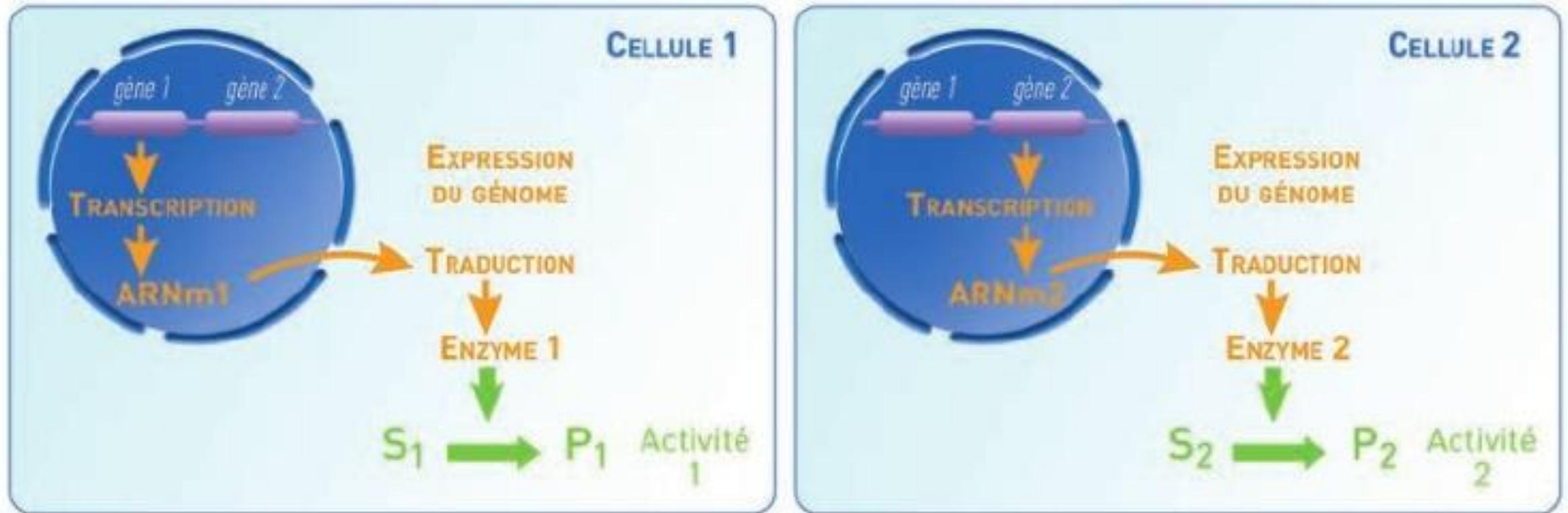


Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

Les enzymes résultent de l'expression de l'information génétique



Chaque cellule comporte milliers d'enzymes différentes

Les enzymes interviennent dans toutes les réactions du métabolisme

- réactions de dégradation

- réactions de synthèse

En fonction du type de réaction catalysée on classe les enzymes en 6 grandes familles.

Famille	Rôle
1. oxydo-réductase	Transfert de H ⁺ ou e ⁻ lors des réactions d'oxydoréduction
2. transférase	Transfert de groupes moléculaires
3. hydrolase	Coupure de molécules en présence d'eau
4. lyase	Enlève des groupes moléculaires
5. isomérase	Transformation intra-moléculaire
6. ligase = synthétase	Formation de nouvelles liaisons (<i>avec consommation d'énergie</i>)

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

I. Les propriétés des enzymes

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

A. La double spécificité des enzymes

B. La formation d'un complexe enzyme-substrat

C- La cinétique des réactions enzymatiques

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

Les enzymes sont des **biocatalyseurs**.

Un « **catalyseur** » :

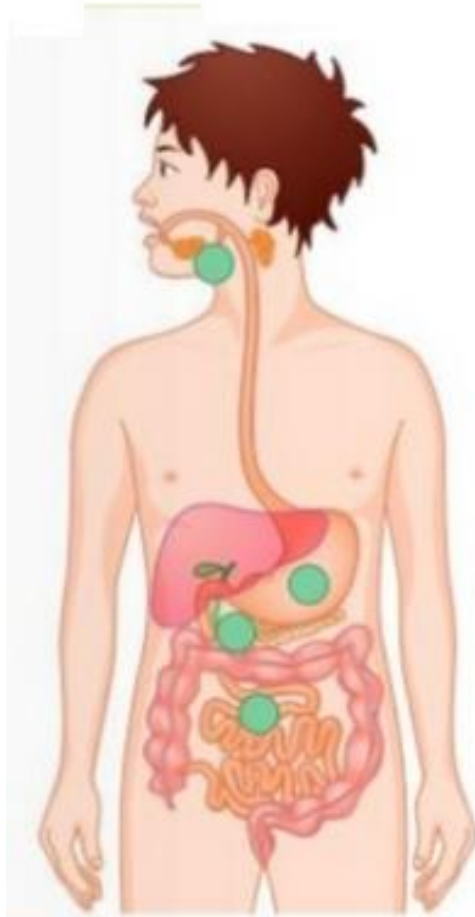
- **accélère une réaction chimique** qui pourrait se produire naturellement mais qui serait beaucoup plus lente
- se retrouve **intact en fin de réaction** disponible pour catalyser **une nouvelle réaction**
- agit **à faible dose**.

« **biologique** » :

- est produite par un être vivant
- agit dans des conditions compatibles avec la vie.



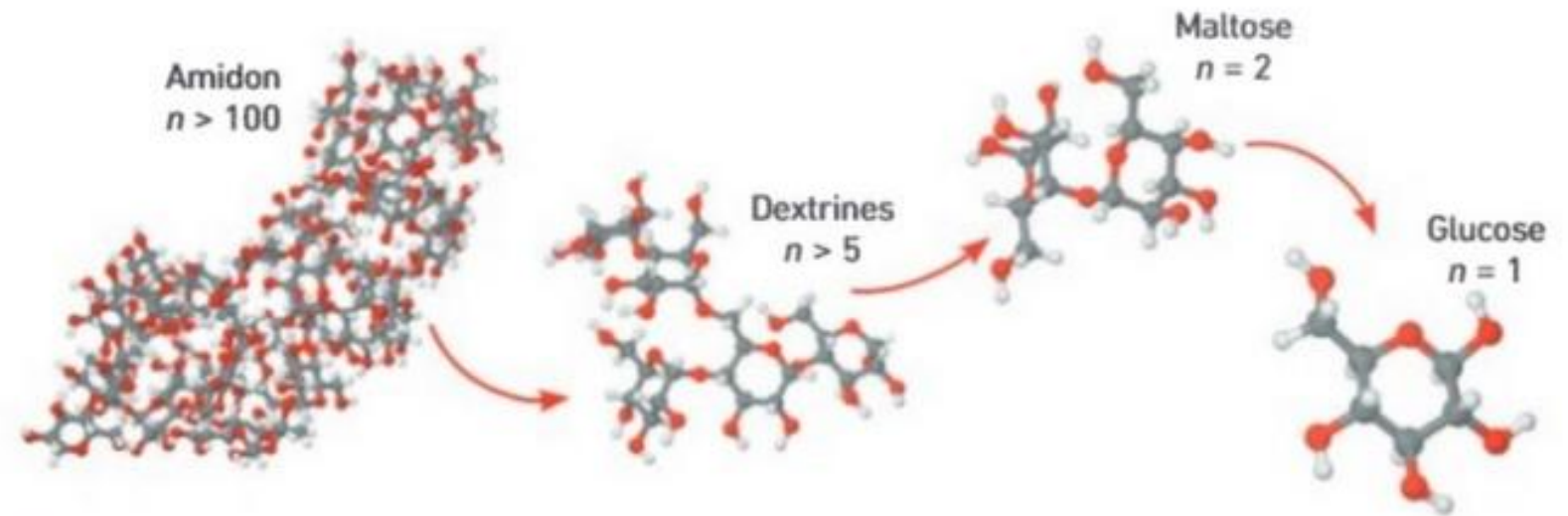
L'hydrolyse de l'amidon



A Sucrs digestifs (●) contenant des enzymes.

L'amidon est un polymère* de glucose. Pour être assimilé, l'amidon doit être transformé en molécules plus petites contenant de moins en moins d'unités (n) et finalement en glucose*, glucide simple absorbable par la muqueuse intestinale.

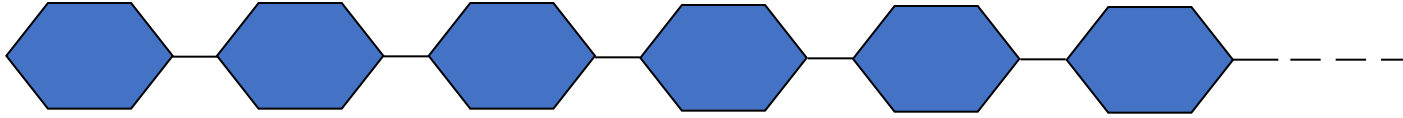
Cette simplification moléculaire est une hydrolyse*. Elle se déroule en plusieurs étapes, en présence d'**enzymes*** produites par les cellules des glandes salivaires, pancréatiques et intestinales.



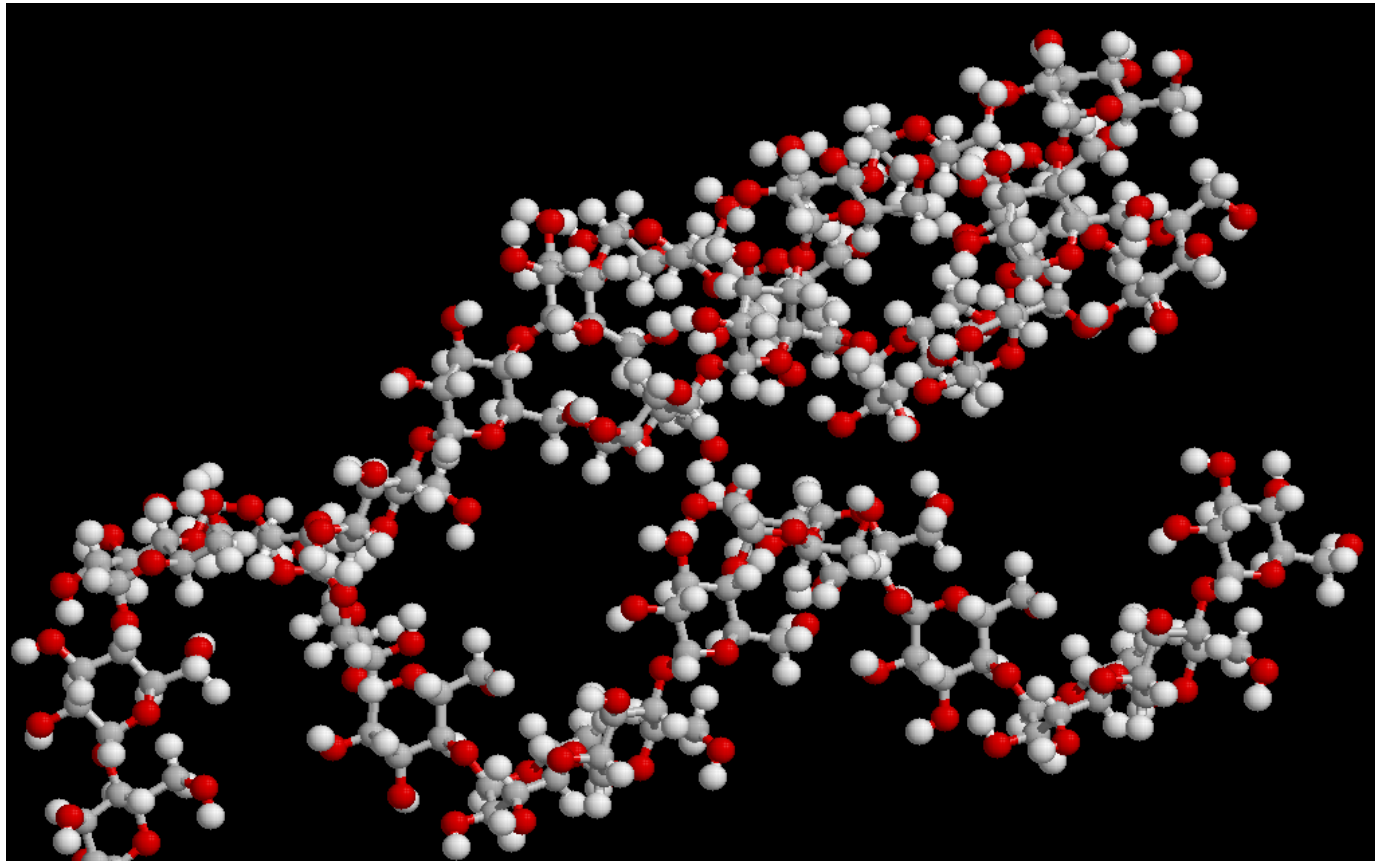
B La digestion de l'amidon : une hydrolyse qui produit du glucose.

L'**amylase** est une enzyme salivaire et qui catalyse l'hydrolyse de l'**amidon en maltose**, glucide constitué de deux molécules de glucose.

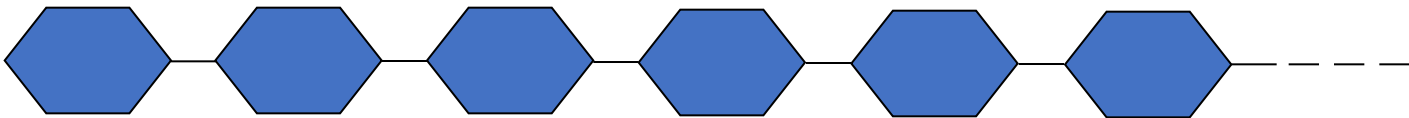
Réaction chimique étudiée : l'hydrolyse de l'amidon



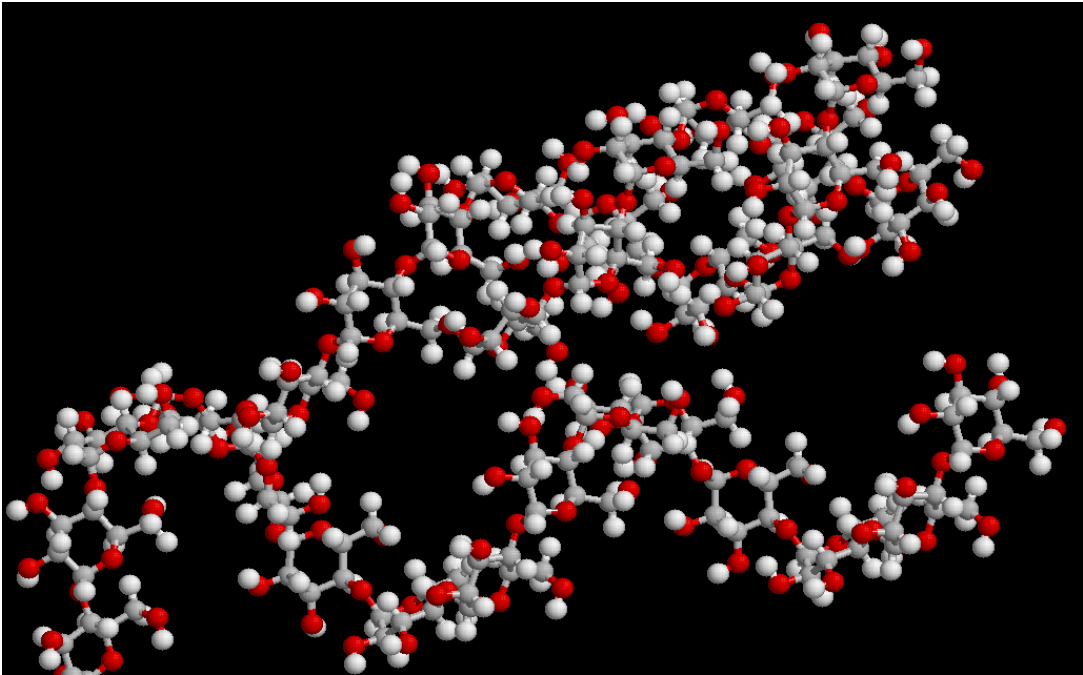
Molécule d'amidon (n molécules de glucose)

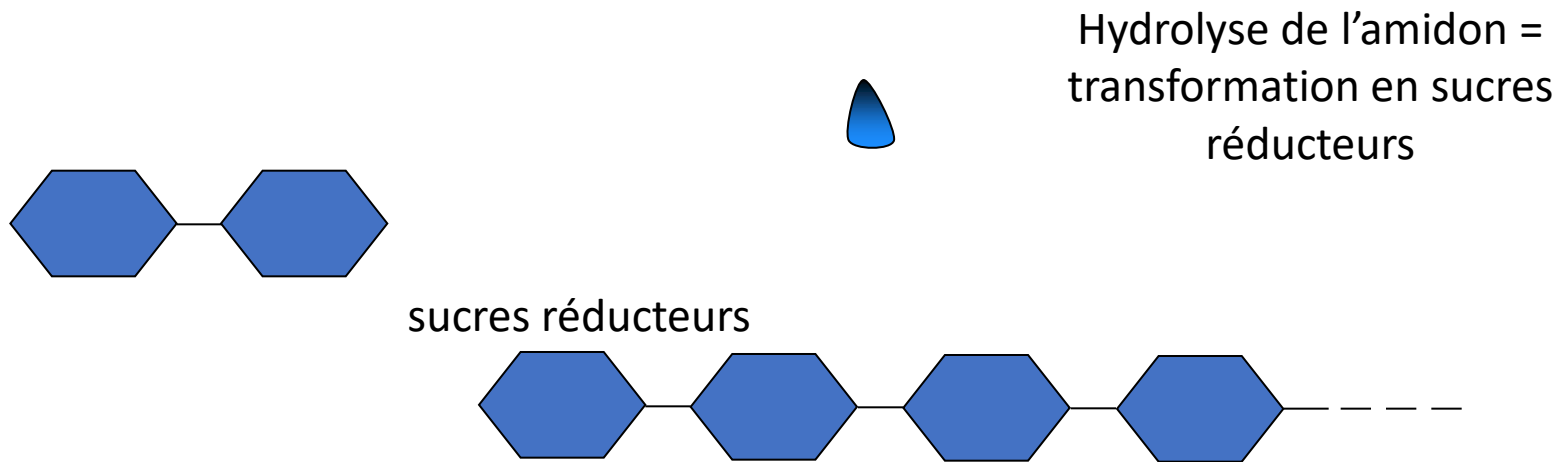


Hydrolyse de l'amidon =
transformation en sucres
réducteurs



Molécule d'amidon (n molécules de glucose)



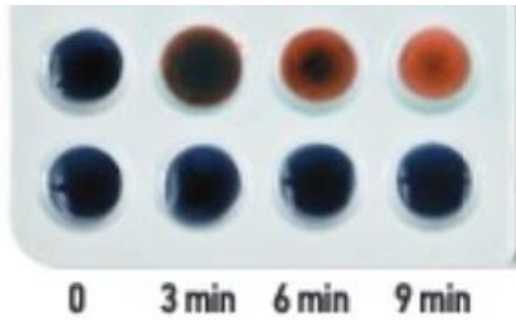


amylase

Amidon (polymère de glucose) -----> **maltose** (= sucre réducteur)

L'hydrolyse de l'amidon

Cf- TP: Les enzymes sont des catalyseurs biologiques efficaces



Amidon + α amylase

Amidon + eau distillée

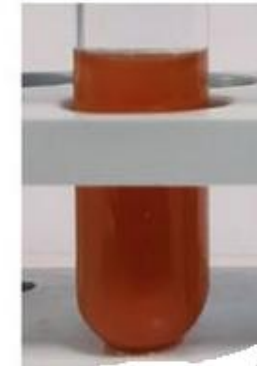
0 3 min 6 min 9 min

Résultats des tests à l'eau iodée.

Amidon +
eau distillée



Amidon
+ α amylase



Résultats test à la liqueur de Fehling

		Tube n° 1	Tube n° 2
Contenu du tube		Amidon + eau distillée	Amidon + α amylase
Test à l'eau iodée	T = 0 min	+	+
	T = 3 min	+	+/-
	T = 6 min	+	+/-
	T = 9 min	+	-
Test à la liqueur de Fehling		-	+

Définition de biocatalyseurs.

bio: signifie que cette substance :

- est produite par un être vivant
- agit dans des conditions compatibles avec la vie.

« **catalyseur** » est une substance qui :

- **accélère une réaction chimique** qui pourrait se produire naturellement mais qui serait beaucoup plus lente
- se retrouve **intacte en fin de réaction** disponible pour catalyser une nouvelle réaction
- agit à faible dose.

Lors d'une réaction chimique, des molécules appelées réactifs (ou substrats) sont transformées en molécules différentes, nommées les produits.



Un catalyseur est une molécule qui, ajoutée en petite quantité dans le milieu, accélère une réaction chimique. Il est intact à la fin de la réaction.



Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

I. Les propriétés des enzymes

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

A. La double spécificité des enzymes

B. La formation d'un complexe enzyme-substrat

C- La cinétique des réactions enzymatiques

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

Une spécificité de substrat

Cf activité : [Les enzymes sont des catalyseurs biologiques efficaces](#)

	Tube n° 1	Tube n° 2	Tube n°3
Contenu du tube	Amidon + amylase	Cellulose + amylase	Glycogène + amylase
Test à la liqueur de Fehling	+	-	-

l'enzyme n'agit que sur un substrat.

Une spécificité de substrat

Les enzymes transforment un seul type de molécule.



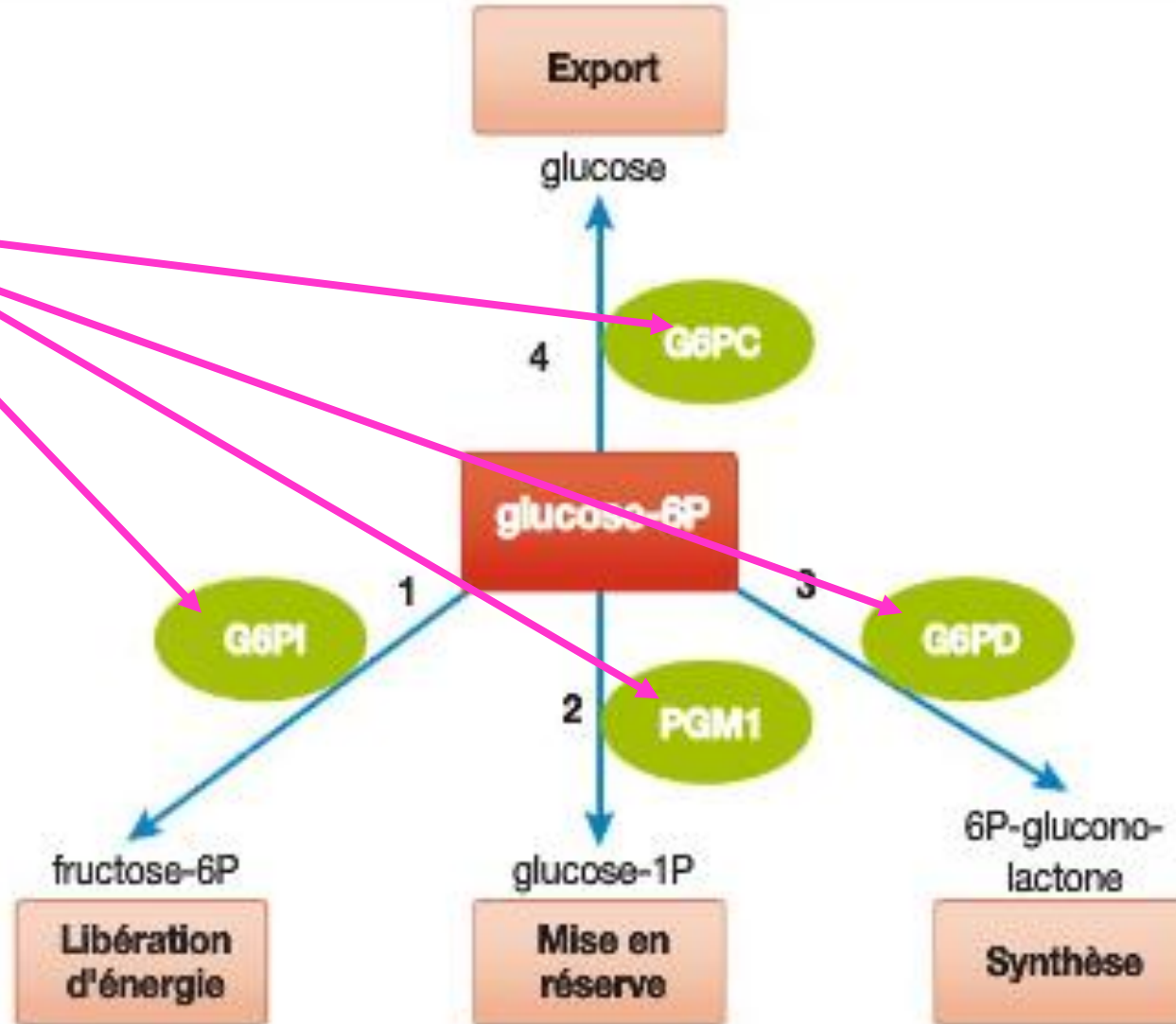
complémentarité de forme avec son substrat
(clé - serrure)

Le nom de l'enzyme indique souvent la nature du substrat sur lequel elle agit.

Une spécificité d'action

Ex: devenir du glucose dans les cellules

4 enzymes



Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

I. Les propriétés des enzymes

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

A. La double spécificité des enzymes

B. La formation d'un complexe enzyme-substrat

C- La cinétique des réactions enzymatiques

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

Une association étroite des enzymes avec leur substrat



complémentarité de forme avec son substrat
(clé - serrure)

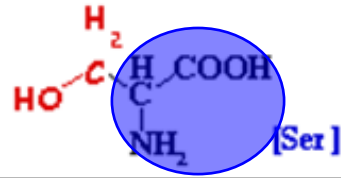
Enzyme + substrat = complexe enzyme-substrat = enzyme + produit

Les catégories d'acides aminés

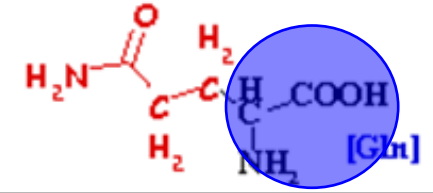
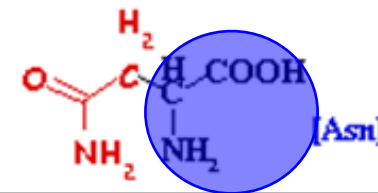
particulier



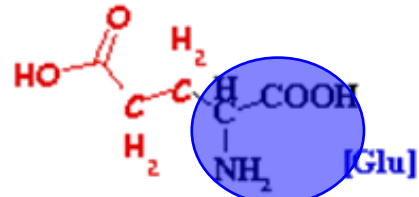
Polaires non chargés (hydroxyl-)



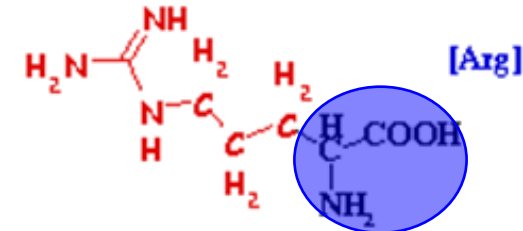
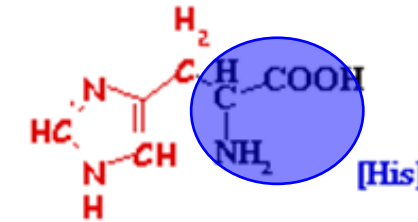
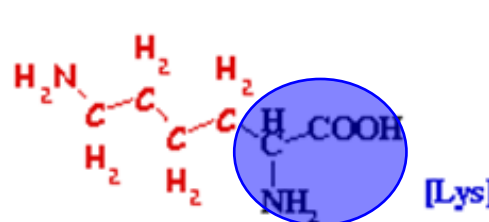
Polaires non chargés (amido-)



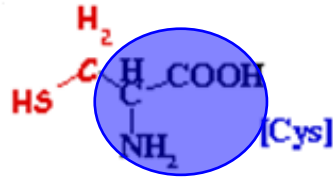
Polaires chargés (négativement)



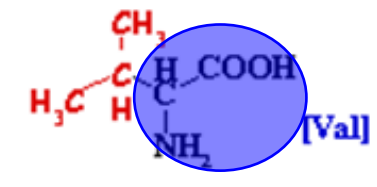
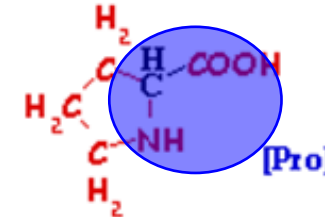
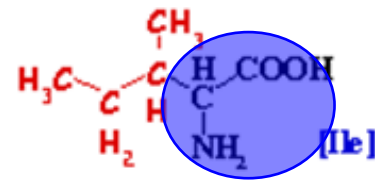
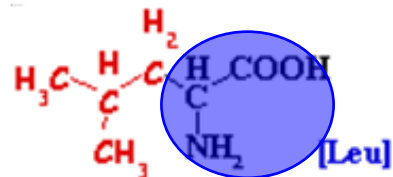
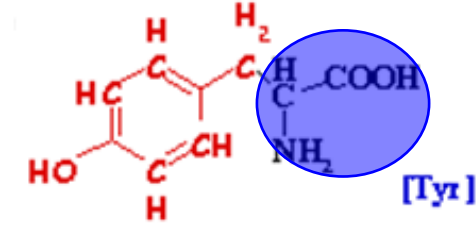
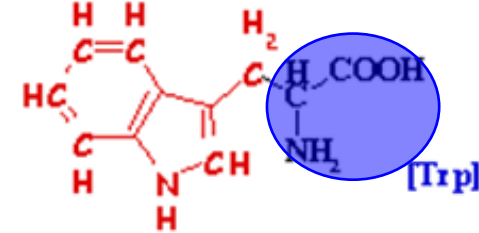
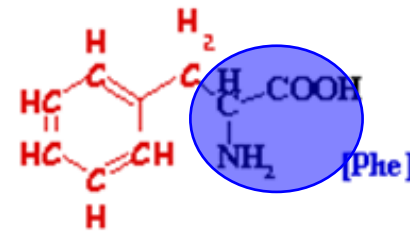
Polaires chargés (positivement)



Non polaires soufrés



Non polaires aromatiques

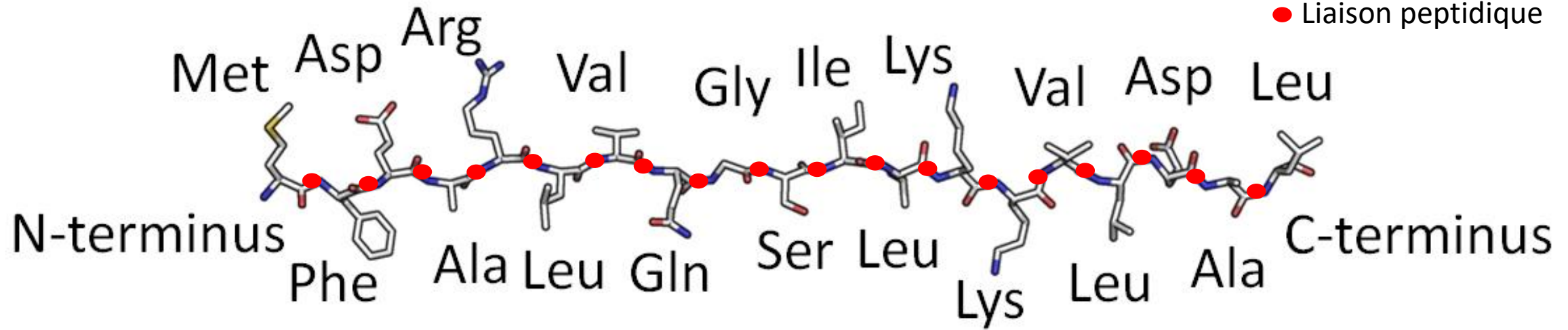


Non polaires aliphatiques

Structure primaire et secondaire

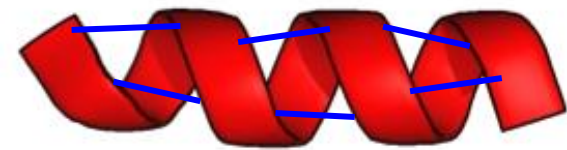
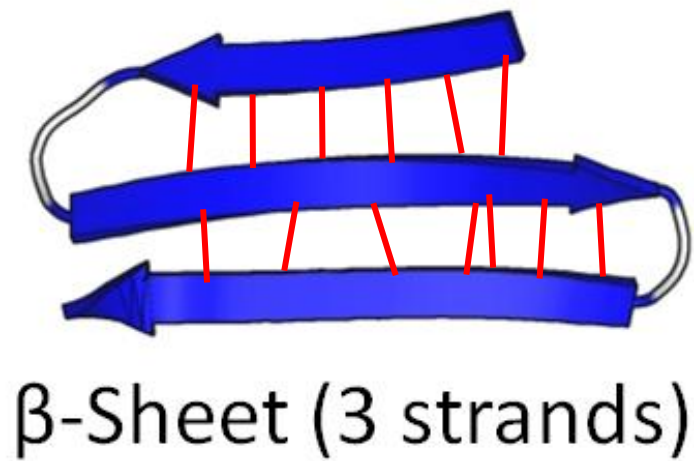
Primary

● Liaison peptidique



Secondary

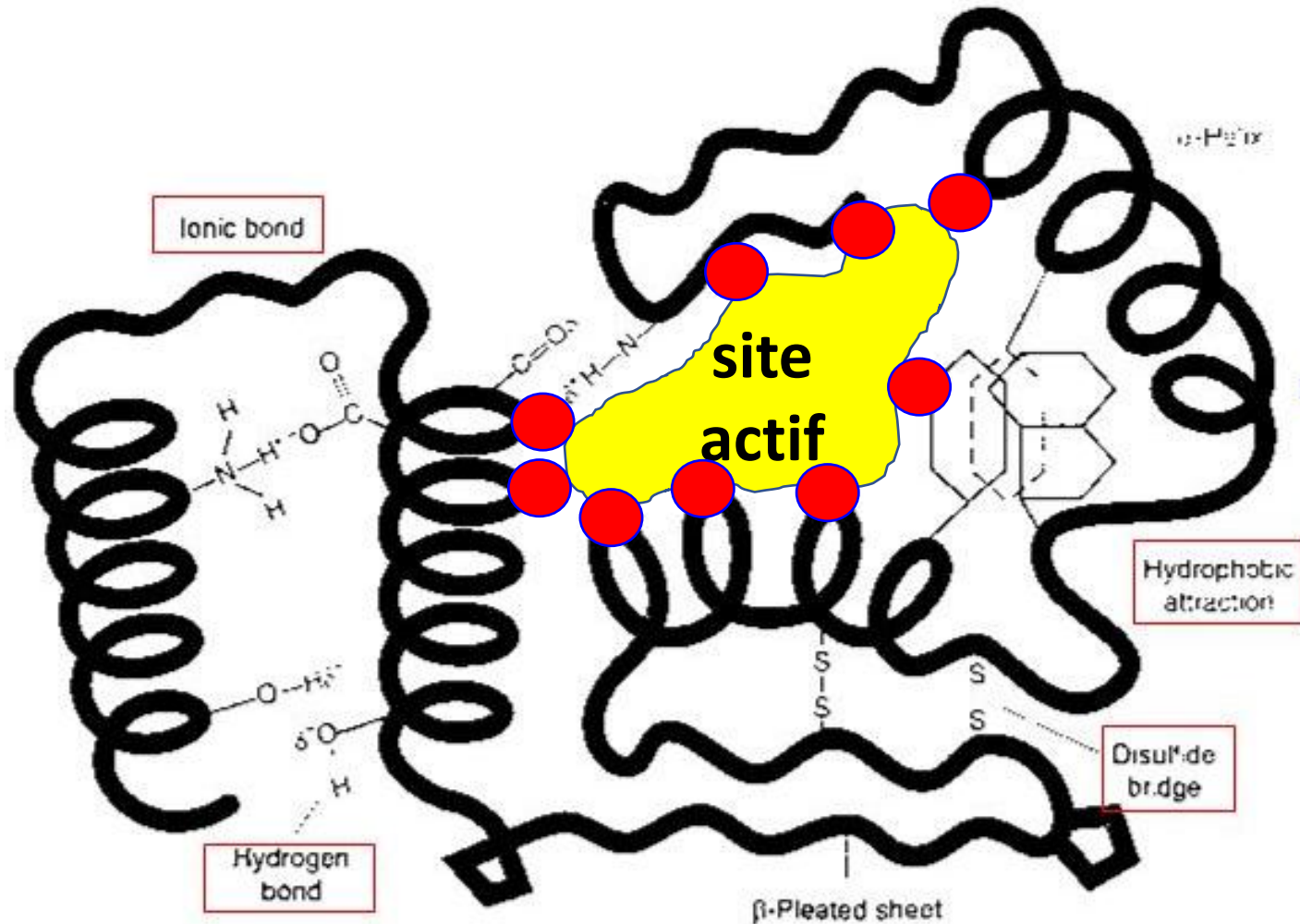
— Liaisons hydrogène —



Structure tertiaire

Forces d'interaction

● Acide aminé du site actif



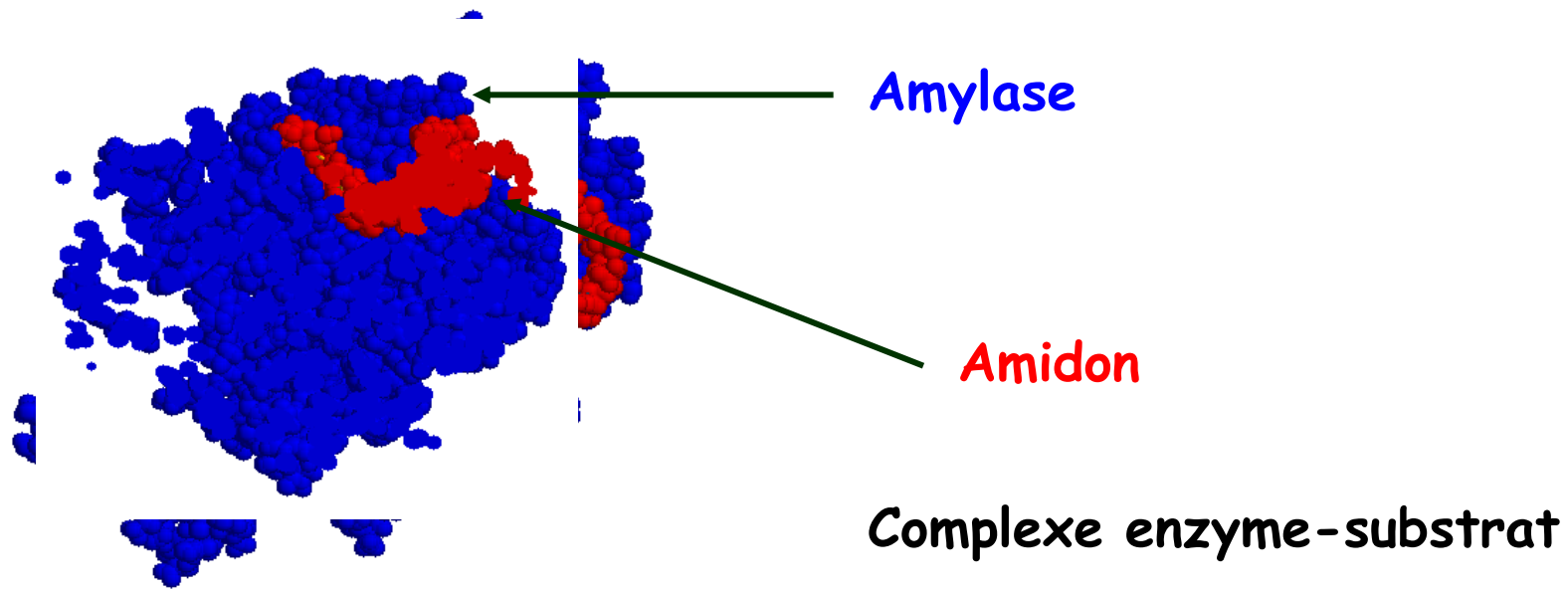
Pour les protéines présentes dans un milieu aqueux:

- Les acides aminés hydrophobes sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophiles sont exposés au solvant;

À l'inverse, pour les protéines membranaires, qui sont exposées à un environnement hydrophobe:

- Les acides aminés hydrophiles sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophobes sont exposés au solvant;

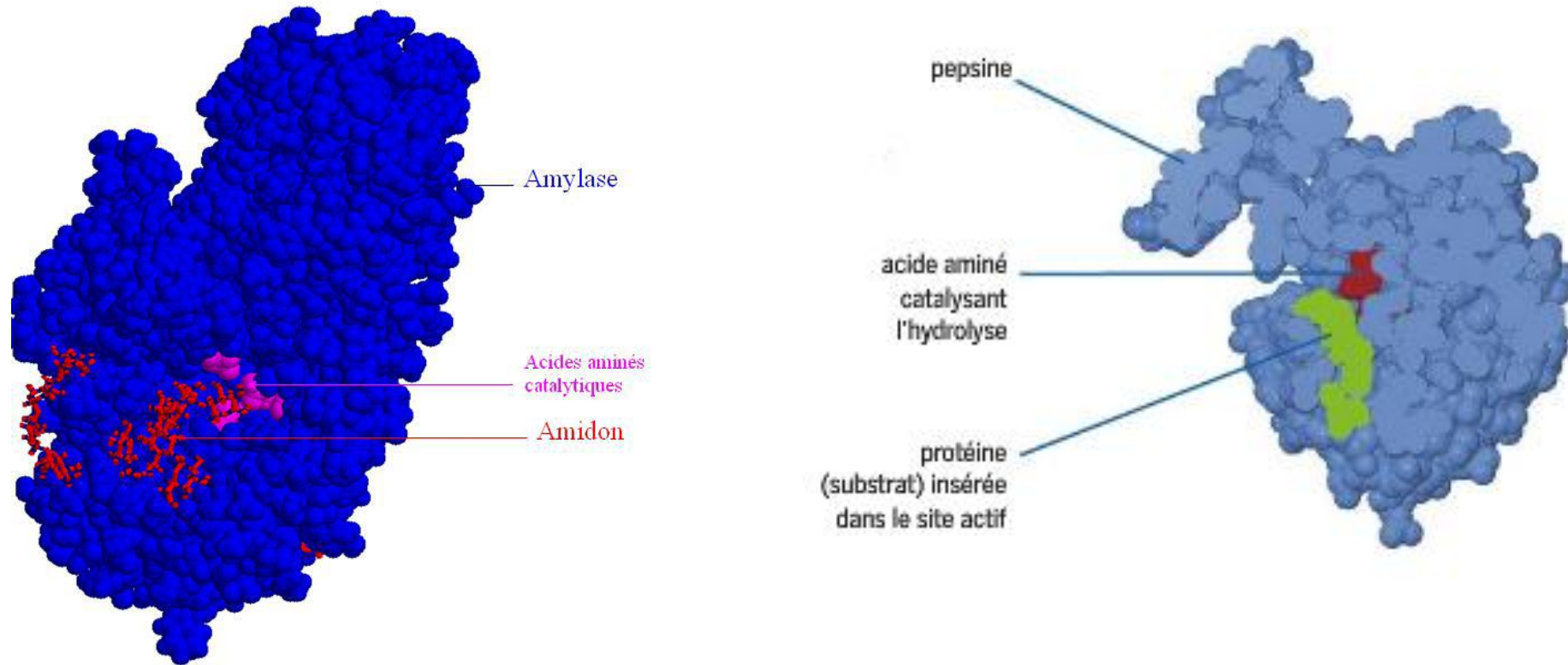
Une association étroite des enzymes avec leur substrat



Enzyme + substrat = complexe enzyme-substrat = enzyme + produit

L'enzyme se retrouve intacte en fin de réaction disponible pour catalyser une nouvelle réaction

Modèle clé-serrure



Enzyme → protéine dont la forme (spatiale) aménage un **site actif** capable de **l'associer à son substrat**



complémentarité spatiale



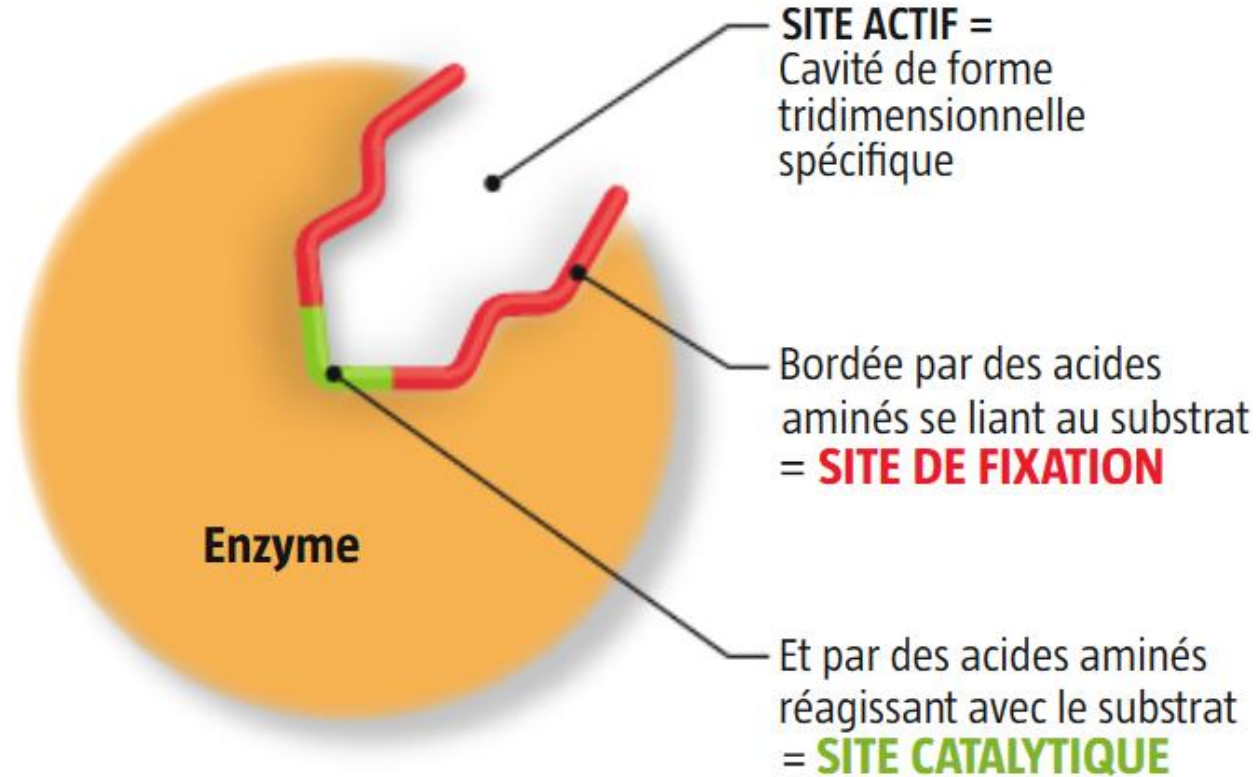
Enzyme

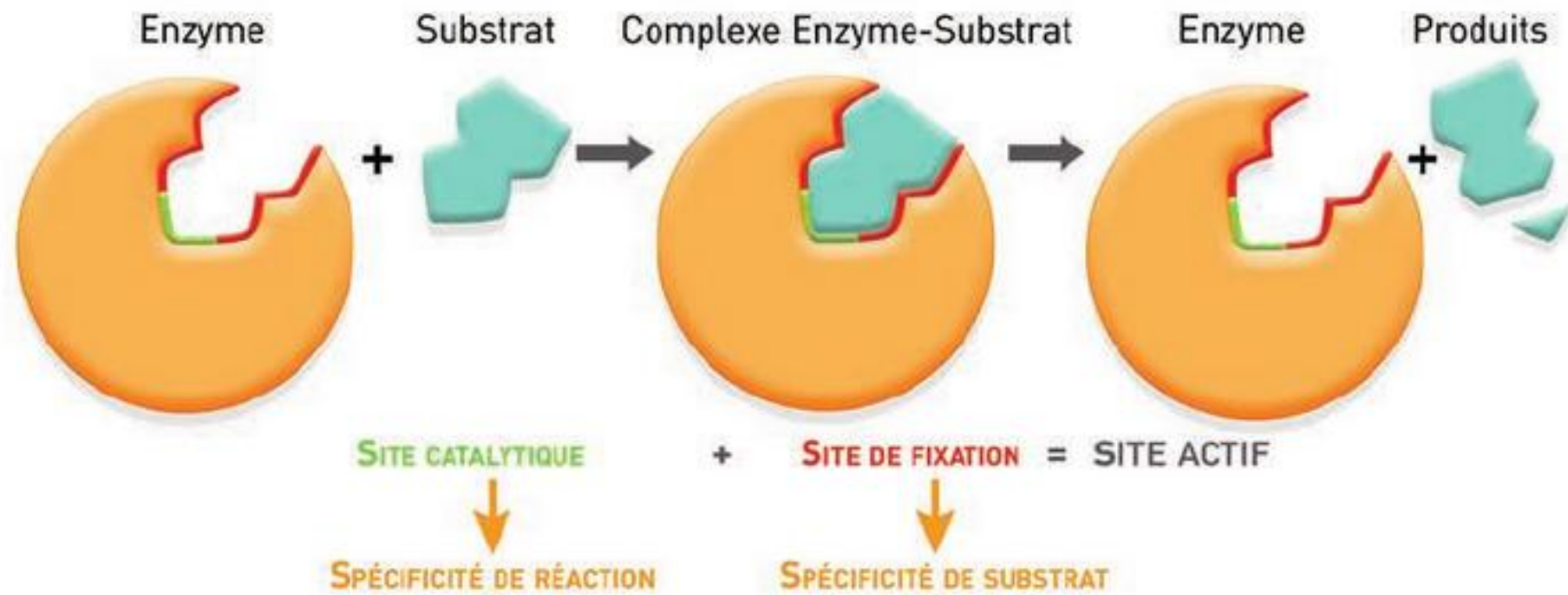
Substrat

Complexe
Enzyme-Substrat

Produit

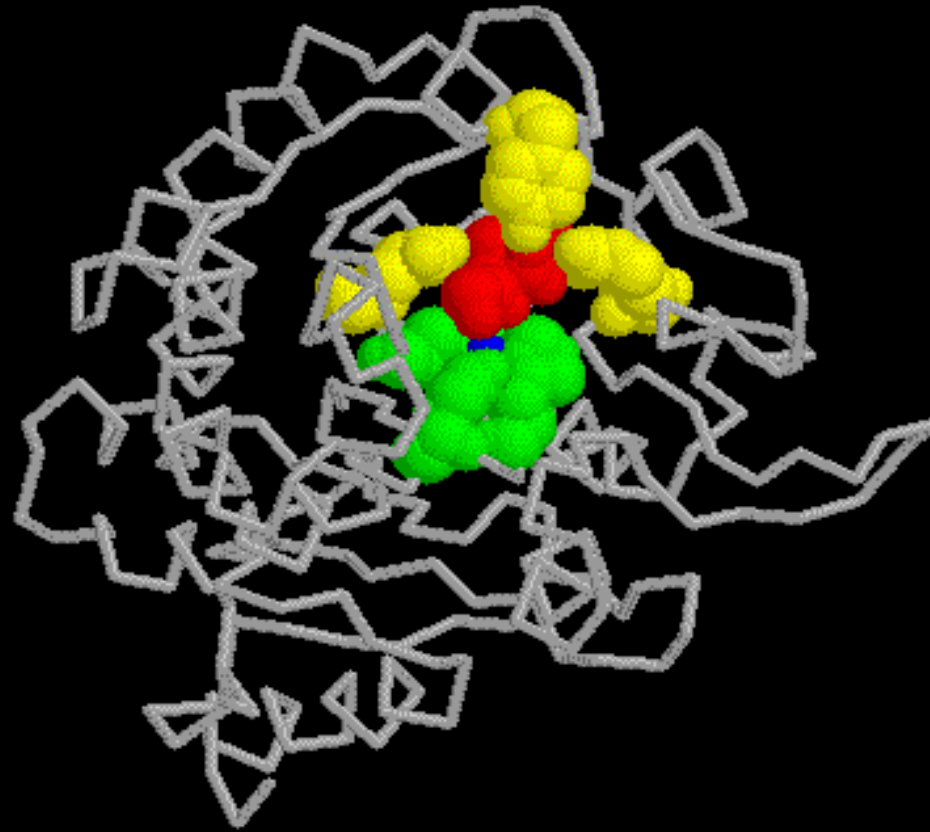
Enzyme retrouvée
intacte en fin de réaction





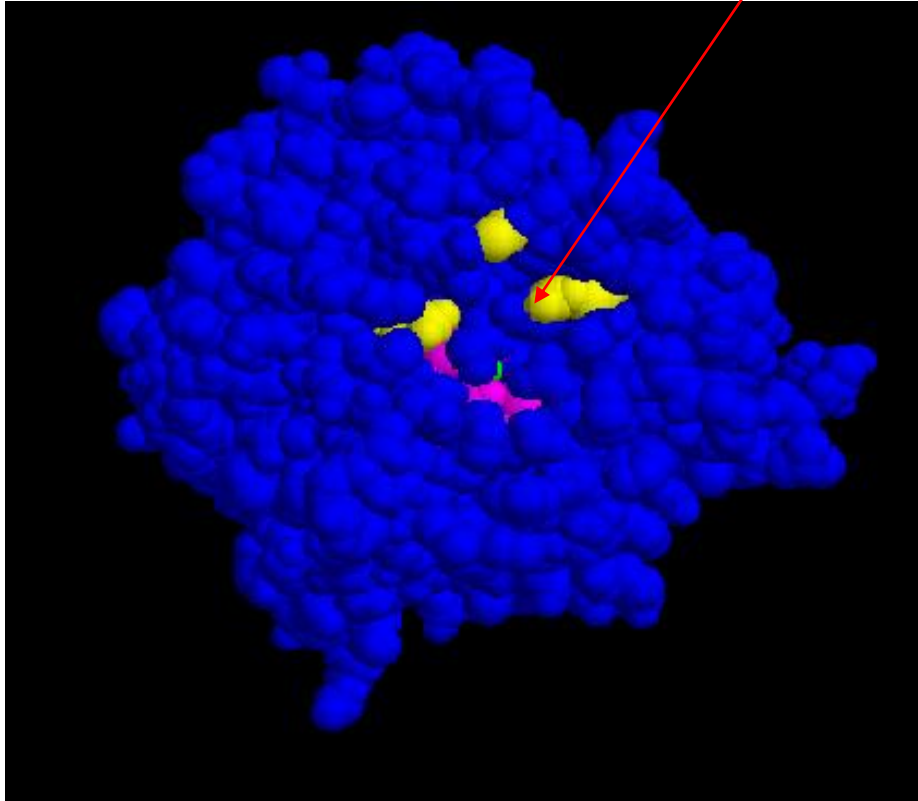
La carboxypeptidase en pleine action !

Bien observer la déformation moléculaire consécutive à la fixation du substrat

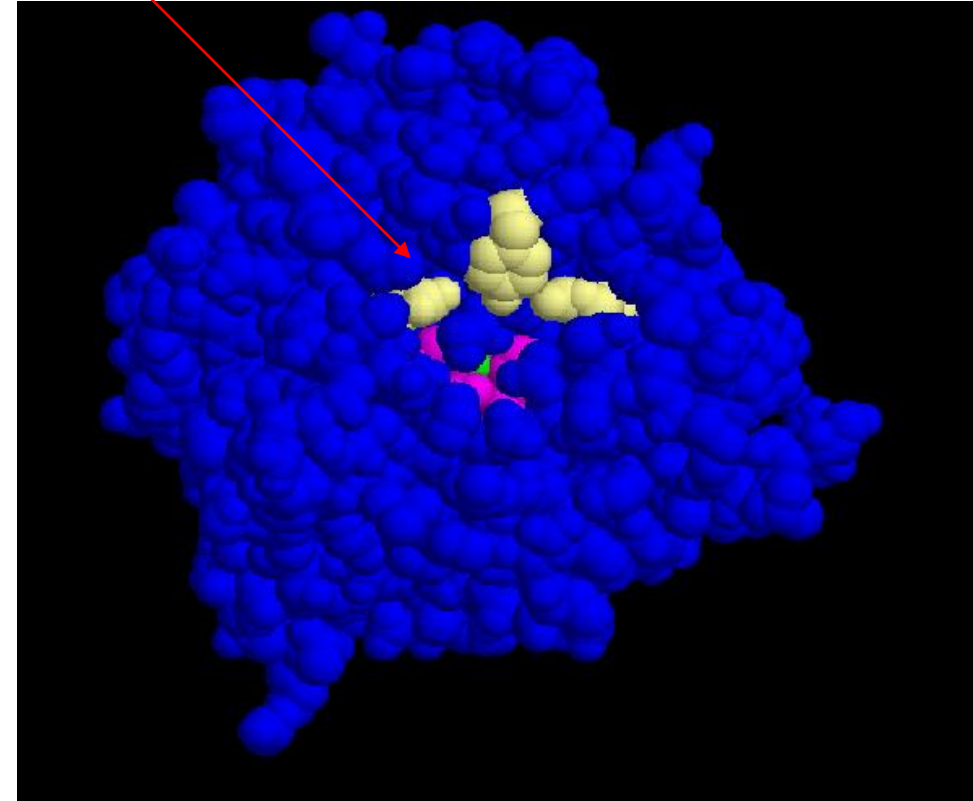


Changement de la séquence d'acides aminés (structure primaire)

Site actif

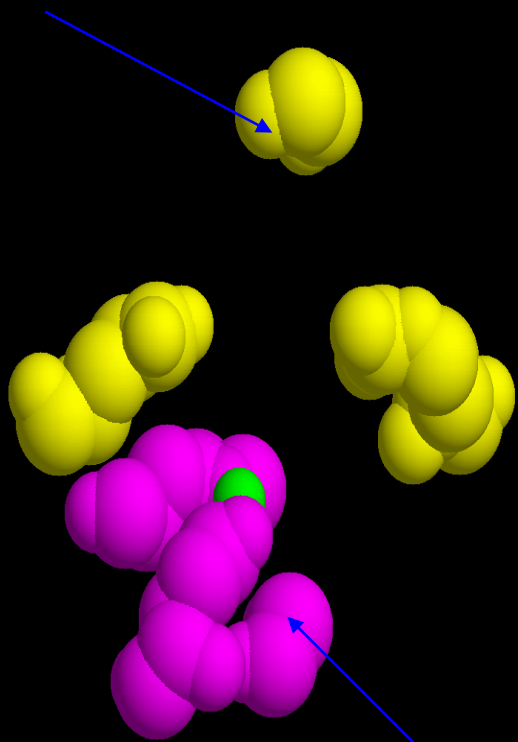


Enzyme mutée



Enzyme normale

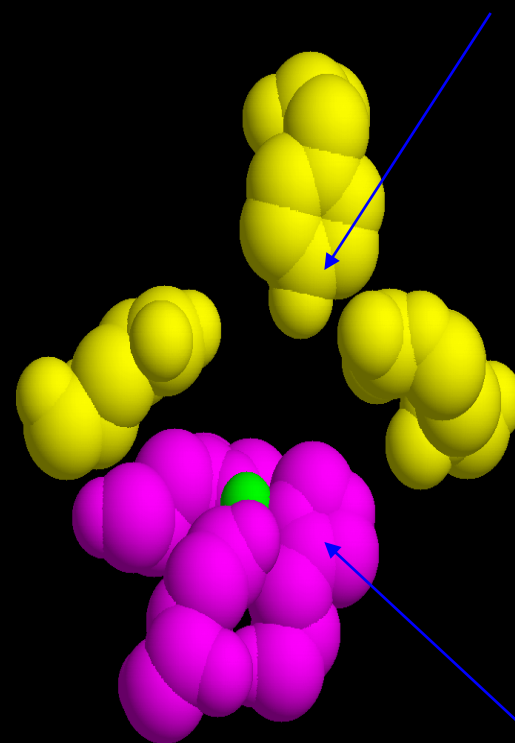
Glycine 248



Glycine 69

Site actif de l'enzyme mutée

Tyrosine 248



Histidine 69

Site actif de l'enzyme normale

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

I. Les propriétés des enzymes

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

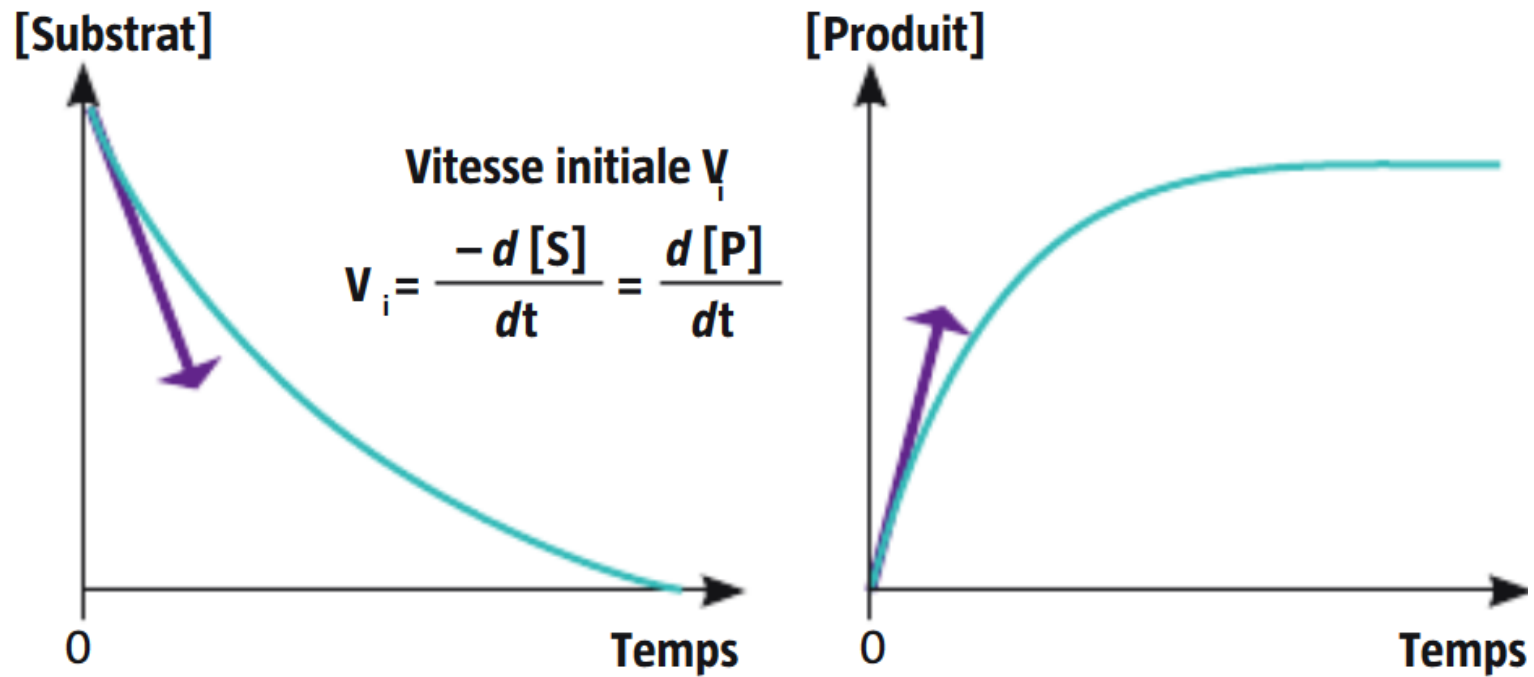
A. La double spécificité des enzymes

B. La formation d'un complexe enzyme-substrat

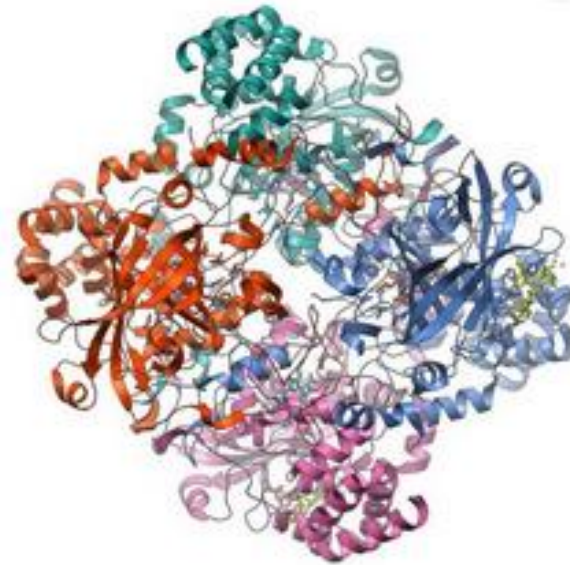
C- La cinétique des réactions enzymatiques

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

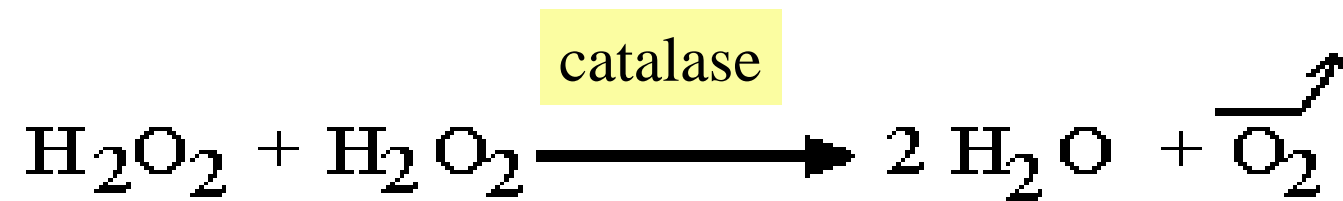
Cinétique enzymatique: l'étude de la vitesse des réactions enzymatiques



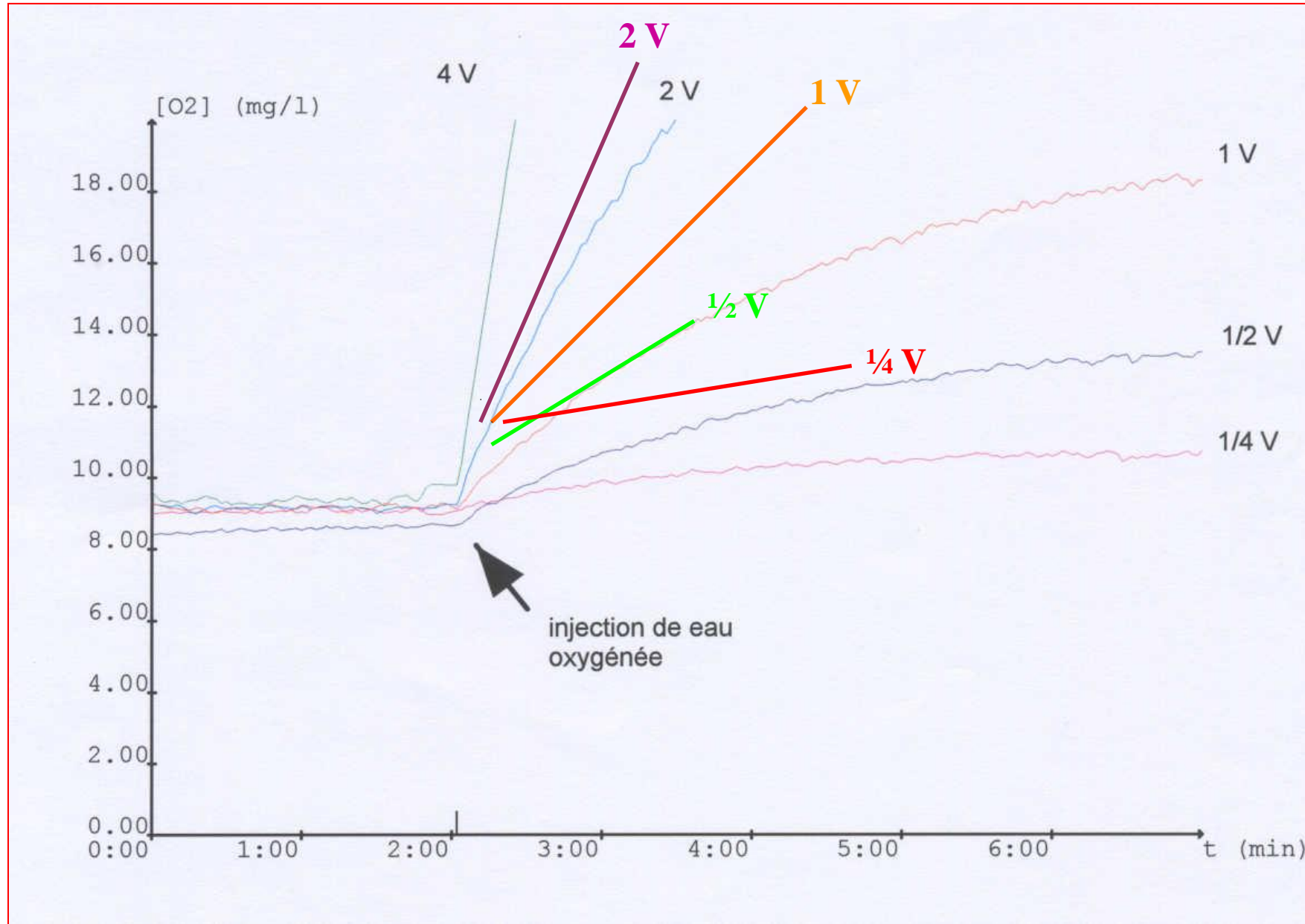
Etude de l'action de la catalase du navet sur différentes concentrations de substrat



Structure d'une catalase



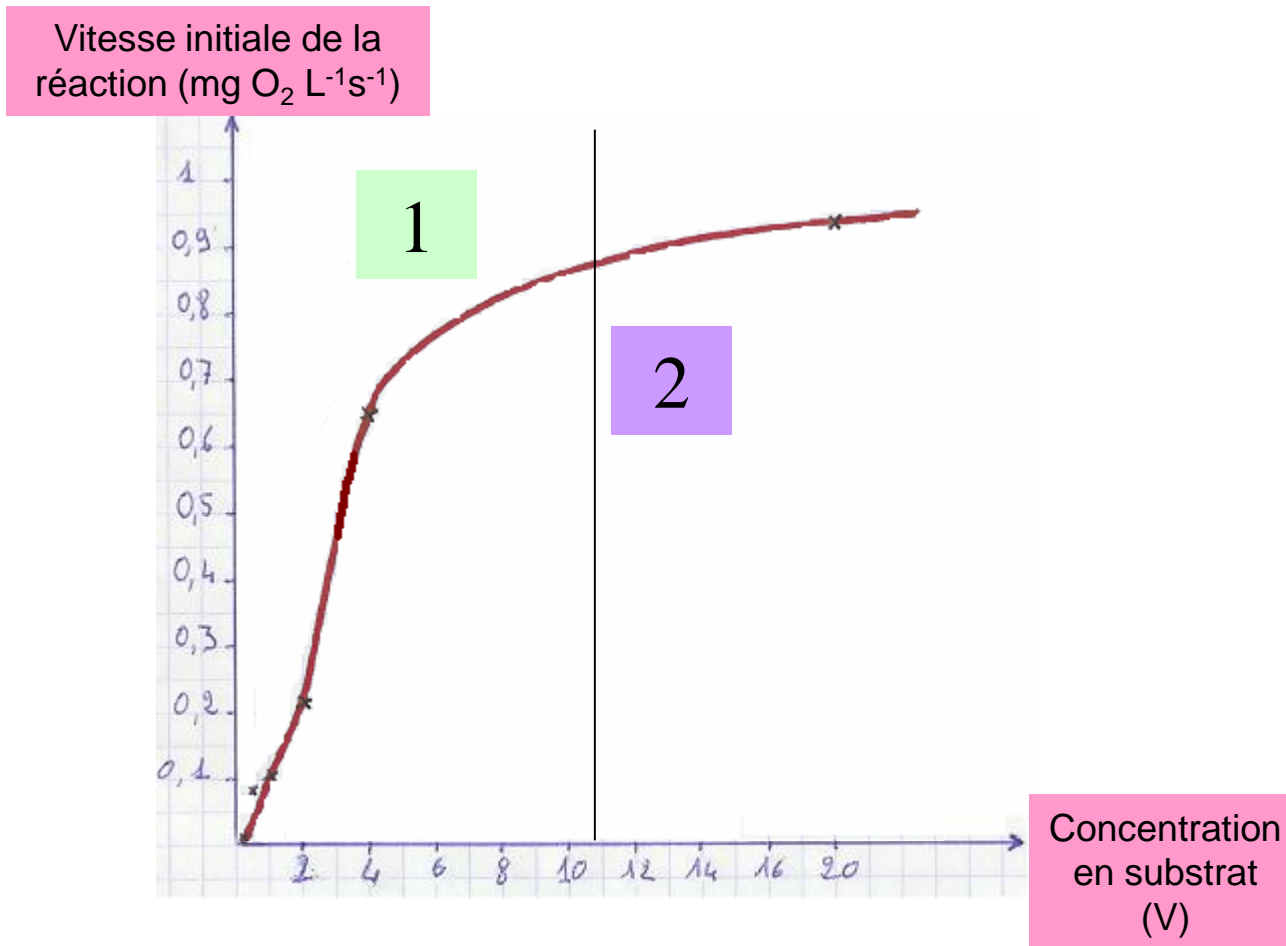
Evolution de la vitesse d'action de la catalase en fonction du temps pour différentes concentrations de substrats.



Vitesse initiale de la réaction de la catalase pour différentes concentrations de substrats

Concentration en substrat (H ₂ O ₂)	Vitesse initiale de la réaction (quantité de produit formé par unité de temps : mg.L ⁻¹ .s ⁻¹)
<i>0,25 V</i>	<i>0,007</i>
<i>0,5 V</i>	<i>0,13</i>
<i>1 V</i>	<i>0,23</i>
<i>2 V</i>	<i>0,6</i>
<i>4 V</i>	<i>1,13</i>
<i>10 V</i>	<i>1,56</i>

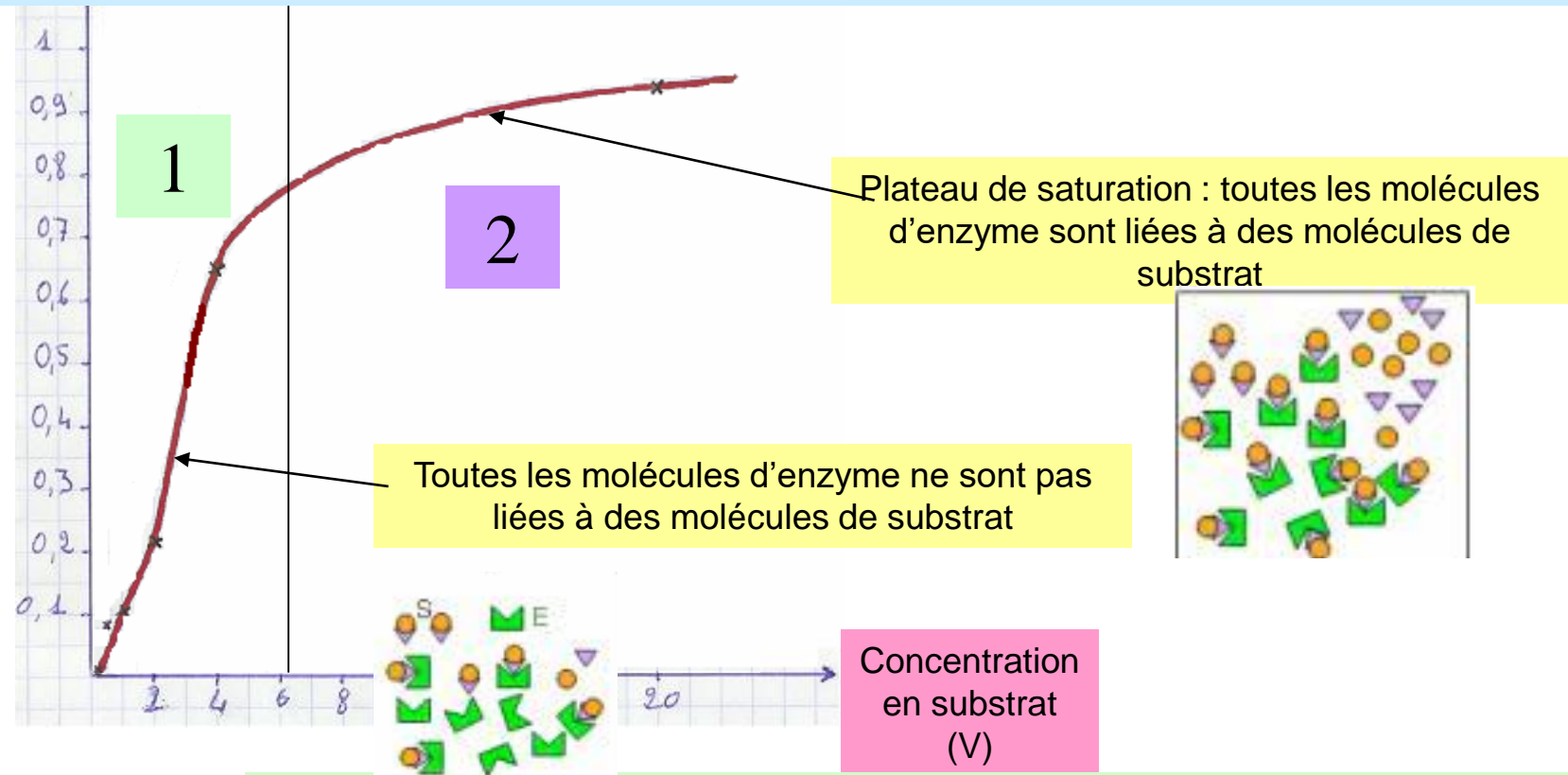
Graphique montrant l'évolution de la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration en substrat



1. Pour de faibles concentrations en substrat, on observe une augmentation importante de la vitesse initiale de la réaction lorsque l'on augmente la concentration en substrat

2. la concentration en substrat n'augmente plus la vitesse initiale de la réaction

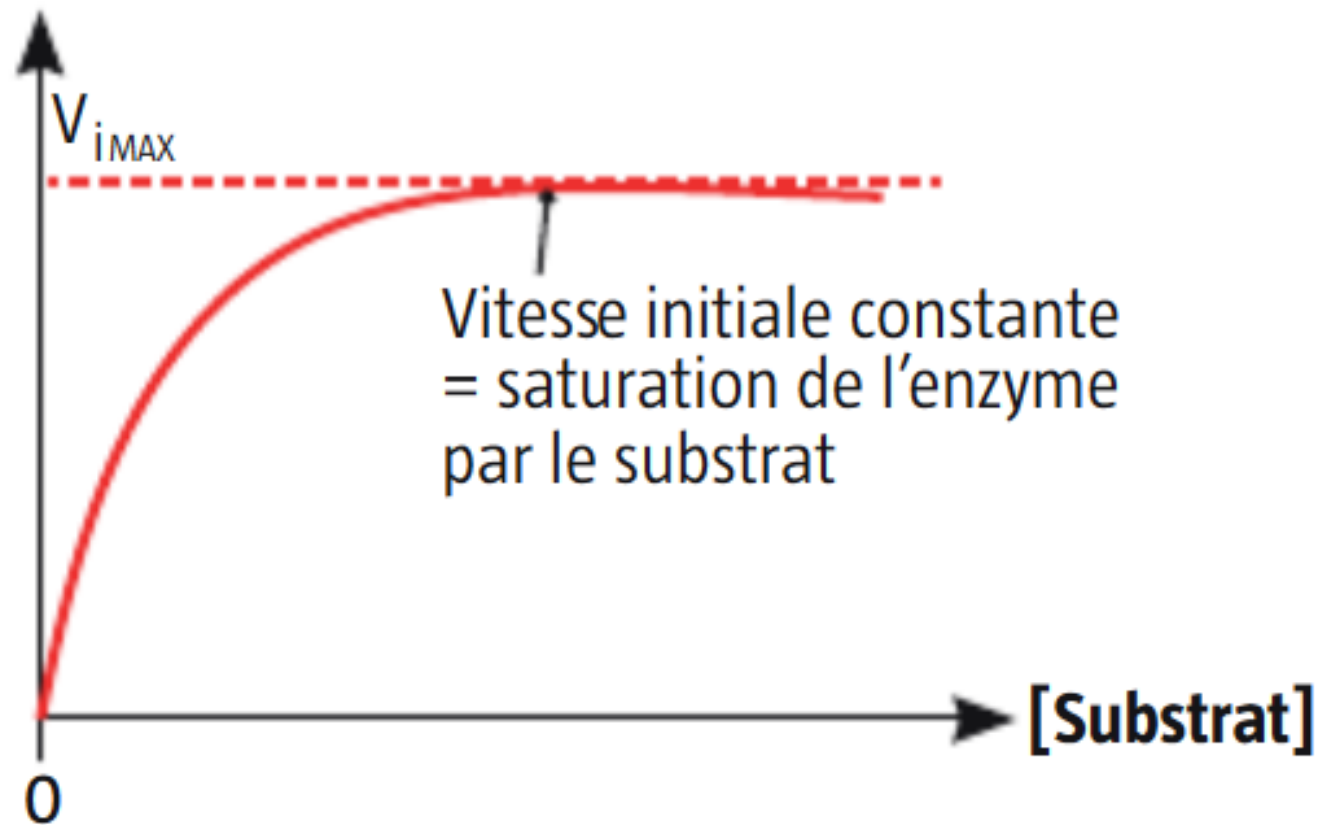
une valeur maximale : les enzymes sont saturées



1. Pour de faibles concentrations en substrat, on observe une augmentation importante de la vitesse initiale de la réaction lorsque l'on augmente la concentration en substrat

2. la concentration en substrat n'augmente plus la vitesse initiale de la réaction

Vitesse initiale

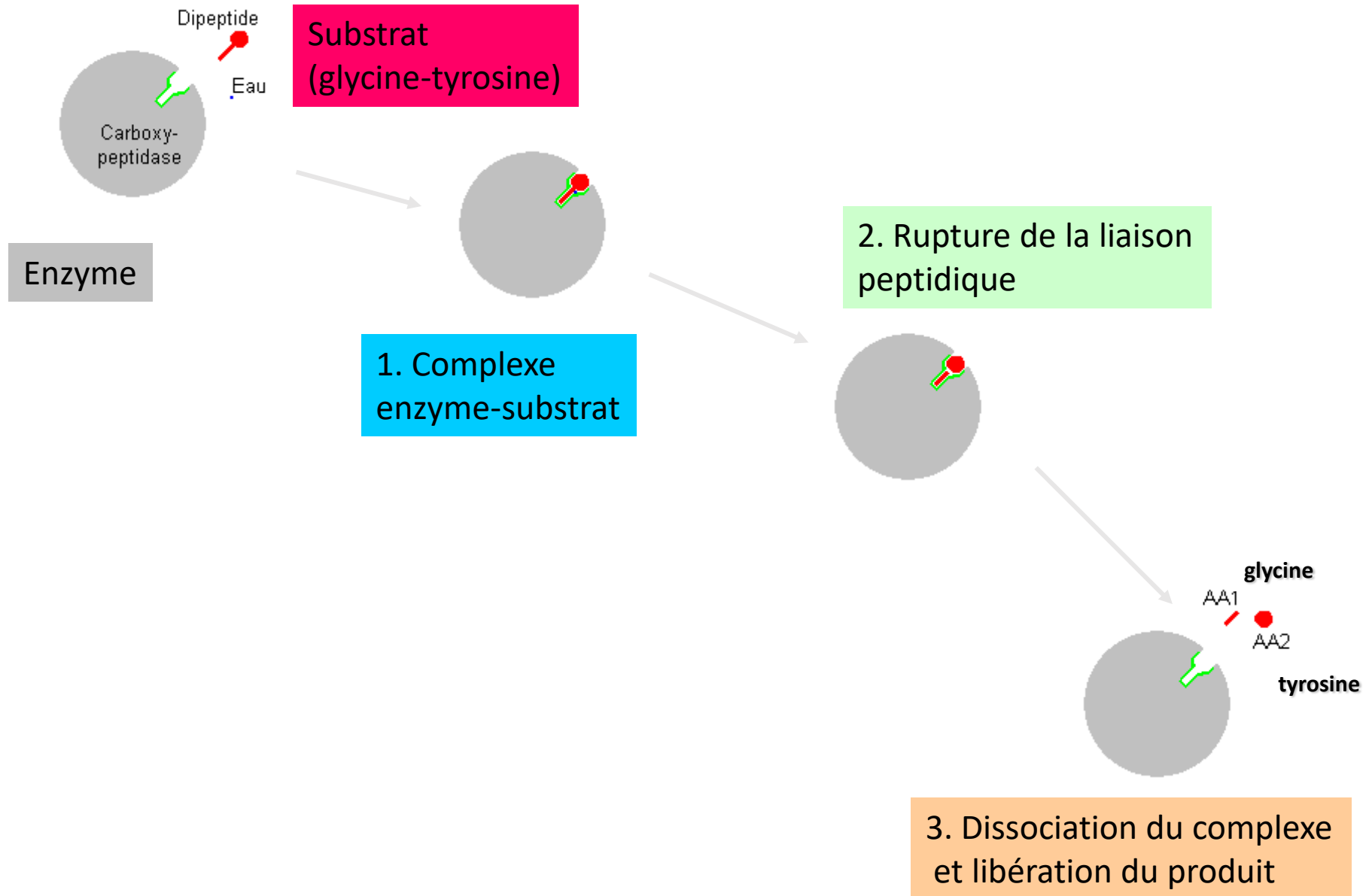


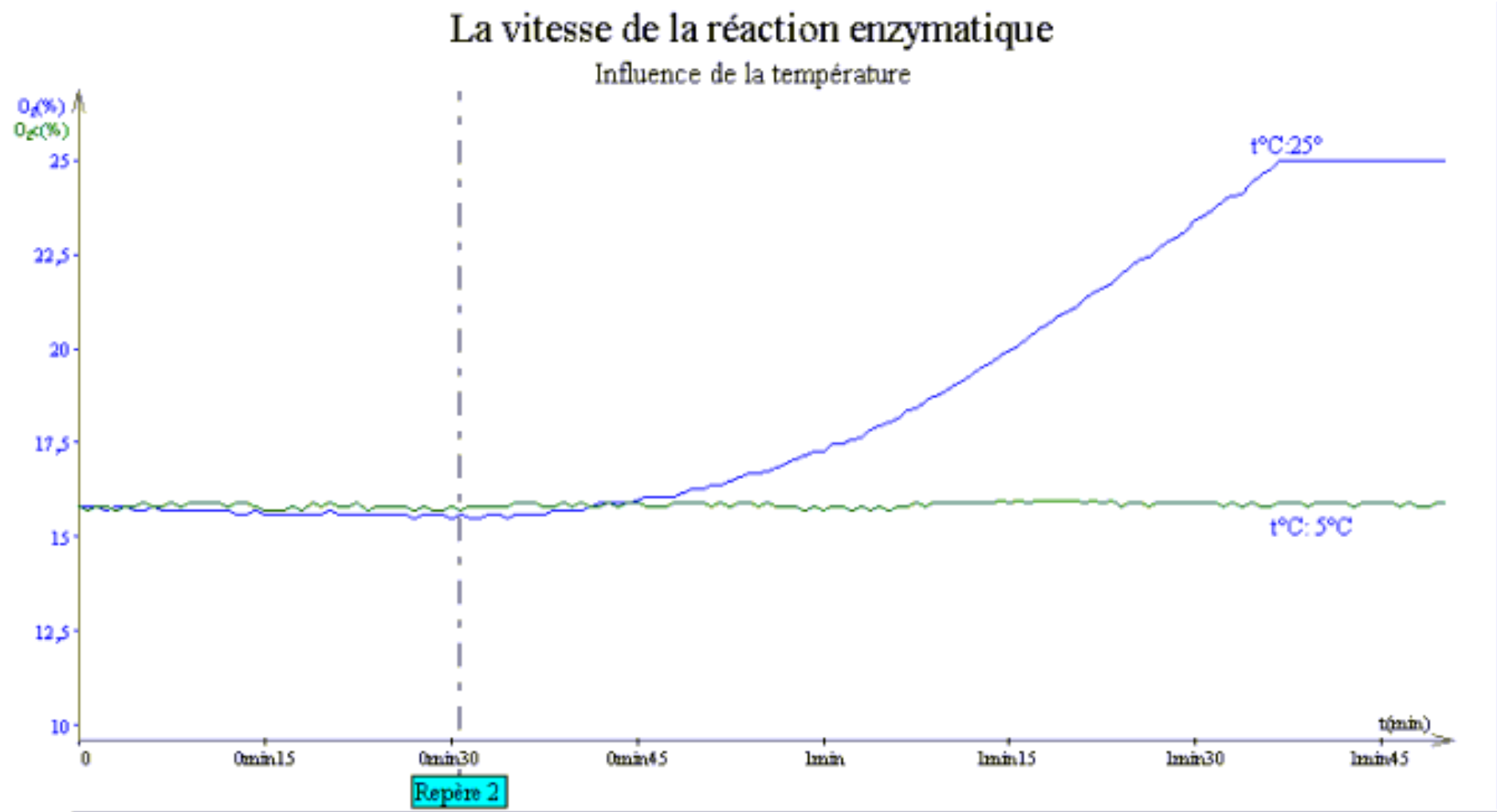
Vitesse initiale constante
= saturation de l'enzyme
par le substrat

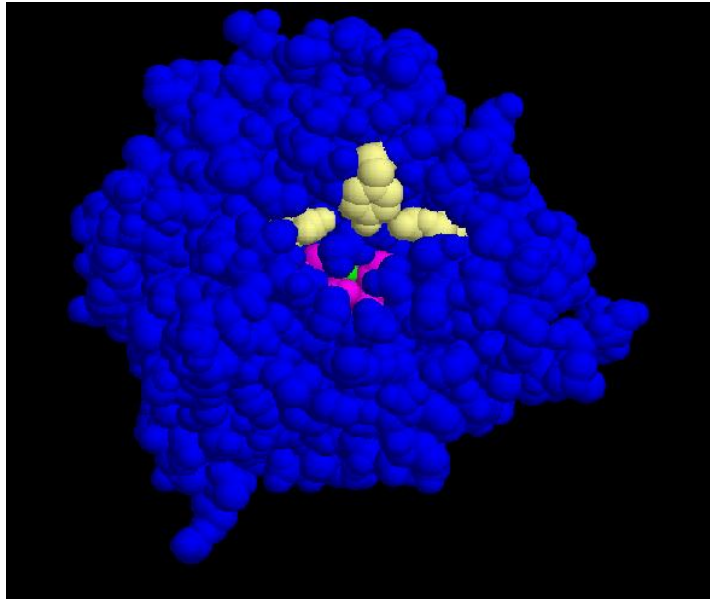
[Enzyme] constante

Complément influence T° et PH
exemple carboxypeptidase

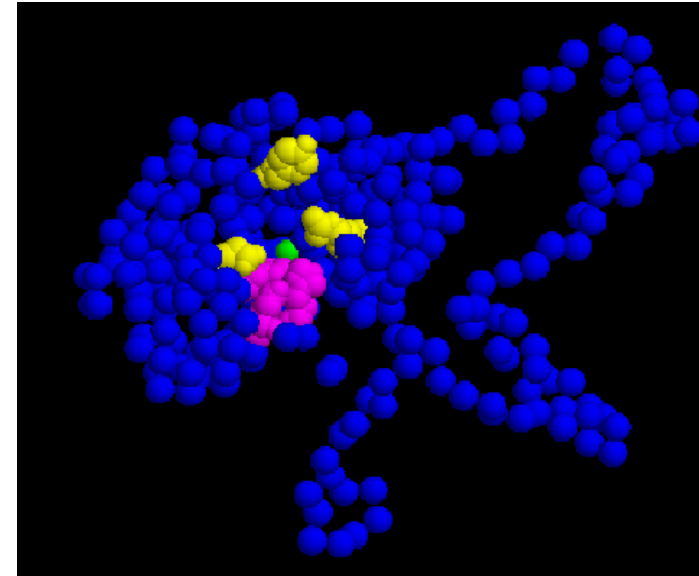
Action de la carboxypeptidase





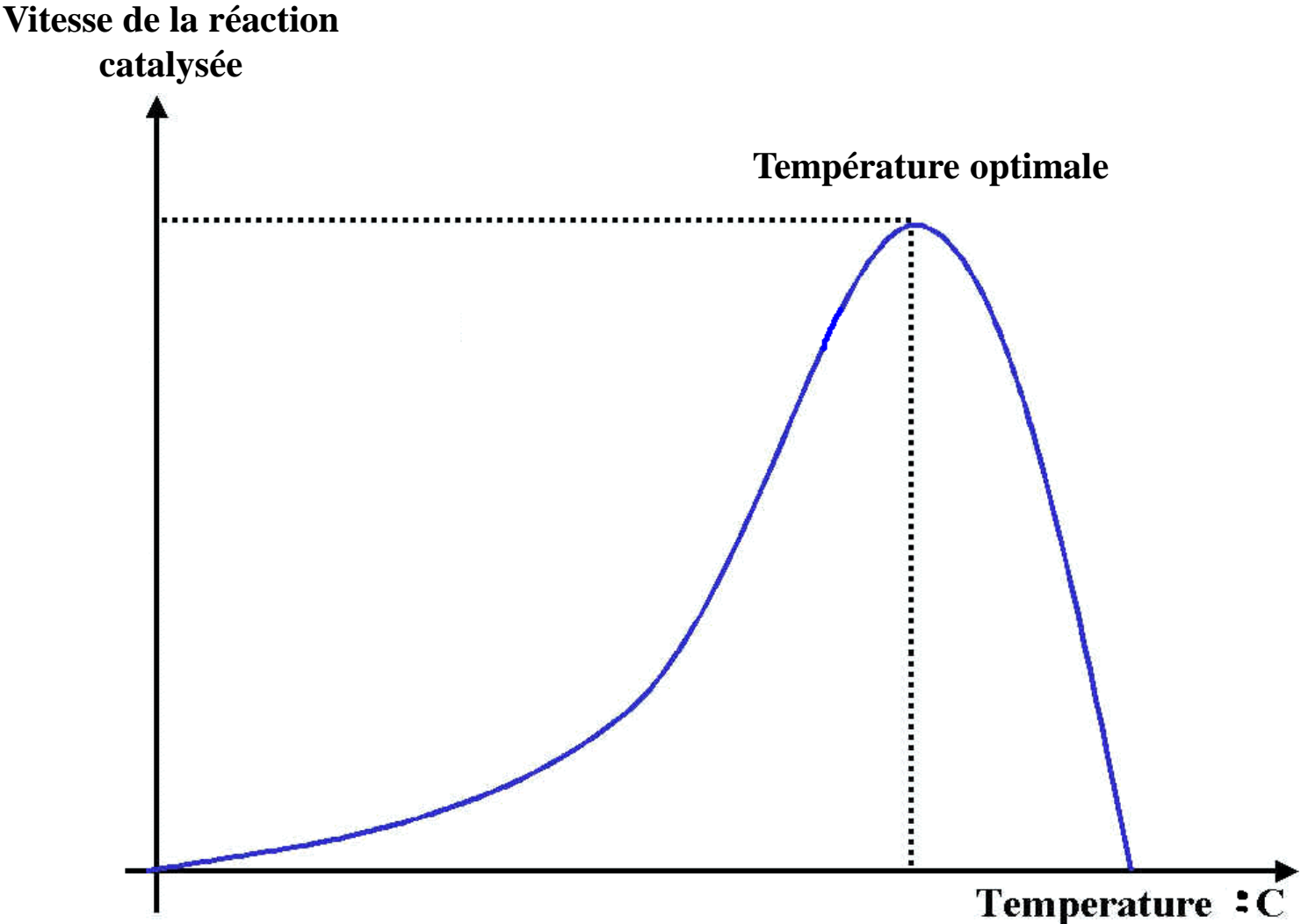


La carboxypeptidase normale

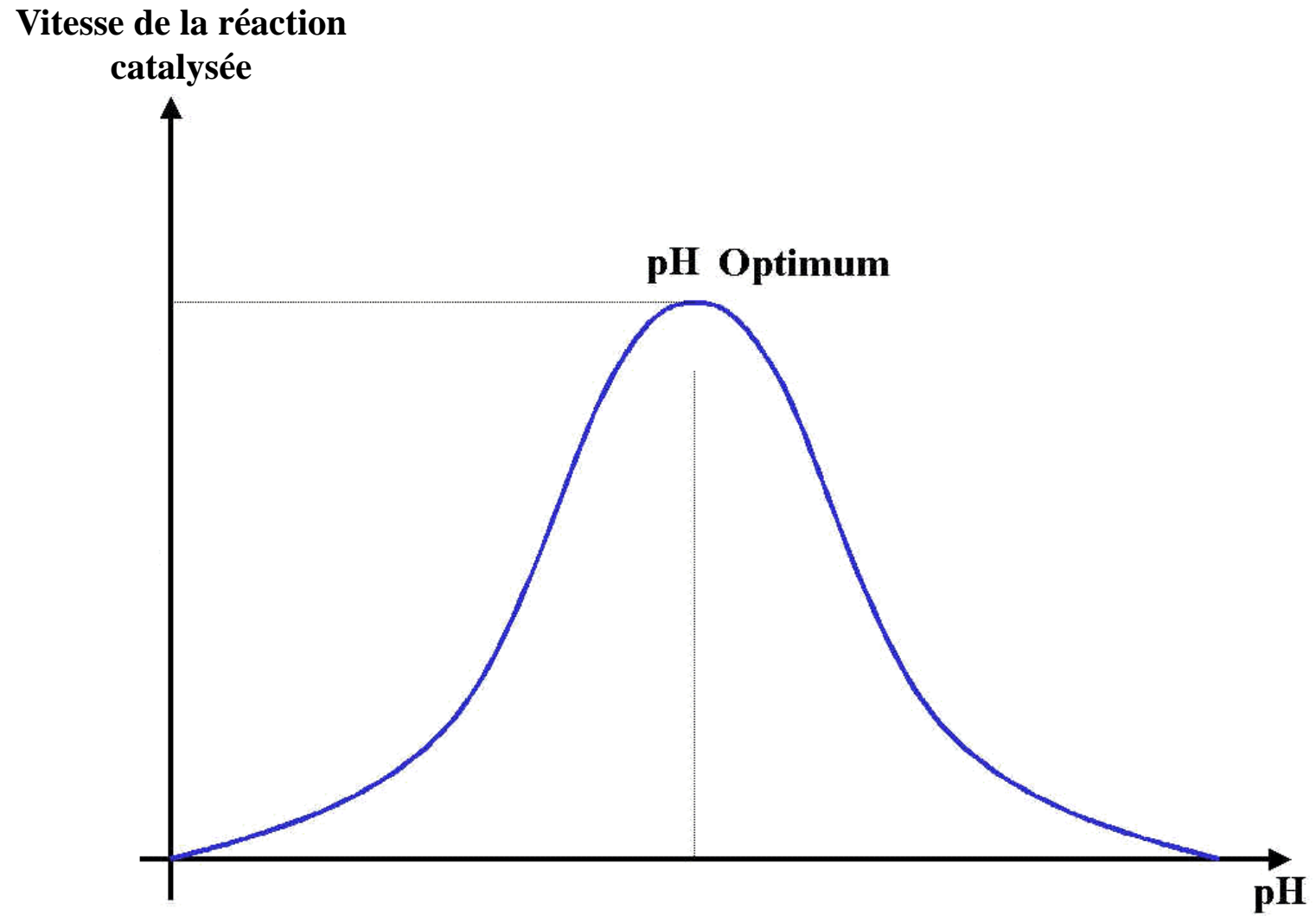


La carboxypeptidase dénaturée par la chaleur

Effet de la température



Influence du pH



Tout ce qui modifie la structure spatiale des enzymes modifie l'activité enzymatique :

- Un changement de la séquence d'acides aminés de l'enzyme modifie la forme spatiale de la molécule et peut conduire à la perte ou à l'augmentation de son activité catalytique.

Tout particulièrement si ce sont des AA du site de fixation ou des AA du site catalytique qui sont modifiés

- Une variation des conditions du milieu (pH, température) peut, en détruisant les liaisons qui maintiennent la forme spatiale de la molécule, conduire à sa dénaturation et la perte de son activité catalytique

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

Introduction

I°) Les propriétés des enzymes

II°) Le fonctionnement des enzymes en lien avec leur structure tridimensionnelle

A°) La double spécificité des enzymes

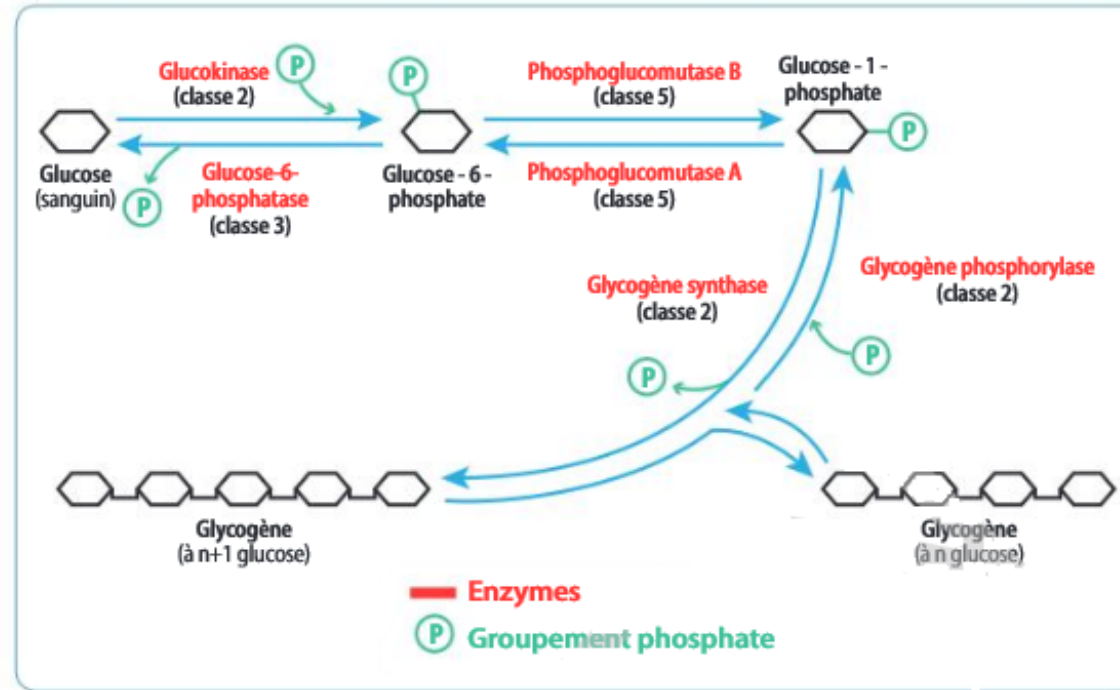
B°) La formation d'un complexe enzyme-substrat

C°) La cinétique des réactions enzymatiques

III°) Les enzymes et spécialisation cellulaire

Le métabolisme du glucose

Le glucose est la principale source d'énergie des cellules. Il doit être sous sa forme simple (non phosphorylée) pour pouvoir traverser la membrane des cellules. Dès son entrée dans les cellules, il est transformé en glucose-6-phosphate. Toutes les cellules sont capables d'utiliser le glucose comme source d'énergie pour leur métabolisme et certaines sont capables de le stocker sous forme d'un polymère glucidique, le glycogène (par exemple, les hépatocytes et les fibres musculaires). Mais seuls les hépatocytes peuvent en libérer dans le sang et le rendre ainsi disponibles pour d'autres cellules.



a. Voie de synthèse et de dégradation du glycogène

	Cellules hépatiques	Cellules musculaires	Cellules adipeuses	Cellules nerveuses
Glycogène synthase	✓	✓	✗	✗
Glycogène phosphorylase	✓	✓	✗	✗
Phosphoglucomutase	✓	✓	✗	✗
Glucokinase	✓	✓	✓	✓
Glucose-6-phosphatase	✓	✗	✗	✗

✓ = présence ✗ = absence

b. L'équipement enzymatique de différentes cellules

Thème 1 : Transmission, variation et expression du patrimoine génétique.

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

I. Les propriétés des enzymes

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

III. Les enzymes et spécialisation cellulaire

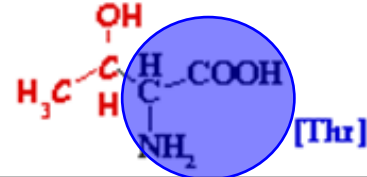
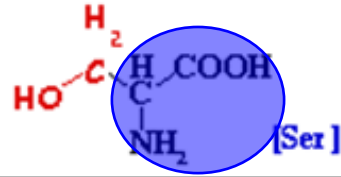
IV. L'acquisition de la structure tridimensionnelle des enzymes

Les catégories d'acides aminés

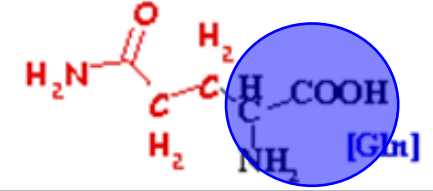
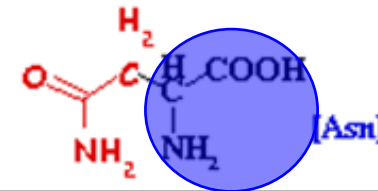
particulier



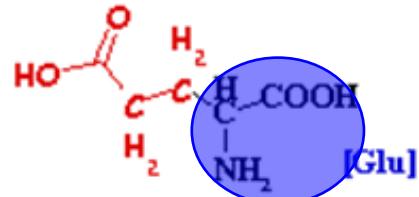
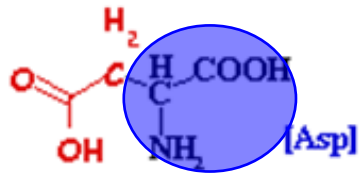
Polaires non chargés (hydroxyl-)



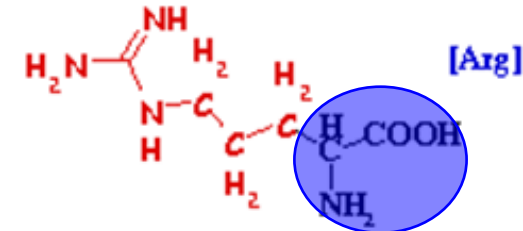
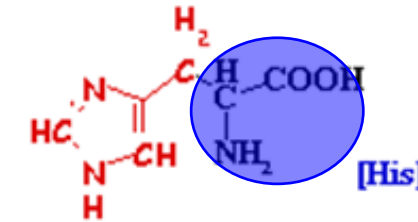
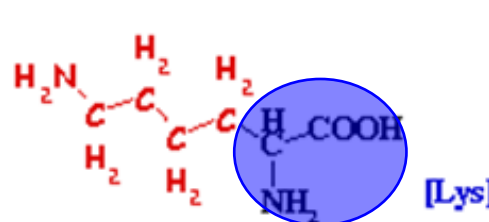
Polaires non chargés (amido-)



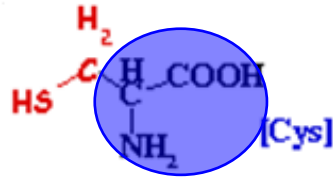
Polaires chargés (négativement)



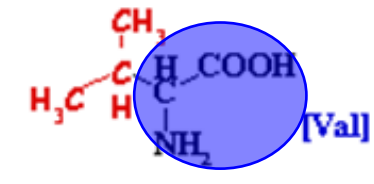
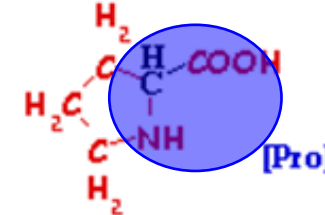
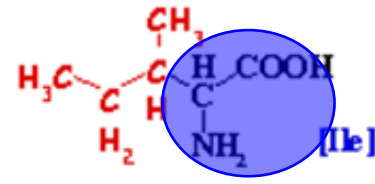
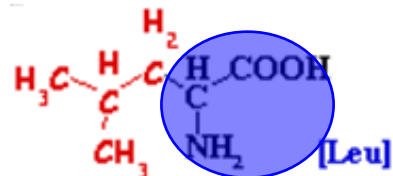
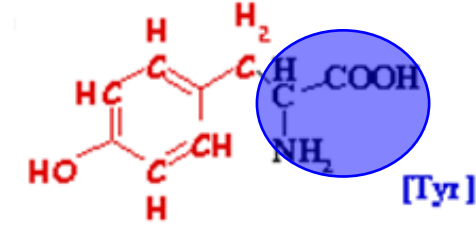
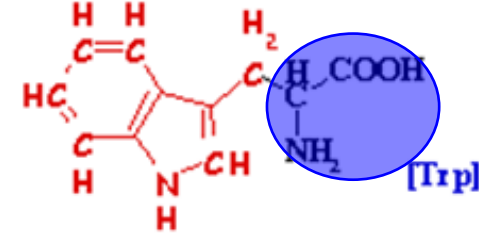
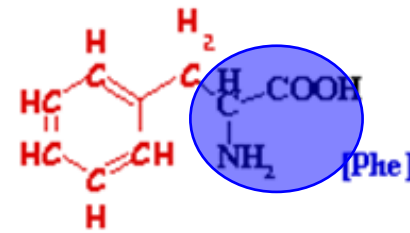
Polaires chargés (positivement)



Non polaires soufrés



Non polaires aromatiques

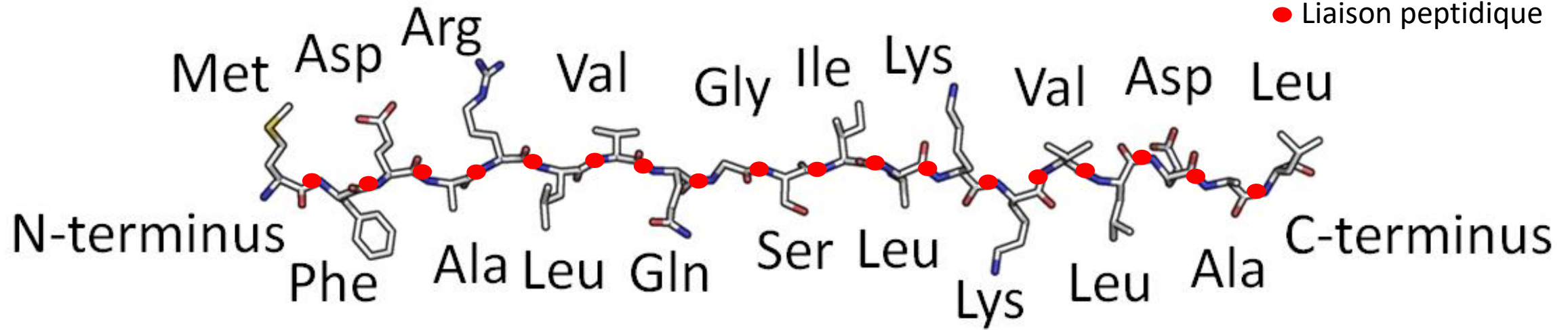


Non polaires aliphatiques

Structure primaire et secondaire

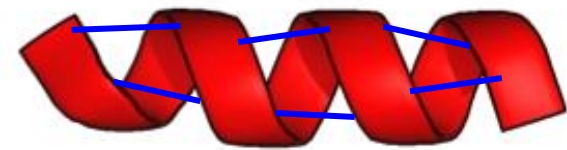
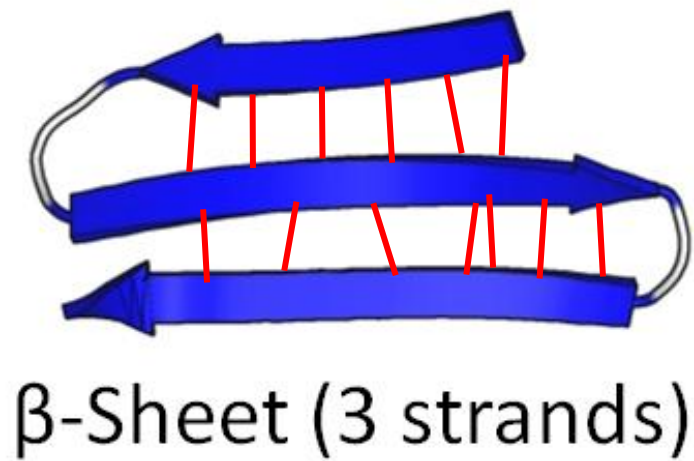
Primary

● Liaison peptidique



Secondary

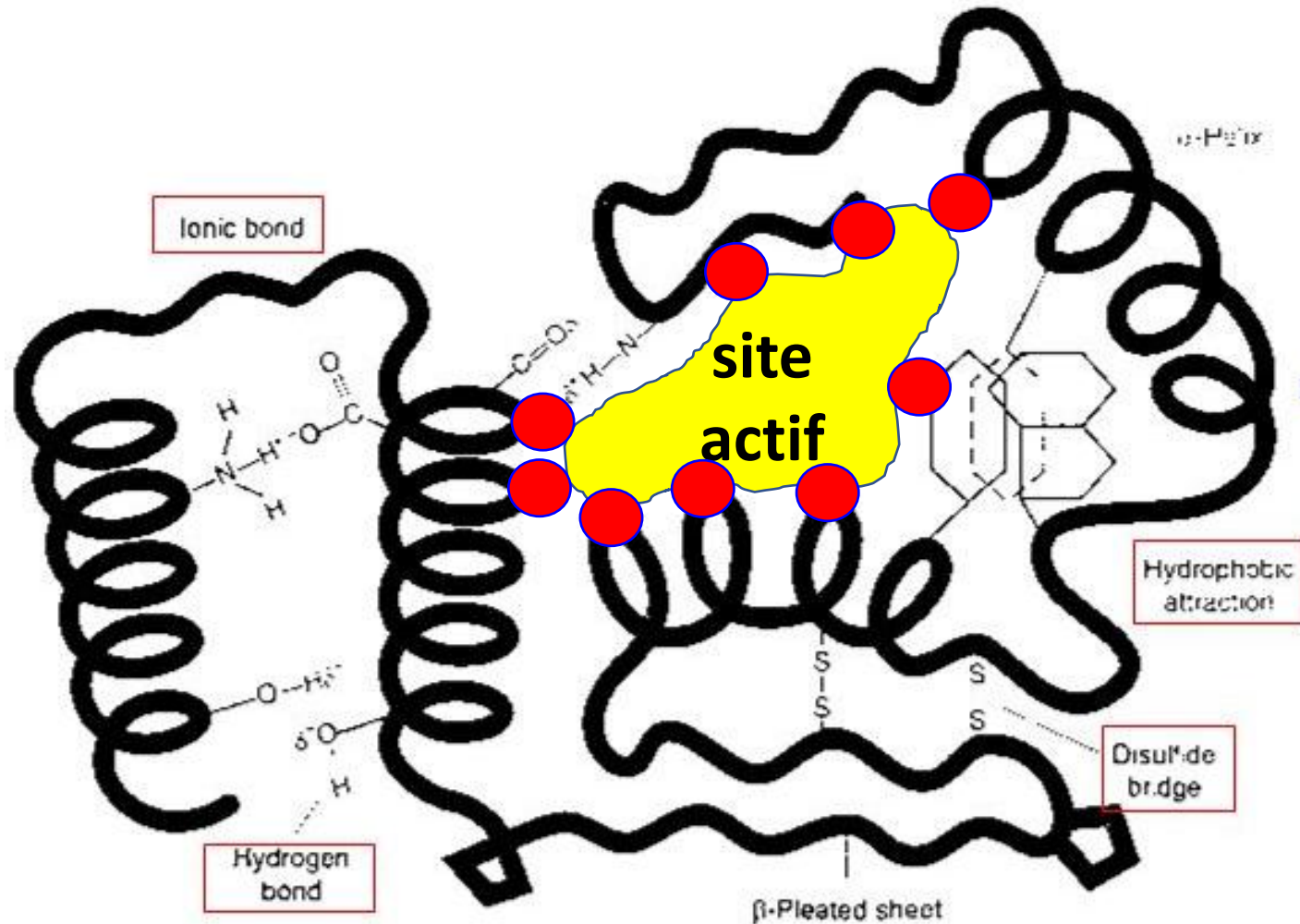
— Liaisons hydrogène —



Structure tertiaire

Forces d'interaction

● Acide aminé du site actif



Pour les protéines présentes dans un milieu aqueux:

- Les acides aminés hydrophobes sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophiles sont exposés au solvant;

À l'inverse, pour les protéines membranaires, qui sont exposées à un environnement hydrophobe:

- Les acides aminés hydrophiles sont enfouis à l'intérieur de la structure;
- Les acides aminés hydrophobes sont exposés au solvant;