

THÈME : TRANSMISSION, VARIATION ET EXPRESSION DU PATRIMOINE GÉNÉTIQUE

Chapitre : Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques

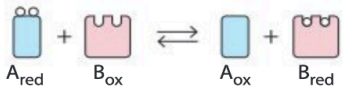
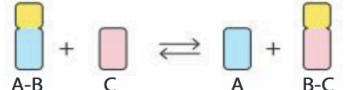
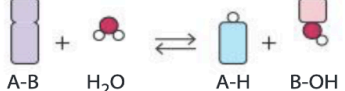
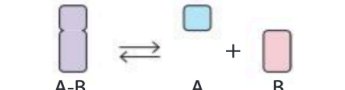

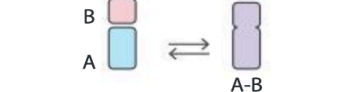
Les réactions chimiques se déroulant dans une cellule vivante constituent le métabolisme cellulaire. Les réactions métaboliques sont majoritairement réalisées par des molécules appelées enzymes.

Problématique : Comment les enzymes, produits de l'expression génétique, orchestrent-elles les réactions métaboliques pour assurer le fonctionnement et l'adaptation de la cellule ?

I. Les enzymes, des biocatalyseurs essentiels au métabolisme cellulaire

A) Les caractéristiques de la catalyse enzymatique

Les enzymes sont souvent désignées par le suffixe "ase". La nature des réactions chimiques catalysées constitue le critère essentiel de classification des enzymes. Ainsi, on distingue les hydrolases (qui dissocient par action de l'eau), les polymérases (qui associent en chaînes), les synthétases (qui effectuent des liaisons), etc.

Classe	Type de réaction catalysée
Classe 1 : Oxydoréductases	 Réaction d'oxydoréduction
Classe 2 : Transférases	 Transfert d'un groupement fonctionnel
Classe 3 : Hydrolases	 Hydrolyse
Classe 4 : Lyases	 Rupture de liaison
Classe 5 : Isomérases	 Isomérisation (modification de la structure spatiale d'une molécule)
Classe 6 : Ligases	 Formation de liaison

Document 1 : L'importance des enzymes dans la vie cellulaire.

Une simple réaction comme l'hydrolyse de l'amidon peut certes se produire assez rapidement in vitro, mais elle nécessite un milieu acide (pH=1) et une température élevée (100°C). Or, de telles conditions ne sont pas compatibles à la vie. Pour se dérouler rapidement à une température de 37°C, l'hydrolyse de l'amidon doit être catalysée par l'amylase, une enzyme produite par des cellules spécialisées des glandes salivaires et de la muqueuse intestinale. Cet exemple peut être généralisé : les innombrables réactions biochimiques se déroulant dans chacune des cellules nécessitent une catalyse enzymatique.

Les enzymes possèdent les deux propriétés fondamentales de tout catalyseur :

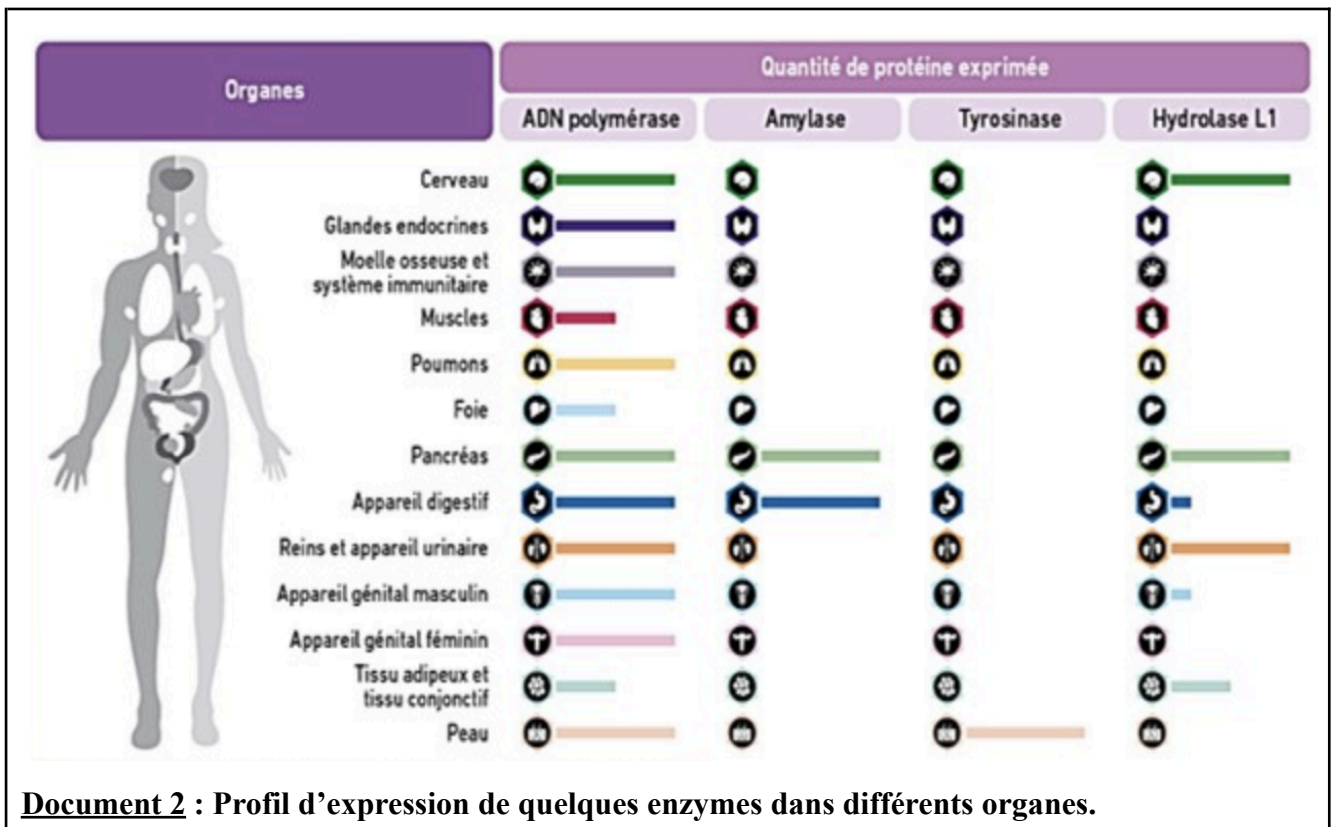
- Elles accélèrent la vitesse de réaction
- Elles participent à la réaction, mais n'apparaissent pas dans le bilan de la réaction.
En effet, elle se retrouvent dans leur état initial à la fin de la catalyse enzymatique.

La durée d'une réaction enzymatique est de l'ordre de 10^{-3} secondes. Après leur intervention au cours de la réaction, les enzymes conservent leur propriétés et sont disponibles pour catalyser de nouvelles réactions. En effet, en 1 seconde, une enzyme peut catalyser 1000 réactions. C'est pour laquelle une faible concentration en enzyme est en général suffisante.

B) Les enzymes, des marqueurs de la spécialisation cellulaire

Les cellules spécialisées d'un organisme pluricellulaire se distinguent par leur structure et leur fonction. En effet, elles se différencient en n'exprimant pas toutes les mêmes gènes. De plus, on peut constater que toutes les cellules ne possèdent pas le même équipement enzymatique. Alors que certaines enzymes (ADN polymérase) sont présentes dans la plupart des cellules, d'autres, comme l'amylase, ne sont présentes que dans les cellules dont la fonction nécessite l'enzyme. Pour chaque type cellulaire, on peut ainsi établir un profil enzymatique qui correspond à l'ensemble des enzymes dont la cellule est équipée. Ce profil enzymatique, déterminant ainsi la fonction de la cellule, est donc un marqueur de la spécialisation cellulaire.

Ainsi, les enzymes sont donc indispensables à tout être vivant car elles lui permettent de réaliser l'ensemble des réactions du métabolisme cellulaire nécessaires à ses fonction vitales.



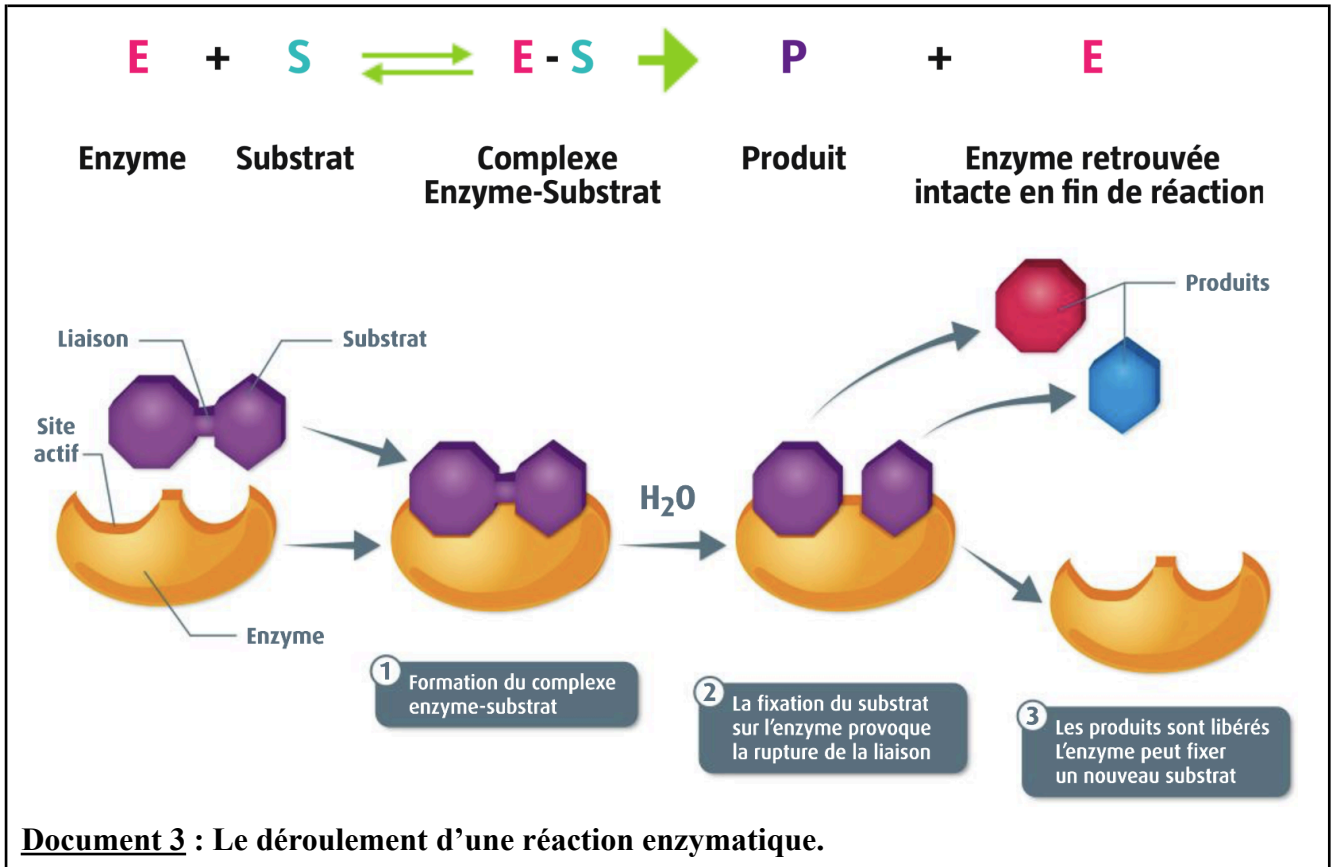
Bilan : Les enzymes sont des protéines, molécules biologiques dont la production résulte de l'expression de l'information génétique. Dans des conditions compatibles avec la vie, les enzymes sont indispensables pour accélérer les réactions biochimiques. Comme tout catalyseur, une enzyme retrouve son état initial en fin de réaction.

Les cellules d'un organisme pluricellulaire sont spécialisées : elles accomplissent des fonctions différentes. Ces fonctions sont conditionnées par la diversité et la quantité d'enzymes dont est équipée une cellule.

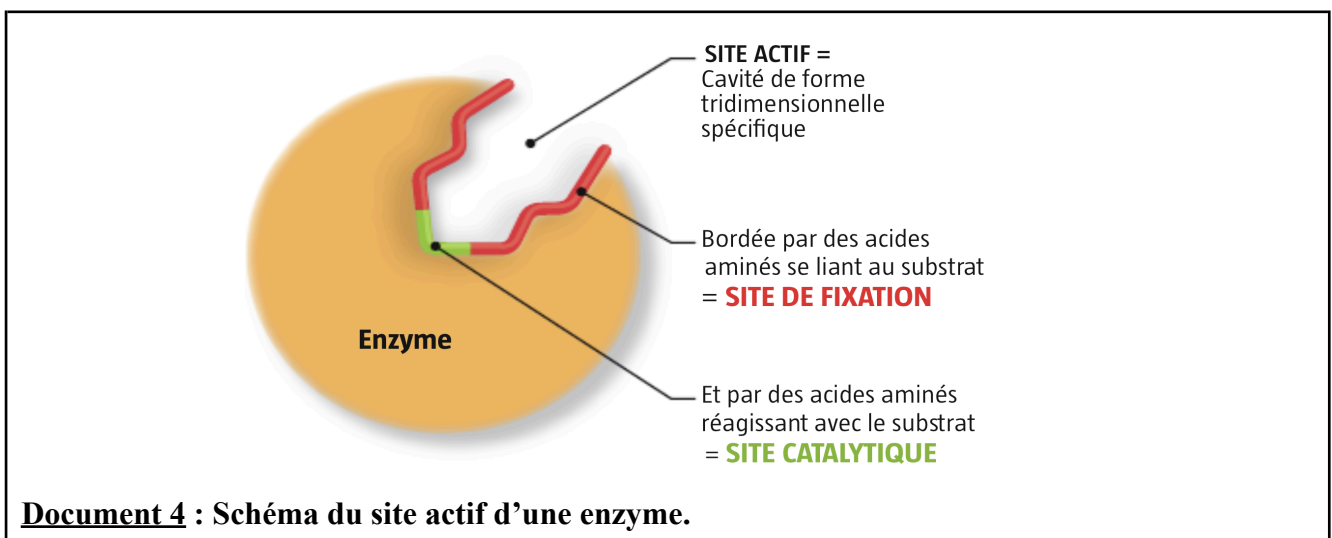
II. Le fonctionnement des enzymes en lien avec leur structure tridimensionnelle

A) L'interaction enzyme-substrat

On appelle substrat la molécule dont l'enzyme catalyse la transformation. L'activité catalytique d'une enzyme nécessite sa fixation sur le substrat formant ainsi le complexe enzyme-substrat. Ce complexe est transitoire : il se dissocie une fois la réaction réalisée en libérant l'enzyme et les produits de la réaction.



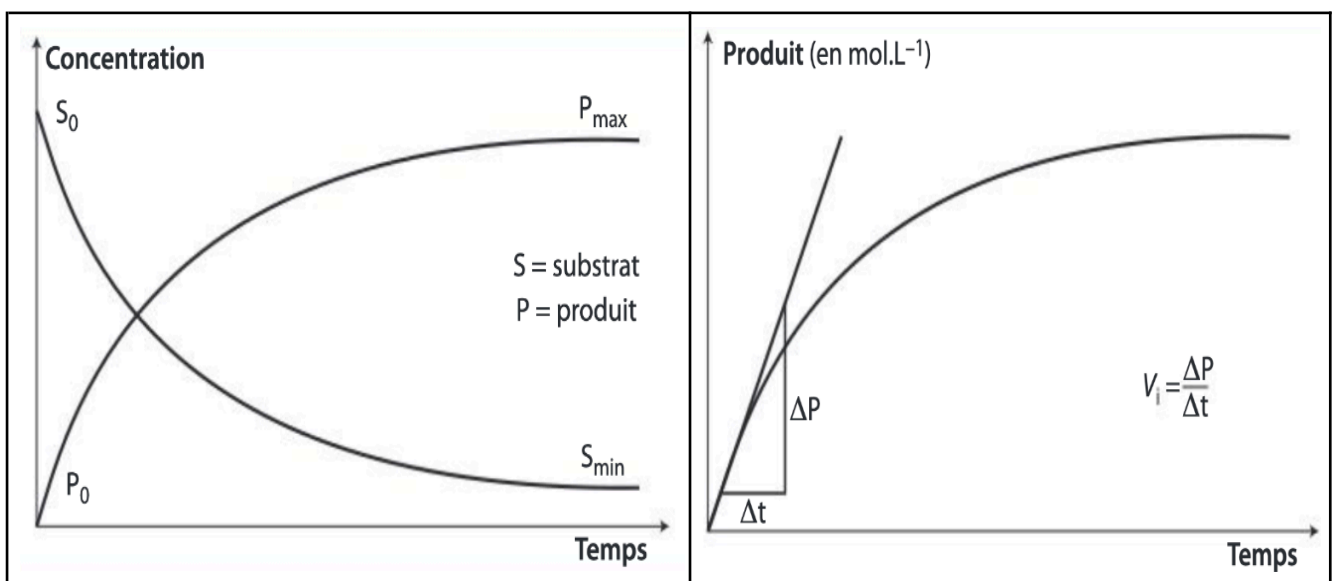
La structure tridimensionnelle de l'enzyme comporte un domaine spécialisé dans la liaison au substrat : c'est le site actif, dans lequel peut se loger transitoirement le substrat. Dans ce site actif, le substrat est positionné de façon à ce que les acides aminés responsables de la catalyse de la réaction chimique soient dans un agencement optimal pour réagir avec le substrat. La composition des acides aminés constituant le site actif détermine les propriétés chimiques de l'enzyme. La réaction catalysée par une enzyme est en effet une conséquence de la présence des acides aminés situés à proximité du substrat.



B) La cinétique enzymatique

L'activité enzymatique s'évalue expérimentalement en mesurant la vitesse initiale de la réaction catalysée. Cette vitesse exprime la quantité de substrat transformé (ou de la quantité de produit formé) par unité de temps au début de la réaction. Plus la probabilité de rencontre entre les molécules d'enzymes et de substrats est élevée, plus la vitesse de réaction est importante. C'est la raison pour laquelle la vitesse de la catalyse enzymatique est maximale au début de la réaction (un nombre maximum d'enzymes est "occupé".) Cette vitesse diminue ensuite progressivement, en fonction de la quantité de substrat restant à transformer. La vitesse de réaction enzymatique est donc le coefficient directeur de la tangente à la courbe de cinétique au tout début de la réaction.

La vitesse de la catalyse enzymatique dépend de nombreux facteurs : elle augmente en fonction de la concentration en enzyme et de la concentration en substrat et dépend de facteurs tels que la température et le pH du milieu. Une augmentation de la température entraîne un accroissement de l'agitation des molécules en solution et donc des probabilités de rencontre entre l'enzyme et son substrat. Cependant, au-delà d'une valeur optimale, une température élevée détériore l'enzyme de façon irréversible.



Document 5 : Graphiques illustrant la détermination de la V_i d'une réaction enzymatique.

Bilan: La catalyse enzymatique nécessite la formation d'un complexe transitoire entre l'enzyme et son substrat. À la fin de la réaction, l'enzyme libère le produit ou les produits de la réaction et retrouve son état initial. Les enzymes sont des protéines dont la forme tridimensionnelle ménage un site actif permettant, par complémentarité spatiale, la fixation temporaire du substrat et la réalisation de la réaction catalysée.

La vitesse de la réaction enzymatique est la quantité de substrat transformé (ou de produit formé) par unité de temps. Cette vitesse est maximale au début de la réaction. Elle dépend de la probabilité de rencontre et d'association entre enzymes et substrat, et donc de leurs concentrations. La vitesse de catalyse dépend aussi de facteurs externes, comme la température par exemple.

III. La double spécificité des enzymes

A) Une spécificité de substrat

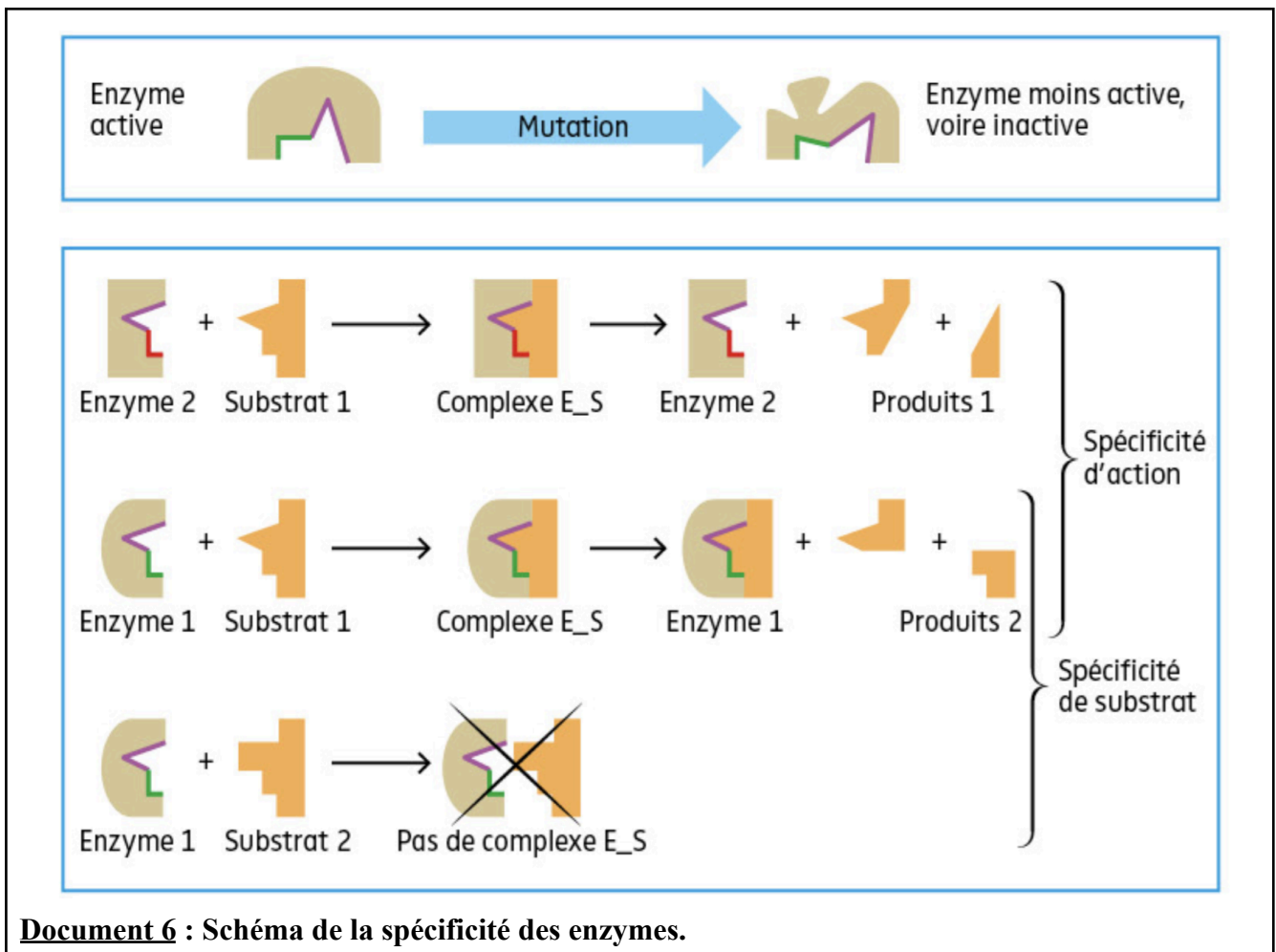
La comparaison des sites actifs de différentes enzymes montre que les enzymes qui n'agissent pas sur les mêmes substrats ont des sites actifs de forme différente, ce qui explique la spécificité de substrat. Le modèle classiquement utilisé est le modèle clé/serrure. Ainsi, une enzyme ne peut former un complexe enzyme-substrat qu'avec une molécule qui possède une forme de complémentarité de celle de son site actif.

Plusieurs enzymes différentes peuvent toutefois agir sur le même substrat (par exemple : l'ADN Polymérase et l'hélicase agissent sur l'ADN mais elles n'ont pas la même action).

B) Une spécificité d'action

Sur un substrat donné, une enzyme a une action définie : elle catalyse une réaction chimique précise. Par exemple, l'amylase hydrolyse l'amidon, c'est-à-dire qu'elle découpe l'amidon en molécules plus petites (du maltose, constitué de 2 glucoses).

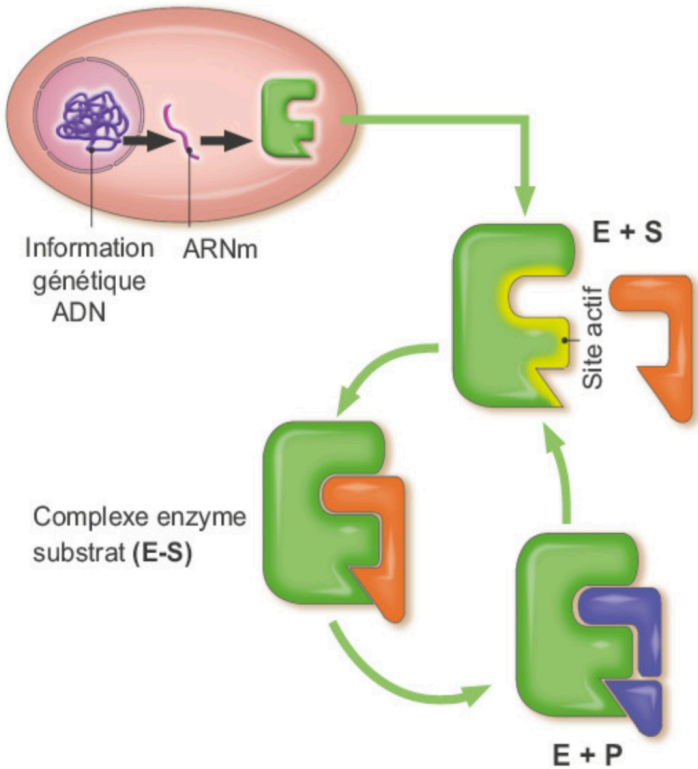
Plusieurs enzymes différentes peuvent parfois synthétiser le même produit mais à partir de substrats différents. Par exemple, l'amylase et la cellulase produisent du maltose mais pas à partir des mêmes substrats (amidon ou cellulose).



Bilan: Les enzymes présentent une double spécificité. Elles 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. Il y a donc une spécificité de substrat. De plus, les enzymes ne sont capables d'effectuer qu'un seul type de réaction, contrairement aux catalyseurs chimiques qui participent à plusieurs réactions. Il y a donc une spécificité d'action.

Schéma bilan :

Enzymes = biomolécules aux propriétés catalytiques



- **Catalyseur biologique**
→ Accélération de la réaction
- **Spécificité de substrat**
→ Forme 3D complémentaire du substrat
- **Spécificité de réaction catalytique**
→ Interaction chimique particulière entre enzyme et substrat
- **Spécificité des conditions d'action**
→ Protéine sensible au pH et à la température

E = enzyme
S = substrat
P = Produit

Enzymes = des marqueurs de spécialisation

