

Traitement des effluents issus d'une raffinerie : Comparaison des méthodes chimique et électrochimique

Maryam Khadim Mbacké^{#1}, Mouhamed Ndoye^{*2}, El hadj Moussa Diop^{*3}, Cheikhou Kane^{*4}

[#] *Laboratory of Sciences, Advanced Technologies and Sustainable Development (LSTADD),
Amadou Mahtar Mbow University, Dakar, Senegal*

¹maryam.mbacke@uam.edu.sn

^{*} *Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels (LE3PI),
Ecole Supérieure Polytechnique, Cheikh Anta Diop, Université BP 5085, Dakar, Sénégal*

²ndoyeline@gmail.com

³djopmoussa88f@gmail.com

⁴cheikhou.kane@esp.sn

Abstract— Des effluents de raffinerie ont été traités par électrocoagulation et coagulation chimique. L'application de l'électrocoagulation sur l'effluent de la raffinerie a permis d'atteindre des taux d'abattement de DCO variant de 73 % à 98 %, d'oxygène dissous variant de 88 % à 94 %, de turbidité variant de 77 % à 96 % et une réduction de la quantité de MES à 40 %.

Une étude comparative basée sur les paramètres physico-chimiques (DCO, Oxygène dissous, turbidité) a été effectuée en traitant l'eau de rejet par coagulation chimique et l'électrocoagulation. Les résultats obtenus montrent des abattements de 96 % pour la turbidité et 98 % pour la DCO lors du traitement par électrocoagulation et des abattements de 92 % pour la turbidité et 95 % pour la DCO lors du traitement par coagulation chimique.

Mots Clés— hydrocarbure, electrocoagulation, coagulation

I. INTRODUCTION

L'eau est indispensable aux multiples activités d'une raffinerie de pétrole. Il faut en moyenne un baril d'eau douce pour traiter deux barils de pétrole brut. Les effluents rejetés sont de différentes natures : les eaux usées des procédés de raffinage, les eaux provenant d'activités connexes et les eaux pluviales. Les eaux de procédé entrent directement en contact avec les substances traitées au cours des processus de séparation, de conversion et d'amélioration des produits pétroliers. Il s'agit des eaux de dessalage, des condensats de distillation, des eaux acides, des rejets de vapocraquage, des eaux provenant de l'alkylation catalytique et du soufflage du bitume. Ces eaux contiennent des hydrocarbures ainsi que des composés azotés, sulfurés et oxygénés, c'est-à-dire les éléments que l'on trouve à l'état naturel dans le pétrole. On peut aussi y trouver diverses substances chimiques utilisées dans les procédés (solvants, soudes, acides, amines, détergents, inhibiteurs de corrosion, etc.) de même que des sous-produits dérivés des réactions thermiques et chimiques (phénols, ammoniac, etc.) et de la corrosion des équipements (oxydes métalliques, matières en suspension [MES]).

D'autres eaux usées sont également générées par des activités connexes : eaux de lavage des sols, eaux de purge des chaudières, éluats de régénération des échangeurs d'ions, eaux de laboratoire et eaux domestiques. Ainsi, mis à part les eaux domestiques traitées et rejetées dans l'égout sanitaire, la majeure partie de ces eaux est contaminée et nécessite un traitement in situ préalablement à son rejet.

Les principaux polluants retrouvés dans les eaux de procédé sont les huiles et graisses (hydrocarbures), les composés phénoliques, les sulfures, l'azote ammoniacal et les matières en suspension. On peut également

détecter d'autres contaminants, mais à des concentrations beaucoup plus faibles, comme des sels minéraux, des métaux (fer, arsenic, chrome, vanadium, nickel) et des additifs chimiques (soude caustique, acides sulfurique et phosphorique, solvants, détergents, etc.) [1]

II. LES PROCEDES DE TRAITEMENT

Les effluents ont été traités en utilisant des coagulants chimiques et par voie électrochimique.

La coagulation est un processus simple de neutralisation du potentiel répulsif de la double couche électronique qui englobe les fines particules solides. En effet, une fois les particules colloïdales de solides immergées dans une solution aqueuse, une couche fixe de charge négative englobe la particule. Autour de cette particule maintenant chargée, une deuxième couche se crée, plus diffuse, dont l'épaisseur dépend de la valence de l'ion et de la concentration des particules dans la solution.

Lors de la coagulation chimique, le coagulant provient d'un ajout de réactif chimique. Ce composé peut être un coagulant organique, mais la plupart du temps, ce sont des sels métalliques qui sont préférentiellement utilisés. Les produits utilisés comme coagulant chimique ont été le *Sulfate d'Aluminium hydraté* $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ et le *sel de Mohr hydraté* $(NH_4)_2Fe(SO_4)2 \cdot 6H_2O$ (Panreac, 131368.1211)

La coagulation chimique permet l'élimination des MES, de la DBO, des composés organiques réfractaires, des nutriments (surtout le phosphore), des métaux lourds et des sels inorganiques [2].

L'électrocoagulation est une technique dérivée de la coagulation-floculation. Son avantage est qu'elle permet de générer, *in situ*, des ions pouvant assurer la déstabilisation électrostatique à pH acide ou neutre. Elle a également l'avantage d'éliminer certaines pollutions (turbidité, matières colloïdales, couleur, métaux lourds) par adsorption sur les floes d'hydroxyde métallique qui se forment lorsque le pH est basique [3].

L'importance de l'électrocoagulation s'est accrue du fait de son efficacité, généralement supérieures aux autres techniques, pour éliminer les différentes formes de pollution, répertoriées par les indicateurs suivants : DCO, DBO, COT, MES, TDS, TAC, Les métaux lourds, ABS.

Les principaux avantages du procédé d'électrocoagulation mis en évidence par plusieurs auteurs sont la compacité des installations, le volume des boues plus faible et l'élimination des particules colloïdales de petites tailles [4]



Fig. 1 Coagulation Chimique



Fig. 2 Electrocoagulation

La cellule d'électrocoagulation *Figure 10*, de volume 250 ml, comporte trois électrodes, dont l'une en acier inoxydable servant de cathode et deux autres en aluminium servant d'anode. Les électrodes sont immergées de 2 cm x 3 cm avec une distance inter électrodes de 2 cm. Un Galvanostat de modèle K.E.R.T cosmo 150/1 a été utilisé pour imposer le courant et le potentiel électrique.

- Volume de l'échantillon d'eau usée :250 ml ;
- Distance inter-électrodes : 2 cm ;
- Distance entre les deux électrodes *Aluminium* :1 cm ;
- Intensité du courant : 0,66 Ampère ;
- Temps de traitement : 60 min.

III. RESULTATS

A. Traitement par électrocoagulation

TABLE I
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES AVANT ET APRES TRAITEMENT PAR ELECTROCOAGULATION

Paramètres	Effluent de raffinerie	
	Avant traitement	Après traitement
Conductivité (mS/cm)	1,971	4,287
DBO ₅ (mg/L)	-	50
DCO (mg/L)	444	117
MES (mg/L)	1,828	1,074
Oxygène dissous (mg/L)	1,8	0,1
pH	7,95	7,9
Turbidité (NTU)	100	23

La conductivité est passée de 1,971 mS/cm à 4,287 mS/cm. Cette augmentation peut être due à la présence des ions Al^{3+} libérés lors de l'électrocoagulation.

La DBO₅ quant à elle a donné une valeur de 50 mg/L ce qui peut s'expliquer par le fait qu'étant fortement chargée en composés organiques l'échantillon d'eau usée était un milieu ne permettant pas une croissance microbologique d'où une DBO₅ faible voire inexistante alors qu'après traitement, il y a eu une diminution ou une élimination des matières organiques ou minérales, ce qui induit la valeur de la DBO₅ obtenue.

Après avoir traité l'eau par électrocoagulation, une étude a été faite en imposant une intensité électrique de 0,7 A pendant 60 minutes pour déterminer le potentiel de réduction. On remarque que c'est à partir de la sixième minute que la stabilisation du potentiel électrique s'est faite soit -0,350 millivolt.

En effet, ce résultat nous permet de confirmer le potentiel à laquelle l'échantillon doit être maintenu pour le traitement par électrocoagulation.

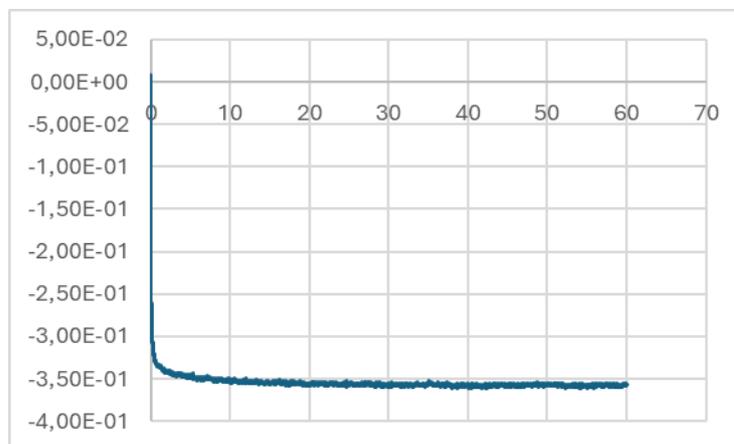
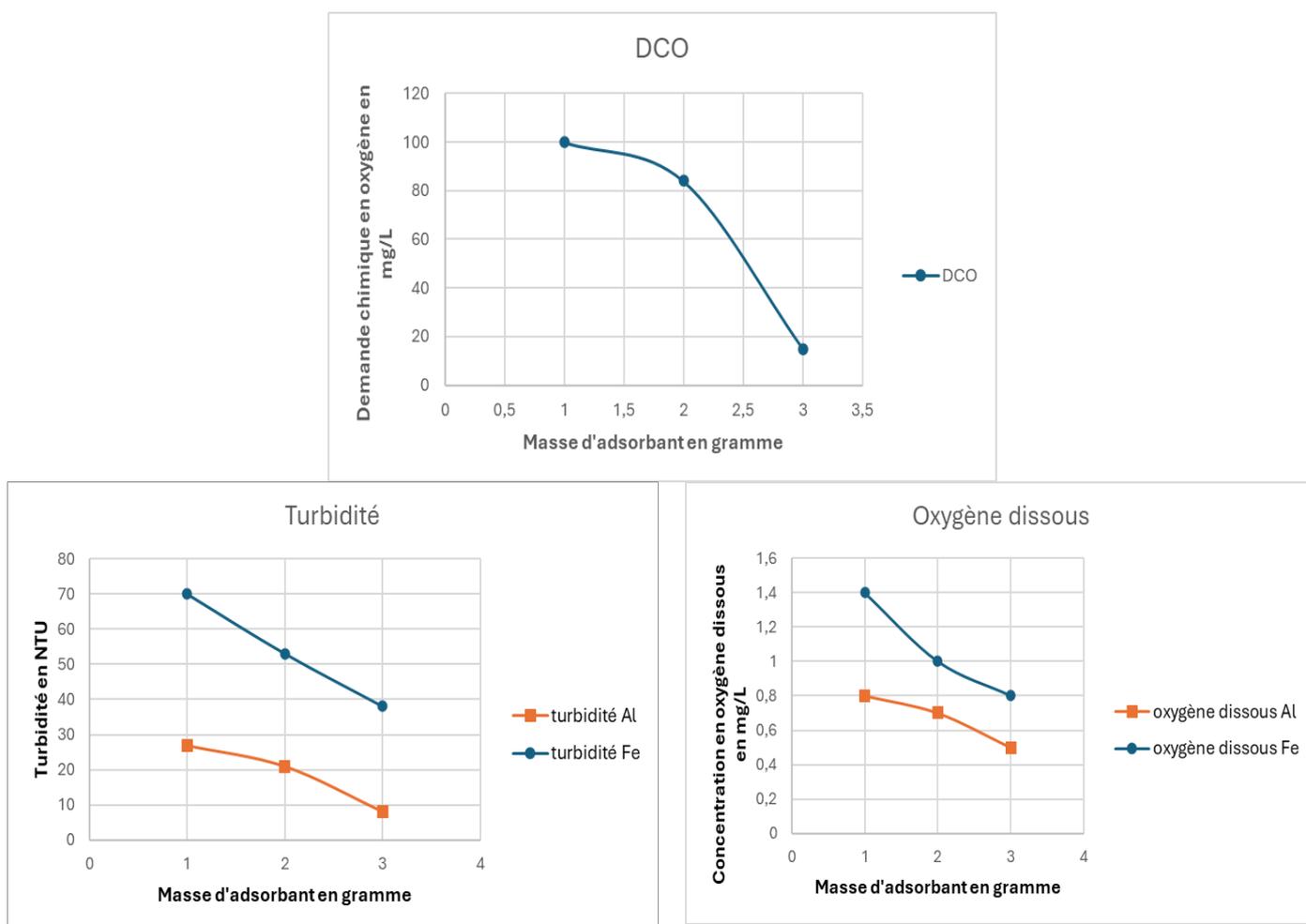


Fig:2 *Variation du potentiel en fonction du temps pour une intensité de 0,7 A pendant 60 minutes*

B. Traitement par coagulation chimique

Les coagulants chimiques tels que le sulfate d'Aluminium et le sel de Mohr ont été utilisés pour le traitement de ces eaux usées chargées en matières organiques afin d'abattre les paramètres physico-chimiques tels que la DCO, la turbidité et l'oxygène dissous.



Les résultats obtenus ont montré qu'une masse de 3 g de sulfate d'aluminium a donné un meilleur rendement avec un taux d'abattement de 95 %. Pour comparer l'efficacité du sulfate d'aluminium à celle obtenue pour le sel de Morh, la même masse de 3 g sera utilisée pour le sel de Morh. Ceci montre une DCO de 40 mg/L soit un taux d'abattement de 88 % pour le sel de Mohr. Ce qui confirme l'efficacité du sulfate d'aluminium comme coagulant chimique pour l'élimination des matières organiques par rapport au sel de Morh.

Une diminution de la turbidité en fonction de la masse du coagulant ajoutée est observée. Cela traduit une diminution des matières en suspension. Les résultats obtenus permettent de dire que le traitement avec le sulfate d'Aluminium a donné un bon rendement soit 8 NTU contre 38 NTU pour le Sel de Mohr. Ces résultats sont confirmés par ceux de Zouaghi et Hamdane (2016)[5].

Les résultats obtenus montrent l'efficacité de l'électrocoagulation par rapport à la coagulation chimique avec des taux d'abattement de 96 % pour la turbidité, 98 % pour la DCO et 88 % pour l'oxygène dissous ;

Ces résultats rejoignent ceux des travaux de Daouda et al, (2016) [6] ainsi que Tchamango et al. (2019) [7] l'efficacité de l'électrocoagulation est sans doute due au fait que les coagulants sont produits *in situ* et de manière continue provoquant la présence de charge polluante autour du coagulant produit.

IV. CONCLUSIONS

Dans cette étude, il a été question de traiter une eau provenant d'une entreprise de raffinage qui était chargée en matière organique. A cet effet les techniques d'électrocoagulation et de coagulation chimique ont été appliquées à cette eau.

Les résultats des différents paramètres physico-chimiques de pollution obtenus après traitement par électrocoagulation montrent des abattements de 96 % pour la turbidité et 98 % pour la DCO. Quant à la coagulation chimique, des abattements de 92 % et 95 % respectivement pour la turbidité et la DCO.

Ces résultats obtenus confirment que l'électrocoagulation est une technique plus efficace pour le traitement des eaux chargées par rapport à la coagulation chimique. En plus l'électrocoagulation permet d'avoir des valeurs conformes aux recommandations de l'OMS pour les rejets industriels.

Acknowledgment

The heading of the Acknowledgment section and the References section must not be numbered.

Nos remerciements à Estelle KAJINGU KABONGO, étudiante en Master GPE de l'Ecole Supérieure Polytechnique qui a réalisé les essais de laboratoire.

REFERENCES

- [1] d. l. L. c. l. c. c. d. l. F. e. d. P. Q. Ministère de l'Environnement, «25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : un bilan,» [En ligne]. Available: https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/industrielles/chapitre3_b.htm. [Accès le 13 janvier 2025].
- [2] M. Meftah, « Mise au point d'un procédé électrolytique pour le traitement des eaux usées de camping,» 2018..
- [3] N. S. O. A. e. M. M. F. Hanafi, « Traitement des margines par électrocoagulation avec des électrodes plates en aluminium,» *Rev. Sci. EauJournal Water Sci*, vol. 22, n° % 14, pp. 473-485, 2009.
- [4] M. Bennajah, «Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation/électroflottation en réacteur airlift,» 2007.
- [5] T. d. e. c. p. l. P. p. c. d. c. D. R.-N. », «F. Z. Zouaghi et L. Hamdane,» 2016..
- [6] M. P. A. e. D. A. M. M. A. Daouda, « « Élimination de la matière organique par le procédé d'électrocoagulation: comparaison à la coagulation chimique »,» *Déchets Sciences et Techniques - N°72 -*, n° % 172, 2016.
- [7] O. K. D. D. e. D. B. S. R. TCHAMANGO, « Traitement électrolytique d'un effluent d'une tannerie artisanale: étude comparative de l'efficacité de l'électrocoagulation avec les électrodes d'aluminium et de la coagulation chimique avec du sulfate d'alumine,» *Afr Sci*, vol. 15, n° % 12, pp. 57-69, 2019.