

## Chapitre 3 : Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques

### I Le rôle des enzymes

#### I-1 Les enzymes, des biocatalyseurs

Les enzymes sont des **protéines qui catalysent les réactions biochimiques** : elles accélèrent ces réactions. Sans enzyme, une réaction aurait lieu en plusieurs heures, plusieurs jours voire ne se ferait pas. Ce sont des **catalyseurs biologiques** ou **biocatalyseurs** car elles sont synthétisées par les cellules.

#### I-2 La configuration spatiale des enzymes

La séquence d'acides aminés d'une protéine constitue la structure primaire de la protéine. La molécule va ensuite subir un repliement dans l'espace (structure secondaire et tertiaire). **La séquence en acides aminés conditionne la configuration spatiale de l'enzyme par suite de l'établissement de diverses liaisons entre les acides aminés plus ou moins voisins**. Ces liaisons peuvent être des liaisons hydrogène, liaisons ioniques ou des ponts disulfures.

**Avec la structure tertiaire, la protéine acquiert sa fonction biologique. L'activité d'une enzyme repose donc sur sa configuration spatiale.**

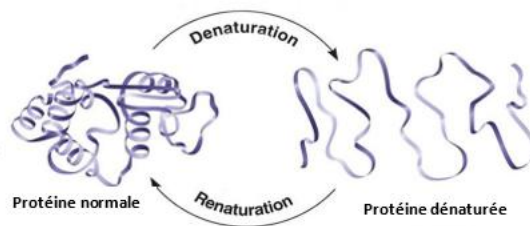
Une modification de la configuration de la protéine enzymatique peut entraîner une baisse et/ou une perte d'activité de l'enzyme.

**Des changements de la structure primaire** (modification d'un ou plusieurs acides aminés par mutation sur la séquence de nucléotides du gène de la protéine enzymatique) **peuvent donc modifier l'activité de l'enzyme.**

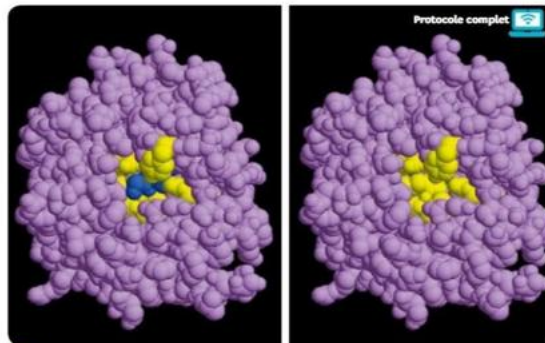
**Des facteurs environnementaux** (température, pH) **peuvent aussi modifier la structure tertiaire de la molécule.**

#### Document 4 : La découverte du site actif

- La plupart des enzymes sont sensibles à de fortes températures ou aux variations de pH. En effet, les protéines perdent alors leur structure tridimensionnelle (3D). On parle de **dénaturation** des protéines. Ce processus est généralement réversible lorsque les conditions reviennent à la normale : on parle alors de **renaturation** des protéines.



- La dénaturation des enzymes prouve qu'une enzyme fonctionnelle doit posséder une forme 3D bien particulière. En effet, le site actif est une poche dont la **forme est complémentaire** de celle du substrat. Ceci permet la spécificité de substrat (reconnaissance).



- De plus, le site actif comprend des acides aminés qui peuvent interagir avec le substrat pour permettre la catalyse enzymatique. Ce sont des **acides aminés catalytiques**.

**4** L'enzyme carboxypeptidase visualisée par un logiciel de modélisation moléculaire, seule ou avec son substrat. Au sein de l'enzyme, le repliement des chaînes d'acides aminés crée une zone qui permet d'accueillir le substrat (en bleu) et d'établir une interaction étroite avec lui. Cette zone (en jaune dans l'image) est appelée le site actif.

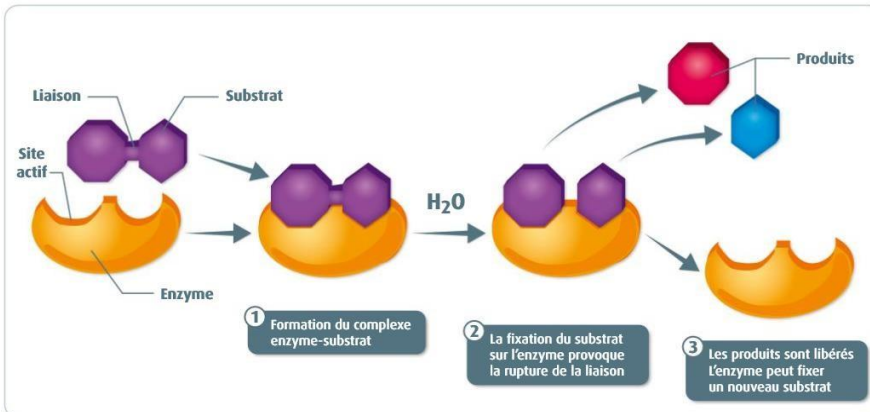
## II Spécificité des enzymes

Par sa séquence d'acides aminés (structure primaire), l'enzyme possède une configuration spatiale qui régit le mécanisme de reconnaissance du substrat.

Le site actif de l'enzyme est constitué de « cavités » dues au repliement de la protéine. Il comprend un site de reconnaissance au substrat et un site catalytique.

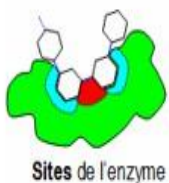
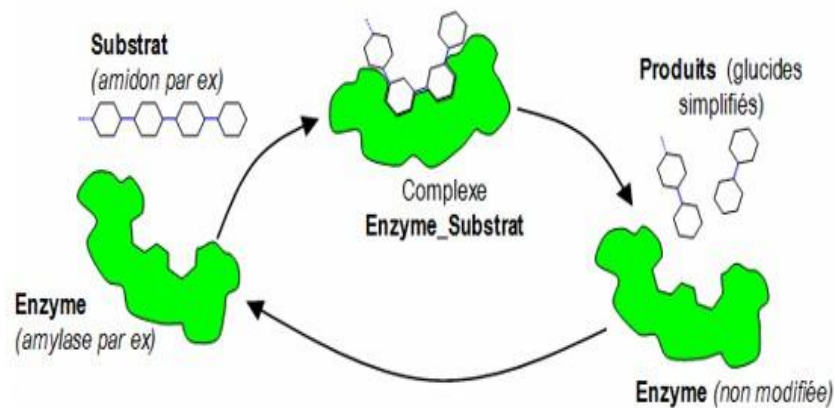
- Le site de reconnaissance montre une complémentarité de forme avec une portion du substrat. Ainsi, la majorité des enzymes ne peut agir que sur un seul substrat.

- Le site catalytique permet la réalisation de la réaction. Une enzyme ne peut catalyser qu'un seul type de réaction biochimique.



5 La formation d'un complexe entre l'enzyme et son substrat. Un modèle a été proposé pour décrire l'interaction entre une enzyme et son substrat: une association étroite mais transitoire, le complexe enzyme-substrat, favorise la transformation par l'enzyme du substrat en produit et accélère donc la réaction chimique considérée.

### Document 3 : Le principe de la catalyse enzymatique



1 : site de fixation (reconnaissance)

2 : site de catalyse

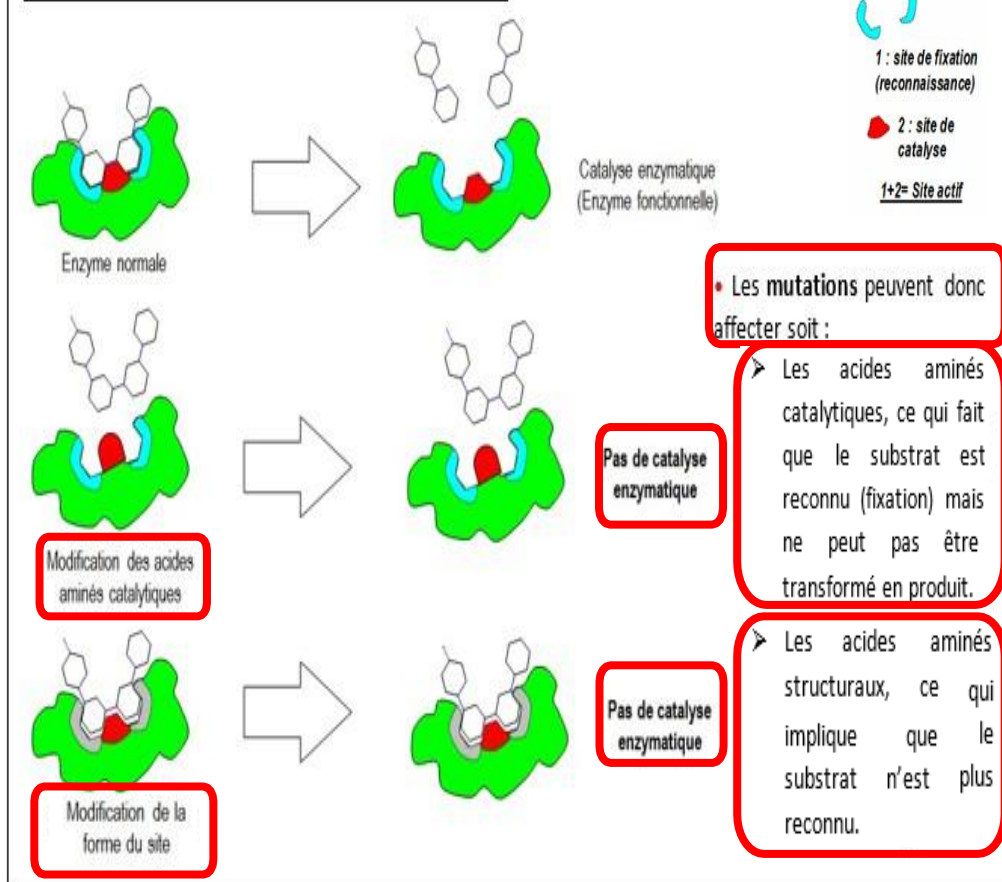
1+2= Site actif

• Le site actif présente 2 types d'acides aminés :

- les acides aminés structuraux : ils permettent de donner la forme du site actif et contribuent à la spécificité de substrat. En effet, le substrat est reconnu et se fixe au site actif.

- Les acides aminés catalytiques : ils sont responsables de la réaction enzymatique en interagissant avec le substrat.

## Document 4 : L'action des mutations sur le site actif



Les enzymes présentent donc une double spécificité :

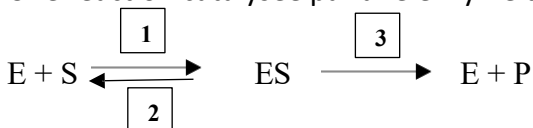
- liée au substrat en relation avec le site de reconnaissance ;
- une spécificité d'action en relation avec le site catalytique.

### III Le mode d'action des enzymes

#### III-1 La formation d'un complexe enzyme-substrat

La formation du complexe enzyme-substrat dépend de la complémentarité de forme entre le site de reconnaissance du substrat.

Une réaction catalysée par une enzyme qui permet la transformation d'un substrat S en un produit P est :

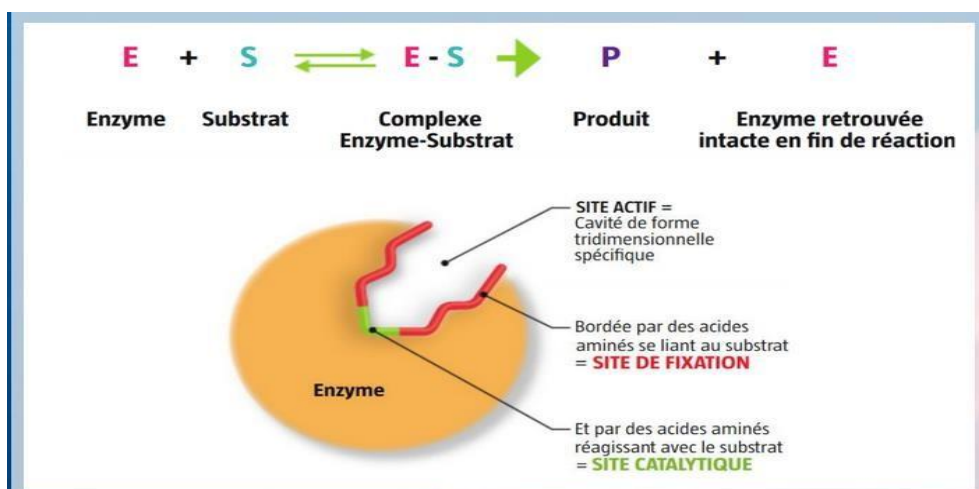


E : Enzyme. S : Substrat. P : Produit

1 : formation du complexe enzyme-substrat

2 : dissociation du complexe enzyme-substrat

3 : formation du produit libre et régénération de



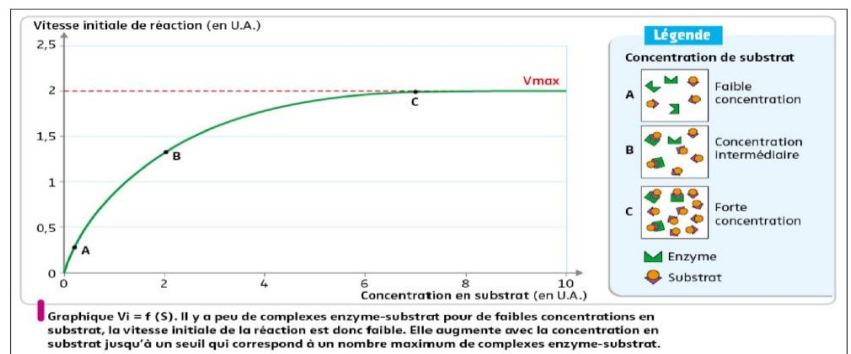
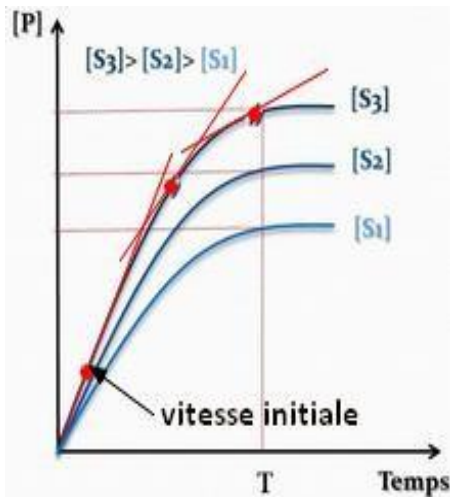
**Les enzymes se retrouvent donc intactes à la fin de la réaction.**

Il suffit d'une très faible quantité d'enzyme pour que la réaction ait lieu. Cette propriété est liée au fait que le biocatalyseur se retrouve intact à l'issue de la réaction et se retrouve immédiatement disponible pour catalyser une nouvelle réaction.

### III-2 La vitesse d'une réaction enzymatique

Elle s'évalue expérimentalement en mesurant la vitesse de réaction catalysée. **Cette vitesse est mesurée par la quantité de substrat transformé par unité de temps (ou de produits apparus par unité de temps) :**

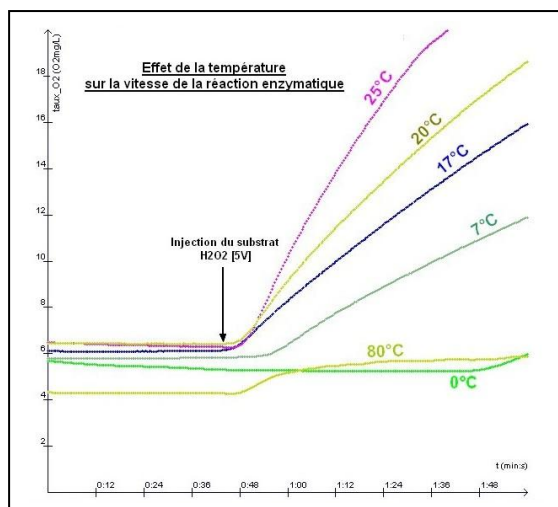
- Elle est proportionnelle à la concentration en enzyme ;
- Elle varie avec le temps pour une concentration initiale de substrat : elle augmente avec la concentration initiale de substrat jusqu'à un palier pour lequel la vitesse de la réaction atteint son maximum. **La vitesse maximale est atteinte lorsque toutes les molécules d'enzymes sont combinées à des molécules de substrat. On dit alors que l'enzyme est saturée ou qu'il y a saturation de l'enzyme.**



### III-3 Les conditions d'action des enzymes

L'immense majorité des réactions biochimiques se déroulent dans un organisme vivant. Les enzymes agissent donc dans des conditions compatibles avec la vie.

#### ➤ Influence de la température



La température a un double effet sur une réaction enzymatique :

- d'une part, elle accélère ou diminue la vitesse de la réaction ;
- d'autre part, elle agit sur la configuration spatiale de l'enzyme.

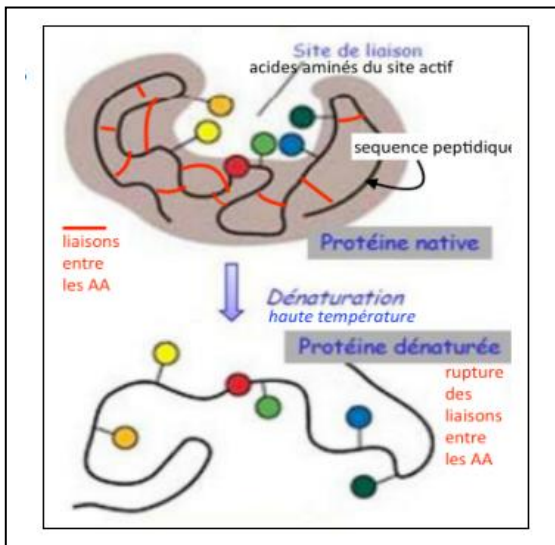
**Une enzyme présente un maximum d'activité pour une température donnée appelée température optimale.**

A partir d'une certaine température, dite température de dénaturation, l'enzyme perd sa configuration

spatiale, elle est dénaturée. Elle ne présente plus d'activité enzymatique.

Aux basses températures, l'enzyme est seulement inactivée et peut retrouver ses propriétés lorsque la température s'élève.

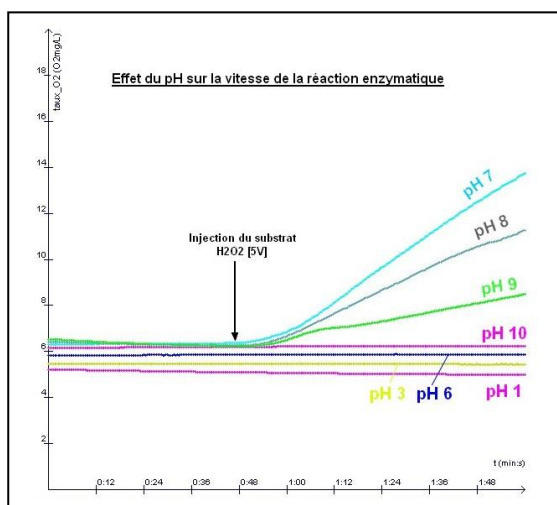
**Chaque enzyme a sa propre température optimale.**



### ➤ Influence du pH

**Une enzyme présente un maximum d'activité pour un pH donné, appelé pH optimum.** De part et d'autre de ce pH optimum, l'activité catalytique diminue. Ceci s'explique par la modification des charges des acides aminés. Ceci induit une perte de forme de la configuration spatiale de la protéine et donc une inactivation de celle-ci.

**Chaque enzyme a son propre pH optimum.**



### **Lexique :**

**Amidon :** molécule glucidique composé de n molécules de glucose (polymère du glucose). L'amidon est un polysaccharide.

**Catalyseur :** molécule qui accélère la vitesse d'une réaction et non consommé au cours de la réaction.

**Enzyme :** molécule protéique synthétisée par les cellules et qui catalyse une réaction biochimique.

**Glucose :** molécule glucidique simple ou ose (ou monosaccharide) non hydrolysable. Formule brute :  $C_6H_{12}O_6$

**Site actif :** portion de l'enzyme comprenant le site de reconnaissance et le site catalytique.

**Site catalytique :** portion de l'enzyme qui permet la réalisation de la réaction enzymatique.

**Site de reconnaissance :** portion d'une enzyme au niveau de laquelle se fixe le substrat de l'enzyme.

**Structure primaire (d'une protéine) :** séquence d'acides aminés caractérisée par l'ordre, le type et le nombre d'acides aminés composant la protéine.

**Substrat (d'une enzyme) :** se dit d'une molécule sur laquelle se fixe spécifiquement une enzyme.