

République Algérienne Démocratique Et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

العلمي والبحث العالي التعليم وزارة

Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach – Alger

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر



Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Département : Génie Rural

Spécialité : Hydraulique agricole

THEME :

Utilisation des matériaux adsorbants préparés à base de déchets agricoles dans le traitement des eaux usées : Adsorption en système batch et continu

Réalisé par : ALLAM Celine et GHALEM Hanane

Soutenu le : 28/09/2021

Devant le jury composé de :

Présidente :	Mme. CHEKIRED Fatima Zohra	MCB à l'ENSA
Promotrice :	Mme. HANK Dalila	MCA à l'ENSA
Co- Promoteur :	Mr. MERIDJA Samir	MCB à l'ENSA
Examineurs :	Mr. CHERGUI Abdelmalek	Professeur à l'ENP
	Mme. LARFI Bouchra	Maitre-assistante à l'ENSA

Promotion : 2016/2021

TABLE DES MATIÈRES

I.	Introduction générale.....	1
	Chapitre I: Généralités sur les eaux usées	4
I.1	Les eaux usées.....	4
I.2	Origine des eaux usées.....	4
I.2.1	Eaux usées domestique.....	4
I.2.2	Eaux usées Industrielle	4
I.2.3	Eaux usées Agricole	5
I.2.4	Eaux usées pluviale	5
I.3	Compositions des eaux usées.....	5
I.4	Caractérisation des eaux usées.....	5
I.4.1	Les paramètres physiques	6
I.4.2	Paramètres chimiques	7
I.4.3	Paramètres biologiques.....	8
II.	Chapitre II : Filière de traitement des eaux usées	9
II.1	Introduction	9
III.1.1	Prétraitement	9
III.1.2	Le traitement primaire.....	9
III.1.3	Traitement secondaire :.....	9
III.1.4	Traitements tertiaire	10
III.2	Les techniques d'élimination de la pollution dans l'eau par le procédé d'adsorption	10
III.2.1	L'adsorption.....	10
III.2.2	Définition	10
III.2.3	Type d'adsorption	11
III.2.3.1	L'adsorption physique (physisorption).....	11
III.2.3.2	L'adsorption chimique (chimio sorption).....	11
III.2.4	Mécanismes d'adsorption	12
III.2.5	Les facteurs influençant l'adsorption.....	13
III.2.6	Les Isothermes d'adsorption	14
III.2.7	Modélisation de l'isotherme d'adsorption	16
III.2.7.1	Modèle de Langmuir.....	16
III.2.7.2	Modèle de Freundlich	17

III.2.7.3	Modèle de Temkin.....	17
III.2.8	Modélisation de la cinétique d'adsorption.....	18
III.2.8.1	Modèle de pseudo-premier ordre.....	18
III.2.8.2	Modèle de pseudo- deuxième ordre.....	19
III.2.8.3	Modèle de la diffusion intra particulaire	20
III.2.9	Adsorption dynamique en système continu	20
III.2.10	Avantages d'adsorption en lit fixe	22
III.2.11	Influence de certains paramètres sur la courbe de percée.....	23
III.2.12	Paramètres clés déterminant la performance d'un lit d'adsorption	23
III.2.13	Modèles cinétiques d'adsorption en lit fixe	24
III.2.13.1	Modèle de THOMAS.....	24
III.2.13.2	Le modèle dynamique YOON-NELSON	25
III.2.14	Utilisation des adsorbants naturels en traitement des eaux.....	25
Chapitre III	: Méthodologie des plans d'expérience.....	32
III.3	Introduction	32
III.4	Vocabulaire de base des plans d'expériences.....	32
III.5	Principaux avantages des plans d'expériences	33
III.6	Type des plans d'expérience (Gauchi, 2016).....	33
III.6.1	Plan factoriel complet à deux niveaux 2^k	34
III.6.1.1	La notation 2^k a la signification suivante	34
III.7	Modèle mathématique	34
III.8	Vérification de la validité du modèle	35
III.8.1	Le coefficient de détermination (R^2 , et R^2 ajusté)	35
III.8.2	Analyse statistique des coefficients (Test de STUDENT).....	36
III.8.3	Analyse de la variance (test de FISHER).....	37
IV.	Matériel et méthodes	39
IV.1	Introduction	Erreur ! Signet non défini.
IV.2	Méthodes de préparation du charbon actif.....	39
IV.2.1	Matériaux bruts	39
IV.2.2	Préparation des adsorbants.....	39
<input type="checkbox"/>	Lavage :.....	39
<input type="checkbox"/>	Séchage :	39
<input type="checkbox"/>	Broyage :.....	39

□	Activation du matériau :	41
IV.3	Préparation des billes d'alginate-adsorbant.....	42
IV.3.1	Préparation des solutions	42
IV.3.2	Préparation des billes	42
IV.3.3	Polluant	43
IV.4	Essais d'adsorption du phénol sur les billes d'alginate-adsorbant.....	43
IV.5	Dosage du phénol par spectrophotométrie	46
V.	Adsorption dans le système en batch	48
V.1	Etude de l'adsorption du phénol sur les billes composées de CP, MC, PAL.....	48
V.1.1	Cinétiques d'adsorption sur des matériaux à l'état brut	48
V.1.2	Cinétiques d'adsorption sur les matériaux à l'état activé	49
V.2	Etude de l'isotherme d'adsorption du phénol sur les billes contenant le mélange de CP PAL MAC calciné, et les billes composés de CP, PAL, MC calciné séparément .	51
V.2.1	Isotherme de Langmuir	52
V.2.2	Isotherme de Freundlich	52
V.3	Effet des paramètres sur l'adsorption du phénol	56
V.3.1	Effet de pH.....	56
V.3.2	Effet de la concentration du phénol	58
V.3.3	Effet de masse.....	59
V.4	Modélisation de la cinétique d'adsorption du phénol	60
V.4.1	Le modèle de pseudo premier ordre	60
V.4.2	Le modèle de pseudo deuxième ordre	61
V.4.3	Le modèle de la diffusion intra particulaire.....	62
V.5	La modélisation et optimisation :	64
V.5.1	Application du plan factoriel complet à 2 niveaux	64
V.5.2	Analyse statistique	65
V.6	Modélisation mathématique	66
V.6.1	Test de STUDENT	67
V.6.2	Profil des interactions	68
V.6.3	Test de FISHER (ANOVA).....	70
V.7	Optimisation de la réponse en utilisant la fonction désirabilité	70
Adsorption	en système continu.....	72
V.8	Effet des paramètres opératoires sur l'adsorption en système continu	72
V.8.1	Effet de la concentration initiale.....	72

V.8.2	Effet de débit d'alimentation	73
V.8.3	Effet de masse d'adsorbant.....	74
V.9	Calcul de certaines grandeurs pour déterminer la performance du lit d'adsorption	76
V.10	Application des modèles mathématiques sur la dynamique d'adsorption (adsorption sur les billes composées de CP, PAL, MC en système continu)	77
V.10.1	Modèle de THOMAS.....	77
V.10.2	Modèle de YOON NELSON	80
VI.	Conclusion générale	86

Résumé

ملخص:

الهدف من عملنا هو دراسة إزالة المواد العضوية في مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها في الري. العلاج المستخدم هو الامتزاز بواسطة الممتزات الحيوية من النفايات الزراعية المتوفرة محليًا، والتي هي مخاريط الصنوبر وأشجار النخيل وحبوب القهوة.

تم إجراء اختبارات امتصاص الفينول أولاً بنظام دفعات على (ألجينات - CP)، (ألجينات - PAL)، (ألجينات - MC) و (ألجينات - خليط من المواد الثلاثة). درسنا بعد ذلك تأثير التركيز الأولي للفينول وكتلة المادة الماصة ودرجة الحموضة على قدرة امتصاص الفينول. بالنسبة لحبيبات الألجينات بخليط المواد الثلاثة، قمنا بتحسين عملية المعالجة من خلال تطبيق طريقة تصميم التجارب. في نهاية اختبارات امتصاص الفينول على عمود ذو قاعدة ثابتة أجريت مع دراسة تأثير بعض معاملات التشغيل مثل: التركيز الأولي للفينول، ومعدل التدفق، وكتلة المادة الماصة.

تم تنفيذ نمذجة منحنيات الاختراق بناءً على النماذج الرياضية، وهي نموذج YOON NELSON ونموذج THOMAS. عامل الرياضية، تصميم عمود السرير الثابت، النمذجة، التحسين، النماذج دفعات، الامتزاز على الرئيسية: الفينول، الامتزاز على الكلمات مستويين من يكامل

Abstract :

The aim of our work is to study the removal of organic matter from wastewater for reuse in irrigation. The treatment used is adsorption by bio-adsorbents from locally available agricultural wastes, which are in our case pine cone, palm and coffee grounds.

Phenol adsorption tests were first carried out in batch system on beads (alginate - CP), (alginate - PAL), (alginate-MC) and (alginate - mixture of the three materials).

We then studied the influence and effect of the initial concentration of phenol, mass of the adsorbent and pH on the adsorption capacity of phenol.

For the alginate beads with the mixture of the three materials, we optimized the treatment process by applying the design of experiments method.

At the end, adsorption tests of phenol on fixed bed column were carried out with the study of the effect of some operating parameters such as: the initial concentration of phenol, flow rate and mass of the adsorbent

A modelling of the breakthrough curves was carried out based on mathematical models namely YOON NELSON model and THOMAS model.

Keywords: phenol, batch adsorption, fixed bed column adsorption, modeling, optimization, mathematical models, 2-level full factorial design.

Résumé :

Le but de notre travail est l'étude de l'élimination de la matière organique dans les eaux usées pour une réutilisation en irrigation. Le traitement utilisé est l'adsorption par des bio-adsorbants issus des déchets agricoles disponibles localement, et qui sont dans notre cas cône de pin, palmier et marc de café.

Des essais d'adsorption du phénol ont été réalisés en premier lieu en système batch sur des billes (alginate - CP), (alginate - PAL), (alginate-MC) et (alginate - mélange des trois matériaux).

Nous avons étudié par la suite l'influence et l'effet de la concentration initiale du phénol, masse de l'adsorbant et le pH sur la capacité d'adsorption du phénol.

Pour les billes d'alginate avec le mélange des trois matériaux, nous avons optimisé le procédé de traitement par application de la méthode des plans d'expériences.

A la fin des essais d'adsorption du phénol sur colonne à lit fixe ont été réalisés avec l'étude de l'effet de quelques paramètres opératoires tels que : la concentration initiale du phénol, débit et la masse de l'adsorbant

Une modélisation des courbes de percées a été réalisée en se basant sur des modèles mathématiques à savoir modèle de YOON NELSON et modèle de THOMAS.

Mots clés : phénol, adsorption en batch, adsorption sur colonne à lit fixe, modélisation, optimisation, modèles mathématiques, plan factoriel complet à 2 niveaux.