

## **DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT**

**(Arrêté du 25 mai 2016)**

Date de la soutenance : **22 décembre 2023**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur KACHABI Mohammed**

Titre de la thèse : « *Traitement des eaux usées de la ville de Fès par action combinée des procédés conventionnels et d'oxydation avancée* »



### **Résumé**

Une eau usée municipale ou dite eau résiduaire est un effluent liquide d'origine domestique et ou industrielle, chargé en contaminants organique, minérale et fécale, menaçant l'environnement aquatique ainsi que le sol. En effet, les eaux usées de la ville de Fès sont réputées pour le niveau de pollution engendré par les activités anthropiques, nécessitant une mise en points de l'état de la situation en matière de conformité aux normes en vigueur, ainsi que la mise en comparaison des procédés conventionnels appliqués dans la filière de traitement des eaux usées par rapport aux techniques innovantes et avancées rapportées dans la littérature. Dans ce contexte, une retombée principale de ce rapport de thèse est liée à la caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux usées de la ville de Fès, puis à l'évaluation de la performance de certains procédés de traitement conventionnels (coagulation-floculation, aération, adsorption) et avancés (procédés Fenton, photocatalyse), appliqués dans un mode simple ou séquentiel (combiné), pour une remédiation compatible avec les exigences en matière de rejet et/ou de réutilisation. Par ailleurs, la présente étude se situe dans un cadre de développement durable par la valorisation des déchets solides tels que la préparation des charbons actifs à partir des graines de Jujube et l'utilisation des argiles comme support des nanoparticules qui catalysent les réactions de dégradation des composés organiques, réduisant ainsi le coût global de traitement. Les résultats de la caractérisation physicochimique et microbiologique des eaux usées de la ville de Fès montrent une variabilité au niveau des valeurs des paramètres enregistrés selon les périodes. Il a été démontré qu'une pollution aigue en termes de DCO, de DBO<sub>5</sub> et de MES a eu lieu au cours des périodes qui connaissent une forte activité saisonnière (récolte des olives), en plus d'une pollution

chronique liée aux rejets continus des eaux usées urbaines et industrielles. En conséquence, la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées de la ville de Fès à l'état brute ne paraît guère plus satisfaisante pour une réutilisation potentielle, ni pour un rejet direct dans le milieu naturel. En outre, l'évaluation de l'efficacité de traitement a été faite sur la base d'élimination de la DCO, du COT, de la couleur et de l'absorbance à 254 nm. De l'autre part, la caractérisation des matériaux préparés montre bien le succès des différentes synthèses (charbons actifs,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ //argile et  $\text{TiO}_2$ //AS).

En effet, l'application des procédés de coagulation-floculation (C-F), d'aération et d'adsorption sur charbon actif (CA) désigné par JSAC (Jujub Seeds Activated Carbon) a permis de réduire 78 %, 75 %, 62 % de la DCO initiale, et de 98 %, 40 % et 83 % de la couleur initiale, en plus de 88 %, 40 % et 67 % de l'absorbance à 254 nm, respectivement. D'après ces résultats, il s'est avéré qu'un traitement par combinaison des procédés qui présentent des rendements compétitifs pourrait améliorer la qualité de l'effluent épuré. Ainsi, le traitement séquentiel des eaux usées contaminées par le phénol en utilisant la séquence C-F suivi par l'adsorption sur deux charbons actifs CA-KOH et CA- $\text{K}_2\text{CO}_3$  a permis de réduire la DCO, la couleur et le COT de 77, 90, 93 %, respectivement, par le procédé C-F tandis que le deuxième procédé a amélioré la qualité de l'effluent traité en termes de DCO (39 - 51 %), du COT (32 - 40 %) et de la couleur (25 - 100 %). Les meilleurs rendements ont été obtenus pour le CA-KOH. L'effet compétitif de la matière organique dissoute (MOD) était significatif au détriment des molécules de phénol qui se traduit par une augmentation du temps de contact par rapport à une solution synthétique de phénol à 10 mg/L. En outre, l'effet de la matrice ionique sur l'adsorption de phénol était moins accentué. Le couplage des méthodes conventionnelles d'aération et de C-F avec certaines technologies d'oxydation avancées a été examiné. En effet, l'enchaînement de la méthode d'aération avec le procédé Fenton a permis de réduire la DCO initiale de 86 %. En outre, l'enchaînement de la C-F avec le procédé de Fenton a permis une élimination de la DCO, du COT et de phénol de 42, 47 et 99 %, respectivement, tandis que l'enchaînement de CF avec le procédé de photocatalyse hétérogène a permis d'éliminer la DCO et le COT à hauteur de 77 % et 73 %, respectivement, permettant ainsi d'avoir un effluent avec des caractéristiques répondant aux différentes normes nationales pour la réutilisation dans plusieurs domaines tels que l'irrigation.

Enfin, l'application des argiles modifiées pour la dégradation du phénol dans les systèmes  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ //argile/ $\text{H}_2\text{O}_2$  et  $\text{TiO}_2$ //AS/ $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ /UV-A a permis d'éliminer respectivement 99 et 97 %, de la concentration initiale. Dans le premier système, l'effet de certains ions était défavorable à la dégradation du phénol ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^{2-}$  à 25 mg/L), alors que d'autres étaient favorables à la dégradation du phénol ( $\text{Fe}^{3+}$  à 5 mg/L). La réutilisation du matériau a été limitée à 3 cycles successifs avec une libération de fer d'environ 0,8 mg/L à chaque cycle. L'effet de la température a été favorable à la dégradation, puisqu'elle favorise davantage le phénomène de relargage du fer

du composite. Dans le deuxième système, l'effet de la majorité des ions était légèrement défavorable pour la dégradation du phénol.

**Mots clés** : Eaux usées, coagulation-floculation, adsorption, aération, couplage des procédés, procédés Fenton, photocatalyse, charbon actif, caractérisation, synthèse.