

TP 1 : ISOTHERME D'ADSORPTION : ADSORPTION DE L'ACIDE ACÉTIQUE SUR LE CHARBON ACTIF

Le but de ce TP

1. La capacité d'adsorption sur le charbon actif à l'équilibre ;
2. La détermination de l'isotherme d'adsorption de l'acide acétique sur le charbon actif ;
3. Vérification de la validité des modèles de Langmuir et Freundlich sur cette adsorption.

1. Définitions

Adsorption

L'adsorption est un phénomène de surface, par lequel une substance (adsorbé) adhère et s'accumule, sans pénétration, à l'interface d'une substance de destination (adsorbant)

• L'adsorption physique ou physiorption met en jeu des liaisons faibles, du type forces de Van der Waals. Elle se produit bien avant que le gaz n'atteigne une pression égale à sa pression de vapeur saturante, à des températures assez basses et voisines du point d'ébullition de la phase adsorbée. Elle est en général réversible et on peut la comparer au dépôt de buée sur une paroi froide. L'adsorption physique est donc favorisée par une baisse de la température ;

• L'adsorption met en jeu des énergies de liaison importantes. On parle alors d'adsorption chimique ou chimisorption. L'adsorption chimique s'accompagne d'une profonde modification de la répartition des charges électroniques des molécules adsorbées, les forces mises en jeu sont du même type que celles qui sont impliquées lors de la formation des liaisons chimiques. Elle est souvent irréversible (ou difficilement réversible) et engendre une couche monomoléculaire.

Les lois de l'adsorption sont gouvernées par (1) les forces de Van Der Waals qui sont à l'origine de l'adsorption physique et (2) les liaisons de valence qui sont responsables de l'adsorption chimique. La capacité d'adsorption est intimement liée au rapport spécifique surface/poids de l'adsorbant. Ainsi, les adsorbants les plus efficaces présentent des surfaces spécifiques supérieures à 600m²/g. Après un temps de contact suffisant, on atteint un équilibre d'adsorption dépendant de la nature de l'adsorbant, de la molécule à adsorber et de la température. L'adsorbant le plus utilisé dans l'industrie est incontestablement le charbon actif. Ce dernier est obtenu à partir du chauffage du bois à très haute température en absence de l'air. Lorsque le bois est chauffé à plus de 900 C°, le charbon obtenu est dépourvu de toute contamination. Il

existe sous forme de grain ou en poudre. Le charbon actif possède une structure poreuse très développée. En effet, broyé finement le diamètre des grains peut être < 0.5 nm et sa surface spécifique avoisinant 1500 m²/g

Adsorbant

Les adsorbants sont des solides extrêmement poreux, insolubles dans l'eau, se présentant sous forme de poudre, de granulés, de solides de formes à surface étalée. Leur structure microscopique (constitués de pores, canaux...)

leur permet de capturer différentes substances (gaz, polluants organiques, etc) et de les fixer. Exemple : charbon actif ; dépôt silicaté ; etc. La principale caractéristique d'un adsorbant est la capacité d'adsorption, c'est-à-dire la quantité de matière adsorbée (adsorbé) par unité de masse de l'adsorbant

$$Q_e = \frac{n_s}{m_A}$$

Q_e : capacité d'adsorption à l'équilibre.

n_s : quantité de matière adsorbée

m_A : masse de l'adsorbant.

La capacité d'adsorption dépend de la température, de la concentration du soluté et de la pression des gaz. À température constante, dans le cas des solutions liquides la capacité d'adsorption ne dépend que de la concentration du soluté

$$Q_e = \frac{n_s}{m_A} = f(c_e)$$

La variation de Q_e en fonction de la concentration du soluté (adsorbé), à température constante, est appelée ISOTHERME D'ADSORPTION.

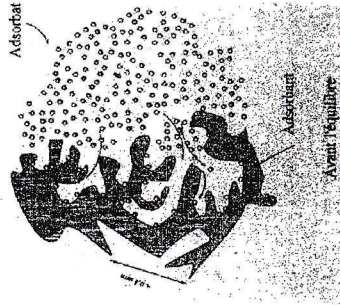
Isothermes d'adsorption

Afin de caractériser le phénomène l'adsorption, les principaux modèles sont :

1. Modèle de Freundlich :

Ce modèle suppose que la chaleur d'adsorption décroît exponentiellement avec le taux de saturation de la surface du solide. Dans le cas de l'adsorption des solutés, l'équation est donnée par :

$$Q_a = k_F C_e^{\frac{1}{n}}$$



Solutions	1	2	3	4	5	6	7
Volume acide acétique	5	10	20	30	40	50	60
Volume d'eau à ajouter							
Concentration de la solution (calculée)							

3. Les calculs

3.1. Détermination de la concentration de la solution initiale (concentration avant l'adsorption)

$$C_1 V_1 = C_2 V_{eq}$$

3.2. Détermination de la concentration après l'adsorption

$$C_1 V_1 = C_2 V_{eq}$$

3.3. Détermination de la quantité adsorbée

Les résultats obtenus seront résumés dans le tableau suivant.

Solutions	1	2	3	4	5	6	7
Volume de l'acide acétique							
La concentration initiale (avant adsorption) (mole/l)							
La concentration après adsorption (mole/l)							
La quantité adsorbée (mole)							
La masse adsorbée (g)							

Q_a est la quantité adsorbée par gramme d'adsorbant (mol/g) et C_e concentration à l'équilibre (mmol/l) k_F et n sont respectivement les constantes de Freundlich indicatives de l'intensité et de la capacité d'adsorption. Pour $n > 1$ l'adsorption est favorable.

2.2. Modèle de Langmuir

Dans le cas de l'adsorption des solutions aqueuses, l'équation de Langmuir est sous la forme

$$Q_a = \frac{C^\infty k_L C_e}{1 + k_L C_e}$$

La linéarisation de cette équation conduit à

$$\frac{1}{Q_a} = \frac{1}{Q^\infty} + \frac{1}{Q^\infty k_L C_e}$$

En portant $\frac{1}{Q_a} = f\left(\frac{1}{C_e}\right)$, on obtient une droite permettant de calculer les paramètres d'ajustement k_L et Q^∞ .

Ainsi, Avec, Q^∞ (mmol/g) capacité maximale d'adsorption à l'équilibre.

2. Mode opératoire :

2.1. Produits utilisés :

Acide acétique 0.5 M

Hydroxyde de sodium 0.1 M

Charbon actif

Phénolphaléine

2.2. Manipulation

A partir d'une solution de l'acide acétique 0.5 M on prépare 7 solutions 1 → 7 de différentes concentrations. Pour cela, on met dans des fioles jaugées de 100 ml des quantités de l'acide indiquées dans le tableau on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait et on agite le contenu.

Dans sept erlenmeyer numérotés, on met respectivement 30 ml des solutions préparées, on ajoute 2 g ou 5g de charbon et on agite pendant 30 minutes, le reste des solutions dans les fioles sont utilisées pour déterminer la concentration initiale exacte C_0 en faisant le titrage en présence de phénolphaléine avec NaOH 0.1 M (on prend 10 ml de la solution pour titrer).

Après 30 min, on filtre les suspensions, on jette les premières gouttes du filtrat. On prend ensuite 10 ml et on titre avec la solution de NaOH.