

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la Technologie*

*Département Génie de l'environnement.*

## ***Mémoire***

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLÔME DE MASTER**

**FILIÈRE : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie des procédés de l'environnement.**

Par

➤ **KROURA ROUMAÏSSA AICHA**

### ***Intitulé***

*Etude de l'élimination d'un colorant cationique par adsorption sur un  
biomatériau à base d'alginate*

*Soutenu le : 22-06-2024*

*Devant le Jury composé de :*

*Nom & Prénom*

*Mme Merzougui .M*

*Mme Djebri .N*

*Mme Banou .M*

*Qualité*

*Président*

*Encadrant*

*Examineur*

*Établissement*

*Univ-BBA*

*Univ-BBA*

*Univ-BBA*

*Année Universitaire 2023/2024*

# **Dédicace**

***Je commence par remercier DIEU d'avoir eu la bonté de m'entourer de personnes formidables, auxquels je dédie ce travail :***

***A mes deux chers et agréables parents***

***A Mes frères et mes sœurs, Ainsi que leurs  
petites familles***

***A ma moitié mon mari  
Et A mon petit bébé***

***A tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de ce travail***

***A mes amis et ma famille et tous ceux qui me sont chers***

***KROURA***

***ROUMAISSA***

# **Remerciements**

Notre travail, comme bien d'autres, a nécessité de nombreux efforts de motivations et de patience qui n'aurait pu aboutir sans la contribution et le soutien d'un grand nombre de personnes. Durant ces quatre mois, nous avons eu la chance de pouvoir vivre des échanges tant scientifiques que personnels avec une multitude de personnes à qui nous consacrons cette humble page de remerciements

Merci à Madame DJEBRI.N, mon encadreur, pour votre temps précieux, votre vision globale et votre caractère humain. Vos formulations et votre esprit critique ont été pour nous une référence. Nos sincères remerciements vont à Madame MERZOUGUI, pour avoir accepté de présider notre jury, pour son écoute ainsi que pour son énorme aide en termes de données scientifiques et la mise à notre disposition de matériel nécessaire au bon déroulement de nos expériences.

Nos vifs remerciements vont également à Madame BANOU, pour avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements aux personnes qui nous ont aidés à réaliser les préparations physiques nécessaires aux besoins expérimentaux ainsi que la caractérisation physique et chimique des précurseurs. Ingénieur. Mme Farida, chef du laboratoire, pour nous avoir donné l'occasion de réaliser notre travail. Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé discrètement à l'accomplissement de ce modeste travail.

# Résumé

## Résumé :

L'objectif de ce travail est le développement de matériaux qui pourraient être intégrés dans un procédé d'adsorption pour piéger des molécules polluantes. Nos matériaux sont à base d'un charbon actif issue de résidu d'agriculture (écorces d'orange) et des billes constituées d'une matrice biopolymère (alginate) et le charbon actif. Ces bio-adsorbants sont appliqués pour l'adsorption du bleu de méthylène (BM). Les propriétés d'adsorption de ces adsorbants vis-à-vis du BM ont été étudiées en regardant l'effet de différents paramètres tels que le pH, la température, le temps de contact et la concentration du polluant. Les résultats de la cinétique d'adsorption sont décrits par l'équation de pseudo-second ordre pour les adsorbants étudiés. L'étude des isothermes a indiqué que les données de l'adsorption peuvent être modélisées par les modèles de Langmuir et de Freundlich. Le résultat de l'adsorption sur les billes d'alginate/charbon actif(A-CA) a une grande capacité d'adsorption pour le BM (961.2 mg.g<sup>-1</sup>). En s'appuyant sur les résultats obtenus de la régénération, l'adsorbant A-CA peuvent être utilisé plusieurs fois donnant la même efficacité.

**Mots clés :** Colorant, Adsorption, Bio-adsorbant, Composite, Isotherme d'adsorption, et Régénération.

## Abstract:

The aim of this study is the development of materials that could be integrated in an adsorption process in order to trap polluting molecules. Our materials are based on activated carbon prepared from agricultural residue (orange peels) and beads a biopolymer matrix (alginate) and activated carbon. These adsorbents are applied for the adsorption of methylene blue (MB). The adsorption properties of different adsorbents for the pollutant BM have been studied at different parameters such as pH, temperature, contact time and pollutant concentration. Adsorption kinetics data for the BM are described by the pseudo-second order model. Isotherms study indicated that Langmuir and Freundlich models could describe the adsorption data. Adsorption results show that the beads of alginate and activated carbon have high adsorption capacities for MB (961.2 mg.g<sup>-1</sup>). Based on the results obtained from the regeneration, the A-CA adsorbent can be used several times giving the same efficiency.

**Keywords:** dye, Adsorption, Bio-adsorbent, Composite, Adsorption Isotherm, and Regeneration.

## ملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو تطوير مواد يمكن دمجها في عملية امتزاز المواد الملوثة. هذه المواد مصدرها الكربون المنشط المستمد من المخلفات الزراعية (قشور البرتقال) وكذلك عبارة عن حبيبات مكونة من كتلة بيبوليميرية (الالجينات) و الكربون المنشط. قمنا بدراسة امكانية كل هذه المواد الممتازة على امتزاز الأزرق الميثيلين (MB). دراسة خصائص الامتزاز بالنسبة لكل نوع من الممتازات بالنسبة لنموذج من الملوثة ركزنا النظر في تأثير عوامل مختلفة مثل درجة الحموضة، ودرجة الحرارة، ووقت الاتصال وتركيز الملوثة. نتائج الدراسة الحركية للامتزاز مثلت على شكل نموذج لمعادلة من الدرجة الثانية بالنسبة للممتز على الحبيبات، وأشارت الدراسة إلى أن الأيزوترم لبيانات الامتزاز يمكن أن تكون على شكل من اشكال نماذج انجمير وفروندليتش. نتائج امتزاز الحبيبات التي تجمع بين الالجينات والكربون المنشط لديها قدرة امتصاص عالية ل BM 961.2 mg.g<sup>-1</sup>. وبناء على نتائج هذه الدراسة فان تجديد هذه الممتازات يمكن استخدامها عدة مرات باعطائها نفس القدرة والفعالية للامتزاز.

# SOMMAIRE

Dédicace.....	I
Remerciements .....	II
Résumé .....	III
Liste des tableaux .....	IV
Liste des figures .....	V
Introduction.....	1
Partie Bibliographique .....	3
Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.....	4
I.1. Définition d'adsorption.....	4
I.2. Type d'adsorption .....	5
I.2.1. Adsorption physique .....	5
I.2.2. Adsorption chimique.....	5
I.3 Description du mécanisme d'adsorption .....	6
I.4. Facteur influençant sur l'adsorption .....	6
I.4.1. Conditions opératoires.....	6
I.4.2. Facteurs caractérisant l'adsorbant .....	7
I.4.3. Facteurs caractérisant l'adsorbat .....	7
I.5. Application de l'adsorption .....	8
I.6. Classification des isothermes d'adsorption.....	8
I.6.1. Adsorption gaz-solide.....	9
I.6.2. Adsorption liquide-solide .....	10
I.7. Modèles des isothermes .....	11
I.7.1. Isotherme de Langmuir .....	12
I.8. Cinétique d'adsorption.....	13
I.8.1. Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre.....	13
I.8.2. Modèle de la cinétique du pseudo-second ordre .....	14
I.8.3. Modèle de la diffusion intraparticulaire .....	14
Chapitre II : Adsorbants et biosorbants.....	14
II.1. Généralités sur les adsorbants.....	15
II.2.1. Adsorbants minéraux.....	16
II.2.2. Adsorbants organiques.....	17
II.3. Biosorption.....	18
II.3.1. Principe de la biosorption.....	19
II.3.2. Définition et origines des biosorbants .....	19

## SOMMAIRE

II.3.3. Classification des biosorbants.....	19
II.4. Origine des charbons actifs .....	20
II.4.1 Préparation des charbons actifs .....	20
II.4.2 Pyrolyse ou carbonisation .....	21
II.4.3 Activation .....	21
II.5 Alginate .....	22
II.5.1 Historique.....	22
II.5.2 Source de l'alginate .....	22
II.5.3 Composition chimique de l'alginate .....	23
II.5.4 Composites à base d'alginate.....	24
II.5.5. Applications industrielles des alginates .....	25
I : Méthodes et technique .....	28
I.1. Matériel .....	28
I.1.1. Produits chimiques .....	28
I.1.2. Verrerie de laboratoire .....	28
I.1.3. Appareillage.....	28
I.2. Préparation des bio-adsorbants.....	29
I.2.1. Préparation du charbon actif (CA).....	29
I.2.2. Synthèse des billes des billes d'alginate.....	31
I.3. Techniques de caractérisation des matériaux.....	32
I.3.1. Taux d'humidité, de cendres et l'indice d'iode du charbon actif (CA).....	32
I.3.2. Détermination du pH de charge nulle ( $pH_{PZC}$ ).....	33
I.4. Le polluant modèle utilisé.....	34
I.5. Méthode d'analyse des polluants- spectrophotométrie UV-Visible.....	34
I.6. Etude de l'adsorption du BM.....	35
I.6.1. Influence du pH de la solution .....	35
I.6.2. Effet du temps de contact et de la concentration de solution du BM .....	35
I.6.3. Influence de la température du milieu .....	36
I.6.4. Paramètres thermodynamiques.....	36
I.6.5. La mesure de l'efficacité de l'adsorption .....	37
Chapitre II : Résultats et Discussions .....	38
Introduction.....	39
II.1 Caractérisations des adsorbants .....	39
II.1.2 pH de point zéro charge $pHPZC$ .....	40
II.2 Adsorption de bleu de méthylène par les biomatériaux adsorbants préparés.....	41
II.2.1 Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène .....	41

## SOMMAIRE

<b>II.2.2 Etude paramétrique .....</b>	<b>42</b>
<b>II.2.2.2 Effet du temps de contact et de la concentration initiale .....</b>	<b>43</b>
<b>II.2.2.3 Effet de la température.....</b>	<b>44</b>
<b>II.2.3 Modélisation des cinétiques d'adsorption du bleu de méthylène sur les trois bio-adsorbants .....</b>	<b>45</b>
<b>II.2.4 Etude des isothermes d'adsorption .....</b>	<b>50</b>
<b>II.5 Détermination des paramètres thermodynamiques .....</b>	<b>53</b>
<b>II.4.5. Régénération (cas du bio-adsorbant A-CA).....</b>	<b>54</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>56</b>
<b>Référence</b>	

# Introduction Générale

## **Introduction :**

De nos jours, l'objectif primordial à l'échelle nationale et internationale, se focalise sur la protection de l'environnement et essentiellement sur l'amélioration de la qualité de l'eau. La pollution des eaux superficielles et souterraines est due à certains produits chimiques d'origine industrielle ou agricole. Ces derniers constituent une source de dégradation de l'environnement qui risque de s'aggraver en engendrant des problèmes surtout de santé et ceci à long terme en provoquant des cancers et d'autres maladies difficiles à diagnostiquer. De plus, l'effet néfaste sur l'environnement animal et végétal se traduit par des mutations génétiques entraînant la modification de l'espèce au pire sa disparition. [2]

L'industrie du textile, pour ses différents usages, rejette une eau le plus souvent chargée en colorants [1] qui une fois dissous dans l'eau, seront parfois difficile à traiter, car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradés.

L'élimination de ces polluants à partir des rejets industriels est très souvent réalisée par des traitements chimiques classiques tels que la coagulation-floculation et l'électrocoagulation se sont révélés efficaces, mais dans la plupart des cas, très onéreux.

Le traitement par la technique d'adsorption est plus utilisé pour son efficacité dans l'abattement des micropolluants organiques, en mettant en jeu des interactions solide liquide [3]

La demande croissante de matériaux adsorbants pour des procédés de protection de l'environnement suscite une recherche complémentaire dans la fabrication des charbons activés à partir des déchets végétaux [4]

L'utilisation de matériaux adsorbants tels que charbons activés, argile, zéolites, aluminas activés, tourbe, biomasse, biopolymères, résidus agricoles, sous-produits industriels soumis à de nombreuses recherches afin d'améliorer leurs performances et sa sélectivité. Le charbon actif qui est bon marché est largement utilisé comme matériau adsorbant dans le secteur pour éliminer les composés indésirables. Sa vaste zone de surface spécifique, ses fonctions de surface et sa distribution des pores vous permettent d'absorber les polluants toxiques larges. Plusieurs enquêtes ont porté sur l'étude de l'amélioration de la capacité d'adsorption de ce matériau poreux [5]

Depuis quelques années, l'étude de nouveaux matériaux a pris de l'ampleur. La recherche de produits de substitution a été focalisée sur l'utilisation de nouveaux adsorbants à base de



matériaux naturels pour un environnement durable. Parmi la multitude d'adsorbants proposés, des polysaccharides (amidon, chitine, chitosane, alginate) Ils sont de plus en plus utilisés dans le domaine des complexes et de l'union des molécules organiques ou des ions métalliques [6]. L'efficacité de cet adsorbant ligno-cellulosique dans les processus de dépollution connaît un grand succès mais son utilisation reste quelques fois limitée.

L'encapsulation au sein des billes de bio-polymères permet de pallier ce problème tout en conservant leurs propriétés d'adsorption. Après usage et saturation, les billes peuvent être récupérées par une simple séparation dans le cas de réacteur batch ou régénérés in situ s'ils sont mis en oeuvre sous la forme de filtres dans un réacteur ouvert.

Dans cette perspective, nous avons choisi les écorces d'orange pour préparer le charbon actif et les billes composites adsorbant/alginate pour l'élimination du bleu de méthylène en solution aqueuse qui permettent d'associer, à la fois, les propriétés de l'adsorbant encapsulé ainsi que celles du gel d'alginate dans le procédé d'adsorption.

Ce mémoire sera organisé de la manière suivante :

- La première partie est consacré à la présentation des généralités sur l'adsorption essentiellement, les différents paramètres influant sur l'adsorption, classification, et les modèles les plus utilisés pour la description de ce phénomène (chapitre 1). Le deuxième chapitre est consacré à donner un aperçu sur les grands types d'adsorbants et quelques notions générales sur les biosorbants.
- Dans la deuxième partie, nous avons présenté une description de la méthode de préparation du charbon actif avec activation chimique et physique, puis la fabrication des billes de bio composite alginate/ charbon actif et enfin, la procédure utilisée pour l'absorption (chapitre 1). Les résultats des caractérisations, l'étude de l'adsorption de bleu de méthylène sur les différents matériaux préparés, sont présents dans le deuxième chapitre avec un suivie cinétique et isotherme.

Enfin, ce travail est clôturé par une conclusion générale résumant les résultats essentiels de la synthèse et ouvrants des perspectives.

# Références

## Référence :

- [1] Tabai et al., 2016. Tabai A., Bechiri O., Ferdenache H. (2016). Etude de l'oxydation d'un colorant organique AO7, Par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, En présence d'un catalyseur de type dawson-Well. Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie, vol. 34, no 1.
- [2] Boughaita I. (2017). Essais de dépollution des eaux contaminées par un composé organique par l'utilisation de nouveaux biosorbants. Thèse de doctorat. Université 20 Août 1955-Skikda,.
- [3] Bouacherine, 2013. Bouacherine S. (2013). Eliminations des polluants spécifiques par adsorption sur charbon actif et argile traitée et non traitée. Mémoire de Magister. Université Mohamed Chérif Messaadia –Souk-Ahras.
- [4] Daoud, 2012. Daoud M. (2012). Elimination des colorants en milieu aqueux par adsorption sur charbon actif à base de noyaux de jujube sauvage. Application aux effluents du textile. Mémoire de magister. Université Houari Boumediene.
- [5] Sekirifa M L. (2013). Étude des propriétés adsorbants des charbons activée issus des noyaux de dettes application au traitement d'effluent aqueux. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba.
- [6] Aziri S. (2012). Etude de l'adsorption du nickel par des biosorbants. Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi ou Ouzou.
- [7] Benamraoui F. (2014). Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture. Mémoire de magister. Université Ferhat Abbas Setif-1.
- [8] Nouacer S. (2015). Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Khadraoui Z., Gharbi R. (2019). Élimination d'un colorant par adsorption sur un charbon actif préparé à base de marc de café. Mémoire de master. Université de 20 Aout 1955 Skikda.
- [10] Daas N. (2015). Synthèse et caractérisation des matériaux modifiés : Application à l'élimination des micropolluants. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas Setif-1.
- [11] Khelifi, 2018. Étude de l'adsorption du Nickel et du cuivre sur un charbon actif préparé à partir des boues de station d'épuration. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945 Guelma
- [12] S.Hammami , "Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée: Application à la dépollution des rejets industriels", thèse de doctorat en Géométraux, Université El Manar ,Tunisie,(2008) .
- [13] Choufa, 2012. Épuration des eaux usées : l'élimination des micropolluants dans les eaux usées par un matériau argileux. Mémoire de Magister. Université Mohammed Chérif Messaadia Souk Ahras.
- [14] S.Hammami , "Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée: Application à la dépollution des rejets industriels", thèse de doctorat en Géométraux, Université El Manar ,Tunisie,(2008) .
- [15] Ubago et al., 2006. Ubago-Perez R., Carrasco-Marin F., Fairen- Jimenez D., Moreno-Castilla C. (2006). Granular and monolithic activated carbons from KOH-activation of olives stones. Microporous and Mesoporous Materials 92: 64-70.
- [16] Seghier, 2010. Seghier A. (2010). Synthèse de charbon actif à base de grignons d'abricot pour la dépollution des eaux usées. Mémoire de Magister. Université d'Oran (Mohamed Boudiaf).
- [17] Bougdah, 2007. Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite. Mémoire de Magister, Université 20 Août 1955 – Skikda.
- [18] Belkzbir Z. 2007. Belkebir Z. (2007). Valorisation des déchets agro- alimentaires cas des grignons d'olives. Mémoire de magister. Université M'Hamed Bougara-Boumerdes.
- [19] Khezzane et al., 2017. Khezzane A., Maamri H., Allal B. (2017). Dépollution par charbon actif d'une eau contaminée par le Rouge Congo. Mémoire de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued.
- [20] Brunauer et al., 1940. Brunauer S., Deming L.S., Deming W.E., Teller E.J. (1940). On a theory of the van der Waals adsorption of gases. Journal of the American Chemical Society 62 1723-1732.
- [21] Benhabiles, Elaboration et caractérisation d'un charbon actif à base de résidus du café : Application à l'étude de l'adsorption des colorants en solution aqueuse. Mémoire de magister. Université de Bejaïa

# Références

- [22] Guedidi, 2015. Guedidi H. (2015). Préparation et modification de carbones activés pour l'adsorption de polluants organiques émergents: molécules pharmaceutiques et liquides ioniques. Thèse de doctorat, l'université de Grenoble Alpes en Chimie organique.
- [23] C. H. Giles, D. Smith, and A. Huitson, "A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical," *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 47, no. 3, pp. 755-765, 1974.
- [24] Sun et al., 2003. Sun L M., Meunter F. (2003). « Adsorption, aspects théoriques ». *Techniques de l'ingénieur. Opération unitaire*, J 2730.
- [25] Limousin et al., 2007. Limousin G., Gaudet J P., Charlet L., Szenknecht S., Barthes V., Krimissa M. (2007). Sorption isotherms: A review on physical bases, modelling and measurement. *Applied geochemistry* 22, 249-275.
- [26] Naib, 2006. Naib N. (2006). Etude du procédé d'adsorption du phénol sur charbon actif à base de grignon d'olive. Modélisation par les plans d'expérience. Mémoire de magister. Université M'Hamed Bougara, Boumerdes.
- [27] Brunauer et al., 1938. Brunauer S., Emmett P H., Teller E. (1938). Adsorption of gases in multi molecular layers. *Journal of the American chemical society*. Vol 60, p 309-319.
- [28] I. Langmuir, "The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids.," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 38, no. 11, pp. 2221-2295, 1916.
- [29] H. Freundlich, *Colloid & capillary chemistry*. Methuen & co. ltd, 1926
- [30] Bouazza F.(2019). Bouazza F. (2019). Adsorption des polluants organiques par des argiles modifiées par la cellulose. Thèse de Doctorat. Université Abou-Bekr Belkaid-Tlmcen, p 36.
- [31] Fu et al., 2015. Fu J., Chen Z., Wang M. (2015). Adsorption of methylene blue by a high efficiency adsorbent (polydopamine microspheres): Kinetics, isotherm. Thermodynamics and mechanism analysis. *Chemical Engineering Journal*, 259, 53-61.
- [32] Elmoubarki et al., 2015. Elmoubarki R., Mahjoubi F Z., Tounsadi H. (2015). Adsorption of textile dye on raw and decanted Moroccan clays: Kinetics. Equilibrium and thermodynamics. *Water resources and industrie*, 16-29.
- [33] Ho , McKay, 1999. Ho Y S., McKay G. (1999). Competitive Sorption of Copper and Nickel Ions from Aqueous Solution Using Peat. *Adsorption* 5: 409-417
- [34] Ala, 2009. Ala A. (2009). Étude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif par des méthodes photochimiques en milieu aqueux. Mémoire de magister. Université mentouri-Constantine.
- [35] Bouaziz, 2014. Bouaziz K I. (2014). Traitement de solutions organiques diluées par couplage adsorption oxydation électrochimique. Université de Toulouse.
- [36] Bouchelkia, Fellahi, 2015. Bouchelkia N., Fellahi. (2015). Étude de l'élimination du plomb, du Zinc et du cadmium par adsorption sur un charbon actif préparé à base des noyaux de jujube. Mémoire de magister. Université de Bejaia.
- [37] Bouziane, 2007. Bouziane N. (2007). Élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif poudre. Mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine.
- [38] Chaouch, 2014. Chaouch N. (2014). Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées. Thèse de doctorat. Université Hadj Lakhdar Batna.
- [39] Meljac, 2004. Meljac L. (2004). Étude d'un procédé d'imprégnation de fibre de carbones activés – modélisation des interactions entre ces fibres et le sulfure d'hydrogène. Thèse de doctorat. Université de Jean Monnet-St Etienne.
- [40] Abdellatif 2017. Abdellatif née Chennouf Z. (2017). Préparation de charbon mesoporeux actif à base de polymères synthétiques et dérivés ligno-cellulosiques et application dans l'adsorption des polluants organiques. Thèse de doctorat. Université de Blida 1.
- [41] Osnick, 2009. Osnick J. (2009). Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par biosorption d'effluents pollués. Thèse de doctorat. Chimie de Lyon.
- [42] Gupta et al., 2007. Gupta V K., Ali I., Saini V K<sub>4</sub> (2007). Defluoridation of waste waters using waste carbon

# Références

slurry. *Water Res.* 41, (15): 3307-3316.

[43] Khalfaoui A. (2012). Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels. Thèse de doctorat. Université de Mentouri de Constantin.

[44] M. M. A. Daouda, A. V. O. Akowanou, S. E. R. Mahunon, C. K. Adjinda, M. P. Aina, and P. Drogui, "Optimal removal of diclofenac and amoxicillin by activated carbon prepared from coconut shell through response surface methodology," *South Afr. J. Chem. Eng.*, vol. 38, no. July, pp. 78–89, 2021.

[45] M. A. Al-Ghouti and A. O. Sweleh, "Optimizing textile dye removal by activated carbon prepared from olive stones," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 16, 2019.

[46] M. Dolatabadi, H. Naidu, and S. Ahmadzadeh, "A green approach to remove acetamiprid insecticide using pistachio shell-based modified activated carbon; economical groundwater treatment," *J. Clean. Prod.*, vol. 316, no. June, 2021.

[47] C. Djilani et al., "Adsorption of dyes on activated carbon prepared from apricot stones and commercial activated carbon," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 53, pp. 112–121, 2015.

[48] J. Cheng, S. C. Hu, G. T. Sun, K. Kang, M. Q. Zhu, and Z. C. Geng, "Comparison of activated carbons prepared by one-step and two-step chemical activation process based on cotton stalk for supercapacitors application," *Energy*, vol. 215, p. 119-144, 2021.

[49] H. Haykiri-Acma, S. Yaman, and S. Kucukbayrak, "Gasification of biomass chars in steam–nitrogen mixture," *Energy Convers. Manag.*, vol. 47, no. 7–8, pp. 1004–1013, 2006.

[50] V. Minkova et al., "Thermochemical treatment of biomass in a flow of steam or in a mixture of steam and carbon dioxide," *Fuel Process. Technol.*, vol. 62, no. 1, pp. 45–52, 2000.

[51] M. Carrier, A. G. Hardie, Ü. Uras, J. Görgens, and J. H. Knoetze, "Production of char from vacuum pyrolysis of South-African sugar cane bagasse and its characterization as activated carbon and biochar," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 96, pp. 24–32, 2012.

[52] S. Boumaza, F. Kaouah, T. Berrama, M. Trari, and Z. Bendjama, "Optimization of preparation conditions for activated carbon from waste materials of agricultural origin for the removal of basic red 46," *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 118, pp. 311–316, 2012.

[53] N. El Hannafi, M. A. Boumakhla, T. Berrama, and Z. Bendjama, "Elimination of phenol by adsorption on activated carbon prepared from the peach cores: modelling and optimisation," *Desalination*, vol. 223, no. 1–3, pp. 264–268, 2008.

[54] Stanford, 1886 E.C.C. Stanford, Algin and other useful products. US Patent #US349, 760.

[55] Nelson, 1930 W.L. Nelson, L.H. Cretcher (2000), "The isolation and identification of dmannuronic acid lactone from the *Macrocystis Pyrifera*". *J. Am. Chem. Soc.* 52 : 2130-2134.

[56] J. P. Delpech, M. A. Figueres, N. Mari, *Technique du moulage, "Alginate et Bandes Plâtrées"*, Editions Eyrolles, Paris Août.16, 23, 15,17.

[57] Vicent Rocher (2008), "synthèse et caractérisation de billes d'alginate magnétiques pour l'élimination de polluants organiques dans les effluents par séparation magnétique", thèse de doctorat de l'université PIERRE et MARIE CURIE, Paris, France

(59) de-Bashan, L. E.; Moreno, M.; Hernandez, J.-P.; Bashan, Y. Removal of Ammonium and Phosphorus Ions from Synthetic Wastewater by the Microalgae *Chlorella Vulgaris* Coimmobilized in Alginate Beads with the Microalgae Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum Brasilense*. *Water Res.* 2002, 36 (12), 2941–2948.

(60) Rezaei, H.; Haghshenasfard, M.; Moheb, A. Optimization of Dye Adsorption Using Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Encapsulated with Alginate Beads by Taguchi Method. *Adsorpt. Sci. Technol.* 2017, 35 (1–2), 55–71.

# Références

- (61) Hong, H.-J.; Kim, B.-G.; Hong, J.; Ryu, J.; Ryu, T.; Chung, K.-S.; Kim, H.; Park, I.-S. Enhanced Sr Adsorption Performance of MnO<sub>2</sub>-Alginate Beads in Seawater and Evaluation of Its Mechanism. *Chem. Eng. J.* 2017, 319, 163–169.
- (192) Zhuang, Y.; Yu, F.; Ma, J.; Chen, J. Enhanced Adsorption Removal of Antibiotics from Aqueous Solutions by Modified Alginate/Graphene Double Network Porous Hydrogel. *J. Colloid Interface Sci.* 2017, 507, 250–259.
- (62) Hassan, A. F.; Abdel-Mohsen, A. M.; Elhadidy, H. Adsorption of Arsenic by Activated Carbon, Calcium Alginate and Their Composite Beads. *Int. J. Biol. Macromol.* 2014, 68, 125–130.
- (63) Kim, T. Y.; Jin, H. J.; Park, S. S.; Kim, S. J.; Cho, S. Y. Adsorption Equilibrium of Copper Ion and Phenol by Powdered Activated Carbon, Alginate Bead and Alginate-Activated Carbon Bead. *J. Ind. Eng. Chem.* 2008, 14 (6), 714–719.
- [64] King, 1983 A.H. King, Brown Seaweed extracts (Alginates), *Food hydrocolloids*, 2: 115-188.
- [65] Rehm, 1977 B.H.A. Rehm, S. Valla, Bacterial alginates: biosynthesis and applications. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 48: 281-288

