

Thème 3 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

Chapitre 5 : Les enzymes, des protéines aux propriétés catalytiques.

Parmi les protéines, résultant de l'expression de l'information génétique, les enzymes constituent un groupe essentiel. En effet ces molécules sont impliquées dans toutes les réactions biochimiques se produisant dans une cellule vivante. Les enzymes sont donc indispensables à tout être vivant car elles lui permettent de réaliser l'ensemble des réactions chimiques nécessaires à ses fonctions vitales.

Pb : Quelles sont les propriétés des enzymes et comment interviennent-elles dans les réactions chimiques ?

I. Les propriétés des enzymes

A. Les enzymes sont des biocatalyseurs

Correction du TP : Les enzymes, des catalyseurs biologiques

Partie 1 de l'activité : mise en évidence que l'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 → plusieurs jours ce qui est incompatible avec la vie.
- hydrolyse de l'amidon en présence d'amylase → quelques minutes.

amylase

Amidon -----> maltose

		Tube n° 1	Tube n° 2
Tests réalisés		Amidon + eau distillée	Amidon + α amylase
Test à l'eau iodée + : présence d'amidon - absence d'amidon	T = 0 min	+	+
	T = 3 min	+	+/-
	T = 6 min	+	-
	T = 9 min	+	-
Test à la liqueur de Fehling (réalisé en fin de réaction) + : présence de sucres réducteurs - absence de sucres réducteurs		-	+

Titre : Tableau présentant les résultats de l'hydrolyse de l'amidon en présence et en absence d'amylase

Rq : - le test à l'eau iodée permet de mettre en évidence la présence d'amidon (coloration violette)
- le test à la liqueur de Fehling permet de mettre en évidence les sucres réducteurs comme le maltose (précipité rouge)

Ces résultats montrent que l'hydrolyse de l'amidon (mise en évidence grâce à la disparition de l'amidon et à l'apparition de sucres réducteurs (maltose dans ce cas)) ne s'effectue pas pendant la durée de l'expérience en absence d'amylase alors qu'elle est très rapide (- de 6 min) en présence d'amylase

⇒ L'amylase est bien une molécule qui accélère une réaction chimique.

Bilan : Les enzymes sont des catalyseurs (substances qui accélèrent des réactions chimiques). Elles possèdent trois propriétés fondamentales de tout catalyseur :

- elles accélèrent la vitesse d'une réaction chimique,
- elles se retrouvent intactes en fin de réaction et sont disponibles pour catalyser une nouvelle réaction,
- elles agissent à faible dose.

Ce sont des biocatalyseurs car elles sont produites par un être vivant et elles agissent dans des conditions (température, pH, ...) compatibles avec la vie.

La molécule sur laquelle agit l'enzyme est le substrat de l'enzyme.

La ou les molécule(s) produite(s) en fin de réaction sont les produits de la réaction.



B. Les enzymes ont une double spécificité

- Une spécificité de substrat

Correction du TP : Les enzymes, des catalyseurs biologiques

Partie 2 de l'activité : l'enzyme n'agit que sur un substrat.

	Tube n° 1	Tube n° 2	Tube n°3
	Amidon + amylase	Cellulose + amylase	Glycogène + amylase
Test à la liqueur de Fehling (en fin de réaction) + : présence de sucres réducteurs - absence de sucres réducteurs	+	-	-

Titre : Tableau présentant les résultats de l'action de l'amylase sur différents substrats

L'amidon, la cellulose et le glycogène sont des molécules très proches formées d'une association de glucose (polymères de glucose)

L'hydrolyse du substrat en sucres réducteurs (glucose ou maltose) n'a eu lieu que pour l'amidon

⇒ L'amylase est spécifique de l'amidon

Bilan : 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 de 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.

II. Mode d'action des enzymes.

A. La formation d'un complexe enzyme-substrat.

La spécificité des enzymes vis-à-vis de leur substrat est due au mode d'action des enzymes

Au cours de la réaction enzymatique, les enzymes s'associent 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.



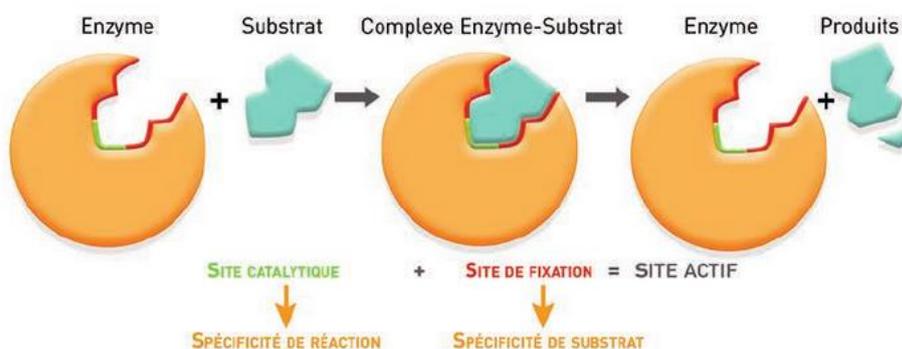
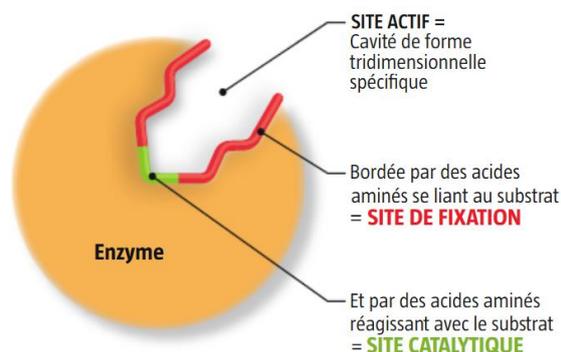
La formation de ce complexe enzyme-substrat est lié à la forme de l'enzyme.

Comme toutes les protéines, les enzymes ont une forme spatiale déterminée par l'ordre d'enchaînement des acides aminés qui la composent. En effet, des acides aminés éloignés sur la protéine établissent entre eux des liaisons qui replient la molécule et lui donne une forme tridimensionnelle.

La fixation du substrat a lieu au niveau d'une région limitée de l'enzyme constituée de quelques acides aminés : **le site actif**.

Ce site actif est constitué de 2 parties :

- **un site de fixation** qui est capable de fixer le substrat par **complémentaire de forme**
- **un site catalytique** qui réalise la réaction



Rq : Un changement de la séquence d'acides aminés de l'enzyme suite à une mutation modifie la forme spatiale de la molécule et peut conduire à la perte de son activité catalytique. Tout particulièrement si ce sont des AA du site de fixation ou des AA du site catalytique qui sont modifiés.

B. La formation du complexe enzyme substrat explique les caractéristiques de la cinétique enzymatique.

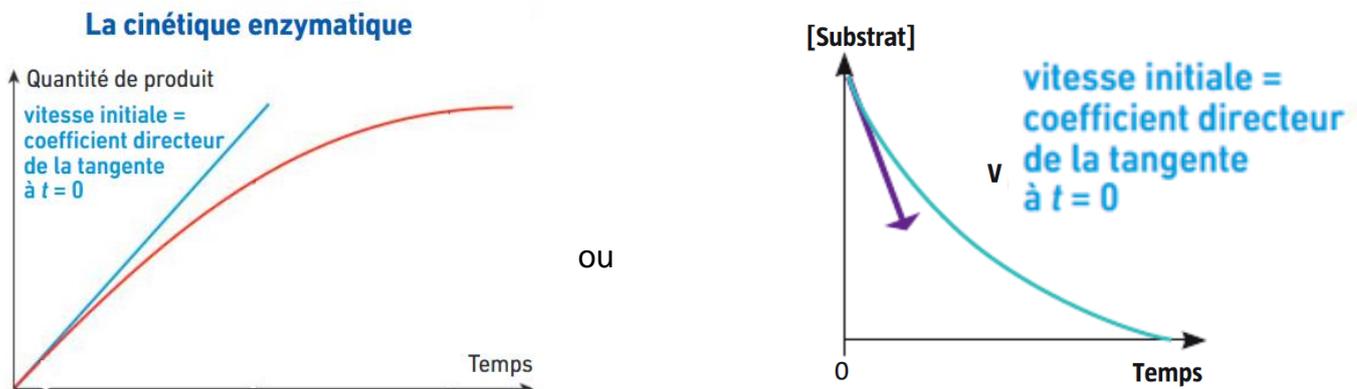
On appelle **cinétique enzymatique**, l'étude de la vitesse des réactions enzymatiques.

La vitesse de la réaction enzymatique correspond à la quantité de substrat transformé (ou la quantité de produit formé) par unité de temps.

Cette vitesse dépend de la **probabilité de rencontre entre les molécules d'enzyme et de substrat** : plus la probabilité de rencontre entre l'enzyme et son substrat est forte, plus la vitesse de la réaction sera importante. C'est pourquoi on évalue cette vitesse en début de réaction car c'est le moment où elle est maximale (car c'est le moment où la probabilité de rencontre avec le substrat est maximale) : On parle de **vitesse initiale de la réaction = V_i**

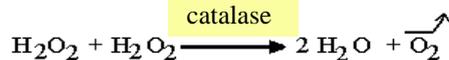
Cette vitesse diminue ensuite progressivement au fur et à mesure que la quantité de substrat restant à transformer diminue.

Graphiquement, la vitesse initiale de la réaction enzymatique correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe de cinétique au tout début de la réaction.



Cf TP : Etude de l'influence de différentes concentrations de substrat sur l'action de la catalase du navet

Réaction étudiée :



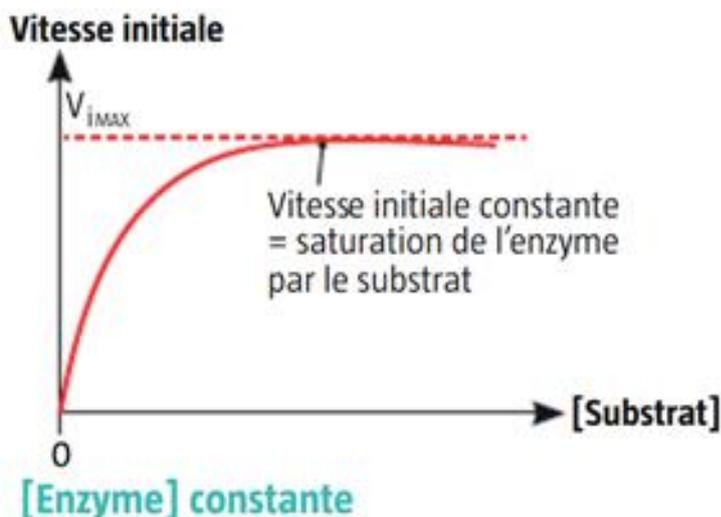
A l'aide d'un dispositif EXAO, on a mesuré l'évolution de la concentration en dioxygène produit dans une enceinte contenant la catalase et l'eau oxygénée (H_2O_2)

Grâce au graphique obtenu, on a pu déterminer la vitesse initiale de la réaction pour différentes concentrations de substrat (en traçant la tangente à la courbe obtenue)

Concentration en substrat (H_2O_2)	Vitesse initiale de la réaction (quantité de produit formé par unité de temps : $\text{mg.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$)
0,25 V	0,007
0,5 V	0,13
1 V	0,23
2 V	0,6
4 V	1,13
10 V	1,56
20 V	1,6

Titre : Tableau présentant la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration en substrat

Ensuite, nous avons tracé un graphique montrant l'évolution de la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration en substrat :



Titre : graphique présentant la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration en substrat

Conclusion : Si on augmente la concentration de substrat (H_2O_2 dans ce cas), la vitesse initiale de la réaction augmente et atteint, à partir d'une certaine quantité de substrat, **une valeur maximale** au-delà de laquelle l'augmentation de la concentration en substrat n'augmente plus la vitesse de la réaction enzymatique.

La **vitesse maximale** (= plateau de vitesse constante) correspond au moment où toutes les enzymes sont impliquées dans une réaction avec une molécule de substrat : les **enzymes sont saturées** et la réaction ne peut aller plus vite.

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

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