

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR 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 DIPLOME DE MASTER

Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Par

➤ **KADRI Farah**

➤ **DIAF Houda**

Intitulé

Synthèse d'un bio-adsorbant charbon actif/chitosane: application à l'élimination d'un colorant anionique du milieu aqueux

Soutenu le :23/06/2024

Devant le Jury composé de :

Mme. MARZOUGUI Moufida	MCB	Président	Univ-BBA
Mme. DJEBRI Nassima	MAB	Encadreur	Univ-BBA
Mr. Benmakhlouf A. Fatteh	MCB	Examineur	Univ-BBA

Année Universitaire 2023/2024

Nous retournons avec une profonde gratitude à Dieu qui nous a permis d'achever ce travail. Nous remercions nos parents pour leurs encouragements et leur soutien tout au long de notre parcours. Nous remercions notre superviseure, Mme Djebri Nassima, pour son aide et ses encouragements.

Nous remercions également tous les membres du corps professoral qui ont contribué à notre formation universitaire.

À ma chère maman, dont les prières ont été le secret de mon succès, qui m'a donné son sang, son esprit et son amour. À celle qui a été la première à me permettre d'atteindre l'enseignement supérieur.

À mon cher père, qui m'a donné tout ce qu'il possédait pour que je puisse réaliser ses espoirs, et qui a été ma première école dans la vie.

À mon soutien, Youssef, qui m'a appris que les travaux se réalisent avec patience et persévérance, qui a été une partie de mon soutien et de mon encouragement pour atteindre mon objectif, et qui a partagé avec moi mes efforts et mes peines dans la rédaction de ce mémoire.

À les lumières de ma vie, aux cœurs purs et aux âmes innocentes, mes frères et sœurs : Samia et son mari Mehdi, mon frère Zinedine, Souad, Sabrina, Hanan, et leurs enfants Nesrine et Israa.

À ma meilleure amie Houda, avec qui nous avons parcouru ensemble le chemin du succès, ainsi qu'à mon amie Ilham, qui a été à mes côtés à chaque étape. Et à mes amies avec qui j'ai partagé les plus beaux souvenirs et les plus beaux moments.

KADRI Farah

Je dédie ce travail à celui à qui je dois tout mon succès, malgré toutes les circonstances, mon pilier dans la vie, mon modèle, mon cher père Abd El Aziz Diaf.

À ma première école dans la vie, dont les prières secrètes ont contribué à ma réussite, ma chère mère. À mon soutien dans la vie après mon père, et à qui je dois une grande partie de mon succès, mon cher oncle Diaf El Hadj et sa femme.

À mon pilier dans la vie, mon cher frère Salim Diaf.

À ma chère sœur et compagne de vie, Hassna.

À mes cousines Meriem, Rima et Salwa.

À celle avec qui nous avons tracé ensemble la voie du succès, ma meilleure amie Farah, ma partenaire de voyage universitaire.

À mes amies Amira et Rima, avec qui j'ai partagé les plus beaux souvenirs

DIAF Houda

Résumé

Résumé : l'objectif de ce travail est le développement des 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 (chitosane) et le charbon actif. Ces bio-adsorbants sont appliqués pour l'adsorption de méthyle orange (MO). Les propriétés d'adsorption de ces adsorbants vis-à-vis du MO 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 de chitosane/charbon actif (CS- CA) a une grande capacité d'adsorption pour le MO (561.3 mg.g⁻¹). Finalement, les résultats ont révélé que l'adsorbant CS-CA est une bonne solution pour la décontamination les eaux.

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 (chitosane) and activated carbon. These adsorbents are applied for the adsorption of methyl orange (MO). The adsorption properties of different adsorbents for the pollutant MO have been studied at different parameters such as pH, temperature, contact time and pollutant concentration. Adsorption kinetics data for the MO 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 chitosane and activated carbon (CS-CA) have high adsorption capacities for MO (561.3 mg.g⁻¹). Finally, the results revealed that the adsorbent CS-CA is a good solution for decontaminating polluted water.

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 (الكيتوزان) و الكربون المنشط . قمنا بدراسة إمكانية كل هذه المواد الممتازة على امتزاز الميثيل البرتقالي

دراسة خصائص الامتزاز بالنسبة لكل نوع من الممتازات بالنسبة لنموذج من الملوثات ركزنا النظر في تأثير عوامل مختلفة مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة ووقت الاتصال وتركيز الملوثات. نتائج الدراسة الحركية للامتزاز مثلت على شكل نموذج لمعادلة من الدرجة الثانية بالنسبة للممتز على الحبيبات , و أشارت الدراسة الى أن الاليزوثرم لبيانات الامتزاز يمكن ان تكون على شكل من اشكال نماذج لنجمير و فروندليتش . نتائج امتزاز الحبيبات التي تجمع بين الكيتوزان و الكربون المنشط (CS-CA) لديها قدرة امتصاص عالية ل (MO) 561.1 mg.g و بناء على نتائج هذه الدراسة فان تجديد هذه الممتازات يمكن استخدامها عدة مرات بإعطائها نفس القدرة و الفعالية للامتزاز . أخيرا أوضحت النتائج أن الممتز (CS-CA) حل جيد لتطهير المياه الملوثة

الكلمات المفتاحية: الامتزاز , الملونات , الممتز الحيوي , مركب ايزوتارم , الامتزاز التجديد

Sommaire

Généralité.....	1
I.1. Colorants	2
I.1.1. Introduction	2
I.1.2. Utilisation des colorants	2
I.1.3. Classification des colorants	2
I.1.3.1. Classification chimique.....	3
I.1.3.2. Classification tinctoriale	3
I.1.4. Effets des colorants sur la santé humaine et l'environnement	4
I.1.4.1 Sur l'environnement	4
I.1.4.2. Santé humaine	4
I.1.5. Procédés de traitement des colorants	5
I.1.5.1. Méthodes biologiques	5
I.1.5.2. Méthodes physiques	5
I.1.5.2.1. Adsorption sur charbon actif et autres matériaux	5
I.1.5.2.2. Filtration sur membrane	5
I.1.5.2.3. Méthode physico-chimique : coagulation – floculation	6
I.1.5.3. Méthodes chimiques	6
I.1.6. Procédés d'Oxydation Avancée (POA)	6
I.2. L'adsorption	6
I.2.1. Définition	6
I.2.2. Types d'adsorption	7
I.2.2.1. Adsorption physique	7
I.2.2.2. Adsorption chimique	7
I.2.3. Description du mécanisme d'adsorption	8
I.2.4. Isotherme d'adsorption	9
I.2.5. Classification des isothermes d'adsorption	9
I.2.5.1. Isothermes d'adsorption en phase gazeuse	9
I.2.5.2. Isothermes d'adsorption en phase liquide	10
I.2.8. Les adsorbants	11
I.2.8.1. Définition	11

I.2.9. Principaux types d'adsorbants.....	12
I.2.10. Les propriétés des adsorbants	12
I.2.10.1. Structure poreuse	12
I.2.10.2. La surface spécifique	13
I.2.11. Le charbon actif comme adsorbant	14
I.2.11.1. Pyrolyse.....	14
I.2.11.2. Activation	15
I.2.11.2.1. L'activation physique	15
I.2.11.2.2. L'activation chimique	15
I.2.12. Structure interne du charbon actif	16
I.2.13. Chimie de surface d'un charbon actif.....	17
I.3. Le chitosane	18
I.3. 1. Historique	18
I.3.2. Définition	19
I.3.3. Procédés d'obtention du chitosane	19
I.3.4. Gels de chitosane.....	20
I.3.5. Propriétés physico-chimiques du chitosane	21
I.3.5.1. Degré de Déacétylation (DD)	21
I.3.5.2. Cristallinité	21
I.3.5. 3. Solubilité	21
I.3.5.4. Polyélectrolyte en milieu acide	21
I.3.5.5. Viscosité	22
I.3.6. Propriétés biologiques	22
I.3.7. Applications générales du chitosane	22
I.3.7.1. Traitement des eaux	22
I.3.7.2. Agriculture	22
I.3.7.3. Médecine	23
I.3.7.4. Cosmétique	23
I.3.7.5. Autres domaines d'application	23
II. Martiale et méthode	24
Introduction	24
II.1. Matériels et produits utilisés.....	24
II.2. Préparation des adsorbants	25

II.2.1. Préparation du charbon actif (CA)	25
II.2.2. Synthèse des billes de chitosane	27
II.2.2.1. Les billes de chitosane (CS)	27
II.2.2.2. Les billes de charbon actif-chitosane (CS-CA)	27
II.3. Techniques de caractérisation des matériaux	28
II.3.1. Taux d'humidité, de cendres et l'indice d'iode du charbon actif (CA)	28
II.3.1.1. La teneur en humidité	28
II.3.1.2. Le taux de cendre	28
II.3.1.3. Indice d'iode	29
II.3.2. Détermination du pH de charge nulle (pHPZC)	29
II.4. Le polluant modèle utilisé	30
II.5. Méthode d'analyse du polluant- spectrophotométrie UV-Visible	30
II.6. Etude de l'adsorption du MO	31
II.6.1. Influence du pH de la solution	31
II.6.2. Effet du temps de contact et de la concentration de solution du MO	31
II.6.3. Influence de la température du milieu	32
II.6.4. Paramètres thermodynamiques	32
II.6.5. La mesure de l'efficacité de l'adsorption	32
II.6.6. Cinétique d'adsorption	33
II.6.6.1. Modèle cinétique de pseudo-premier ordre	33
II.6.6.2. Modèle cinétique de pseudo-second ordre	33
II.6.6.3. Modèle de diffusion intra-particulaire	34
II.6.7. Isothermes d'adsorption	34
II.6.7.1. Modélisation des isothermes l'adsorption	34
a) Modèle de Langmuir	34
b) Modèle de Freundlich	35
Introduction	36
III.1. Caractérisations des adsorbants	36
III.1.1. Taux d'humidité, de cendres et l'indice d'iode	36
III.1.2. pH de point zéro charge pHPZC	37
III.2. Adsorption de méthyl orange par les matériaux adsorbants préparés	38
III.2.1. Courbe d'étalonnage de méthyl orange MO	38
III.2.2. Etude paramétrique	39

III.2.2.1. Effet du pH de la solution	39
III.2.2.2 Effet du temps de contact et de la concentration initiale	40
III.2.2.3 Effet de la température	41
III.2.3. Modélisation des cinétiques d'adsorption de méthylorange sur les trois adsorbants ...	42
III.2.4. Etude des isothermes d'adsorption	46
III.2.5. Détermination des paramètres thermodynamiques	48
Conclusion générale	50
Référence	52
FigureI-1 Transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux[17]	8
Figure I- 2 Classification des isothermes d'adsorption	10
Figure I- 3 Classifications des isothermes d'adsorption selon Giles et ses collaborateurs [18].	11
Figure I- 4 Représentation schématique des différents types de pores.	13
Figure I- 5 Représentation schématique de la surface interne et externe d'un adsorbant.	13
Figure I- 6 Processus de la production du charbon actif [22]	16
Figure I- 7 Une feuille de graphène	17
Figure I- 8 Représentation schématique des microstructures du charbon actif [38]	17
Figure I- 9 structures possibles des fonctions de surface dans le charbon actif, d'après Boehm [42]	18
Figure I- 10 Structure chimique du chitosane	19
Figure I- 11 Méthode de production de la chitine et du chitosane d'après Onsoyen et Skaugrud (1990).	20
Figure II- 1: Les étapes de purification du matériau précurseur.	25
Figure II- 2: Les étapes d'activation chimique du matériau.	25
Figure II- 3: l'activation thermique du Charbon actif	26
Figure II- 4: principales étapes de préparation du charbons actif.	26
Figure II- 5: La préparation des billes de chitosane (CS).	27
Figure II- 6: La préparation des billes de chitosane/charbon actif (CS-CA)	28
Figure II- 7: Une série de solution du NaCl avec charbon actif dans la détermination du pHPZC	30
Figure II- 8: Spectrophotomètre UV visible de type SHIMADZU(Uv 1900i).	31
Figure III- 1: pH au point de zéro charge des matériaux adsorbants (CA, CS et CS-CA)	37
Figure III- 2: Spectre UV-visible (gauche) et droite d'étalonnage (droite) du méthyl orange à 460 nm.	38

Figure III- 3Variation du pourcentage du MO éliminé en fonction du pH initial de la solution pour les trois adsorbants (CA, CS et CS-CA)	39
Figure III- 4: Effet du temps de contact et de la concentration du MO sur les trois adsorbants (CA, CS et CS- CA)	40
Figure III- 5: Effet de la température sur l'adsorption du MO sur les trois adsorbants (CA, CS et CS-CA)	42
Figure III- 6:Représentation du modèle cinétique, pseudo-premier ordre, pseudo-deuxième ordre : pour l'adsorption de MO par les trois asorbants (CA, CS et CS-CA).	43
Figure III- 7: Tracé du modèle de diffusion intra-particulaire pour l'adsorption du MO sur les trois asorbants (CA, CS et CS-CA)	45
Figure III- 8: Isotherme d'adsorption du MO par les trois adsorbants (CA, CS et CS-CA) ...	46
Figure III- 9: Modélisation des isothermes d'adsorption du MO par les trois adsorbants (CA, CS et CS-CA) par les deux modèles Langmuir et Freunadlih.	47
Figure III- 10: Paramètres thermodynamiques de MO, pour les trois adsorbants (CA, CS et CS-CA)	49
Tableau I- 1 Principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante [2].	3
Tableau I- 2 : Différence entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique	8
Tableau I- 3: caractéristiques des principaux adsorbants industriels	12
Tableau II- 1 : Matériels et appareillages et Produits utilisées.	24
Tableau II- 2 : Caractérisations physico-chimiques du colorant utilisé (MO)	30
Tableau III- 1. : Taux d'humidité, de cendre et l'indice d'iode de charbon actif étudié.	36
Tableau III- 2. : Caractéristiques du polluant modèle utilisé lors de ce travail (MO).	
Erreur ! Signet non défini.	
Tableau III- 3 : Paramètres cinétiques de l'adsorption de MO par les trois adsorbants pour les modèles pseudo- premier et pseudo-deuxième ordre	44
Tableau III- 4 : Résultats d'application du modèle de diffusion intra-particulaire	45
Tableau III- 5 : Paramètres issus de la modélisation par l'équation de Langmuir et Freundlich des isothermes d'adsorption de méthyl orange par les trois adsorbants.	48
Tableau III- 6 : Comparaisons des capacités d'adsorption de BM avec les différents matériaux dans la littérature	48
Tableau III- 7 : Paramètres thermodynamiques de l'adsorption de MO sur les trois adsorbants.	49

Généralités :

La protection de l'environnement est devenue un enjeu économique et politique majeur. Tous les pays du monde sont concernés par la sauvegarde des ressources en eau douce, soit parce qu'ils manquent d'eau, soit parce qu'ils la polluent [1. 2]. Parmi les rejets particulièrement polluants pour l'eau, on cite les composés organiques qui se sont accrus au cours des dernières décennies, notamment sous l'effet de l'abondance des activités humaines[3].

Face à cette situation préoccupante, la majorité des travaux de recherche en sciences environnementales s'orientent vers la mise en œuvre de procédés innovants pour le traitement de ces polluants non ou peu biodégradables [3].

Plusieurs techniques ont été employées pour le traitement des effluents industriels, parmi ces procédés le processus d'adsorption qui présente de nombreux avantages, en particulier sa viabilité économique par l'utilisation simple et efficace de supports poreux naturels ou synthétiques comme le charbon actif. Néanmoins, ce support reste très onéreux ce qui pèse lourdement sur le coût de l'opération du traitement des eaux usées, ceci a motivé un nombre important de chercheurs à orienter leurs travaux vers la recherche de nouveaux adsorbants [3].

Ces derniers dérivent de plusieurs sources naturelles telles que les produits chitineux et leurs dérivés, en particulier le chitosane qui se révèle le plus attractif économiquement. Ses propriétés intrinsèques, son abondance, sa biodégradabilité constituent des atouts majeurs pour son utilisation pour une dépollution respectueuse de l'environnement [1].

Le premier but de cette étude vise à valoriser un déchet ménager solide en l'occurrence les écorces d'orange, rejeté en grande quantité dans notre environnement, puis par la suite la synthèse d'un adsorbant à base du charbon actif et le chitosane. Le deuxième but de ce travail est de mieux comprendre le fonctionnement de ce matériau composite dans l'élimination de méthyle orange en solutions aqueuses avec une comparaison entre la capacité d'adsorption du charbon actif préparé et le composite charbon actif/chitosane.

Nous serons aussi intéressés à l'étude de quelques paramètres influençant sur la cinétique d'adsorption comme : le temps de contact, la masse de l'adsorbant utilisé, le pH de la solution et la concentration de l'adsorbat. Le dernier objectif est de modéliser l'isotherme et la cinétique d'adsorption en se basant sur les modèles théoriques proposés dans la littérature. Le manuscrit comporte trois chapitres :

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous avons donné une synthèse bibliographique qui rassemble des données essentielles sur le MO le phénomène de l'adsorption, les charbons actifs, et un aperçu sur quelques travaux de la littérature relatifs à l'adsorption des MO par le phénomène de l'adsorption. Le second chapitre quant à lui est une présentation du dispositif et du protocole expérimentaux ainsi que les techniques de caractérisation et d'analyse. Le troisième chapitre est réservé aux résultats obtenus de la caractérisation des différents matériaux utilisés et les interprétations des expériences qui concernent la cinétique et l'isotherme de l'adsorption de méthyle orange en solution aqueuse.

Dans la conclusion, nous ferons le bilan des acquis de ce travail et nous en tracerons quelques perspectives.

Références

- [1] Nouredine BARKA, « L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO_2 supporté », Thèse doctorat, université ibn zohr faculté des sciences, (2008).
- [2] O. nouira, « décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique », mémoire magistère, université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, (2011).
- [3] L.NAIDJA, « élimination du colorant orange ii en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption », Thèse doctorat, université Mentouri de Constantine, (2010)
- [4] F. DIEVAL and J.-F. FAFET, "Colorants pour les matériaux textiles," Techniques de l'ingénieur Caractérisation et propriétés de la matière, vol. no. ref. article : k350. Editions T.I., 2021.
- [5] A. K. Verma, R. R. Dash, and P. Bhunia, "A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters," J. Environ. Manage., vol. 93, no. 1, pp. 154–168, 2012.
- [6] D. Georgiou, A. Aivazidis, J. Hatiras, and K. Gimouhopoulos, "Treatment of cotton textile wastewater using lime and ferrous sulfate," Water Res., vol. 37, no. 9, pp. 2248–2250, 2003.
- [7] C. Namasivayam and S. Sumithra, "Removal of direct red 12B and methylene blue from water by adsorption onto Fe (III)/Cr (III) hydroxide, an industrial solid waste," J. Environ. Manage., vol. 74, no. 3, pp. 207–215, 2005.
- [8] G. E. Üstün, S. K. A. Solmaz, and A. Birgül, "Regeneration of industrial district wastewater using a combination of Fenton process and ion exchange-A case study," 2007.
- [9] A. Barrios-Martinez, E.Barbot, B.Marrot , P.Moulin , N.Roche ,Degradation of synthetic phenol-containing wastewaters by MBR. Journal of Membrane Science, 281 288-296(2006).
- [10] S. Veravong, « Contribution à l'étude des phénomènes d'adsorption de colorant par les fibres cellulosesques papetières : cas particulier de bleu méthylène », Thèse doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, (2008).
- [11] J. Berland et C. Juery, « Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau », Documentation Technique (FNDAE), N°14, Décembre (2002).
- [12] C. Lafleur, J. Fortier, L. Kharoune, M.Kharoune, « Évaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles », Rapport commandité par la SODIM (Société de développement de l'industrie maricole inc), Février (2008).
- [13] Crini G., Badot P. M., « Traitement et épuration des eaux industrielles polluées ». Revue (2007).
- [14] Ozcan A., Şahin Y., Koparal A.S., Oturan M.A., "Degradation of picloram by the electro-Fenton process". J. Hazard. Mater. 153 (1-2), (2008), P 718-727.
- [15] BOUZID S., Adsorption de polluants organiques sur une argile échangée aux phosphoniums, Thèse de doctorat de l'université Mohamed Boudiaf d'Oran, 2015.

- [16] DERAFA G., Synthèse et caractérisation de montmorillonite modifiée : Application à l'adsorption des colorants cationiques, mémoire de magister de l'université Ferhat Abbas- Setif ,2014.
- [17] Madani Med A., Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite), mémoire de master de l'université Mohamed Khaider – Biskra, 2014.
- [18] KAIDARI A., Etude de l'effet de substitution du métal divalent sur les propriétés des Hydroxydes Doubles Lamellaires, mémoire de magister de l'université d'Oran, 2016.
- [19] KHALFAOUI A., Etude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels : Application aux peaux d'orange et de banane, thèse de doctorat de l'université Mentouri de Constantine, 2012.
- [20] S. Messeaouda, Etude de la capacité de rétention et d'élimination des cations métalliques par des adsorbants naturels. Thèse doctorat, Université de Mascara, 2016.
- [21] J. Bensaid, Contribution à la dépollution des eaux usées par électrocoagulations et par adsorption sur des hydroxydes d'aluminium. Thèse doctorat, Université de Rbat, 2009.
- [22] A. Belhaine, Synthèse de nouveaux matériaux silicatés pour la dépollution des eaux. Thèse doctorat, Université de Mostaganem, 2017.
- [23] L.M. Sun et F. Meunier. Adsorption : aspects théoriques Techniques de l'ingénieur, (2007). J 2 730.
- [24] N. J. Krou. Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques; thèse de doctorat ; Université de Toulouse ; (2010).
- [25] C.C. Manole. Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique), thèse de doctorat, Polytechnique de Toulouse (2007).
- [26] N. Kania, Utilisations de charbons actifs dans des procédés d'adsorption de Composés Organiques Volatils et de procédés de catalyse dans l'eau. Thèse de doctorat, Université d'Artois, 2010.
- [27] N. Sedira, Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes. Mémoire de magister, Université Souk-Ahras, 2013.
- [28] F. Boudrahem, Contribution à l'étude de l'adsorption de métaux lourds sur des charbons actifs dans un réacteur agité ferme(R.A.F). Mémoire de magister, Université Bejaia, 2007.
- [29] T. Djidel, Etude de la préparation d'un charbon actif à partir des grains d'olives et application sur des rejets industriels. Mémoire de magister, Université Oran, 2011.
- [30] L. Maaza, Adsorption des polluants sur quelques matériaux poreux et sur l'argile intercalée. Thèse doctorat, Université de Mascara, 2016.
- [31] N. Bougdah, Possibilité de rétention de micropolluants de type pesticides sur des adsorbants naturels. Thèse doctorat, Université de Skikda, 2016.
- [32] M. A. Slasli, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approches théorique et expérimentale. Thèse doctorat, Université de Neuchâtel, 2002.

- [33] D.Bambal, B.Donguil, A.Trokourey, G.Elogne Zoro, G.P.Athéba, D.Robert³, J. Vi. Wéber, Etudes comparées des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron. *Journal de la Société Ouest Africaine de Chimie*, 028, (2009), 41-52.
- [34] R. Cherraye, Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant). Mémoire de master, Université Ouargla, 2012.
- [35] Ng. J. Krou, Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques. Thèse doctorat, Université de Toulouse, 2010.
- [36] M. Gueye, synthèse et étude des charbons actifs pour le traitement des eaux usées d'une tannerie. Mémoire de master, Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2009.
- [37] S.Baup, Elimination de pesticides sur lit de charbon actif en grain en présence de matière organique naturelle : Elaboration d'un protocole couplant expériences et calculs numériques Références bibliographiques afin de simuler les équilibres et les cinétiques compétitifs d'adsorption. Thèse de doctorat, Université de Potiers, 2000.
- [38] R.C. Bansal, J.B. Donnet, F. Stoeckli. *Active Carbon*, New York, (1988).
- [39] A. Reffas. Étude de l'adsorption de colorants organiques (Rouge Nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir d marc du café, Thèse de Doctorat, Université Mentouri-constantine, 12 (2010).
- [42] H.P Boehm. Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons, *Carbon*, 32 (5) (1994) 759-769.
- [43] L.R. Radovic, C. Moreno-Castilla, J. Rivera-Utrilla. Carbon materials as adsorbents in aqueous solutions in: *Chemistry and Physics of Carbon*. Radovic, L.R, ed. Marcel Dekker New York, 27 (2000) 227.
- [44] C.A. Leon, J.M. Solar, V. Calemma, L.R. Radovic. Evidence for the protonation of basal plane sites on carbon, *Carbon*, 30 (5) (1992) 797-811.
- [45] F. Villacanas, M.F.R. Pereira, J.J.M. Orfao, J.L. Figueiredo. Adsorption of simple aromatic compounds on activated carbons, *J. Colloid Interface Sci.*, 293 (2006) 128–136.
- [46] P.M. Alvarez, J.F. Garcia-Araya, F.J. Beltran, F.J. Masa, F. Medina. Ozonation of activated carbons: effect on the adsorption of selected phenolic compounds from aqueous solutions, *J. Colloid Interface Sci.*, 283 (2005) 503–512.
- [47] A.A.M. Daifullah, B.S. Girgis. Impact of surface characteristics of activated carbon on adsorption of BTEX, *Colloids Surf. A*, 214 (2003) 181–193.
- [48] Ospina, Sandra, et al. "Comparison of extraction methods of chitin from *Ganoderma lucidum* mushroom obtained in submerged culture." *BioMed Research International* 2014 (2014):169071-169078.
- [49] Chen, Cheng_Ho, et al., Deacetylation of β chitin. I. Influence of the deacetylation conditions. *Journal of Applied Polymer Science* 93.5 (2004): 2416-2422.
- [50] C. Rouget. Des substances amylicées dans le tissu des animaux, spécialement les articles(chitine). *Compte Rendus* 48 .1859.

- [51] Hoppe – Seiler F. (1894) *Über chitin und zellulose*. *BerDeutChem Gesell* 27:3329-3331.
- [52] Blackwell J (1973) *chitin* In: *Biopolymers*. Walton AG, Blackwell J, eds. New York: Academic Press 474.
- [53] Muzzarelli RAA (1985) *Chitin in: The polysaccharides.* Aspinall GO, ed. London: Academic Press 3 417.
- [54] BENALI A., *Préparation des composites argile-chitosane, application à la rétention des colorants, mémoire de master en chimie de l'université de Tlemcen*, 2013.
- [55] KEDDOU M., *Elaboration et caractérisation de membranes polymères à base de chitosane, mémoire de magister de l'université de Boumerdes*, 2008.
- [56] Roberts (G.A.F) – *Chitin chemistry*. Mac-Millan Press London, 1992.
- [57] G.A.F. Roberts., *Structure of chitin and chitosan*. In: *Chitin chemistry*, edited by G.A.F. Roberts, Mac Millan Press, Houndmills. .1992. 1-53.
- [58] ALJAWISH A., *Fonctionnalisation enzymatique du chitosane par des composés phénoliques : évaluation des propriétés biologiques et physico-chimiques de ces nouveaux biopolymères, thèse de doctorat de l'université de Lorraine*, 2013.
- [59] ARAREM F., *Synthèse et caractérisation de biopolymères. Application au piégeage de colorants, mémoire de magister de l'université d'Oran*, 2010.
- [60] FERHAT M., *Co-adsorption des métaux lourds sur la bentonite modifiée en présence de flocculant minéral et biologique, mémoire de magister de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou*, 2012.
- [61] LA. Hadwiger; B. Fristensky; RC. Riggleman. *Chitosan, a natural regulator in plantfungal pathogen interactions; increases crop yields in: chitin; chitosan; and related enzymes*. JP. Zikakis; ed. Orlando: Academic Press 1984 .291.
- [62] Ravi Kumar, *chitin and chitosane application* *M.N.V.React .Function polymer*, 46 .2000.1- 27.
- [63] RAA. Muzzarelli, C. Muzzarelli. *Chitosan chemistry: relevance to the biomedical science in: polysaccharides I. structure, characterization and use*. Springer. *Hdv polym sci* 186 .2005. 151.
- [64] N. Sedira, *Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes. Mémoire de magister, Université Souk-Ahras*, 2013.
- [65] R. Cherraye, *Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant)*. *Mémoire de master, Université Ouargla*, 2012.
- [66] Sudarath Veravong, « *Contribution à l'étude des phénomènes d'adsorption de colorant par les fibres cellulose papetières : cas particulier de bleu méthylène* », *Thèse doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble*, (2008).
- [67] M. A. Slasli, *Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approches théorique et expérimentale*. *Thèse doctorat, Université de Neuchâtel*, 2002.

- [68] A. Reffas. Étude de l'adsorption de colorants organiques (Rouge Nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir d marc du café, Thèse de Doctorat, Université Mentouri-constantine, 12 (2010).
- [69] ARAREM F., Synthèse et caractérisation de biopolymères. Application au piégeage de colorants, mémoire de magister de l'université d'Oran, 2010.

Références Bibliographiques

- [70] F. Boudrahem, Contribution à l'étude de l'adsorption de métaux lourds sur des charbons actifs dans un réacteur agité ferme(R.A.F). Mémoire de magister, Université Bejaia, 2007.
- [71] T. Djidel, Etude de la préparation d'un charbon actif à partir des grains d'olives et application sur des rejets industriels. Mémoire de magister, Université Oran, 2011.
- [72] N. Bougdah, Possibilité de rétention de micropolluants de type pesticides sur des adsorbants naturels. Thèse doctorat, Université de Skikda, 2016.
- [73] BENALI A., Préparation des composites argile-chitosane, application à la rétention des colorants, mémoire de master en chimie de l'université de Tlemcen, 2013.
- [74] S.Baup, Elimination de pesticides sur lit de charbon actif en grain en présence de matière organique naturelle : Elaboration d'un protocole couplant expériences et calculs numériques Références bibliographiques afin de simuler les équilibres et les cinétiques compétitifs d'adsorption. Thèse de doctorat, Université de Potiers, 2000.
- [75] M. Gueye, synthèse et étude des charbons actifs pour le traitement des eaux usées d'une tannerie. Mémoire de master, Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2009.
- [76] KEDDOU M., Elaboration et caractérisation de membranes polymères à base de chitosane, mémoire de magister de l'université de Boumerdes, 200