

ETUDE DE LA MODELISATION DE SORPTION DE LA RHODAMINE B PAR LES POMMES DE CEDRE.

Meriem Zamouche, Oualid Hamdaoui

Résumé— Dans ce travail, nous avons étudié l'aptitude des pommes de cèdre (un déchet forestier) pour l'élimination par sorption d'un colorant cationique, la Rhodamine B (Rh B), en solution aqueuse. Des études de cinétique et d'équilibre de sorption du colorant par le matériau sorbant ont été réalisées en conditions batch. L'équilibre isotherme de sorption a été ajusté par le modèle de Langmuir. Les cinq formes linéaires du modèle ont été appliquées. Il en résulte que la forme linéaire II donne un meilleur ajustement des données expérimentales avec des coefficients de détermination supérieurs ou égale à 0,990. Le paramètre adimensionnel de Hall (RL) a été trouvé inférieur à l'unité, ce qui indique que la sorption de la RhB par les pommes de cèdre est favorable.

Mots clés : la Rhodamine B, les pommes de cèdre; Mode batch; isotherme de sorption, modèle de Langmuir.

1. Introduction

La couleur est le premier contaminant à être reconnue dans l'eau, et qui doit être retirée des eaux usées avant de les rejeter dans l'environnement. Les colorants résiduels sont les principaux responsables de la couleur dans les effluents générés par l'industrie textile et la fabrication de teinture. La couleur empêche la pénétration de lumière, ralentit l'activité de la photosynthèse, inhibe la croissance des biotes et possède également une tendance à la chélation des ions métalliques qui se traduisent par la micro toxicité aux poissons et aux autres organismes [1].

Il convient de noter que l'eau potable peut être contaminée par les colorants même à une concentration faible de 1,0 mg/L, qui pourrait donner une couleur significative, la rendant donc impropre à la consommation humaine [2]. La plupart des colorants utilisés sont stables à la photo-dégradation, la bio-dégradation et les agents oxydants [1].

Meriem Zamouche, Laboratoire de Génie de l'Environnement,
Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences de l'Ingénieur,
Université de Annaba, BP 12, 23000 Annaba
E-mail: zmia2478@yahoo.fr

Oualid Hamdaoui, Laboratoire de Génie de l'Environnement,
Département de Génie des Procédés, Faculté des Sciences de l'Ingénieur,
Université de Annaba, BP 12, 23000 Annaba
E-mail: ohamdaoui@yahoo.fr

Actuellement, plusieurs processus physiques ou chimiques sont utilisés pour traiter les eaux contaminées par les colorants. Toutefois, ces procédés sont coûteux et ne peuvent être utilisés efficacement pour traiter les larges gammes des eaux chargées en colorants. Les avantages et les inconvénients de certaines méthodes d'élimination des colorants à partir des effluents sont présentés dans le **Tableau.1** [3].

Parmi les technologies de traitement, l'adsorption a gagnée rapidement une importante place comme méthode de traitement des effluents aqueux. Les adsorbants classiques connus sont le charbon actif et les résines, mais ils restent trop chers, donc il est nécessaire de rechercher une alternative d'adsorbant à faible coût.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'efficacité d'un adsorbant d'origine naturelle qui est les pommes de cèdre, un déchet forestier disponible et en grandes quantités dans la forêt de Chelia (Wilaya de Khenchela), pour l'enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses. Le colorant choisi est la Rhodamine B du fait de sa présence dans les effluents de plusieurs secteurs (tels que le textile, cuir, ...) et de sa toxicité élevée. Des études de cinétique et d'équilibre de sorption du colorant par ce matériau ont été réalisées en mode batch.

Tableau.1. Avantages et inconvénients des méthodes utilisées pour l'enlèvement des colorants à partir des effluents industriels.

Les méthodes physiques et chimiques	Avantages	Inconvénients
Ozonation	Aucun changement dans le volume d'effluent	Courte demi-vie
photochimique	Pas de génération de boues	Formation de sous-produits
Electrochimique	Produits finis non dangereux	Coût d'électricité élevé
Charbon actif	Très efficace	Très cher
La filtration sur membrane	Elimine la totalité des colorants	Production de boues concentrées
Echangeur d'ions	Pas de perte de résine	N'est pas efficace pour tous les colorants

II. Matériel et Méthodes

II.1. Colorant

La Rhodamine B (Rh B), un colorant cationique, a été utilisée **Fig.1**. C'est un colorant basique de la classe des xanthènes très utilisé dans l'industrie textile. Il se présente sous la forme de cristaux d'un vert sombre. C'est un colorant fluorescent. Utilisé comme un traceur dans l'eau pour déterminer le taux et la direction des flux et du transport, et en biologie comme indicateur coloré et fluorescent pour les cellules. La RhB est généralement toxique et soluble dans l'eau, le méthanol et l'éthanol.

Pour réaliser les différentes expériences de sorption, une solution mère de colorant à une concentration de 0,5 g/L a été préparée. A partir de cette solution mère, des solutions à différentes concentrations ont été préparées par dilution. La détermination de la concentration du colorant est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis mini 1240 Shimadzu ($\lambda_{max} = 554,0 \text{ nm}$).

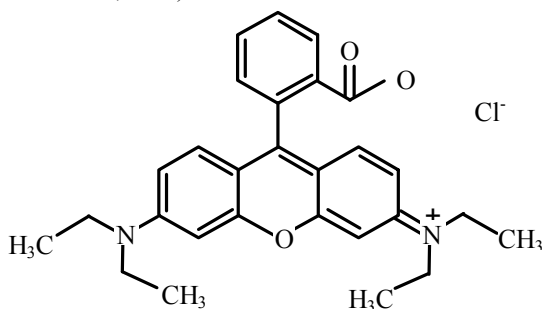


Fig.1. Structure chimique de la l'RhB.

II.2. Matériau sorbant utilisé

Le déchet utilisé comme matériau sorbant est les pommes de cèdre. Ce déchet d'origine forestière a été

collecté sous forme de solide dans la région de Chelia (Wilaya de Khenchela). Avant leur utilisation, les pommes de cèdre ont été lavées dans l'objectif d'éliminer les poussières et les salissures. Ensuite, elles ont été séchées dans une étuve à une température de 50 °C puis broyées et tamisées pour obtenir une granulométrie comprise entre 0,5 et 1,25 mm. Elles sont lavées à plusieurs reprises avec de l'eau distillée jusqu'à la disparition totale de la couleur. Ensuite, elles ont été séchées dans une étuve à une température de 50 °C jusqu'à poids constant. Finalement, le sorbant est stocké dans un dessiccateur jusqu'à utilisation.

II.3. Equilibre de sorption

La détermination de l'équilibre isotherme de sorption est menée en introduisant une masse de 2g de pomme de cèdre dans un volume de 200mL d'une solution aqueuse de RhB à des concentrations variant de 50 à 400mg/L. La suspension est agitée à l'aide d'un agitateur mécanique à une vitesse de 300 tr/min et la température est maintenue constante (25, 35, 45 et 55°C). Des prélèvements ont été réalisés afin de s'assurer de l'atteinte de l'équilibre. Ces échantillons sont dosés à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis mini 1240 Shimadzu à la longueur d'onde déterminée précédemment. La quantité de colorant sorbé par gramme de sorbant est obtenue comme suit :

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \quad (1)$$

où:

- q_t : la quantité sorbée de colorant par gr de sorbant,
- C_0 : la concentration initiale en colorant,
- C_t : la concentration en colorant au temps t,
- V : volume utilisé de la solution,
- m : la masse utilisée du sorbant (g).

III. Résultats et discussions

III.1 Etude des isothermes de sorption

Les isothermes de sorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales.

III.1.1 Isotherme de Langmuir

Le modèle de Langmuir permet de calculer la capacité maximale de sorption des pommes de cèdre vis-à-vis de la Rhodamine B. Il est représenté par l'équation suivante :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{bC_e}{1 + bC_e} \quad (2)$$

- ✓ q_e : quantité sorbée à l'équilibre (mg/g)
- ✓ q_m : quantité maximale sorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale de sorption (mg/g)
- ✓ C_e : concentration à l'équilibre (mg/L)

✓ b: constante reliée à l'énergie libre de sorption (L/mg).

Les cinq formes linéaires du modèle de Langmuir ont été appliquées. Le **Tableau.2** regroupe les équations linéaires du modèle.

Tableau.2. Formes linéaires du modèle de Langmuir.

Isotherme	La forme linéaire	Tracé
Langmuir I [4]	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{bq_m C_e}$	$\frac{1}{q_e}$ en fonction $\frac{1}{C_e}$
Langmuir II [5]	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bq_m} + \frac{1}{q_m} C_e$	$\frac{C_e}{q_e}$ en fonction C_e
Langmuir III [6]	$q_e = -\frac{1}{b} q_e + q_m$	q_e en fonction $\frac{q_e}{C_e}$
Langmuir IV [6]	$\frac{q_e}{C_e} = -bq_e + bq_m$	$\frac{q_e}{C_e}$ en fonction q_e
Langmuir V [6]	$\frac{1}{C_e} = bq_m \frac{1}{q_e} - b$	$\frac{1}{C_e}$ en fonction $\frac{1}{q_e}$

Les paramètres du modèle obtenus par les cinq formes de l'isotherme de Langmuir sont présentés dans le **Tableau.3** et la **Fig.2** représente la modélisation des données expérimentales par la forme linéaire-II de Langmuir.

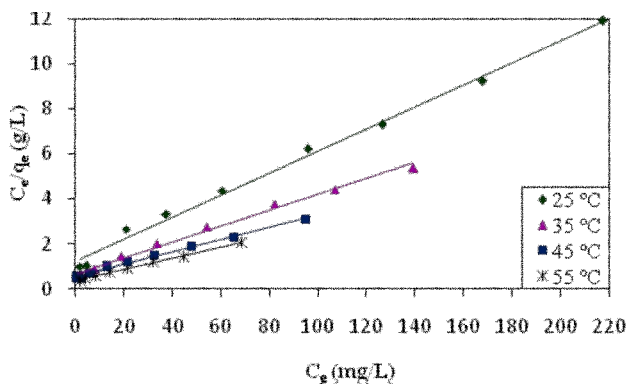


Fig.2. Modélisation des isothermes de sorption par l'équation de Langmuir (forme II). (m = 2 g, T = 25 à 55°C, ω = 300 tr/min).

Les résultats présentés sur la **Fig.2** et dans le **Tableau.3** montrent que la sorption de la RhB par les pommes de cèdre est adéquatement décrits par la forme II du modèle de Langmuir du fait que les coefficients de détermination sont très bon ($r^2 \geq 0,990$) et supérieur à ceux déterminés par les

autres formes. Aussi, les capacités maximales de sorption sont en accord avec les résultats expérimentaux.

Tableau.3. Valeurs des paramètres du modèle de Langmuir II pour la sorption de la RhB par les pommes de cèdre

Formes	T (°C)				
	25°C	35°C	45°C	55°C	
Langmuir I	q_m	17,24	23,25	33,33	62,5
	b	0,0693	0,0934	0,0651	0,0353
	r^2	0,989	0,997	0,994	0,956
Langmuir II	q_m	20,41	28,57	37,04	41,67
	b	0,040	0,053	0,051	0,060
	r^2	0,993	0,990	0,994	0,992
Langmuir III	q_m	17,97	24,97	32,81	38,38
	b	0,0646	0,0807	0,066	0,070
	r^2	0,883	0,933	0,944	0,844
Langmuir IV	q_m	18,77	25,76	33,95	41,19
	b	0,057	0,075	0,062	0,062
	r^2	0,883	0,933	0,944	0,884
Langmuir V	q_m	17,612	23,053	33,687	84,4
	b	0,067	0,094	0,064	0,025
	r^2	0,989	0,997	0,994	0,956

III.1.2 La "favorabilité"

La "favorabilité" de l'isotherme est vérifiée par le paramètre adimensionnel R_L de Hall [7] qui se présente sous la forme suivante:

$$R_L = \frac{1}{1+bC_0} \quad (3)$$

où:

- ✓ b: est la constante de Langmuir (L/mg),
- ✓ C_0 : est la concentration initiale (mg/L).

Lorsque:

- $R_L = 0$, l'isotherme est irréversible,
- $0 < R_L < 1$, l'isotherme est favorable,
- $R_L = 1$, l'isotherme est linéaire,
- $R_L > 1$, l'isotherme est défavorable.

Les valeurs du paramètre de Hall sont calculées à partir des résultats obtenus à l'aide de la forme II de l'isotherme de Langmuir.

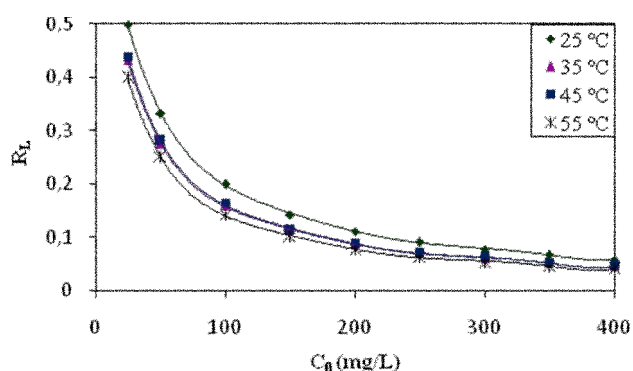


Fig.3. Evolution du paramètre de Hall, calculé à partir de l'équation de Langmuir II, en fonction de la concentration initiale.

D'après les résultats présentés sur la **Fig.3**, on remarque que les valeurs du paramètre de Hall sont comprises entre 0 et 1, ce qui montre que l'isotherme de sorption de la RhB par les pommes de cèdre est favorable.

VI. Conclusion

Dans ce travail, l'aptitude des pommes de cèdre pour l'élimination d'un colorant basiques la RhB en, solution aqueuse a été démontrée. La modélisation des résultats expérimentaux par les cinq formes linéaires du modèle de Langmuir montre que la forme II décrit convenablement les résultats de la sorption du colorant par les pommes de cèdre.

V. Références

- [1] Garg V.K., Amita M., Kumar R., Gupta R., Basic dye (methylene blue) removal from simulated waste water by adsorption using Indian rosewood saw dust: a timber industry waste, *Dyes Pig.* 63, 243–250, 2004.
- [2] Malik R., Ramteke D.S., Wate S.R., Adsorption of malachite green on ground-Nut shell waste based powdered activated carbon, *Waste Manag.* 27, 1129–1138, 2007.
- [3] Robinson T., McMullan G., Marchant R., Nigam P., Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, *Bioresour. Technol.* 77, 247–255, 2001.
- [4] Stumm W., Morgan J.J. *Aquatic chemistry*, Wiley-interscience, John Wiley et Sons, 2nd edition, 1981.
- [5] Weber J.Jr. *Adsorption in physicochemical process for water quality control*, Ed. By Metcalf R.L. et Pitts J.N., Wiley interscience N. Y. 5, 199-259, 1972.
- [6] Hamdaoui O., Naffrachoux E. Modeling of adsorption isotherms of phenol and chlorophenols onto granular activated carbon Part I. Two-parameter models and equations allowing determination of thermodynamic parameters, *J Hazard Mater* 147, 381-394, 2007.
- [7] Hall K.R.; Eagleton L.C.; Acrivos A.; Vermeulen T. Pore and solid diffusion kinetics in fixed-bed adsorption under constant pattern conditions. *Ind. Eng. Chem. Fundam* 5, 212-223. 1966.