

Analyse quantitative des composés phénoliques dans les effluents industriels de la ville de Ouargla

Houria MESSROUK*, Youcef TOUIL et Mahfoud HADJ MAHAMMED

Laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques, Faculté des Sciences et de la Technologie et des Sciences de la Matière, Université Kasdi Marbah Ouargla,

BP 511 Ouargla 30000, Algérie

*Email : hmchott@yahoo.fr

RÉSUMÉ : Des composés toxiques se trouvent fréquemment dans les rejets (eaux usées domestiques ou industrielles) avec des biodégradabilités très variables. Parmi ceux que l'on redoute pour l'écosystème, on peut citer les phénols. Le phénol et ses dérivés sont considérés par l'Agence de Protection de l'Environnement comme d'importants polluants.

L'objectif de cette étude est la détermination de l'indice de phénol des eaux résiduaires de quelques sites industriels de la ville de Ouargla. Les échantillons des eaux sont collectés de sept sites différents, un hôpital, 03 stations de lavage, un abattoir et une usine de transformation du plastique. Les valeurs de l'indice de phénol trouvées pour les échantillons des eaux usées prélevées varient entre 0.63 à 5.889 mg/l, dépassant ainsi les normes admissibles à savoir 0.5mg/l. Une épuration préalable au rejet s'avère ainsi indispensable au vu de la toxicité de ce type de composés.

Mots Clés: Ouargla, pollution, eaux usées industrielles, composés phénoliques, Indice de phénol

ملخص: من بين المركبات السامة التي تتواجد بكثرة في المصبات (المياه المستعملة المنزلية أو الصناعية) والتي لا تتخرب وتؤثر على الأنظمة الحية، نستطيع أن نذكر المركبات الفينولية. تعتبر وكالة حماية البيئة أن الفينول ومشتقاته من أهم الملوثات. تهدف هذه الدراسة إلى إيجاد معامل الفينول للمياه القذرة، في بعض المواقع الصناعية لمدينة ورقلة. جمعت العينات المدروسة من سبع مواقع مختلفة وهي مستشفى، 03 محطات غسل السيارات، المذبح البلدي، ومصنع لتحويل البلاستيك. النتائج المتحصلة عليها لقيم لمعامل الفينول لكل العينات المدروسة تتراوح بين 0.63 إلى 5.88 مغ/ل، و تتجاوز بذلك المعايير الدولية، حيث أن أعلى تركيز مسموح به هو 0.5 مغ/ل. يستدعي هذا الأمر تنقية ضرورية تسبق مواقع المصبات لتفادي التلوث بمثل هذه المركبات السامة.

الكلمات المفتاحية: ورقلة، التلوث، المياه القذرة الصناعية، المركبات الفينولية، معامل الفينول.

1. Introduction

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes, dans le milieu récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissant, compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur l'environnement et sur la santé. En effet, de nombreux composés organiques, non biodégradables, se retrouvent en faible concentration dans les cours d'eau et les nappes sous-terraines. Ils traversent même les stations d'épuration sans être dégradés, ils résistent à l'auto-épuration et représentent un risque pour l'environnement. En raison de leur toxicité, de leur persistance, de leur bio-accumulation, ils sont de nature à engendrer des nuisances même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités. On parle alors de micropolluants organiques qui sont d'origine agricole (pesticides par exemple) ou urbaine ou surtout industrielle. Certains peuvent être toxiques pour l'homme et pour la flore bactérienne ou ils peuvent donner à l'eau un goût et une odeur désagréables. Parmi ceux que l'on redoute pour l'écosystème, on peut citer les phénols [1,2] ou encore leurs dérivés tels que les chlorophénols, les nitrophénols, les crésols, les diméthylphénols et les xylols [3]. Ces composés sont considérés par l'Agence de Protection de l'Environnement comme d'importants polluants organiques. Ils sont présents dans les eaux usées de nombreuses industries telles que la chimie des polymères, des produits pharmaceutiques, les raffineries de pétrole, les procédés pétrochimiques, .etc... C'est dans ce contexte que diverses autorités ont imposé des restrictions sévères quant à la concentration de rejet de ces eaux, qu'il faut impérativement traiter [4]. Dans ce présent travail nous entamons une analyse qualitative et quantitative de certains de ces composés phénoliques qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires de quelques sites industriels de la ville de Ouargla.

2. Matériels et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Ouargla située au Sud-Est du pays, distante de la capitale de 845 km, elle couvre plus de 163 233 km², (Figure.1). Les coordonnées géographiques de la région sont : Altitude moyenne : 134 m, Latitude : 31° 58' Nord, Longitude : 5° 20' Est [5]. Le réseau d'assainissement urbain de la ville de Ouargla est de type unitaire. Il couvre actuellement les trois communes : Ouargla, Rouissat et Ain Beida. Il repose sur 66 stations de pompage (relevage et refoulement) et il dispose de deux systèmes de raccordement d'égout d'une part et des dispositifs d'assainissement autonomes pour le reste des habitants d'autre part.



Figure 1 : La carte de situation de la cuvette de Ouargla [5].

Actuellement, les eaux usées brutes sont orientées vers une station d'épuration de lagunage par refoulement, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain.

Notre travail est axé sur les rejets de l'hôpital, d'un abattoir, de 3 stations de lavage et d'une usine. Les eaux usées de ces sites sont rejetées dans le réseau d'assainissement sans aucun traitement.

Les sept sites d'étude choisis sont localisés dans la ville de Ouargla (numérotés de 1 à 7) (Figure 2). Cet ensemble avec une population de 100693 habitants, représente la plus grande partie de la ville de Ouargla, il regroupe les quartiers de : Beni Thour, Sidi Boughoufala, Sidi Amrane, une partie de Mekhadma, Centre Ville, Gara Nord, Tazegrarte, une partie de Gherbouz et la partie Sud du Ksar [5].

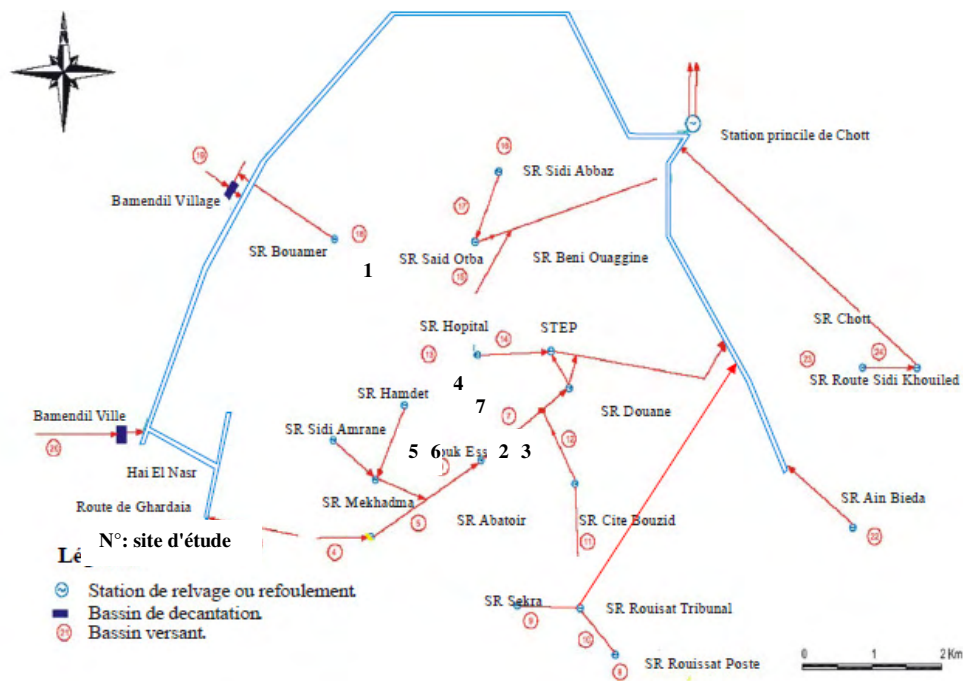


Figure 2 : Localisation de sites d'étude dans la ville de Ouargla

2.2. Prélèvement des échantillons

En raison de la complexité et de la diversité des rejets, il est difficile de faire un choix judicieux des points de prélèvements. Toutefois, les résultats d'une recherche bibliographique et une enquête réalisée au préalable, nous ont orientés vers les sites ayant des rejets chargés par les matières organiques et aussi qui sont plus soupçonnés de contenir des composés phénoliques. Ils nous ont permis d'opter pour sept points de prélèvements.

Le site 1 : correspond aux eaux usées de L'hôpital prélevées du dernier regard à midi. La quantité des eaux usées rejetée par cet hôpital est estimée en moyenne à 7882.2 l/jour. Elle est constituée par les détergents, les alcools, les antibiotiques, etc. L'évacuation s'effectue directement dans le réseau d'assainissement.

Les sites 2, 3 et 4 : sont relatifs aux eaux usées de 3 stations de lavage des véhicules de transport, prélevées des fosses septiques à midi. Leurs rejets sont principalement chargés par les huiles, les graisses et les détergents.

Les sites 5 et 6 : correspondent aux eaux usées du seul abattoir dans la ville de Ouargla, prélevées du premier et du dernier regards qui sont séparés par un bassin de décantation. Le prélèvement a été fait après l'abattage pendant les premières heures de la journée (de sept à huit heures). Les effluents de ces rejets contiennent les eaux de lavage des sols, des zones de stabulation, des eaux utilisées pour l'entraînement des matières stécoraires, le sang, etc. [6,7].

Le site 7 : est relatif aux eaux usées de l'Usine de transformation du plastique, prélevées à onze heures d'un bassin de rejet des eaux après leur utilisation dans un circuit de refroidissement dans le processus de la fabrication du plastique.

Les prélèvements sont effectués dans des flacons en polyéthylène ou en verre brun borosilicaté, préalablement chauffés à 500 °C pendant 4 heures, rincés au moment de l'emploi avec l'eau à examiner. Les échantillons soigneusement étiquetés et conservés à 4°C sont transportés jusqu'au laboratoire dans un délai ne dépassant pas 24 heures [8].

Pour les analyses des composés phénoliques, on acidifie l'échantillon à pH < 2 en ajoutant suffisamment de H₂SO₄ 9 N. l'échantillon est conservé à environs 4 °C. Le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne devant pas excéder 28 jours [9].

Les prélèvements des eaux usées des sites étudiés sont effectués à 03 périodes différentes : Juin, Octobre et Novembre-Décembre 2010.



Figure 3 : Photo de premier point de prélèvement (site 5)



Figure 4 : Photo de deuxième point de prélèvement (site 6)

2.3. L'analyse colorimétrique (méthode de la 4-aminoantipyrine)

La teneur des composés phénoliques dissous dans un échantillon d'eau a été évaluée par la méthode colorimétrique avec l'amino-4-antipyrine. Sa concentration est exprimée en mg/l.

La détermination de l'indice phénol ne permet de doser que les produits qui dans les conditions prescrites au protocole, réagissent avec l'amino-4-antipyrine [9].

2.3.1. Principe

Il s'agit de la condensation en milieu basique de l'ion phénate sur la 4-amino antipyrine en présence d'un oxydant, l'hexacyanoferrate (III) de potassium (ferricyanure de potassium) [10].

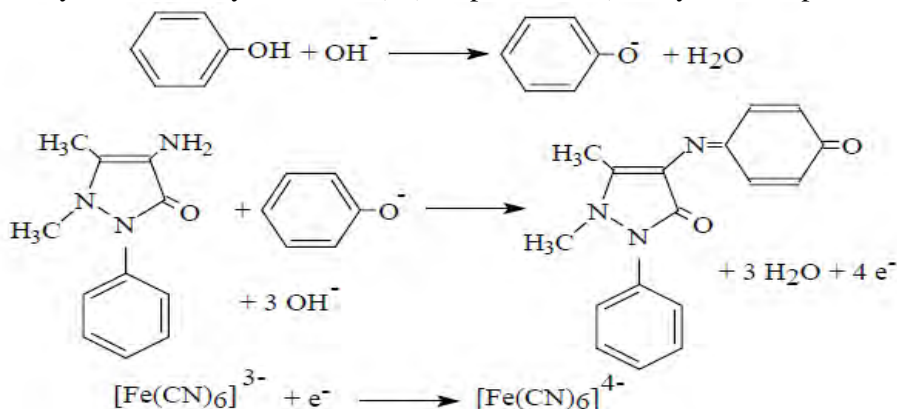


Figure 5 : Mécanisme de la réaction de coloration.

2.3.2. Appareillage et matériels utilisés

Spectrophotomètre UV-Visible de marque UNICAM (longueur d'onde fixée à 505 nm) muni d'une cuve en quartz de 10 mm d'épaisseur.

2.3.3. Réactifs

Acide sulfurique, H₂SO₄ (BIOCHEM, 96-98%, CAS n°7664-93-9), Chlorure de potassium, KCl (PROLABO, 99%), Ferricyanure de potassium, K₃Fe(CN)₆ (BIOCHEM, 99.5%, CAS n°13746-66-2), Acide borique, H₃BO₃ (PROLABO, 99%), Amino-4-antipyrine, C₁₁H₁₃N₃O (BIOCHEM, CAS n°83-07-8), Phénol, C₆H₅OH (PROLABO), Hydroxyde de sodium NaOH (PROLABO, 98%).

2.3.4. Mode opératoire

La méthodologie du dosage, par UV Visible des composés phénoliques est basée sur les étapes suivantes :

2.3.4.1. La distillation

Cette étape sera nécessaire si les échantillons sont turbides ou colorés ou s'il s'agit d'eaux usées. 100 ml d'échantillon sont mis dans un ballon puis chauffés jusqu'à 220°C. Le distillat obtenu est ajusté à un pH < 2 avec H₂SO₄ 9N [9,10].

2.3.4.2. Le développement de la coloration

5ml de solution tampon de pH=10 mélangée avec le ferricyanure de potassium sont ajoutés à un volume de 10 ml de distillat. 10 ml de solution d' amino-4-antipyrine sont ensuite ajoutés, la coloration se développe ainsi pendant 2 minutes.

3. Résultats et discussion

La courbe d'étalonnage nous a fourni un coefficient de corrélation $R^2=0.9869$. Nous avons reporté les valeurs de l'indice de phénol pour nos échantillons dans le Tableau (1).

**Tableau (1) : Concentration des phénols dans les différents sites de prélèvement.
(-) pas de prélèvement**

SITE DE PRELEVEMENT	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST7
Date	Indice de phénol en mg/l						
Juin 2010	0.6314	0.97	1.6337	1.0676	1.4155	1.5415	0.393
Octobre 2010	1.0364	3.331	2.9615	5.8892	1.5361	1.9963	-
Nov-déc2010	0.63	2.6972	1.9583	2.938	1.9222	1.3861	-
Valeur moyenne	0.766	2.3327	2.1845	3.2982	1.6246	1.6413	0.393

Les résultats obtenus dans le Tableau (1) montrent que :

La plupart des valeurs de l'indice de phénol trouvées pour les échantillons des eaux usées prélevées des sites étudiés dépassent la norme dont la concentration maximale admissible "CMA" est 0.5mg/l. Ces valeurs varient entre 0.63 et 5.889 mg/l.

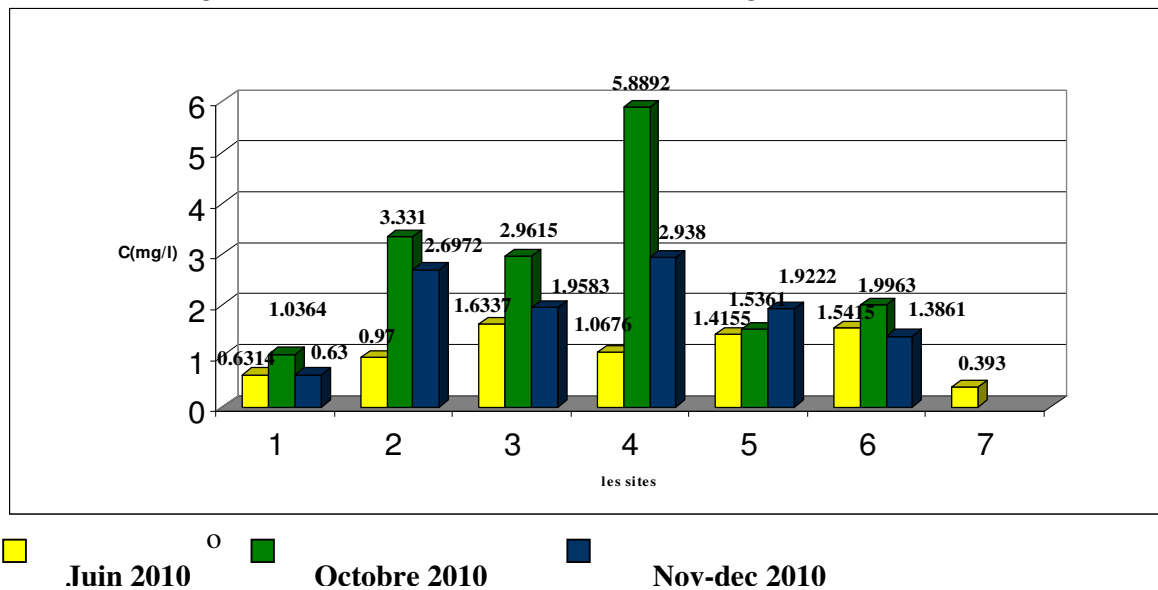


Figure 6 : L'indice de phénol des eaux des différents sites étudiés à des périodes différentes.

Nous remarquons des valeurs assez élevées de l'indice de phénol pour les sites (2), (3) et (4) (stations de lavage) et la plus grande valeur a été trouvée pour le Site (4) au mois d'octobre 5.8892mg/l (Figure 6).

Ces phénols proviennent des huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection, l'acier, et la peinture [11,12].

La production et le degré de pollution de ces composés sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés.

Notons que certains de ces rejets sont occasionnels, et ils peuvent correspondre, par exemple, à des fuites accidentelles de produits lors de leur manutention ou de leur stockage [13].

Pour l'abattoir, les valeurs de l'indice de phénol sont aussi considérables, elles varient de 1.3 à 2 mg/l. Ces phénols résultent selon la littérature, d'urine et des déchets (matières fécales) des animaux (herbivores) [14].

Nous remarquons aussi que les valeurs trouvées pour les eaux usées du deuxième point de prélèvement de l'abattoir sont supérieures à celles trouvées pour le premier point. Ceci peut s'expliquer par la possible dégradation de certains composés en dérivés phénoliques.

Les valeurs obtenues pour l'hôpital (site 1) varient de 0.63 à 1.0364 mg/l. Elles dépassent la norme admise, mais elles sont assez faibles par rapport aux autres sites. La source de ces composés peut-être issue des détergents, des désinfectants et des produits pharmaceutiques.

Les eaux usées du site (7) (l'usine de transformation du plastique) montrent une faible concentration en composés phénoliques 0.393mg/l. Cette valeur est conforme à la norme.

Les résultats trouvés ont été confirmés par trois prélèvements à des saisons différentes l'été, l'automne et l'hiver. Nous constatons des variations de nos valeurs d'un prélèvement à l'autre mais nous pouvons dire que ce changement est relatif au taux d'activité qui change d'un jour à l'autre.

4. Conclusion

Au cours de ce travail, nous avons pu mettre en évidence dans les différents sites étudiés, des doses en composés phénoliques assez importantes dépassant dans la plupart des cas les normes admissibles des rejets d'eaux industrielles, notamment au niveau du site 4 où la valeur de l'indice de phénol a atteint la valeur de 5.8892 mg/l.

Afin d'éviter le rejet de ces eaux contaminées ayant des effets nocifs pouvant entraîner la dégradation de la faune et de la flore, et pour lequel il n'existe pas de solutions techniques fiables actuellement dans la ville de Ouargla, il est impératif de se pencher sur les moyens les moins coûteux en terme d'épuration localisée en utilisant les ressources naturelles (objet d'un autre travail de recherche dans notre équipe). Il faut signaler que des procédés biologiques sont souvent sensibles aux concentrations élevées et les techniques d'adsorption sur charbon actif sont alors trop coûteuses [15-19]. Ce présent travail sera complété par l'évaluation d'une technique qui vise à éliminer les dérivés phénoliques en milieux aqueux sur une colonne bicouche de charbon actif et de sable de dune.

Références bibliographiques :

- [1] Carmen Manole Creanca ; '*Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique)*' ; Thèse de doctorat ; Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 2007.
- [2] J. Lesavre ; Rapport, Agence de l'eau Seine-Normandie.
- [3] B. Lemièrre, J. J. Segin, C. Lecner, D. Guyonnet, Ph. Baranger, D. Darmendrail et P. Couil ; '*Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes*' ; BRGM/RP-50662-Fr, 103p, 2001.
- [4] A. Namane, Y. Chergui et A. Hellal ; '*Biorégénération in situ de filtre de charbon actif en grain*' ; Sciences & Technologie A ; N°27 Volume-B, pp. 79-83, Université Mentouri, Constantine, Algérie, Juin 2008.
- [5] C. Leger ; '*Vallée de Ouargla - Etude d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation, Mission IIB : Caractérisation environnementale de la situation actuelle*' ; Office National de l'Assainissement des Ressources en Eau ; Algérie, 2003.
- [6] Y. El Guamri'l, D. Belghyti'l, Kh. El Kharrim, S. Raweh, I. Sylla'l et M. Benyakhef ; '*Etude physico-chimique des eaux usées brutes de l'abattoir municipal de Kénitra (Maroc) en vue de la mise en œuvre d'un traitement convenable*' ; Sud Sciences et Technologie ; ISSN 0796-5419 n°16, juin 2008.

- [7] V. Johanet et M. Mizier ; '*Traitement des eaux industrielles- effluents d'abattoirs : une pollution biodégradable*' ; L'eau, L'industrie, Les nuisances n°269.
- [8] J. Rodier ; '*Analyse de l'eau*' ; 8^e édition, Dunod, Paris, 2005, 536p.
- [9] Centre D'expertise En Analyse Environnementale Du QUÉBEC, '*Détermination des phénols (indice phénol) dans les eaux souterraines, les eaux de surface, l'eau potable et les eaux usées : méthode colorimétrique automatisée avec l'amino-4-antipyrine*' ; MA. 400 – Phé 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 2003, 15 p.
- [10] A. Rodriguez Gracia ; '*Etude de la congélation comme technique de traitement des eaux : applications spécifiques*' ; Thèse de doctorat ; Institut National Des Sciences Appliquées de Toulouse, Université de Toulouse, France, 2004.
- [11] J. Bai, J.P. Wen, H.M. Li et Y. Jiang ; '*Kinetic modeling of growth and biodegradation of phenol and m-cresol using Alcaligenes faecalis*' ; ELSEVIER, Process Biochemistry **42**, pp 510-517 (2007).
- [12] G. Tziotzios, M. Teliou, V. Kaltsouni, G. Lyberatos et D. V. Vayenas ; '*Biological phenol removal using suspended growth and packed bed reactors*' , ELSEVIER, Biochemical Engineering Journal **26**, pp 65-71 (2005).
- [13] Jean-Claude Boeglin ; '*G 1 210 – 1 Pollution industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure*' ; Techniques de l'Ingénieur, traité Génie industriel.
- [14] E. M. Contreras, M. E. Albertario, N. C. Bertola et N. E. Zaritzky ; '*Modelling phenol biodegradation by activated sludges evaluated through respirometric techniques*' ; ELSEVIER, Journal of Hazardous Materials **158**, pp 366-374 (2008).
- [15] M. Shourian, K. Noghabi, H. S. Zahiri, T. Bagheri, G. Karballaei, M. Mollaei, I. Red, S. Ahadi, J. Raheb et H. Abbasi ; '*Efficient phenol degradation by a newly characterized Pseudomonas sp.SA01 isolated from pharmaceutical wastewaters*' ; ELSEVIER, Desalination **246**, pp 577-594 (2009).
- [16] N. Lahbabi, Z. Rais, M. Hajjaji et S. KACIM ; '*Oxydation du phénol sur un catalyseur à base de Fer supporté sur une argile marocaine*' ; Afrique SCIENCE **05**(3), pp 14–24 (2009).
- [17] H. Debellefontaine, Ph. Striolo, M. Chakchouk, J-N. Foussard et J. Besombes-Vailhe ; '*Nouveaux procédés d'oxydation chimique pour l'élimination des rejets aqueux phénolés*' ; Revue des sciences de l'eau, **5**, pp 555-572 (1992).
- [18] Kamenev, R. Munter et L. Pikkov ; '*Wastewater Treatment In Oil Shale Chemical Industry*' ; Estonian Academy Publishers, Oil Shale, Vol. **20**, No. 4, pp. 443-457 (2003).
- [19] K. Lin, J. Pan, Y. Chen, R. Cheng et X. Xu ; '*Study the adsorption of phenol from aqueous solution on hydroxyapatite nanopowders*' ; ELSEVIER, Journal of Hazardous Materials, **161** pp 231-240 (2009).