

## **La décoloration des rejets liquides de textile (noir de soufre) par voie électrochimique**

**Ghita SBAI\* et Mohamed LOUKILI**

*Laboratoire des Sciences et Technologie du Génie des Procédés, Ecole Supérieure de Technologie  
Route d'Imouzzer BP 2427 Fès, Maroc*

---

\*Correspondance, courriel : [Ghita10\\_20@hotmail.fr](mailto:Ghita10_20@hotmail.fr)

### **Résumé**

Dans cette étude, nous nous intéressons au traitement d'un rejet de coloration de textile par voie électrochimique. Les paramètres qui ont été variés au cours de traitement par cette technique sont le pourcentage de dilution et le courant imposé. Les résultats obtenus ont permis d'obtenir un taux de décoloration pouvant atteindre 99,39% également, et une élimination importante de la D.C.O qui dépasse 57,50%, pour une dilution 5 fois à un temps d'électrolyse correspondant à 7 heures et un courant imposé égal à 4 A. Les rejets ainsi obtenus après traitement peuvent être directement déversés dans les cours d'eaux ou mélangés aux eaux urbaines pour être traités par les stations d'épuration sans risquer de perturber le fonctionnement de ces dernières.

**Mots-clés :** *décoloration, rejet, textile, voie électrochimique.*

### **Abstract**

**The discoloration of the liquid rejections of textile (black of sulfur) by electrochemical way**

In this study, we are interested to the treatment of a rejection of coloring of textile by electrochemical way. The parameters which were varied during treatment by this technique are the percentage of dilution and the impressed current. The obtained results allowed to obtain a rate of discoloration which can reach also 99,39 %, and an important elimination of the C.O.D which exceeds 57,50 %, for a dilution 5 times in a time of electrolysis corresponding at 7 hours and an imposed current equal to 4 A. The rejections obtained after treatment can be directly poured in the courts of waters or mixed in urban waters to be treated by water-treatment plants without the risk of disturbing the operation of the latter.

**Keywords :** *rejection, discoloration, textiles, electrochemical way.*

## 1. Introduction

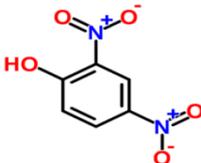
L'industrie textile est l'une des industries consommatrices de grandes quantités d'eau PETRINIC et al., [1] ont indiqué que cette quantité est de l'ordre de 200 L d'eau par kg de produit textile fini. Les colorants réactifs sont solubles et anioniques en solution aqueuse [2]. L'eau polluée provenant des chaînes de finition, de teinture et de lavage dans les industries textiles, constitue une source importante de pollution. Ce rejet liquide a généralement une couleur intense, un pH élevé, une quantité importante des particules en suspension et une forte demande chimique en oxygène. L'industrie textile utilise environ 10 000 types de colorants, la majorité est constituée de substances toxiques qui présentent un danger autant pour l'homme que sur la vie aquatique. 15 % de ces colorants utilisés sont retrouvés dans les rejets liquides à destination des ruisseaux, rivières, fleuves et mers. Ces eaux doivent donc être traitées avant leur décharge finale, pour des raisons environnementales et légales. Ce sujet est particulièrement critique au Maroc, étant donné que l'industrie textile se trouve en pleine expansion. Plusieurs procédés d'épuration ont été testés pour les éliminer des eaux de rejet. Nous pouvons. Dans l'industrie textile, le choix de tel ou tel procédé de traitement repose sur deux critères importants : le coût et l'efficacité. L'objectif de ce travail est de décolorer un effluent de textile par voie électrochimique.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Rejet industriel étudié

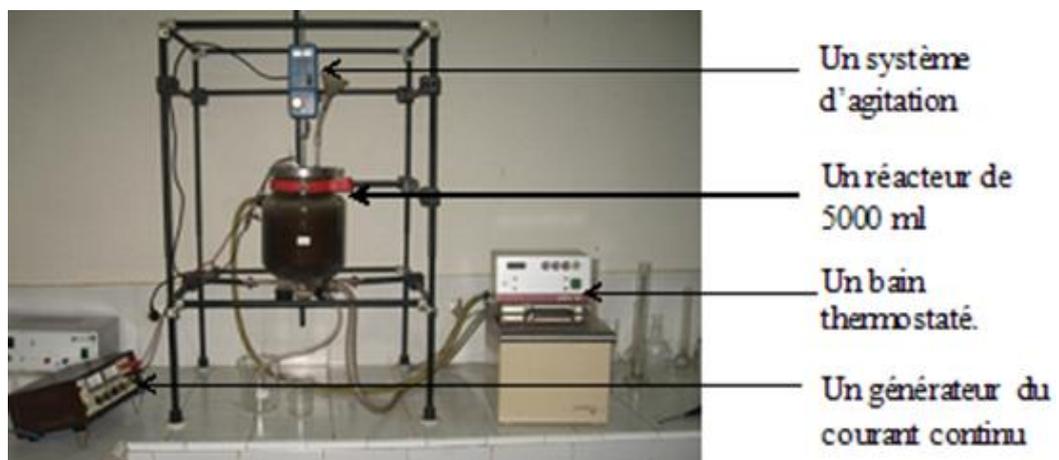
Dans notre étude nous avons traité un effluent qui a été prélevé dans une unité traditionnelle de coloration textile (SEBARIN) à Fès et ceci juste après le procédé de teinture par Noir de soufre. Le colorant employés dans cette unité de coloration s'agit de colorant de Noir de soufre appartenant à une classe largement utilisées en industrie textile, les caractéristiques des colorants que nous avons utilisés sont données dans les tableaux 1 (Ce tableau est pris de l'emballage de ce colorant sous forme poudre ,qui est utilisé par cette unité). Pour être sûr que ce colorant emballée et le même utilise dans cette unité de coloration on a effectué une analyse du colorant poudre à l'aide de la spectroscopie infrarouge au laboratoire de CURI de Fès.

**Tableau 1 : Caractéristiques de colorant chimique (Noir de soufre)**

Nom commercial	Noir de soufre
Nom chimique	2,4-Dinitrophenol
Formule moléculaire	$C_6H_4N_2O_5$
Structure	
Masse molaire	184.10636 g/mol
Aspect	poudre noire à grain fin
Utilité	La teinture de textile
Solubilité dans l'eau	Soluble

## 2-2. Techniques expérimentales

La dégradation de la matière organique par procédé électrochimique a été réalisée dans un réacteur électrochimique non divisée de capacité maximale de 5000 ml (*Figure 1*), la cathode est constituée de feutre en titane patinée et une grille en titane platinée constitue l'anode, cette dernière est placée verticalement au centre du réacteur. La cellule électrochimique est alimentée par un générateur type (EA-7015-050), une petite quantité du sel NaCl solubilisée dans l'eau distillé est ajouté à la solution à traiter comme électrolyte support pour assurer la bonne conductivité électrique, afin de réduire au minimum la consommation d'énergie, les solutions sont homogénéisées par un agitateur type (BIOBLOCK SCIENTIFIC) toutes les expériences ont été exécutées à la température (30 C) cette température est assurée par un bain thermostaté (fluide caloporteur) type (ULTRATEMPS 2000, julabo F30). Les prélèvements des échantillons ont été effectués manuellement à l'aide d'une vanne au-dessous de réacteur à intervalle de temps régulière.



**Figure 1 : l'unité de traitement utilisé**

Le coût électrique (c'est à dire, l'énergie électrique appliquée entre les deux électrodes et exprimée en kWh/L) est calculé en mesurant la différence de potentiel (d.d.p.) entre l'anode et la cathode et en utilisant la relation suivante :

$$E \text{ (KWh/h)} = I \cdot U \cdot t / 1000 \cdot V \quad (1)$$

U est la tension aux bornes des électrodes (V), I est l'intensité (A), t est le temps (h) et V est le volume (L).

## 2-3. Analyses physico-chimiques

Sur l'ensemble des échantillons traités, Dix paramètres ont été mesurés. Quatre de ces paramètres l'ont été chaque heure durant le traitement : la conductivité à l'aide d'un conductimètre Type HACH –Modèle Sension 7, le pH à l'aide d'un pH paramètre Type HACH –Modèle Sension 7, l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre Type SHIMADZU (UV-1201 V), L'intensité de la couleur a été déterminée par la mesure de l'absorbance à 580 nm par le spectrophotomètre U.V. visible. La DCO est déterminé par l'oxydation en milieu acide par l'excès de dichromate de potassium à la température de 148°C des matières oxydables dans les conditions de l'essai en présence de sulfate d'argent comme catalyseur et de sulfate de mercure . Le reste de ces paramètres l'ont été avant et après traitement : la matière en suspension (sur une membrane de 0,45 µm) [12] .

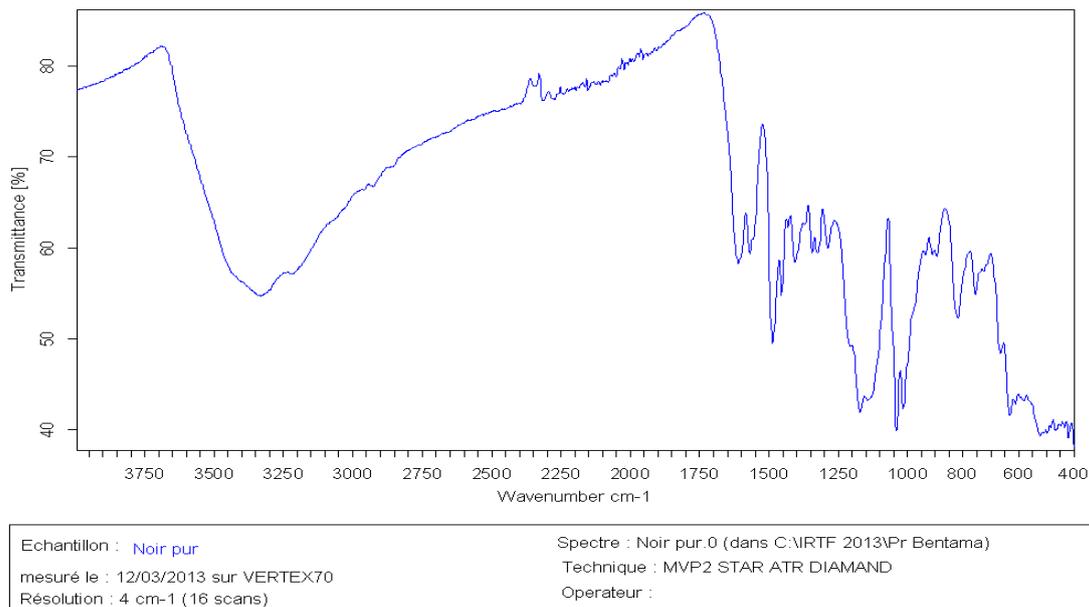
L'oxygène dissous par un Oxymètre Type HQ Modèle 40 d multi, la turbidité à l'aide turbidimètre Type HACH Modèle 2100 N. L'alcalinité, le titre hydrotimétrique et les chlorures ont été déterminée selon les méthodes standards pour examen des eaux et eaux usées [13]. L'analyse du colorant poudre s'effectue à l'aide de la spectroscopie infrarouge au laboratoire de CURI de Fès.

### 3. Résultats et discussion

#### 3-1. Caractéristiques des échantillons

L'analyse du noir de soufre poudre par spectroscopie infrarouge

CURI - FEZ MAROC



**Figure 2 :** Le spectre Infrarouge de Noir de soufre

Le spectre IR permettent de mettre en évidence certaines bandes de vibration caractéristiques des fonctions propres à la molécule du Noir de soufre. Le **Tableau** ci-dessous indique l'attribution de quelques bandes de vibration : (Les vibrations de valence sont notées  $\nu$  et celles d'élongation  $\delta$ ).

**Tableau 2 :** l'attribution de quelques bandes de vibration

Bandes d'absorption (Cm <sup>-1</sup> )	Liaison
Epaulement entre 3150 Cm <sup>-1</sup> et 3450 Cm <sup>-1</sup>	$\delta$ O-H
Entre 1600 Cm <sup>-1</sup> et 1650 Cm <sup>-1</sup>	$\delta$ C-OH
Deux bandes vers 1600 Cm <sup>-1</sup> et 1500 Cm <sup>-1</sup>	$\nu$ C=C aromatique
1450 Cm <sup>-1</sup>	N=O
1320 Cm <sup>-1</sup>	$\nu$ C-O
1170 Cm <sup>-1</sup>	$\delta$ C-O
800 Cm <sup>-1</sup>	$\delta$ C-H aromatique trisubstitué
650 Cm <sup>-1</sup>	$\nu$ O-H

### 3-2. Caractéristiques physicochimiques des rejets liquides utilisés

Les rejets réels proviennent d'une unité traditionnelle de coloration textile (SEBARIN) à Fès et ceci juste après le procédé de teinture par noir de soufre. Les échantillons ont été prélevés le 08 Janvier 2013 à partir du bassin de teinture et transportés dans des flacons de 5 litres pour les dosages physicochimiques et le traitement, puis ont été conservés à 4°C pour une utilisation ultérieure. L'analyse de ces résultats (**Tableau 3**) montre que l'effluent est basique et son pH est de 9,13. Une conductivité de l'ordre de 5,52 mS/cm . La matière polluante exprimée en termes de demande chimique en oxygène (DCO) est de l'ordre de 6666,7 mg/L .La teneur en chlorure est de l'ordre de 8,14 mg/L. Enfin, la turbidité est de l'ordre de 91,8 NTU.

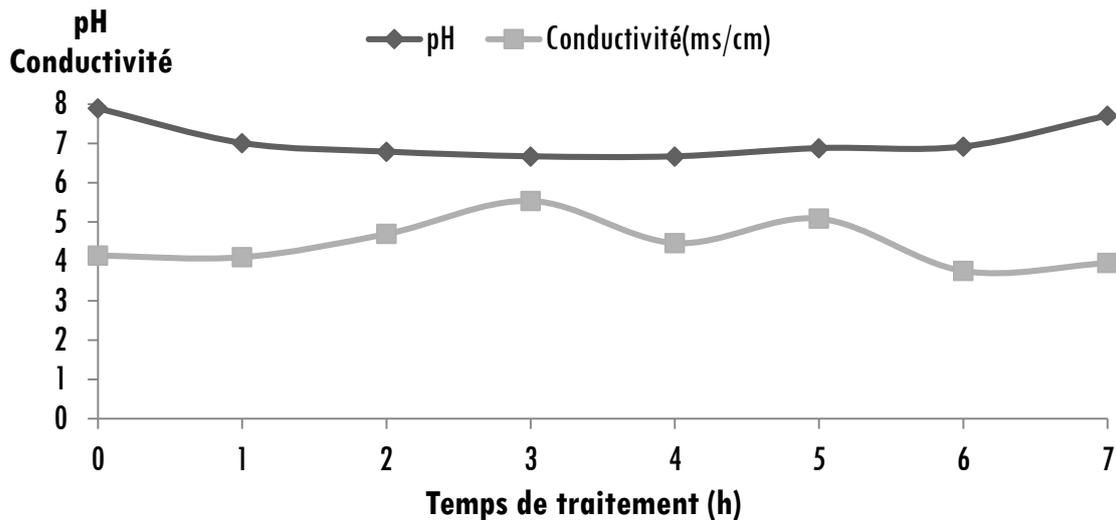
**Tableau 3 :** *Caractéristiques physico chimiques rejets liquides utilises utilisés*

Paramètres	Effluent réel brut	Effluent réel dilué 5 fois
<b>PH</b>	9,13	7,89
<b>μ (ms/cm)</b>	5,52	3,92
<b>T.E (%)</b>	82	-
<b>MS (mg/)</b>	103	-
<b>λ<sub>max</sub> (nm)</b>	580	580
<b>Absorbance</b>	2,229	1,813
<b>DCO(mg/L)</b>	6666,7	-
<b>Turbidite NTU</b>	91,8	34,6
<b>TH (meq/L)</b>	25,2	-
<b>TAC (meq/L)</b>	10,1	-
<b>Chlorure (mg/L)</b>	8,14	-
<b>O<sub>2</sub> dissout (mg/L)</b>	8,9	9,38

### 3-3. Traitement électrochimique

#### *3-3-1. Évolution de pH et conductivité en fonction de temps*

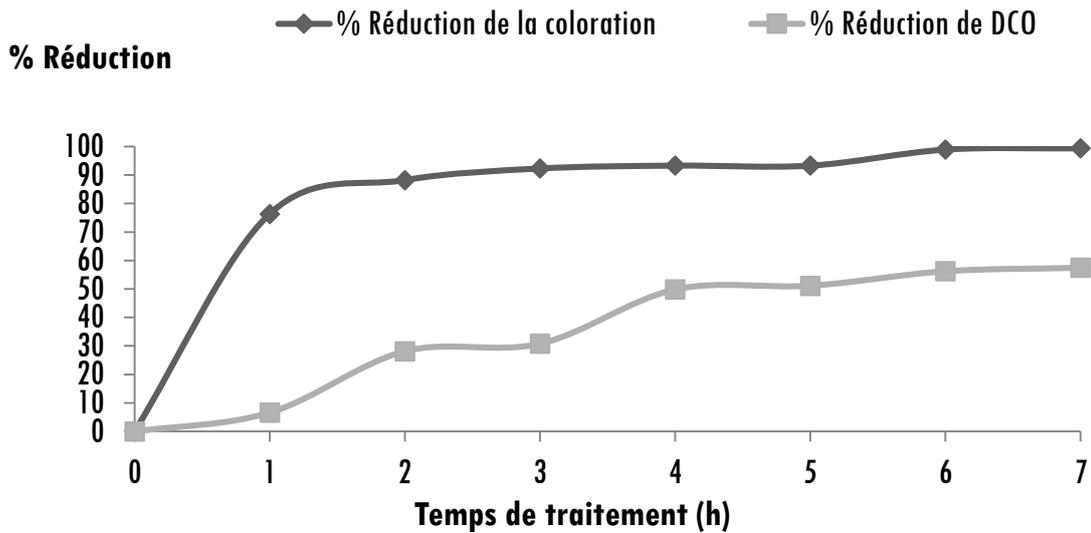
**La Figure 3** montre qu'après 3 heures de traitement le pH décroît progressivement au cours du traitement pour atteindre une valeur de l'ordre de 6,6, puis augmente légèrement pour atteindre leur valeur initial (pH=7,89) .D'autre part, il y a une augmentation de conductivité après 3 heures de traitement du traitement pour atteindre une valeur de 5,5 mS/cm ,et a la fin de traitement elle prend une valeur inferieur à celle de l'état initial. La diminution progressive du pH et l'augmentation de conductivité au cours du traitement, est expliqué par le fait que l'augmentation du temps de traitement favorise la production des espèces actives qui diffusent dans la solution aqueuse. Et au cours de traitement on observe une décoloration de l'effluent.



**Figure 3 :** Représentation de la variation des paramètres pH et conductivité en fonction du temps pendant le traitement de l'effluent de noir de soufre par voie électrochimique

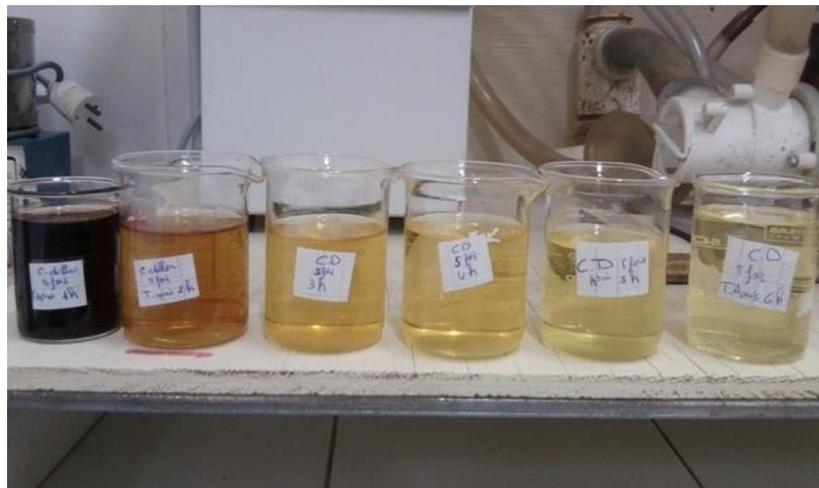
### 3-3-2. Effet du traitement sur la réduction de la coloration et de DCO

L'évolution de la concentration résiduelle de DCO en fonction du temps est utile à la détermination d'efficacité de traitement, et le coût énergétique nécessaire pour le traitement (*Figure 4*). Pour faire cette cinétique, nous avons traité un effluent de coloration de textile de volume 5L de dilution 5 fois, avec une intensité appliquée de 4 A correspondant à un potentiel de 14 V. L'évolution de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) résiduelle au cours du temps montre un abattement de plus de 57,5 % de DCO après seulement 7 heures de traitement. L'absorbance permet d'estimer la coloration des effluents de façon indirecte. Nous avons procédé au balayage des échantillons bruts afin de trouver la longueur d'onde la plus représentative de l'absorbance de l'effluent, Cette longueur d'onde correspondant à un maximum assez plat de l'absorbance est de 580 nm, (*La Figure 4*) montre l'évolution de l'absorbance de l'effluent au cours du traitement, nous constatons une diminution de l'absorbance au cours du traitement pour atteindre une valeur de 0,01 après 7 heures de traitement. C'est-à-dire une réduction de pourcentage de coloration atteint presque 99,36 %. Cela représente une bonne élimination de coloration et aussi de la D.C.O de l'effluents, d'où la faisabilité de notre méthode de traitement pour l'élimination des molécules non biodégradables ainsi que la décoloration totale des rejets.



**Figure 4\_:** Réduction de DCO et de coloration en fonction de temps de traitement de l'effluent de noir de soufre par voie électrochimique

La **Figure** suivante présente la dégradation des colorants contenant dans le rejet de coloration de textile lors du traitement par le procédé électrochimique.



**Figure 5 :** La décoloration de l'échantillon au cours de traitement électrochimique

### **3-3-2. Les paramètres qui influencent le traitement électrochimique**

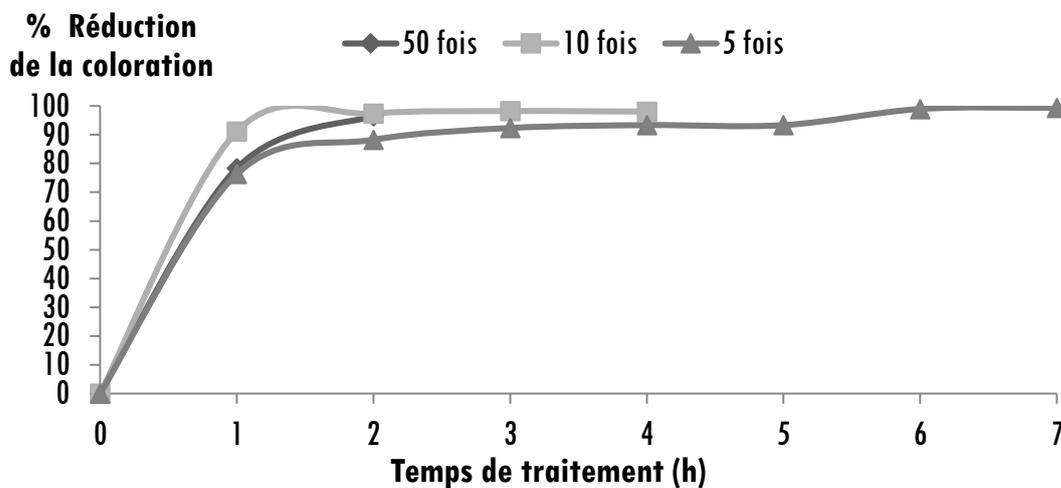
#### **3-3-2-1. Effet de dilution**

Dans le but d'évaluer le rôle joué par le % de dilution du rejet du colorant lors du traitement électrochimique, nous avons réalisé des expériences en gardant tous les autres paramètres constants. A savoir : l'intensité de courant, et la température.

On fait varier les dilutions des effluents de 5 fois à 10 et 50 fois, les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage de réduction de la coloration (concentration) en fonction de temps de traitement (*Figure 6*). On obtient respectivement :

- 99,39 % de réduction de concentration pour dilution 5 fois à un temps de traitement de 7 heures
- 98% de réduction de concentration pour la dilution 10 fois en 4 heures
- 96,5 % de réduction de concentration pour la dilution 50 fois en 2 heures.

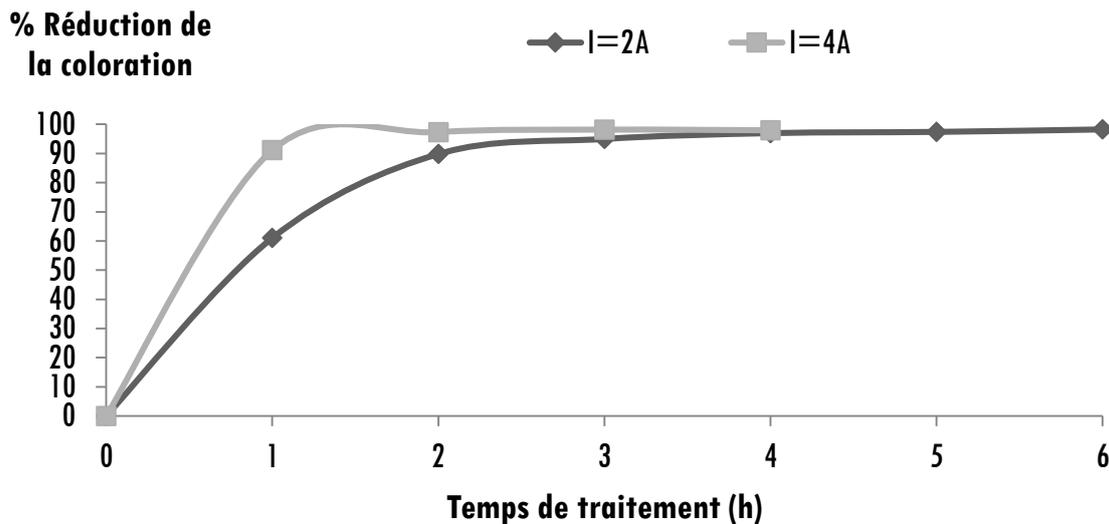
Des différences dans la cinétique de décoloration sont constatées à la lecture de ce graphe. Il apparaît que le traitement de solution le plus concentré nécessite plus de temps réactionnel pour atteindre le taux maximal d'élimination.



**Figure 6 :** Représentation de pourcentage de décoloration en fonction du temps pendant le traitement de l'effluent réel de noir de soufre à différents pourcentages de dilution

### 3-3-2-2. Effet de densité de courant

La densité de courant est jugée comme paramètre essentiel en électrolyse et spécifiquement pour la cinétique d'abattement de DCO et celle de la décoloration, Lorsque la densité de courant augmente, le temps de traitement diminue. L'effet de la densité de courant sur l'élimination de l'effluent été évalué en répétant le même essai avec les mêmes conditions opératoire mais avec des différents intensités,. L'intensité appliquée varie entre 2 A et 4 A suivant les capacités du générateur utilise. Il apparaît que l'application de valeurs d'intensité de courant ascendantes améliore le taux d'élimination ainsi que la cinétique de décoloration. Par exemple (*Figure 7*), pour l'effluent dilue 10 fois, en 2 heure de traitement nous avons atteint 98% d'élimination sous une intensité de 4 A, et le même pourcentage de réduction 98% d'élimination sous l'intensité de 2 A en un temps réactionnel de 6 heure.



**Figure 7 :** Représentation de la variation de % Décoloration en fonction du temps pendant le traitement de l'effluent réel de noir de soufre à I=2A et I=4A (Dilution 10 fois)

#### 4. Conclusion

La caractérisation des effluents provenant d'une unité de coloration de textile montre que ces rejets sont très colorés en noir et contiennent des teneurs très élevées en matière organique difficilement biodégradables et en matière en suspension et en sels. Le traitement de ces effluents est donc nécessaire avant de les rejeter au milieu récepteur (la mer). Dans cette étude, le traitement de ces effluents est réalisé par voie électrochimique. Il en ressort qu'il y a trois facteurs qui influencent la décoloration et le pourcentage d'élimination de la matière organique qui sont : le pourcentage de dilution, le temps d'électrolyse et le courant imposé. L'électrolyse de ces type des rejets à l'aide d'un réacteur électrochimique est un procédé de traitement compact et efficace pour la réduction de la couleur (99,36 %), de la demande chimique en oxygène (57,5%), de chlorure (75 %), et de Turbidité (81%), pour un rejet diluée 5 fois , et un courant imposé 4 A , à un temps d'électrolyse de 7 heures, ce procédés à une bonne efficacité (diminution de la DCO) et avec un coût électrique modéré seulement 0,42 kWh/L.

#### Références

- [1] - I. PETRINIC, N. P. RAJ ANDERSEN, S. SOSTAR-TURK et A. M. LE MARECHAL. The removal of reactive dye printing compounds using nanofiltration. *Dyes Pigments*, 74 (2007) 512-518.
- [2] - Y. CHEN-LU et J. M. C GARRAHAN. Electrochemical coagulation for textile effluent decolorization. *J. Hazard. Mater.*, B127 (2005) 40–47.
- [3] - I. ARSLAN et I. A. BALCIOGLU . Degradation of commercial reactive dyestuffs by heterogenous and homogenous advanced oxidation processes: a comparative study. *Dyes Pigments*, 43 (1999) 95–108.
- [4] - S. L. MARCO, A. DIAS ALBINO, A. SAMPAIOB, C. AMARALB et J. A. PERESA . Degradation of a textile reactive azo dye by a combined chemical–biological process: Fenton's reagent-yeast. *Water Res.*, 41 (2007) 1103-1109.

- [5] - MURUGANANDHAM M. et M. SWAMINATHAN . Photochemical oxidation of reactive azo dye with UV–H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process. *Dyes Pigments*, 62 (2004) 269–275.
- [6] - A. H. ESSADKI, M. BENNAJAH, B. GOURICH, VIAL CH., M. AZZI, H. DELMAS, Electrocoagulation / electroflotation In an extrenal- loop airlift reactor- application to the decolorization of textile dye wastewater: a case study, *Chem.Eng.Process.*47(2008) 1211-1223.
- [7] - S. AOUDJ, A. KHELIFA, N. DROUCHE , M. HECINI, H. Hamitouche, Electrocoagulation process applied to wastewater containing dyes from textile industry, *Chem,Eng.Process*,49 (2010) 1176-1182.
- [8] - C. M. CARLIELL, S. J. BARCLAY., N. NAIDOO, C. A. BUCKLEY, D. A. MULHOLLAND et E. SENIOR . Microbial decolorisation of reactive azo dye under anaerobic conditions. *Water, SA*,21 (1995) 61-69.
- [9] - S. GATUT, B. KELLER-LEHMANN et J. KELLER . Optimization of integrated chemical–biological degradation of a reactive azo dye using response surface methodology. *J. Hazard. Mater.*, 138 (2006) 160–168.
- [10] - H. BEN MANSOUR, D. CORROLER, D. BARILLER, K. GHEDIRA, L. CHEKIR-GHEDIRA et R. MOSRATI . Influence of the chemical structure on the biodegradability of acids yellow 17, violet 7 and orange 52 by *Pseudomonas putida*. *Ann. Microbiol.*, 59 (2009e) 1-7.
- [11] - D.RUJIRA, N. SAKKAYAWONG, P. THIRAVETYAN et W. NAKBANPOTE. Adsorption of reactive red 141 from wastewater onto modified chitin. *J. Hazard. Mater.*,145 (2007) 250-255.
- [12] - N. ABOUZAID, M. DUCHESNE. Direction contrôle qualité des eaux. ONEP (1984).
- [13] - APHA. American public health association standard methods for analysis of water and wastewater. APHAPub.,Washington, DC (1992) .