**Chapitre 03. Cinétique hétérogène et techniques d’immobilisation**

**Définition**

La réaction est dite **hétérogène** lorsque le catalyseur et les réactifs forment plusieurs phases. Généralement, le catalyseur est solide et les réactifs sont à l’état liquide ou gazeux.

Exemple :

La réaction de décomposition de l'eau oxygénée peut être catalysée par le platine solide en solution aqueuse.

**2. Méthodes d’immobilisation**

Dès 1916, Nelson et Griffith ont constaté que l’invertase, qui catalyse l’hydrolyse du saccharose en glucose et fructose, conservait son activité lorsqu’elle était adsorbée sur du charbon actif ou de l’hydroxyde d’aluminium. Les travaux concernant l’immobilisation d’enzymes ne se sont cependant réellement développés qu’à partir du moment où ces biocatalyseurs sont devenus effectivement disponibles à l’échelle industrielle.

**2.1. Immobilisation**

Une technique de fixation des enzymes sur un support physique ou chimique.

On peut distinguer trois catégories de techniques :

**a/ Adsorption**  **b/ inclusion c/liaison covalente**

**3. Techniques d’immobilisation**

**3.1. L’Adsorption**

Une technique qui permet de fixer les enzymes sur un support physique insoluble par des liaisons faibles (Van der Walls, hydrogene, ionique,…etc).

Cette liaison se fait entre les groupes fonctionnels de l’enzyme et la surface du support.

Plusieurs facteurs assurent la stabilité de cette technique :

* La concentration de l’enzyme
* l’aire spécifique disponible par unité de masse de support, qui dépend de la taille des particules et de la porosité du support, ainsi que de la taille de la molécule d’enzyme
* Le temps de contact : le phénomène d’adsorption est générale ment rapide, d’autant plus que la granulométrie du support est faible et que la diffusivité de l’enzyme est élevée ;
* le milieu : l’adsorption repose sur un phénomène de partage des molécules d’enzyme entre la solution et le support. Les additifs diminuant la solubilité de l’enzyme favoriseront donc son adsorption (sels, solvants miscibles à l’eau...).
* La température et le pH

Les supports insolubles sont soit de nature minérale, soit de nature organique :

 – supports minéraux : les alumino-silicates (bentonite, montmorillonite...), la silice et le verre poreux, les oxydes métalliques (Ti, Al...), les charbons actifs d’hydrophobicité variable .

 – supports organiques : ils sont soit naturels (collagène, cellu- lose, amidon, agarose, dextrane, tannins...), soit synthétiques (polymères acryliques, métacryliques, polystyrène, copolymères styrène-divinylbenzène...), et peuvent être modifiés chimiquement pour les rendre hydrophobes

Le principal avantage de l’immobilisation par adsorption est sa simplicité.

Le principal inconvénient est le risque de désorption, qui peut cependant être éventuellement prévenu par une réticulation covalente des molécules d’enzymes après adsorption.

**Support de fixation**

**Enzyme**

**Figure 01. Immobilisation par adsorption**

**3.2. Inclusion**

Les enzymes sont retenues à l’intérieur d’un gel ou d’un polymère (réseau tridimensionnel), ou à l’intérieur du volume défini par une membrane ou une microcapsule.

**3.2.1. Inclusion dans une matrice**

Dans ce cas, les enzymes sont réticulés par un gel comme le polyacrylamide.

Les technologies de production de fibres de polyacétate de cellulose ont été adaptées par la société SNAM Progetti pour l’immobilisation de β-galactosidase, afin de produire des laits diététiques présentant une teneur diminuée en lactose.

Agent réticulant

Enzyme

**Figure 02a.Immobilisation par inclusion dans une matrice**

**3.2.2. Inclusion dans le volume défini par une matrice**

Les enzymes sont retenus et réticulés entre eux par un gel et sont limités par une matrice ou microcapsule.

Enzyme

Matrice

**Figure 02b. Immobilisation dans un volume limité par une matrice**

**3.3. Liaison covalente**

Une technique de fixation des enzymes par des liaisons covalentes sur un support ou entre les enzymes elle mêmes.

Parmi les groupes fonctionnels :

– amine primaire : groupe N-terminal et lysine ;

 – acide carboxylique : groupe C-terminal et acides aspartique et glutamique ;

 – thiol : cystéine ;

 – phénol : tyrosine ;

– imidazole : histidine ;

 – hydroxyle : sérine et thréonine ;

– fraction glucidique des glyco-enzymes.

On peut distinguer deux groupes de méthodes d’immobilisation covalente : soit sur un support insoluble, soit par réticulation.

**3.3.1. Immobilisation sur support**

C’est la fixation des enzymes sur support par des liaisons covalentes entre les groupes fonctionnels de l’enzyme et un agent activateur comme le bromure cyanogène BrCN.

Support

Groupe fonctionnel

Enzyme

Agent activateur

**Figure 03a. Immobilisation par liaison covalente sur support**

**3.3.2. Immobilisation par réticulation**

Les enzymes sont réticulés entre eux par un gel polyfonctionnel comme le glutaraldehyde.

Enzyme

**Figure 03b. Immobilisation par liaison covalente par réticulation.**

Agent réticulant

**4. Intérêts et caractéristiques de l’immobilisation enzymatique.**

* La stabilité dans le temps et une durée plus longue.
* Résistance contre la dénaturation imposée par le microenvironnement
* Utilisation dans le domaine médical et agro-alimentaire (dosage des métabolites, détection des polluants par biocapteurs, améliorations des gouts et digestibilité des aliments.)