocoagulation.

Abstract:

Electrocoagulation is a way to reduce the level of emerging pollutants. Tannery is a socio-economic activity in which water and chromium are central elements. Tannery wastewater, the source of effluents containing emerging pollutants including very toxic chromium, is discharged into the treatment canals. The objective of the study is the reduction of chromium by electrocoagulation of tannery wastewater. The method consisted of separating impurities from a liter of wastewater sample using an electrocoagulator. The waste water is introduced into the electrolytic tank with two electrodes connected to the generator under electrical voltage. At each electrocoagulation the electrodes are cleaned with a 0.1 N sulfuric acid solution. After decantation and filtration (0.5µ) the final concentration of chromium in the filtrates is determined. The results reveal that with a sample of initial concentration 16.59 mg/L in 45 minutes: at pH 7.15 the minimum reduction is 97.22%. At pH 8.59, the maximum reduction is 99.93%. In conclusion, electrocoagulation can reduce the chromium level in wastewater to 0.01 mg/L below the standard 2 mg/L. Reducing the rate of emerging pollutants in wastewater collected in Bamako is our perspective.

Keywords: water, chrome, tannery, electrocoagulation.

1.Introduction

L'eau est l'élément central de tous les processus socio-économiques, quel que soit le degré de développement de la société (Safia LEMDANI, 2015). La tannerie est une activité socio-économique dont l'eau et le chrome sont des éléments centraux. Les techniques de traitement des cuirs et peaux mise en œuvre dans la tannerie industrielle ou semi-industrielle au Mali, comme dans tout le monde utilisant du chrome, ont considérablement contribué à la pollution de l'eau (Dominique, 2018). Les eaux usées de tannerie source des effluents contenant des polluants émergents dont le chrome très toxique sont déversées dans les canaux d'épuration. Les industries sont ciblées comme les principales sources de pollution du milieu aquatique. Le rejet des eaux usées de tannerie génère le plus souvent des effluents ne respectant pas les normes nationales de rejet de chrome, fixées à 2 mg/L avant le déversement dans les canaux épurateurs. Il est donc primordial de limiter le plus possible cette pollution en mettant en place une technique d'élimination du chrome adaptée au Mali. C'est l'ensemble de ces renseignements que nous avons orienté notre étude sur l'abatement du chrome des eaux usées

de tanneries par électrocoagulation. Le traitement des eaux usées se fait par la méthode chimique ou microbiologique. A la méthode chimique l'abattement du chrome des eaux usées se fait par des techniques d'adsorption sur charbon actif en grain (CAG) et par électrocoagulation (Inousa ZONGO, 20213). L'objectif de l'étude est l'abattement du chrome des eaux usées de la tannerie par l'électrocoagulation. L'électrocoagulation est un moyen de réduire le taux des polluants émergents. Elle consistait à séparer les impuretés des échantillons d'eau usée à l'aide d'un électrocoagulateur. L'eau usée est introduite dans la cuve électrolytique à deux électrodes connectées au générateur sous tension électrique. A chaque électrocoagulation les électrodes sont nettoyées à la solution d'acide sulfurique de 0.1 N. Après la décantation et la filtration (0,5 μ) la concentration finale du chrome des filtrats est déterminée. Le nombre d'échantillons testés était 6. Les résultats révèlent qu'avec un échantillon de concentration initiale 16,59 mg/L en 45 minutes : au pH 7,15 l'abattement minimal est de 97,22%. Au pH 8,59, l'abattement maximal est de 99,93%. En conclusion l'électrocoagulation peut réduire le taux de chrome des eaux usées à 0,01mg/L inférieur à la norme 2 mg/L.

2. Matériel et Méthodes :

Le Centre de mesure de la FST sur la colline de Badalabougou Rue L S Senghor est le site de l'étude.

2.1. Matériel : La recherche est réalisée sur les eaux usées de tannerie des collecteurs de la station d'épuration de Bamako.

Les instruments utilisés pour réaliser les expériences étaient : - Le Thermo Electron modèle X7 (Figure 1) : du centre de mesure de la FST 2023. Il comprend l'automate de quantification associé à l'ordinateur pour l'impression des résultats. - L'électrocoagulateur (Figure 2) composée de (a) un schéma analytique du dispositif d'électrocoagulation [4] et (b) un schéma illustré du dispositif d'électrocoagulateur « BOUARE, 2023 ». Le dispositif expérimental (Fig 2b) utilisé pour l'abattement du chrome des échantillons d'eaux usées par EC est monté intégralement au laboratoire. Il est constitué de : une cellule (cuve) électrolytique en plexiglas d'un volume effectif de 1000 mL à deux électrodes en fer connectées à un générateur de courant continu (M FMDQGS FPS-305D, DC power supply, 30V 5A) sous tension électrique avec agitateur. Les électrodes utilisées sont longues de 20,5 cm ; 9,7 cm de largeur et de 12,5 cm de hauteur chacune avec une surface effective de 2485,625 cm². La distance active est d'environ 9,3 cm. La solution d'acide chlorhydrique sert de solvant de lavage des plaques. - Le multimètre (Figure 3) servait à contrôler l'intensité, le P^H, la conductibilité et la température.

2.2. Méthodes :

La Méthode expérimentale de réduction du taux de chrome consistait à utiliser les approches physiques et chimiques pour obtenir les différentes variables : co

L'étude est : prospective, portant sur l'abattement du chrome VI par l'électrocoagulation des eaux usées de tannerie ; transversale s'étendant d'un an et analytique qui consistait à faire une déduction à partir des principes fondés sur l'analyse des observations et des expériences.

2.2.1- Echantillonnage :

Deux bidons de cinq litres d'eaux usées ont été prélevés avec une pissette à la sortie des eaux usées de l'usine de tanneries IMAT-SA de Sotuba à Bamako en Février 2023. Les échantillons étaient soumis à des tests à travers les étapes suivantes.

2.2.2. Quantification de la concentration du chrome des eaux usées de tannerie avant abattement par électrocoagulation.

La démarche expérimentale adoptée consistait à prélever un litre d'échantillon d'eau usée pour chaque test. Cette quantité était soumise à un test de quantification du chrome dans l'échantillon par la technique de Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma Inductif (ICP-MS) avec l'appareil de marque Thermo Electron modèle X7 (Figure 1). Cette technique instrumentale d'analyse se repose sur la

séparation, l'identification et sur la quantification des éléments constitutifs d'un échantillon en fonction de leur masse.

2.2.3. Quantification de la concentration du chrome des eaux usées de tannerie après abattement par électrocoagulation.

En vue d'optimiser les conditions relatives à la technique (ICP-MS) avec l'appareil de la marque Thermo Electron modèle X7 (Figure 1), certains choix ont été faits à savoir la nature de l'électrode utilisé, le temps d'électrolyse, la distance inter électrodes et l'intensité du courant appliquée aux bornes du générateur. Plusieurs chercheurs ont rapporté l'incidence des matériaux dont les plus connus sont des plaques d'aluminium ou de fer, en raison de leur faible coût, de leur disponibilité et de leur efficacité. Les plaques en fer sont utilisées comme électrodes avec une pureté d'environ 99%. Les électrodes en fer peuvent être obtenues par récupération des déchets de fer, ce qui rend leur coût supportable pour un procédé de dépollution. La solution d'acide chlorhydrique sert de solvant de lavage des plaques. L'élimination est lancée après que les paramètres aient été ajustés. La démarche expérimentale adoptée consistait à prélever un litre d'échantillon d'eau usée à traiter et à introduire dans la cuve électrolytique dans laquelle est immergé deux électrodes. Chaque électrode était connectée à une borne + ou - du générateur sous tension électrique. Les deux électrodes placées parallèlement dans la cuve électrolytique étaient préalablement traitées avec un papier abrasif au niveau de leur surface, dans le but d'homogénéiser celles-ci et d'éliminer les impuretés et les dépôts qui peuvent les contaminer. Les valeurs de la conductibilité et celles de l'intensité du courant étaient contrôlées et notées avec un multimètre. Les électrodes étaient extraites du réacteur, après chaque expérience dans le but de les examiner, et de les nettoyer, étant donné que les résidus de décomposition des polluants pouvaient se déposer sur leur surface. Le nettoyage s'effectuait avec une solution d'acide sulfurique de 0.1 N, permettant ainsi d'éliminer les dépôts des polluants pouvant former une couche résistante sur la surface.

2.2.3.1. La décantation :

Les échantillons d'eaux ont été décantés pendant 5 minutes dans la cuve

2.2.3.2. La filtration :

Après la décantation les échantillons ont été filtrés avec un papier filtre de 0,5 micron de mailles. Les filtrats ont été ensuite prélevés pour déterminer la concentration finale de chrome. Les concentrations en Cr ont été déterminées avant et après électrocoagulation [5].

2.2.3.4. Le pH et la conductivité : ont été aussi déterminés à l'aide d'un pH mètre HI 3221 pH/ORfP/ISE Metor Calibration Check HANNet d'un conductimètre HANNA HI 8633 (Figure 3).

2.2.4. La méthode de modélisation et d'optimisation de l'électrocoagulation :

Les valeurs des paramètres influant sur l'électrocoagulation comme le temps, l'intensité, la tension, et la distance entre les électrodes ont été utilisées pour la modélisation et optimisation.

3. RESULTATS:

3.1. RESULTATS :

Les variables obtenues des tests étaient :

3.1.1. La concentration initiale du chrome avant électrocoagulation :

L'échantillon est caractérisé par une concentration initiale très élevée en chrome 16,59 mg/L de 8 fois plus la norme. Les eaux usées sont fortement minéralisées avec une conductivité électrique initiale de 2800 µs/cm et un pH : 6,00.

3.1.2. La concentration du chrome après électrocoagulation des eaux usées de tannerie

3.1.2.1. Résultats de filtration après électrocoagulation des eaux usées de tannerie

La Figure 4 représente les filtrats obtenus après électrocoagulation

Au cours de cette méthode expérimentale des 6 tests nous avons obtenu 6 Ph différents.

3.1.2.2. Les variables physiques d'électrocoagulation des eaux usées de tannerie

-L'abattement de la concentration du chrome des eaux usées en fonction du temps :

Le Tableau 1 : la concentration du chrome VI des eaux usées en fonction du temps d'électrocoagulation

L'intervalle de temps d'électrocoagulation des 6 tests était de [30 – 60 min] avec une moyenne de 45 min. Le taux d'abattement de chrome de 16,59 mg/mL à 0,01mg/ mL a valu 45 et 60 minutes des tests respectifs 4 et 6. Les Ph étaient respectivement 8,92 et 09. Les temps d'électrocoagulation des 6 tests permettaient d'obtenir un abattement inférieur aux normes.

-L'abattement de la concentration du chrome VI des eaux usées en fonction des intensités d'électrocoagulation

La Figure 5 représente la concentration du chrome des eaux usées en fonction de l'intensité de l'électrocoagulation

Les intensités des tests variaient entre 2,21 ampères à 4 ampères avec une moyenne de 3,22 Ampères pour une réduction du taux de chrome de 16,59 mg/mL à 0,01mg/ mL

-L'abattement de la concentration du chrome des eaux usées en fonction des tensions d'électrocoagulation

La Figure 6 représente : la concentration du chrome VI des eaux usées en fonction de la tension de l'électrocoagulation Les tensions des tests variaient entre 3,94 volts à 21,12 volts avec une moyenne de 8,65 volts. La plus faible réduction du taux de chrome de 16,59 mg/mL à 0,01mg/ mL.

-L'abattement de la concentration du chrome des eaux usées par rapport aux distances des électrodes d'électrocoagulation

La Figure 7 représente : la concentration du chrome VI des eaux usées en fonction de la distance d'électrocoagulation

La minimale distance (1 cm) séparant les deux plaques d'électrodes en fer permettait un abattement du taux initial de chrome à 0,05mg/L en 30 minutes. La distance entre les électrodes permettant le plus grand abattement du taux de chrome de 16,59 à 0,01mg/L était 1,5 cm. A la même distance l'abattement était de 16,59 à 0,02 mg/L.

[Cr]

-L'abattement de la concentration du chrome des eaux usées par rapport aux Ph d'électrocoagulation

La Figure 8 représente : la concentration du chrome VI des eaux usées en fonction des pH d'électrocoagulation

Les variations de Ph des échantillons au cours des tests d'abattement étaient de 7,15 (neutre) à 9,07 (basique) avec une moyenne de 8,615. Ces valeurs sont dans l'intervalle des normes (6,5 à 9,5).

-L'abattement de la concentration du chrome des eaux usées par rapport aux vitesses de conductivité d'électrocoagulation, relatif à la turbidité

Le Tableau 2 représente : les concentrations du chrome des eaux usées en fonction à la conductivité après électrocoagulation

Les conductibilités dans les échantillons des tests 3, 4 et 6, respectivement 2180, 2230 et 265 $\mu\text{S}/\text{cm}$ étaient dans les normes des eaux usées ($\leq 2500 \mu\text{S}/\text{cm}$). Les conductibilités dans les échantillons des tests 1 ; 2 et 5 étaient $>$ à la norme. La conductibilité moyenne était $2129,167 \mu\text{S}/\text{cm} <$ à la norme. Du point de vue composition avant électrocoagulation, la concentration en nitrate était $17,103 \text{ mg/L} >$ à la norme ($\leq 30 \text{ mg/L}$) et 0 mg/L de nitrite avec un $\text{DBO}_5 <$ à la norme. Après électrocoagulation la charge en nitrate variait de 0 à $1,636 \text{ mg/L}$. Soit une différence de 90,40% de la concentration initiale en nitrate. Les concentrations en nitrate des échantillons 2 à 5 étaient dans les normes $\leq 0,6 \text{ mg/L}$. La

conductibilité des échantillons varie selon la teneur en chrome, en nitrate et à la DBO5. La DBO5 des échantillons de 1 à 5 étaient dans les normes $\leq 50\text{mg/L}$.

Au cours des tests le nombre de tour /min d'agitation était constant (600t/min).

3.1.3. Résultat de Modélisation et d'optimisation d'électrocoagulation cas du Mali

En fonction de la concentration du chrome des eaux usées des tanneries au Mali, le modèle d'abattement est du repéré à travers les paramètres du test numéro 4. Il s'agit : du temps utile (45 min) d'intensité minimale (2,21 ampères) à une distance minimale entre les plaques de (1,5 cm)

3.2.DISCUSSION :

A Bamako comme ailleurs dans tout le monde les peaux d'animaux viennent des abattages quotidiens autorisés ou clandestins pour la consommation, des événements sociaux (religieux, baptêmes, mariage, sacrifice etc. ...). La majeure partie de ces peaux est destinée à des activités artisanales locales ou industrielles. Comme décrit par (LEMDANI, 2015). Actuellement ces activités s'intensifient pour satisfaire les besoins de la population dans un processus socio-économique. Selon (Dominique, 2018) cette activité avec comme matière première la peau animale ne peut se réaliser localement sans tannins ni eau et industriellement sans chrome de plus qui fait partie des polluants très toxiques sinon mortels. Les causes de pollution sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines comme annoncé par (SEMEGA, 2000). Le traitement des eaux usées des tanneries par le procédé d'électrocoagulation avec le dispositif comme décrit par (Inoussa ZONGO) et (Fily Balla DEMBELE, 2023) nous a permis de réaliser l'électrocoagulation des eaux usées de tannerie. Quelle que soit la méthode de traitement de la peau, les eaux usées des tanneries sont déversées dans les canaux d'épuration constituant les principales sources de pollution du milieu aquatique. Elles génèrent le plus souvent des effluents ne respectant pas les normes nationales de rejet de chrome, fixées à 2 mg/L. Les résultats de quantification du chrome (17,59 mg/L) avant électrocoagulation de nos échantillons prélevés des collecteurs d'eaux usées des tanneries en témoignent. La qualité de ces échantillons représente celle des eaux usées des collecteurs. Sans traitement elles sont sources d'infection microbienne ou d'intoxication. La technique de Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma Inductif (ICP-MS) avec l'appareil de la marque Thermo Electron modèle X7 (Figure 1) ainsi que l'électrocoagulateur (Figure 2 a et b) nous ont servi d'atteindre l'objectif de l'étude qui vise à réduire le taux de chrome des eaux usées des tanneries de Bamako. La décantation et la filtration sont les étapes intermédiaires obligatoires pour un meilleur abattement du taux de chrome selon (O. KHELIFI ; Guelma 2018). Les résultats de nos tests d'électrocoagulation de 16,59 mg/L à 0,01 mg/L < à la norme montrent l'efficacité du travail effectué permet de résoudre les risques de pollution et d'intoxication. Les matériels, les méthodes et les techniques utilisées constituent des repères adaptés à l'élimination du taux de chrome dépassant la norme 2mg/L au Mali selon (Rodier et al, 2009). Ce travail servira comme modèle de départ pour les chercheurs afin de réussir au traitement des eaux usées des tanneries. Il servira aussi un moyen pour les utilisateurs de respecter les normes.

4. CONCLUSION :

Durant les tests d'abattement des eaux usées de tannerie, la technique de Spectrométrie de Masse Couplée à un Plasma Inductif (ICP-MS) appliquée avec l'appareil de la marque Thermo Electron modèle X7 et avec le dispositif électrocoagulateur (Figure 2 a et b), ont permis de réaliser l'abattement du taux de chrome des eaux usées de tannerie au centre de mesure de la FST. Elle permet aussi d'éliminer simultanément certains polluants organiques, minéraux (nitrites et nitrates). Les résultats des tests, montrent qu'à 1,5 cm de distance entre les électrodes en fer dans un échantillon de Ph 8,92 d'intensité 2,21 A, sous tension à 3,94 V en 45 minutes, les eaux usées de tannerie peuvent être restaurées de 16,59 mg/L à 0,01mg/g de chrome soit à 99,93%.

5. Références :

- 1 - Safia LEMDANI. 2015. « élimination du chrome (vi) par électrocoagulation et adsorption sur du charbon actif » 248 P
- 2- Dominique C.K. 2018. sohouhoulou. soachim2018 n°96.008/mat/sg/dgat/dlpjdu 17.01.1996». 19èmes Journées Scientifiques Annuelles de la SOACHIM 07 , Lomé – TOGO Thème Général : Contribution des sciences chimiques à la mise en œuvre des objectifs du développement durable 914 p
- 3-SEMEGA A. THESE (Etude de qualité des eaux usées de la tannerie de l'Afrique de l'ouest) » 2000. 139P
- 4- Inousa ZONGO. 2021. Étude expérimentale et théorique du procédé d'électrocoagulation : application au traitement de deux effluents textiles et d'un effluent simulé de tannerie. Thèse, articles L 122. 4. 227 P
- 5- Fily Balla DEMBELE. 2023. « Etude comparative de deux méthodes d'élimination de L'arsenic des eaux des résidus miniers de la mine Aurifère de loulou ». 92 P
- 6-O. KHELIFI ;Guelma 2018 « Etude de l'adsorption du nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration ». 149 P
- 7-Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer* (9ème éd.). Dunod...P