

# Chapitre 3. Les procédés discontinus

## Introduction

Dans l'industrie chimique, pharmaceutique, agroalimentaire et biotechnologique, les procédés de fabrication peuvent être classés en deux grandes catégories :

- ✓ **Procédés continus (colonne)**
- ✓ **Procédés discontinus (batch)**

Un procédé discontinu est un procédé dans lequel les matières premières sont introduites dans un équipement, transformées pendant un certain temps, puis le produit est retiré avant de recommencer un nouveau cycle.

### 3.1. Procédé discontinu en adsorption

#### 3.1.1. Principe de fonctionnement

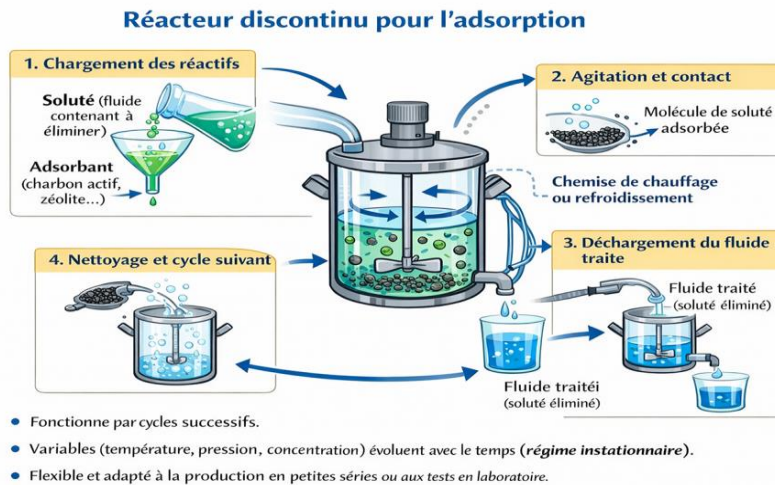
**A. Chargement des réactifs** : dans une adsorption discontinue, on met :

- ✓ Une quantité fixe d'adsorbant (charbon actif, zéolite, ...)
- ✓ Un volume déterminé de fluide (gaz ou liquide contenant le soluté à éliminer).

**B. Agitation et contact** : le système est ensuite laissé à évoluer dans le temps, permettant au soluté de se transférer progressivement vers l'adsorbant jusqu'à atteindre de l'équilibre (la capacité maximale d'adsorption de l'adsorbant est approchée).

**C. Déchargement du fluide traité** : le fluide traité est séparé de l'adsorbant chargé.

**D. Nettoyage et cycle suivant** : nettoyage de réacteur et redémarrage d'un nouveau cycle : le même processus peut être répété pour un cycle suivant.



*Agitation* : pour homogénéiser le mélange et améliorer les transferts de matière.

*Chemise de chauffage ou refroidissement* : pour contrôler la température.

### 3.1.2. Comportement des variables

Dans un procédé batch d'adsorption :

- ✓ **Concentration du soluté** : La concentration du soluté dans le fluide diminue progressivement à mesure que les molécules sont transférées vers l'adsorbant. Cette diminution se poursuit jusqu'à ce que le système atteigne l'équilibre d'adsorption.
- ✓ **Quantité adsorbée** : La quantité de soluté retenue par l'adsorbant augmente avec le temps, reflétant la progression de l'adsorption.
- ✓ **Température** : La température peut varier pendant l'adsorption, surtout si le processus est exothermique ou endothermique. Dans certains cas, on utilise le chauffage ou le refroidissement pour maintenir la température dans une plage optimale.
- ✓ **Pression** : Dans le cas de l'adsorption de gaz, la pression du système peut également changer au cours du temps, car le gaz est progressivement capté par l'adsorbant.

### 3.2. Etudes cinétiques et isothermiques de l'adsorption

Les procédés discontinus (batch) sont particulièrement adaptés aux études expérimentales de l'adsorption, que ce soit en phase liquide ou en phase gazeuse. Ces études permettent de comprendre et de modéliser le comportement de l'adsorbant et d'optimiser le procédé.

#### A. Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption décrit la vitesse à laquelle le soluté est transféré du fluide vers l'adsorbant.

Les modèles couramment utilisés incluent :

- ✓ Pseudo-premier ordre
- ✓ Pseudo-second ordre
- ✓ Modèles de diffusion intra-particulaire

Ces modèles permettent de déterminer la vitesse de l'adsorption et d'identifier les étapes limitantes (diffusion externe, diffusion interne ou adsorption chimique).

#### B. Isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption décrivent la relation entre la quantité adsorbée et la concentration à l'équilibre pour une température donnée.

Les modèles les plus utilisés :

- ✓ Langmuir : adsorption mono moléculaire sur des sites homogènes.

- ✓ Freundlich : adsorption multicouches sur des sites hétérogènes.

Ces études permettent de déterminer la capacité maximale de l'adsorbant et de choisir l'adsorbant le plus efficace pour une application donnée.

### **3.3. Applications**

#### **A. Traitement des eaux et des effluents**

- ✓ Elimination de polluants organiques (colorants, pesticides, solvants) dans les eaux industrielles ou domestiques.
- ✓ Elimination de métaux lourds (plomb, cuivre, cadmium, ...) par adsorption sur charbon actif ou zéolite, ...

#### **B. Industrie chimique fine**

- ✓ Purification de produits chimiques de haute valeur
- ✓ Adsorption des impuretés ou sous-produits après synthèse chimique.
- ✓ Possibilité de tester différents adsorbants ou conditions pour optimiser l'efficacité.

#### **C. Industrie pharmaceutique**

- ✓ Purification de principes actifs ou excipients.
- ✓ Elimination des traces de solvants ou contaminants avant formulation.
- ✓ Permet des tests pilotes pour la production à petite échelle.

#### **D. Industrie agroalimentaire**

- ✓ Décoloration de jus de fruits ou huiles comestibles.
- ✓ Elimination d'odeurs ou saveurs indésirables dans certains produits alimentaires.

#### **E. Laboratoire et recherche**

- Etudes cinétiques et isothermiques pour différents adsorbants et solutés.
- Développement de nouveaux matériaux adsorbants.
- Optimisation des paramètres opératoires (temps de contact, PH, quantité de l'adsorbant, agitation, concentration initiale de l'adsorbat, température).

### **3.4. Avantages et inconvénients des procédés discontinus**

#### **3.4.1. Avantages**

##### **A. Contrôle précis des paramètres**

- ✓ Le temps de contact, la température, quantité d'adsorbant, concentration initiale de soluté et l'agitation peuvent être ajustés pour chaque cycle, optimisant l'efficacité de l'adsorption.

#### **B. Grande flexibilité**

- ✓ Facile de changer l'adsorbant, la concentration du soluté ou le volume traité d'un cycle à l'autre.
- ✓ Idéal pour tester différents adsorbants ou conditions expérimentales en laboratoire ou en petite production.

#### **C. Adapté aux petites et moyennes séries**

- ✓ Convient parfaitement au traitement de volumes limités ou aux études pilotes avant industrialisation.

#### **D. Possibilité d'études cinétiques et isothermiques**

- ✓ Permet de déterminer les constantes d'adsorption, la capacité maximale de l'adsorbant et la vitesse d'adsorption.

#### **E. Investissement initial faible**

- ✓ Le matériel (cuves, agitateur, chemise de chauffage/refroidissement) est moins coûteux que pour un procédé continu à grande échelle.

### **3.4.2. Inconvénients**

#### **A. Productivité limitée**

- ✓ La production journalière est inférieure à celle d'un procédé continu, surtout pour de grands volumes.

#### **B. Présence de temps morts**

- ✓ Les opérations de chargement, agitation, déchargement et nettoyage prennent du temps entre chaque cycle.

#### **C. Variabilité possible entre cycles**

- ✓ Chaque cycle peut présenter de légères différences, nécessitant un suivi qualité strict.

#### **D. Automatisation plus complexe**

- ✓ Difficile à automatiser pour des processus répétitifs et à grande échelle.

#### **E. Main-d'œuvre et supervision**

- ✓ La manipulation et le suivi des cycles peuvent demander plus d'intervention humaine ou de supervision technique.