#### REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

#### MINISTERE DE L’ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

#### **Université des Sciences et de la Technologie d’Oran - Mohamed Boudiaf**

*Faculté DE CHIMIE*

**Département de Génie Chimique** Mercredi 07 mai 2025

**Examen d’Adsorption et Procédés des Séparation Membranaire**

**M1-GPE**

**Durée : 1h30mn**

**Questions de cours (6 pts) :**

1. Citer et comparer entre les procédés de filtration membranaires. (04 pts)
2. Quand un solide est mis en contact avec une solution, le solvant et le soluté, manifeste une tendance à l’adsorption à la surface du solide. Il y’a donc une compétition en surface entre deux adsorptions qui sont concurrentielles. Donc la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs. Citer les principaux facteurs. (02 pts)

**Problème** **(14pts) :**

Pour l’étude de l’adsorption du SBA-15, on a pris les conditions suivantes : pH = 6,5 ; masse du SBA-15= 150 mg ; volumes des solutions du furfural =200 mL, le temps de contact varie de 0 à 210 minutes et la concentration du furfural est de 100mg/L.

**Qe(théorique) = 95,94 mg/g.**

|  |  |
| --- | --- |
| **t (mn)** | **Ce (mg/l)** |
| **0** | **100,00** |
| **5** | **82,76** |
| **10** | **68,71** |
| **20** | **54,37** |
| **30** | **45,03** |
| **50** | **36,07** |
| **60** | **32,49** |
| **75** | **30,56** |
| **90** | **29,81** |
| **120** | **29,50** |
| **150** | **30,06** |
| **180** | **29,99** |
| **210** | **30,10** |

1. Tracer et discuter la cinétique d’adsorption.
2. Calculer les différents paramètres des modèles cinétiques : (1er et 2nd pseudo-ordre).
3. Quel est à votre avis le modèle qui décrit au mieux cette cinétique et dites pourquoi.
4. Tracer et discuter le modèle de diffusion intra particulaire
5. Est-ce que le modèle de diffusion intra particulaire peut s’appliquer et dites pourquoi.
6. Que peut-on conclure de cette étude cinétique

**Corrigé Examen**

**Adsorption et Procédés des Séparation Membranaire**

**M1-GPE**

Exercice 01 : **14 pts**

 **0,5**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***t (mn)*** | ***Ce (mg/L)*** | ***t (mn)*** | ***Qt (mg/g)*** | ***(Qe -Qt)*** | ***Ln(Qe -Qt)*** | ***t/Qt*** | ***Racine t*** |
| 0 | 100 | 0 | 0,00 | 95,94 | 4,56 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 82,76 | 5 | 22,99 | 72,95 | 4,29 | 0,22 | 2,24 |
| 10 | 68,71 | 10 | 41,72 | 54,22 | 3,99 | 0,24 | 3,16 |
| 20 | 54,37 | 20 | 60,84 | 35,10 | 3,56 | 0,33 | 4,47 |
| 30 | 45,03 | 30 | 73,29 | 22,65 | 3,12 | 0,41 | 5,48 |
| 50 | 36,07 | 50 | 85,24 | 10,70 | 2,37 | 0,59 | 7,07 |
| 60 | 32,49 | 60 | 90,01 | 5,93 | 1,78 | 0,67 | 7,75 |
| 75 | 30,56 | 75 | 92,59 | 3,35 | 1,21 | 0,81 | 8,66 |
| 90 | 29,81 | 90 | 93,59 | 2,35 | 0,86 | 0,96 | 9,49 |
| 120 | 29,50 | 120 | 94,00 | 1,94 | 0,66 | 1,28 | 10,95 |
| 150 | 30,06 | 150 | 93,25 | 2,69 | 0,99 | 1,61 | 12,25 |
| 180 | 29,99 | 180 | 93,35 | 2,59 | 0,95 | 1,93 | 13,42 |
| 210 | 30,10 | 210 | 93,20 | 2,74 | 1,01 | 2,25 | 14,49 |
|  |  |  | **0,25** | **0,25** | **0,25** | **0,25** | **0,25** |

1. *Traçage de la courbe cinétique*

**1,0**



On peut deviser la courbe cinétique en trois parties distinctes :

1. Entre 0 ˂ t ˂ 50 minutes, on remarque que la vitesse d’adsorption est très rapide, les sites sont vides et donc accessibles. **0,5**
2. Entre 50 ˂ t ˂ 120 minutes, elle devient de plus en plus lente au cours du temps jusqu’à t=120 minutes (Temps d’équilibre) où l’adsorption atteint son maximum. **0,5**
3. A partir de t =120 minutes l’adsorption est constante et l’équilibre est atteint (Plateau d’équilibre et tous les sites actifs sont saturés). **0,5**
4. *Calcul des différents paramètres de modélisation des cinétiques (1er et 2nd pseudo-ordres)*
5. **Modèle du Pseudo premier ordre**

 **0,25**

En intégrant cette équation et en notant que Qt = 0 à t = 0, l’équation obtenu après réarrangement devient :

**0,25**

Si la cinétique d’adsorption suit le modèle de pseudo-premier ordre, le tracé de log (Qe – Qt) en fonction du temps est une droite de pente - k1/2,303 et d’ordonnée à l’origine logQe. **0,5**

**1,0**

1. **Modèle du Pseudo second ordre**

**0,25**

En intégrant cette équation et en notant que Qt = 0 à t = 0, l’équation obtenu après réarrangement devient :

**0,25**

Si la cinétique d’adsorption suit le modèle de pseudo-second ordre, le tracé  est une droite de pente  et d’ordonnée à l’origine**0,5**

**1,0**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| k1 (mn-1) | Qe (mg/g) | k2 (g.mn-1.mg-1) | Qe (mg/g) |
| 0,041 | 37,58 | 1,14.10-3 | 99,00 |
| 0,082 | 72,01 | 8,5.10-4 | 104,16 |
| **0,25** | **0,25** | **0,25** | **0,25** |

1. *Le modèle qui décrit au mieux cette cinétique*

On remarque sur les tracés linéaires des deux modèles (pseudo –premier ordre et pseudo-second ordre) que :

* + - 1. Peu de points passent par la droite pour le pseudo-premier ordre, alors que presque tous les points passent par la droite dans le cas du modèle pseudo-second ordre, ce qui nous permet de dire que la cinétique suit plus le modèle pseudo-second ordre que celui du pseudo-premier ordre. **0,5**
      2. La quantité adsorbée dans le cas du modèle pseudo-second ordre avoisine la quantité adsorbée théorique, alors que la quantité adsorbée dans le cas du modèle pseudo-premier ordre est très faible. **0,5**
      3. Et donc le modèle qui décrit au mieux la cinétique d’adsorption du furfural sur SBA-15 est le modèle pseudo-second ordre. **0,5**

1. *Traçage et discussion de modèle de diffusion intra-particulaire***:**

 **0,25**

Le tracé de la courbe : n’est pas linéaire. D’abord une partie linéaire (premier tronçon), correspond à une diffusion rapide dans la couche limite des molécules du soluté, l’adsorbat migrant de la solution vers la surface externe de l’adsorbant, ensuite, le second tronçon, l’incurvation, est attribué à la diffusion intra-particulaire, laquelle détermine la vitesse de contrôle du mécanisme d’adsorption, et en dernier un plateau qui décrit l’état d’équilibre: la diffusion intra-particulaire ralentit, conduisant à un maximum d’adsorption et une très faible concentration d’adsorbat dans le soluté. **0,5**

On trace la partie qui correspond à la diffusion intra-particulaire pour tirer les valeurs du constant cinétique ***kid****: (pente de la droite) et* ***l’épaisseur*** de la couche limite ; ***l (****l’ordonnée à l’origine).* Une grande valeur de ***l*** correspond à une couche limite épaisse. **0,5**



**1,0**

Non le modèle de diffusion intra-particulaire ne peut à lui seul décrire cette cinétique mais seulement une partie, car le tracé de n’est pas une droite linéaire, c’est pourquoi, on trace seulement la partie qui correspond à la diffusion intra-particulaire pour tirer les valeurs de ***kid****: (pente de la droite) et* ***l :*** *(l’ordonnée à l’origine).* **0,5**

**1,0**

On trouve :

***kid = 9,21 (mn0,5)* 0,25**

***et***

***l= 20,83 (mg/g)* 0,25**

Conclusion :

Tableau récapitulatif des paramètres des trois modèles cinétiques :

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k1 (mn-1) | Qe (mg/g) | k2 (g.mn-1.mg-1) | Qe (mg/g) | kid  (mn0,5) | *l (mg/g)* |
| 0,041 | 37,58 | 1,14.10-3 | 99,00 | ***9,21*** | ***20,83*** |

À partir de ces valeurs, il est aisé de voir que la diffusion intra-particulaire est une étape non négligeable dans le processus de l’adsorption du furfural, en particulier après les 30 premières minutes. Ce temps de latence peut être expliqué par le déplacement des molécules du furfural dans les canaux, avant d’arriver à la surface où elles seront arrangées. Néanmoins, la réaction chimique de surface, qui commence dès les premières minutes de contact et dont les points expérimentaux s’alignent au pseudo-second ordre, indique que c’est elle l’étape la plus influente dans l’adsorption du micropolluant (furfural)**. 1,0**