

# Application d'un plan composite centré pour la modélisation et l'optimisation du procédé d'adsorption d'un résidu pharmaceutique en solution aqueuse

F. Oughlis-Hammache<sup>1,2</sup> O. Senhadji-Kebiche<sup>2</sup> L. Moulahcene<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de Génie des Procédés, Faculté des sciences et des Sciences appliqués, Université A.M. Oulhadj – Bouira, Algérie, [hammachefadila06@yahoo.fr](mailto:hammachefadila06@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Laboratoire des Procédés Membranaires et des Techniques de séparation et de Récupération (LPMTSR), [kebiche\\_anissa@yahoo.fr](mailto:kebiche_anissa@yahoo.fr), [moulahcene\\_lamia@yahoo.fr](mailto:moulahcene_lamia@yahoo.fr)

**Keywords:** Ibuprofène, adsorption, polymère en cyclodextrines, plan composite centré.

## 1 Introduction

La pollution engendrée par les résidus pharmaceutiques provenant des eaux usées des hôpitaux, des ménages, des usines de fabrication de médicaments et des lixiviats des décharges constitue une menace permanente pour l'environnement.

L'ibuprofène, un anti-inflammatoire non stéroïdien, est le médicament le plus couramment consommé au monde. Sa présence dans l'environnement peut contaminer les rivières, les lacs, les eaux souterraines et même l'eau potable et pourrait avoir un effet néfaste sur la santé de plusieurs espèces (affecter la reproduction et la féminisation des mâles, la croissance), et peut également causer la mort [1], d'où la nécessité d'un traitement préalable avant de le rejeter dans l'environnement. Parmi les méthodes de traitement, le procédé d'adsorption sur charbon actif est la méthode de choix pour éliminer cette pollution, par sa facilité de sa mise en œuvre et son bas coût d'investissement.

En dépit de sa capacité d'adsorption élevée, le charbon actif largement utilisé dans le traitement des eaux résiduaires pharmaceutiques est un adsorbant non sélectif et faiblement régénérable. Les polymères en cyclodextrines préparés par réticulation des cyclodextrines natives avec des molécules di ou multifonctionnels ont montré des capacités d'adsorption et sélectivités élevées et une bonne régénération. La capacité d'adsorption d'un polymère en  $\beta$ -cyclodextrines réticulé avec l'acide citrique est étudiée vis-à-vis de la molécule d'ibuprofène en solution aqueuse, en colonne fonctionnant en circuit fermé, en utilisant un plan composite centré.

## 2 Matériels et méthodes

Les expériences d'adsorption sont réalisées dans une colonne à lit fixe d'adsorbant fonctionnant en circuit fermé. La colonne a un volume de 125 cm<sup>3</sup>, un diamètre de 35 mm et une longueur de 12 cm. Une quantité définie du polymère en  $\beta$ -cyclodextrines est introduite au préalable dans la colonne. Un volume de 60 mL de solution d'ibuprofène de concentration connue est versée dans la colonne. La solution traverse le lit d'adsorbant à l'aide d'une pompe péristaltique. Afin de déterminer la quantité d'IB adsorbée par le polymère, des prélèvements de 1mL, à des temps réguliers, sont analysés, après dilution, à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visibles de type Shimadzu UV-1280, à une longueur d'onde  $\lambda = 218.5$  nm.

Pour modéliser le processus d'adsorption de l'ibuprofène sur le polymère en  $\beta$ -CDs, Un plan composite centré isovariant par rotation est choisi en considérant trois paramètres jugés influents, à savoir, la concentration initiale en IB (Z1), la vitesse de circulation de la solution (Z2) et la masse de l'adsorbant (Z3). La réponse à modéliser est le taux d'adsorption y. Les niveaux des 3 facteurs du PCC sont rassemblés dans le tableau 1.

Tableau 1 – Domaine d'étude du Plan composite centré isovariant à 3 facteurs.

| Variable réelle               | Variable codée | Niveau bas       |       | Point central | Niveau haut |                 |
|-------------------------------|----------------|------------------|-------|---------------|-------------|-----------------|
|                               |                | $\alpha = -1.68$ | -1    | 0             | 1           | $\alpha = 1.68$ |
| <b>Z<sub>1</sub> (mg/L)</b>   | X <sub>1</sub> | 12               | 14    | 18            | 26          | 30              |
| <b>Z<sub>2</sub> (tr/min)</b> | X <sub>2</sub> | 5                | 12    | 15            | 18          | 25              |
| <b>Z<sub>3</sub> (mg)</b>     | X <sub>3</sub> | 25               | 60.42 | 112.5         | 164.58      | 200             |

### 3 Résultats et discussion

Après élimination des coefficients non significatifs à l'aide du test de Student [2, 3], le modèle retenu s'écrit :  $\hat{y} = 76,07 - 3,66 X_1 + 2,12 X_2 + 3,59 X_3 - 3,48 X_1^2 - 6,87 X_2^2 - 3,10 X_3^2$

Nous remarquons que:

- Les effets principaux sont tous significatifs ; les trois facteurs choisis ont une influence significative sur le taux d'adsorption de l'ibuprofène sur le poly  $\beta$ -CDs.
- L'effet principal ( $b_1 = -3,66$ ) de la concentration initiale en IB est le plus important et est négatif ; l'augmentation de la concentration initiale en IB influe négativement sur le taux d'adsorption dans le domaine d'étude choisi.
- Les interactions sont toutes non significatives.

Les effets quadratiques sont tous négatifs ; une surface de réponse particulière, en cloche, est caractéristique.

Les deux tests F de Fisher [1] confirment que le modèle quadratique obtenu ajuste bien les données expérimentales ; il est donc valide.

Le calcul de  $R^2$  ajusté indique que 84,2% de la dispersion des réponses est expliquée par le modèle de régression.

Le modèle obtenu permettra d'optimiser les paramètres de la réaction d'adsorption afin d'atteindre des réponses souhaitables.

### 4 Conclusion

Dans le domaine d'étude choisis, la concentration initiale en ibuprofène, la vitesse d'agitation et la masse de l'adsorbant ont une influence statistiquement significative sur le taux d'adsorption. Aussi, aucune interaction entre les facteurs n'est décelée.

Le polymère en  $\beta$ -CD présente une capacité d'adsorption maximale de l'ordre de 78,5% pour une concentration initiale en IB de 16,3 mg/L, une vitesse de circulation de la solution de 16,4 tr/min et une masse d'adsorbant de 147,6 g.

### 5 References

- [1] F. Oughlis-Hammache, N. Hamaidi-Maouche, F. Aissani-Benissad, and S. Bourouina-Bacha, Central Composite Design for the Modeling of the Phenol Adsorption Process in a Fixed-Bed Reactor. *Journal of Chemical & Engineering Data* 55:2489–2494, 2010.
- [2] J. L. Goupy. Étude comparative de divers plans d'expériences. *Revue de statistique appliquée* 1990, pp. 5-44.
- [3] J. Goupy, Introduction aux plans d'expériences. Dunod, 2ème Edition, 2001. .