

## Chapitre 5 : Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques.

[Livre page 122-135]

Parmi les protéines, résultant d'une expression de l'information génétique et intervenant dans la réalisation du phénotype, les **enzymes** constituent un groupe essentiel. En effet ces molécules sont impliquées dans toutes les **réactions** biochimiques se produisant dans une cellule vivante. L'équipement enzymatique dont bénéficie ou non un organisme est donc déterminant pour l'établissement de son **phénotype**. (\*\*Lors d'un TP (chap 3) nous avons pu mettre en évidence le lien entre la capacité à digérer le lactose à l'âge adulte et le maintien de la synthèse de l'enzyme lactase).

Les enzymes sont donc indispensables à tout être vivant car elles lui permettent de réaliser l'ensemble des réactions nécessaires à ses fonctions vitales.

### I. Les propriétés des enzymes

Les enzymes sont des **catalyseurs** biologiques (biocatalyseurs). Elles possèdent trois propriétés fondamentales de tout catalyseur :

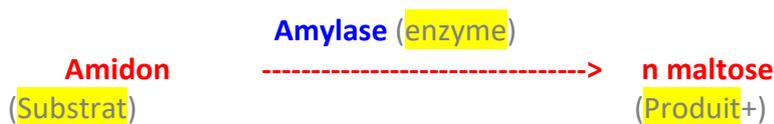
- Elles **accélèrent** la vitesse de la réaction.
- Elles participent à la réaction, mais n'apparaissent pas dans le bilan de celle-ci. En effet, elles se retrouvent dans leur état **initial** à la fin de la catalyse, disponibles pour catalyser une nouvelle réaction.
- Elles agissent à **faible** dose.

De plus étant produites par un être vivant elles agissent dans des conditions compatibles avec la vie.

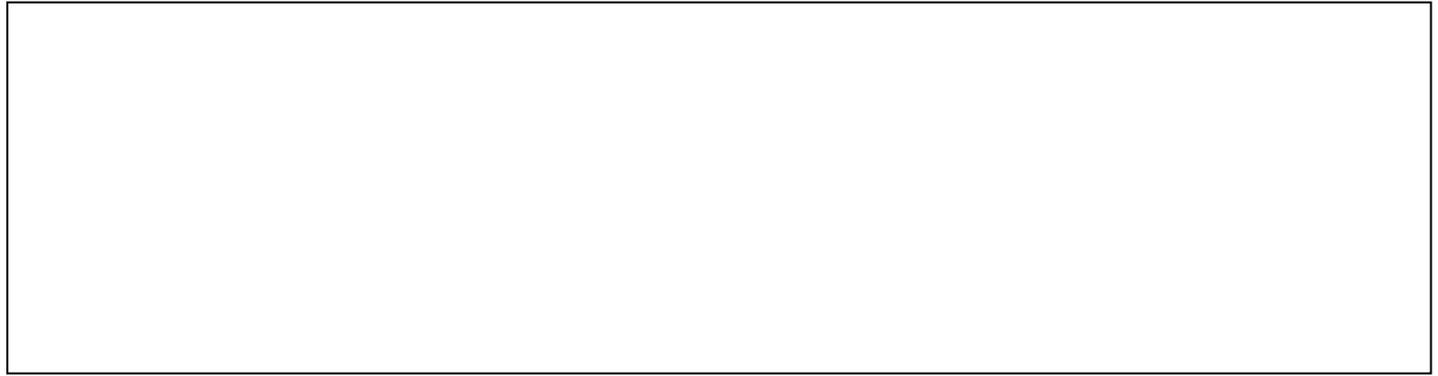
#### \*\*Cf TP1 – Partie 1 : Démontrer qu'une enzyme accélère bien une réaction chimique

La transformation de réactifs en produits lors d'une réaction chimique peut être plus ou moins longue : plusieurs heures, plusieurs jours.

- \*\*Exemple → hydrolyse de l'amidon
- hydrolyse spontanée de l'amidon → de nombreux jours → incompatible avec la vie.
  - hydrolyse de l'amidon en présence d'amylase → quelques minutes.



Communication des résultats		Tube n° 1 (témoin)	Tube n° 2 (test)
<b>Contenu du tube</b>		Amidon + eau distillée	Amidon + α-amylase
Test à l'eau iodée (Jaune, elle devient violette/noire en présence d'amidon)	T = 0 min	+	+
	T = 3 min	+	+/-
	T = 6 min	+	+/-
	T = 9 min	+	-
Test à la liqueur de Fehling (passe de bleu à rose après avoir été chauffée en présence de glucides réducteurs comme le maltose)		-	+



## II. Le fonctionnement des enzymes en lien avec leur structure tridimensionnelle.

### A. La double spécificité des enzymes

#### - Une spécificité de substrat

**\*\*Cf TP2 – Partie 2 : Démontrer qu'une enzyme est spécifique**

Communication des résultats	Tube n° 1	Tube n° 2	Tube n°3
Contenu du tube	Amidon + amylase	Cellulose + amylase	Glycogène + amylase
Test à la liqueur de Fehling après quelques minutes (passe de bleu à rose après avoir été chauffée en présence de glucides réducteurs comme le maltose)	+	-	-

Rappel : amidon, cellulose, et glycogène sont 3 macromolécules polymères de glucose

Les enzymes ne sont capables de transformer qu'un seul type de substrat. Même si une molécule est très proche du substrat, l'enzyme n'agit pas.

#### - Une spécificité d'action

Les enzymes ne sont capables d'accélérer qu'un seul type de réaction chimique.

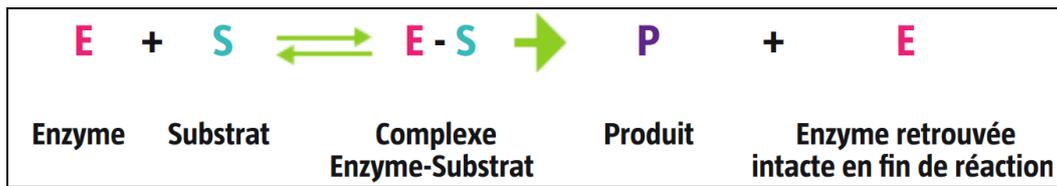
Deux enzymes peuvent agir sur le même substrat mais la transformation opérée n'est pas la même.

*\*\* par exemple, le glucose 6-P peut être transformé en glucose par une première enzyme ou en fructose 6-P par une deuxième.*

### B. La formation d'un complexe enzyme-substrat

Comme toutes les protéines, les enzymes ont une structure spatiale déterminée par l'ordre d'enchaînement des acides aminés qui la composent. Leur structure tridimensionnelle est donc la conséquence de l'expression des gènes les codent.

Au cours de la réaction catalytique les enzymes forment une association étroite avec leur substrat pour constituer un **complexe enzyme-substrat** qui se dissocie une fois la réaction réalisée en libérant l'enzyme et les produits de la réaction.



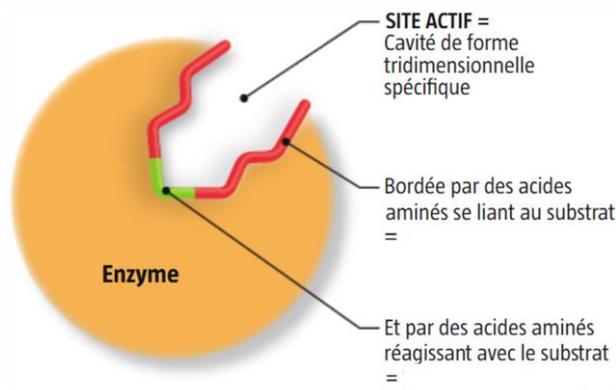
Une enzyme est donc une protéine dont la forme (spatiale) aménage un **site actif** capable de **l'associer à son substrat** (complémentarité spatiale) et le positionner de façon à ce que les acides aminés particuliers responsables de la **catalyse enzymatique** soit dans un agencement optimal pour réagir avec le substrat

Seule une partie de l'enzyme (quelques Acides Aminés) forme le **site actif de l'enzyme** qui comporte :

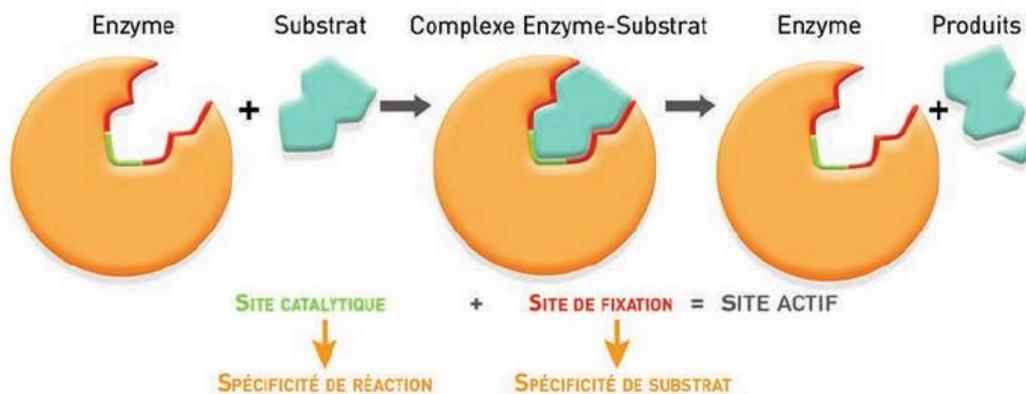
- un **site de reconnaissance et de fixation du substrat**

*La fixation du substrat est provisoire et s'effectue par des liaisons faibles (type liaisons Hydrogène)*

- un **site catalytique** qui réalise la réaction



Le site actif est donc constitué de deux parties : le site de fixation et le site catalytique, ce qui explique la **double** spécificité des enzymes.



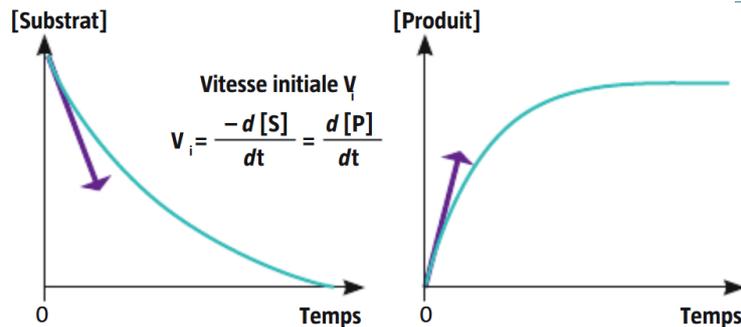
Remarque : Un changement de la séquence d'acides aminés de l'enzyme peut modifier la forme spatiale de la molécule et peut conduire à la perte de son activité catalytique. Si ce sont les acides aminés du site de fixation ou du site catalytique qui sont modifiés, elle peut perdre ses propriétés catalytiques suite à un faible nombre de mutations. **\*\* Les modifications de deux acides aminés chez une carboxypeptidase suffit à la rendre inactive.**

## C- La cinétique des réactions enzymatiques

On appelle cinétique enzymatique, l'étude de la vitesse des réactions enzymatiques. L'activité enzymatique s'évalue expérimentalement en mesurant la **vitesse initiale** de la réaction catalysée.

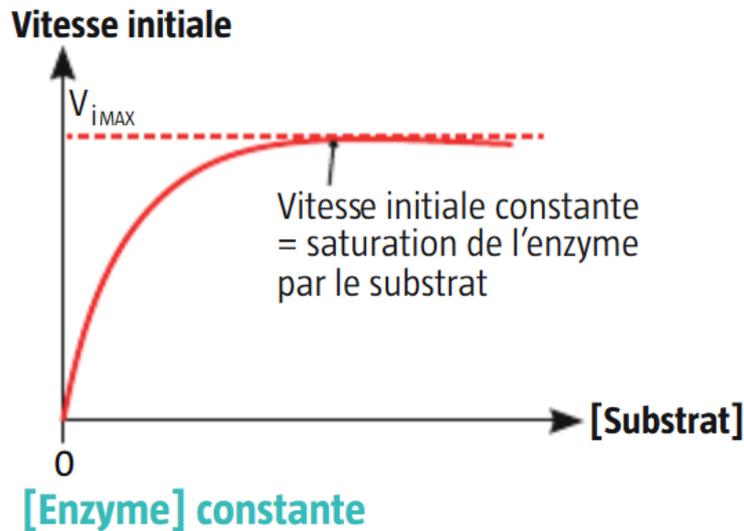
Cette vitesse exprime la quantité de substrat transformé (ou la quantité de produit formé) par unité de temps au début de la réaction. Plus le substrat est **concentré**, plus la probabilité de rencontre entre les molécules d'enzyme et de substrat est **élevée**. C'est la raison pour laquelle la vitesse de catalyse est maximale au début de la réaction (un nombre maximum d'enzymes est « occupé », car le substrat n'est pas encore transformé). Cette vitesse **diminue** ensuite progressivement en fonction de la quantité de substrat restant à transformer.

La vitesse initiale de la réaction enzymatique est donc le coefficient directeur de la tangente à la courbe de cinétique au tout début de la réaction.



**\*\*Cf TP2 – Le mode d'action des enzymes : étude de l'influence de différentes concentration de substrat ( $H_2O_2$ ) sur l'action de la catalase de navet.**

Si on augmente la concentration de substrat, la vitesse initiale de la réaction augmente et atteint, à partir d'une certaine quantité de substrat, **une valeur maximale** : les enzymes sont toutes **occupées** et ne peuvent aller plus vite : il y a **saturation**.



L'existence de cette **vitesse maximale** et donc de la **saturation des enzymes** dépend de la formation d'un **Complexe enzyme substrat**. Chaque molécule d'enzyme se fixe temporairement à une molécule de substrat, puis la réaction chimique se déroule et dès qu'elle a eu lieu, le complexe enzyme-substrat se dissocie en libérant l'enzyme et le ou les produits.

### **III. Les enzymes et spécialisation cellulaire**

Les enzymes protéiques sont issues de l'expression du génome. Seuls certains gènes s'expriment dans une cellule donnée : son contenu en enzymes lui est donc spécifique. Les enzymes étant chacune spécifique d'un substrat et d'une réaction, la cellule présente donc une activité qui lui est propre : elle est spécialisée. **Les enzymes sont donc des marqueurs de la spécialisation cellulaire.**

*\*\*Les hépatocytes sont les seules cellules à exprimer le gène codant pour l'enzyme Glucose-6-Phosphatase. De ce fait ces cellules sont les seules à pouvoir libérer du glucose dans le sang suite à la dégradation du glycogène (voir programme de Terminale Spécialité)*