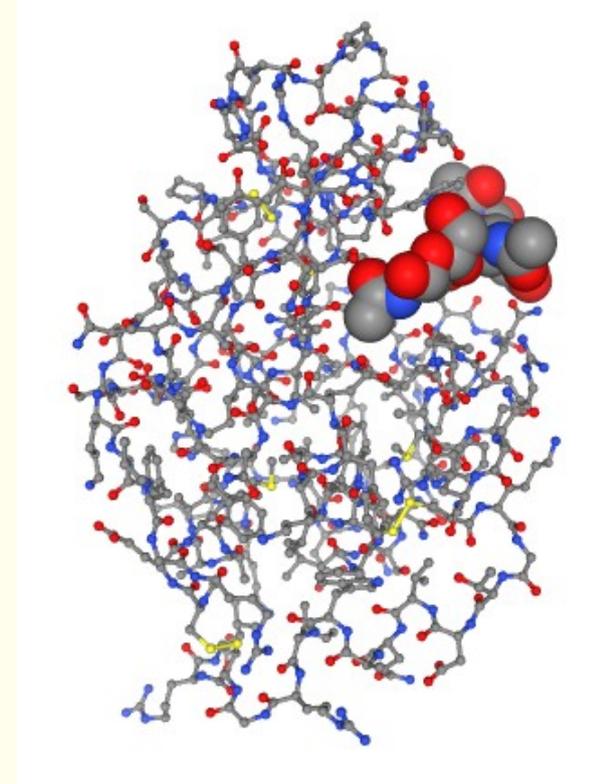
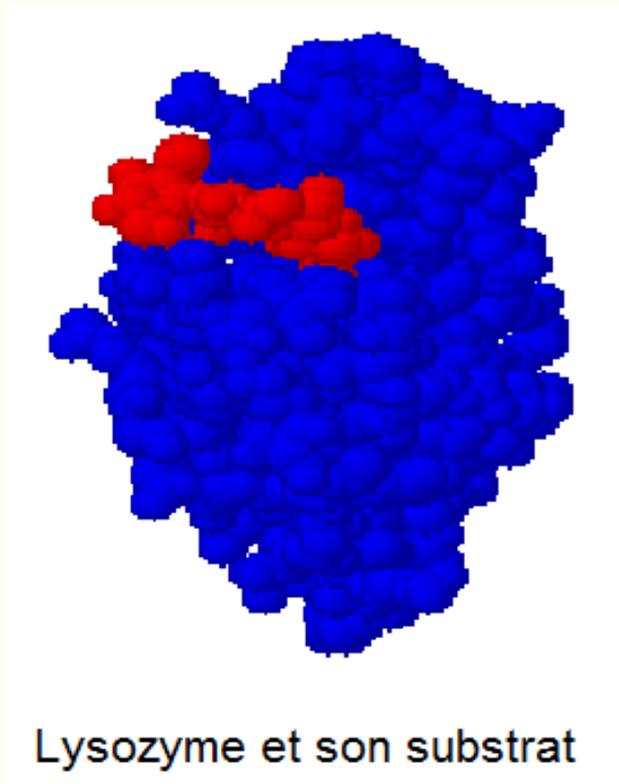


Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



Lysozyme de blanc d'oeuf de poule et son substrat (fragment).

Des catalyseurs biologiques extraordinaires!

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

Avertissements :

1- le présent document est exclusivement destiné aux élèves de première SVT du lycée J H FABRE et a donc un but pédagogique. Il peut être diffusé librement.

2- certains éléments peuvent ne pas être libres de droits, l'auteur n'est pas responsable de l'usage qui peut en être fait

3-

[...

P. Mueller et D. Oppenheimer ont évalué les deux groupes de participants une semaine après le cours. Là encore, ceux qui avaient pris des notes à la main ont obtenu les meilleures performances. Ces notes, qui incluent les propres mots et l'écriture des étudiants, semblent rappeler plus efficacement les souvenirs, en recréant aussi bien le contexte (les processus de pensée, les émotions, les conclusions) que le contenu (notamment les données factuelles) de la session d'apprentissage.

Ces résultats ont des implications importantes pour les étudiants qui se fondent sur du contenu mis en ligne par les enseignants. Quand ils ne prennent aucune note, ils n'organisent pas les informations et ne les synthétisent pas dans leurs propres mots. Ainsi, ils ne s'engagent pas dans le travail mental qui favorise l'apprentissage.

...]

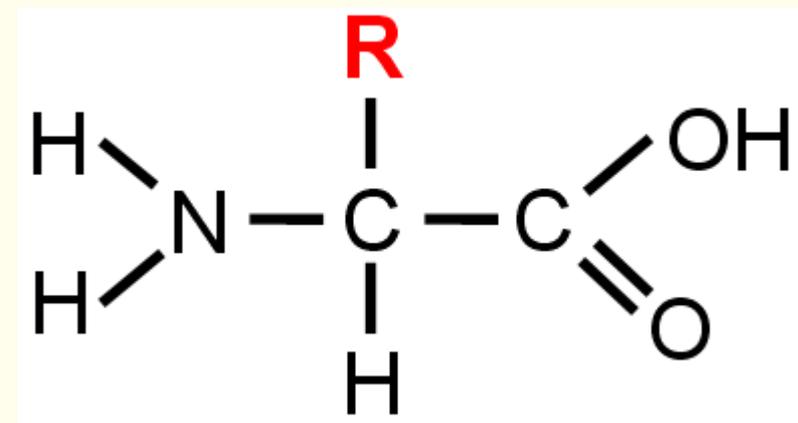
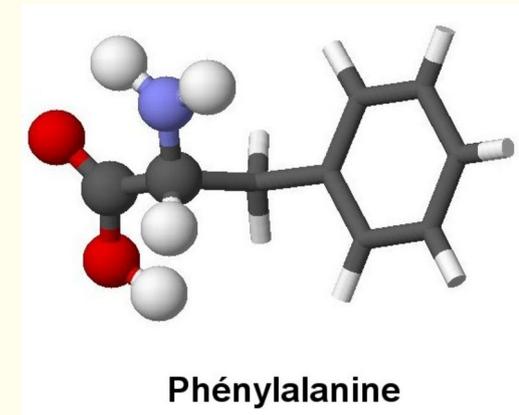
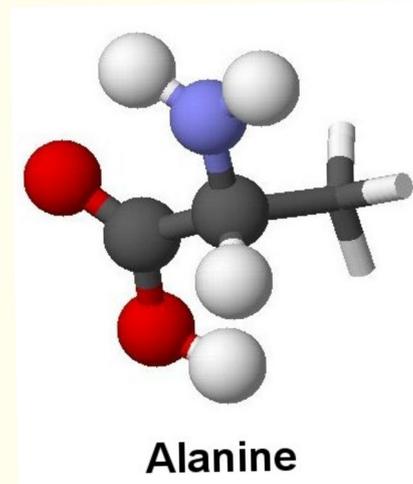
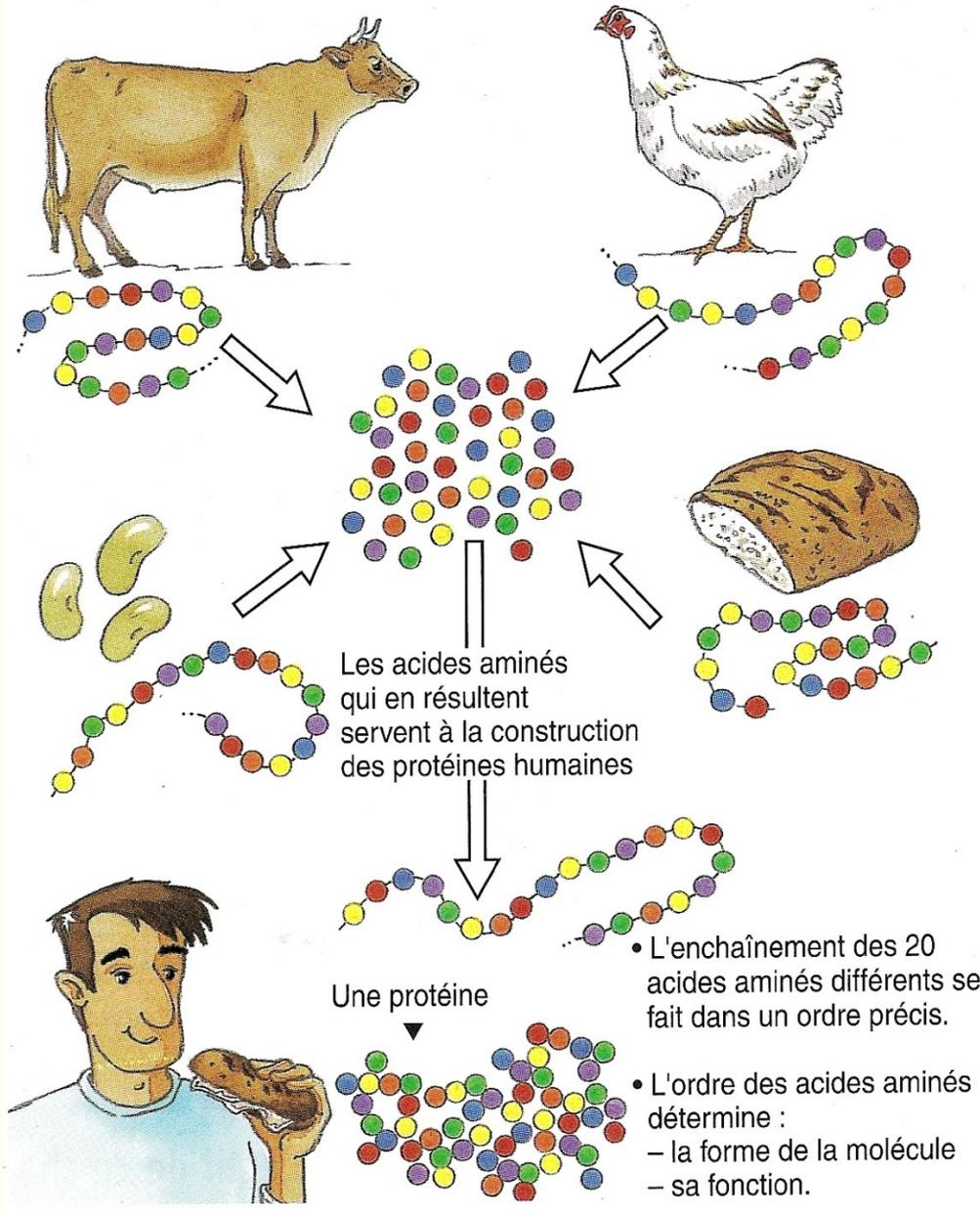
Pam Mueller, de l'Université de Princeton, et Daniel Oppenheimer, de l'Université de Californie à Los Angeles, 2014



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

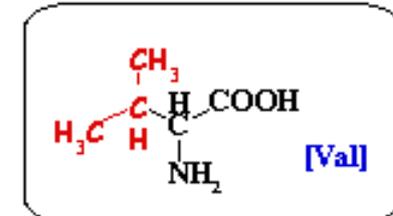
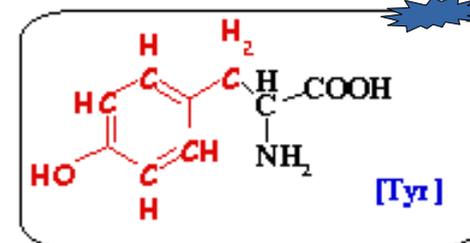
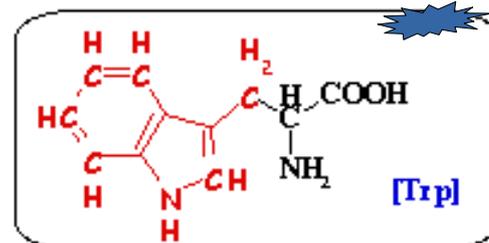
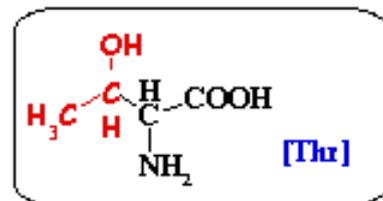
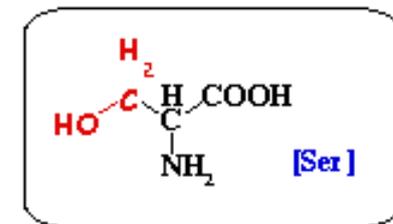
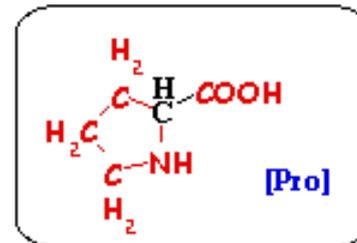
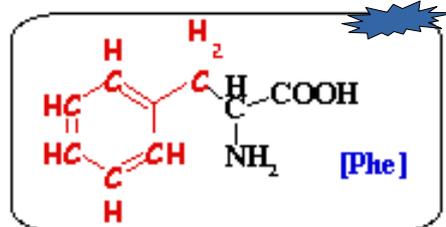
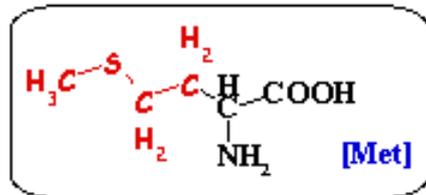
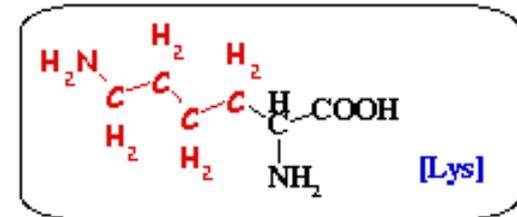
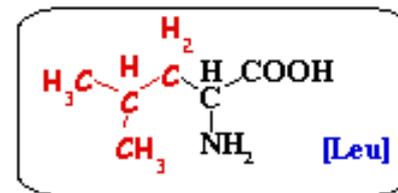
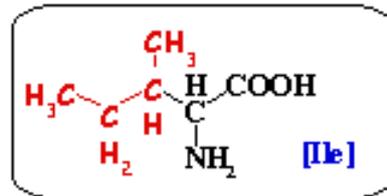
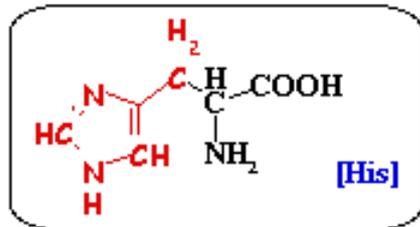
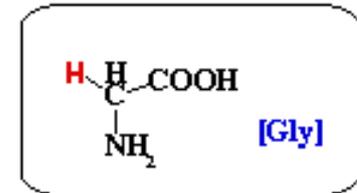
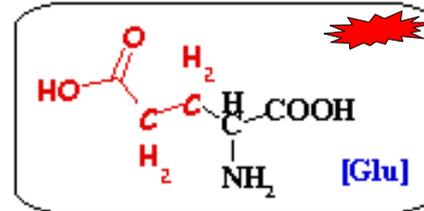
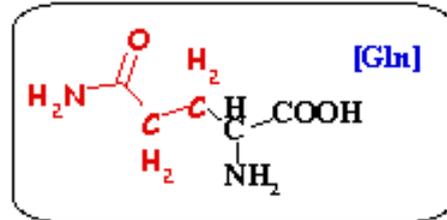
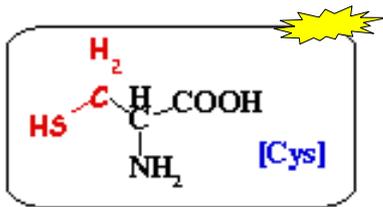
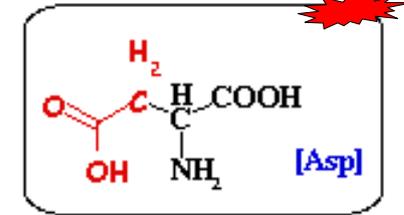
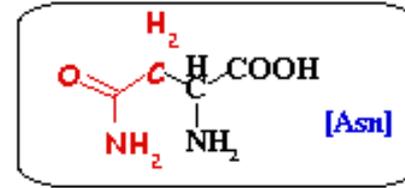
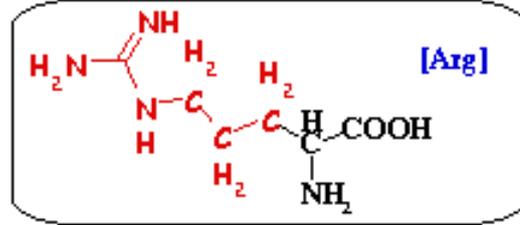
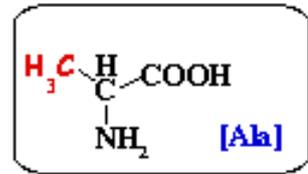
Les protéines; des enchaînements d'acides aminés

Les protéines contenues dans nos aliments sont digérées.



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

20 acides aminés sont utilisés pour produire toute la diversité des protéines.



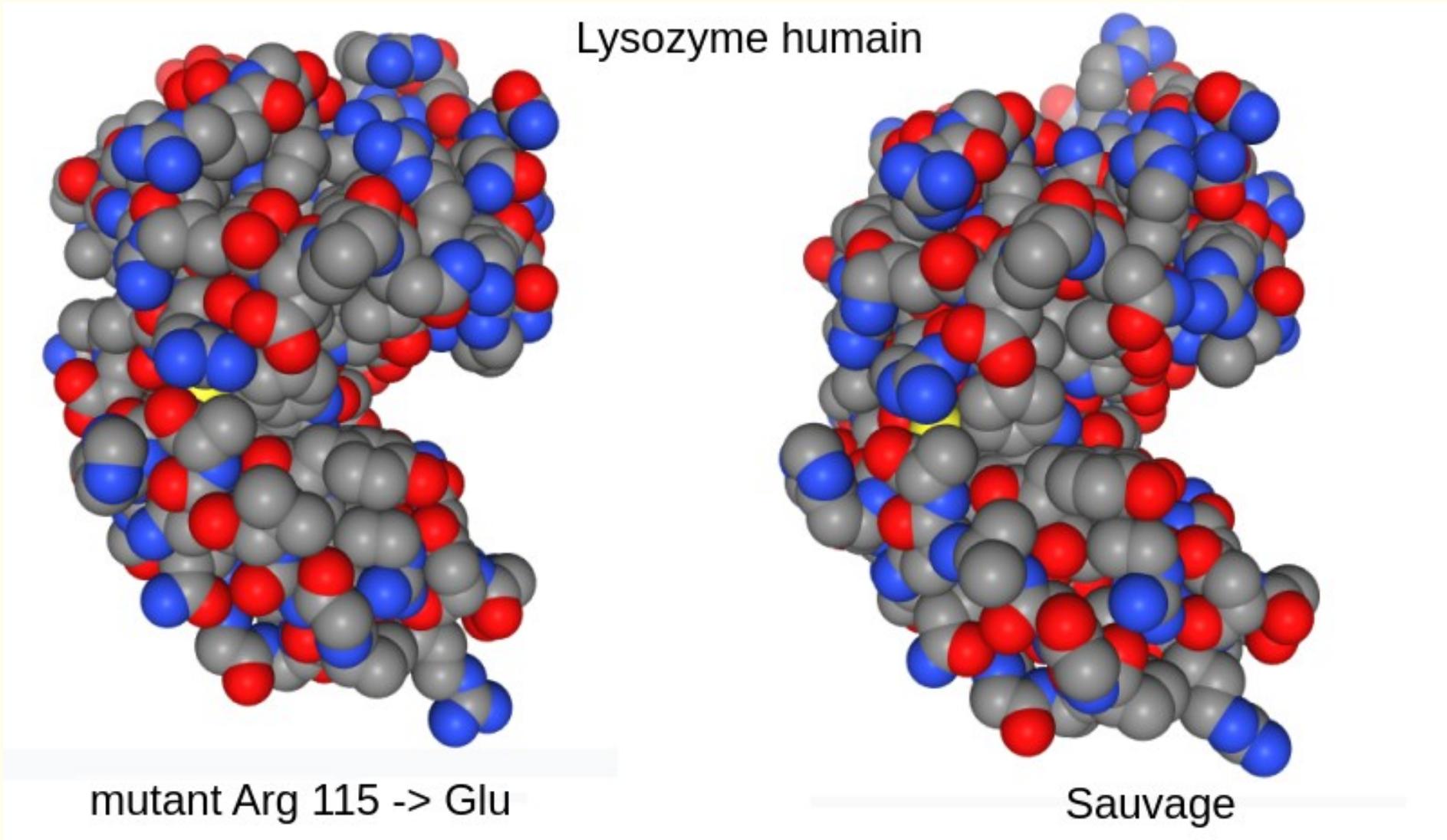
E. Jaspard (2005) - IsisDraw

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

La double spécificité enzymatique ~ **la spécificité de substrat**

Lysozyme muté et lysozyme sauvage

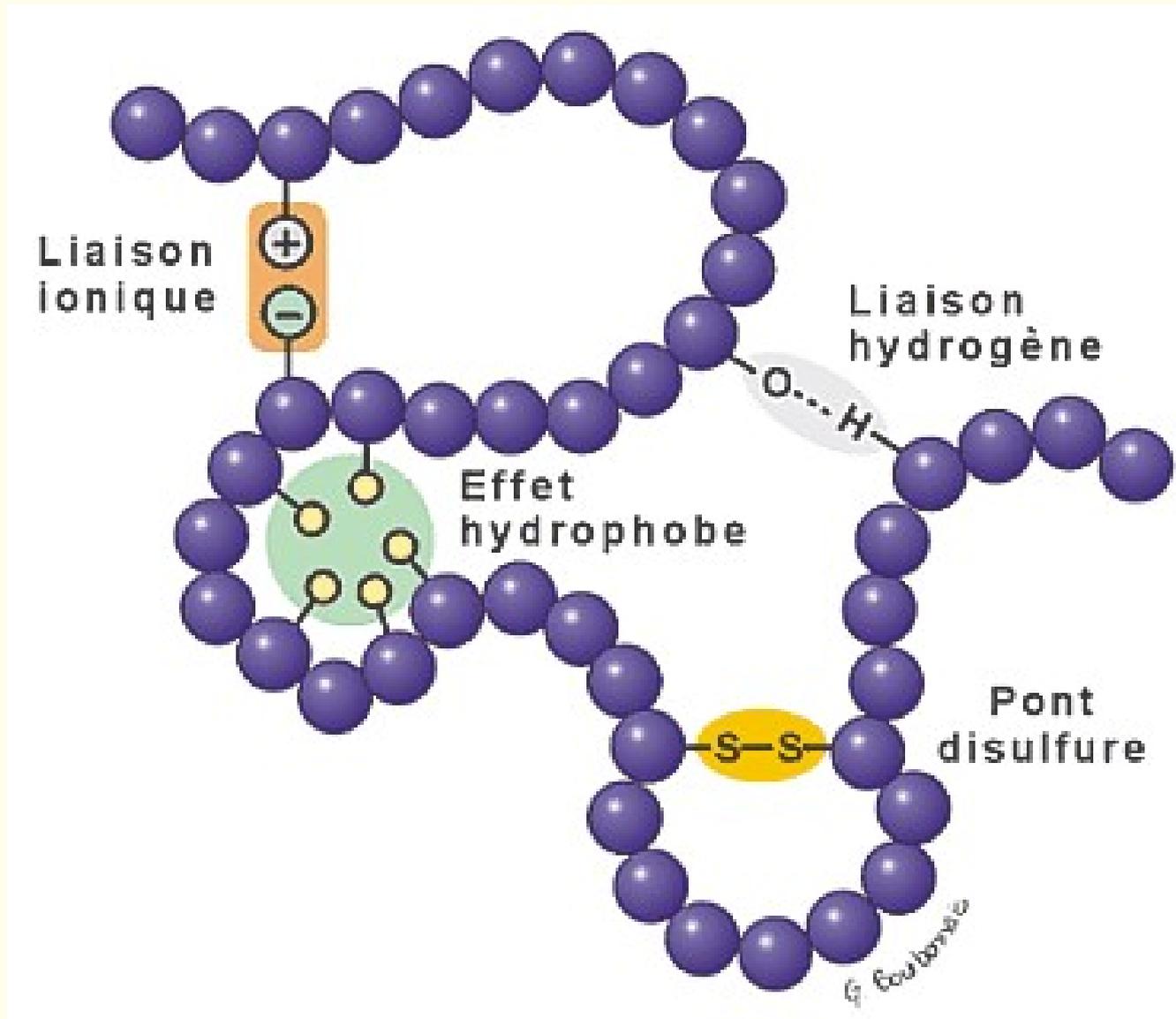
TP



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

Importance des radicaux des acides aminés dans la structure des protéines

La structure tridimensionnelle des protéines dépend des radicaux des aa
donc de la séquence d'aa
donc de la séquence nucléotidique de l'allèle



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

La digestion transforme les aliments en nutriments;

- molécules plus simples
- souvent solubles
- pouvant être transportées par le sang (ou la lymphe)

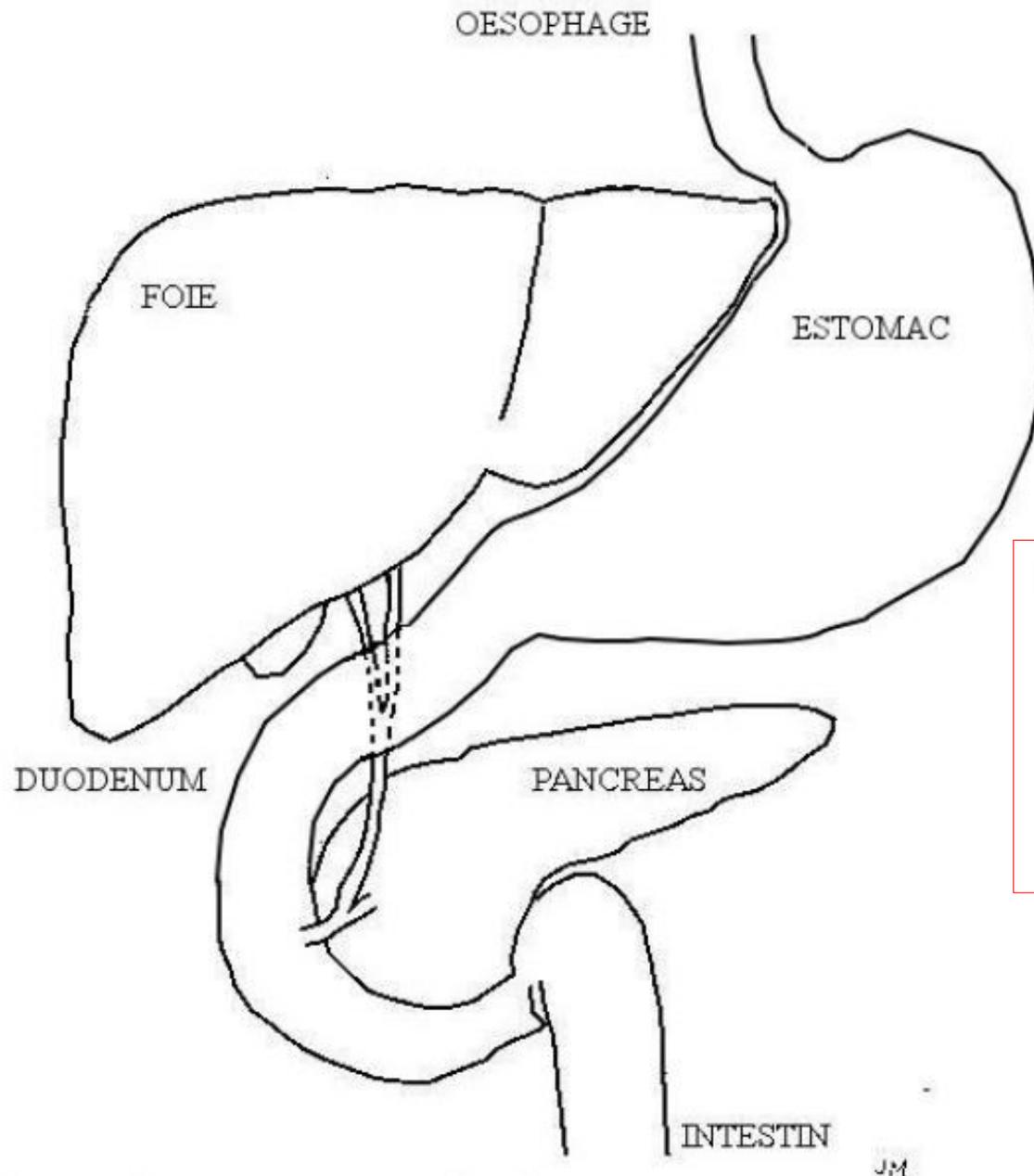
Protéines → acides aminés

Lipides → acides gras + glycérol

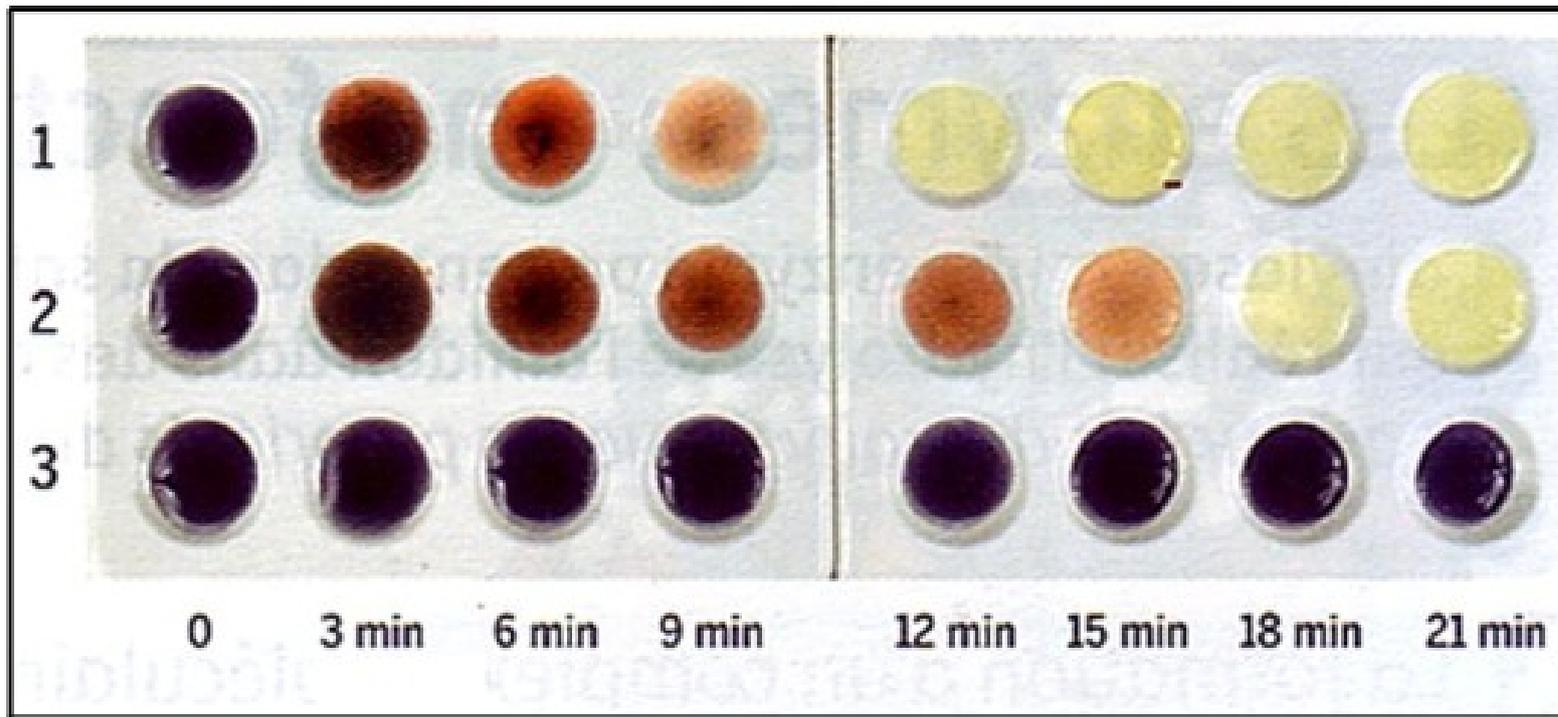
Polymères glucidiques → sucres simples

La digestion est;

- rapide (minutes, heures)
- thermiquement compatible avec le vivant (37°C)



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



Contenu des tubes :

1. 10 ml. d'empois d'amidon + 3 ml HCl, $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. 10 ml. d'empois d'amidon + 3 ml d'amylase, $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. 10 ml d'empois d'amidon + 3 ml d'eau, $T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

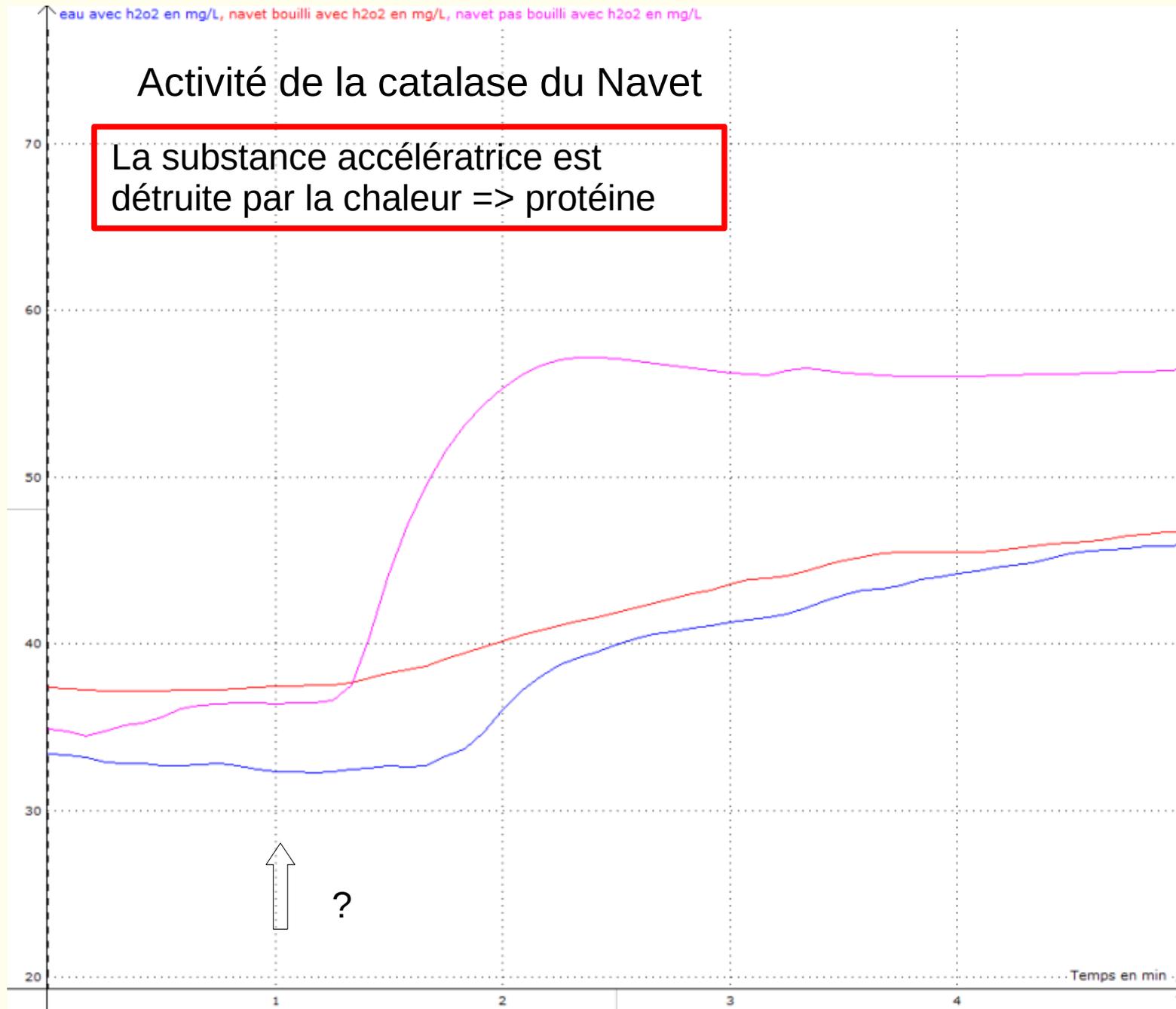
D'après Bordas 2012

La réaction catalysée est presque aussi rapide, parfois plus rapide que la réaction minérale

Elle se déroule dans des conditions compatibles avec le vivant.

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

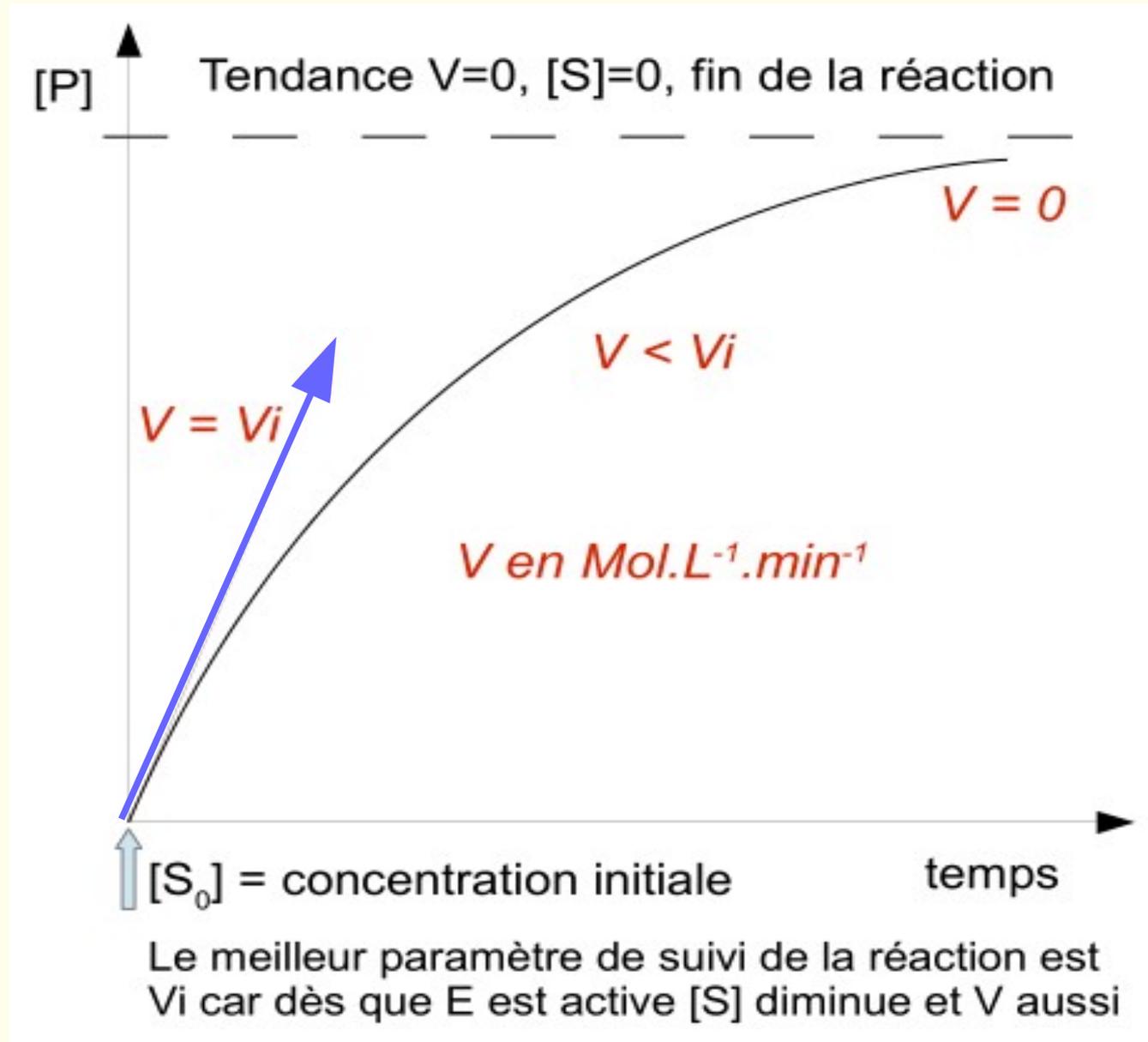
TP



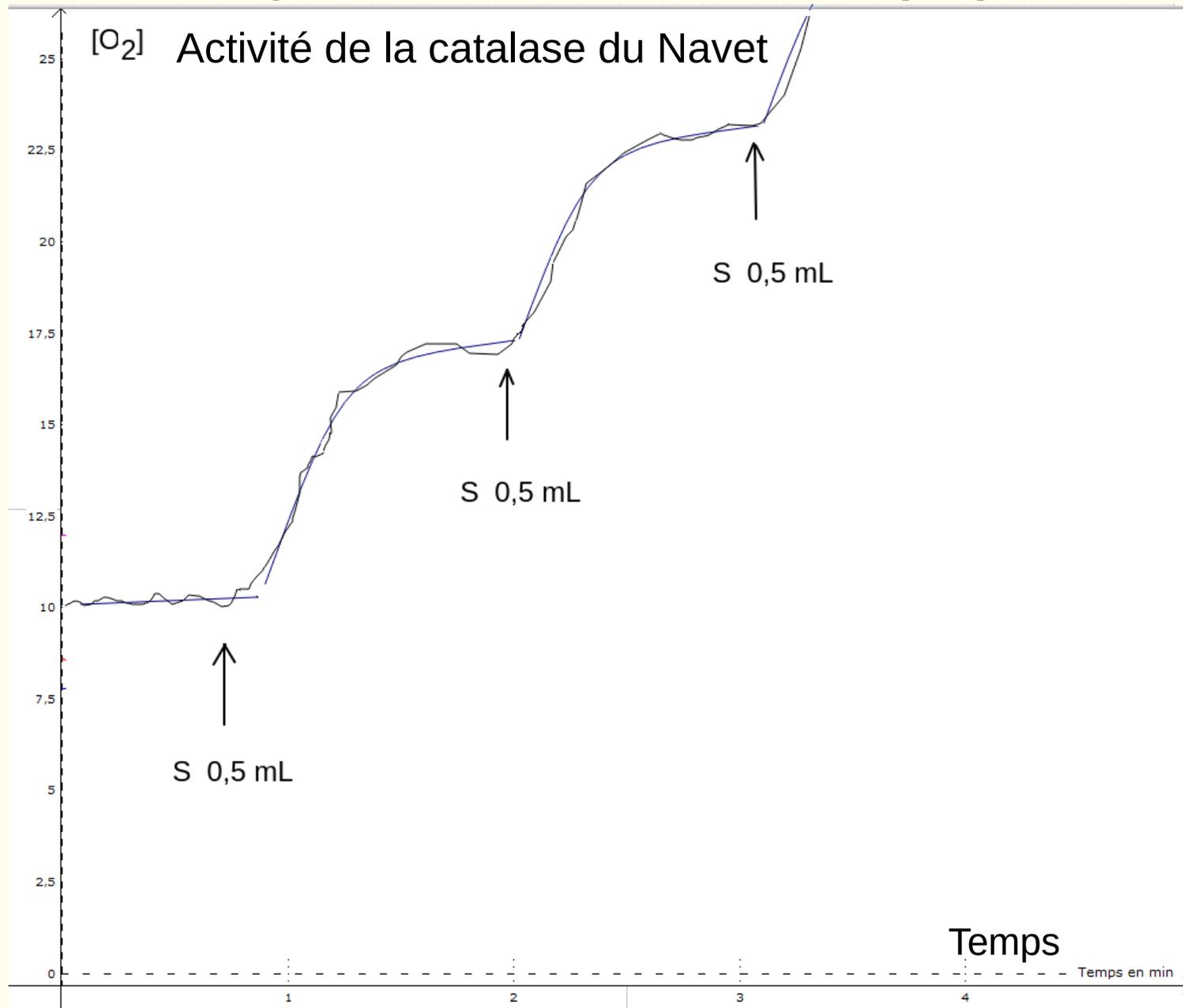
Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

$V = d[P] / dt$ ou bien $V = - d[S] / dt$ en $\text{Mol.L}^{-1}.\text{S}^{-1}$ ou concentration massique par Seconde

Vu en TP

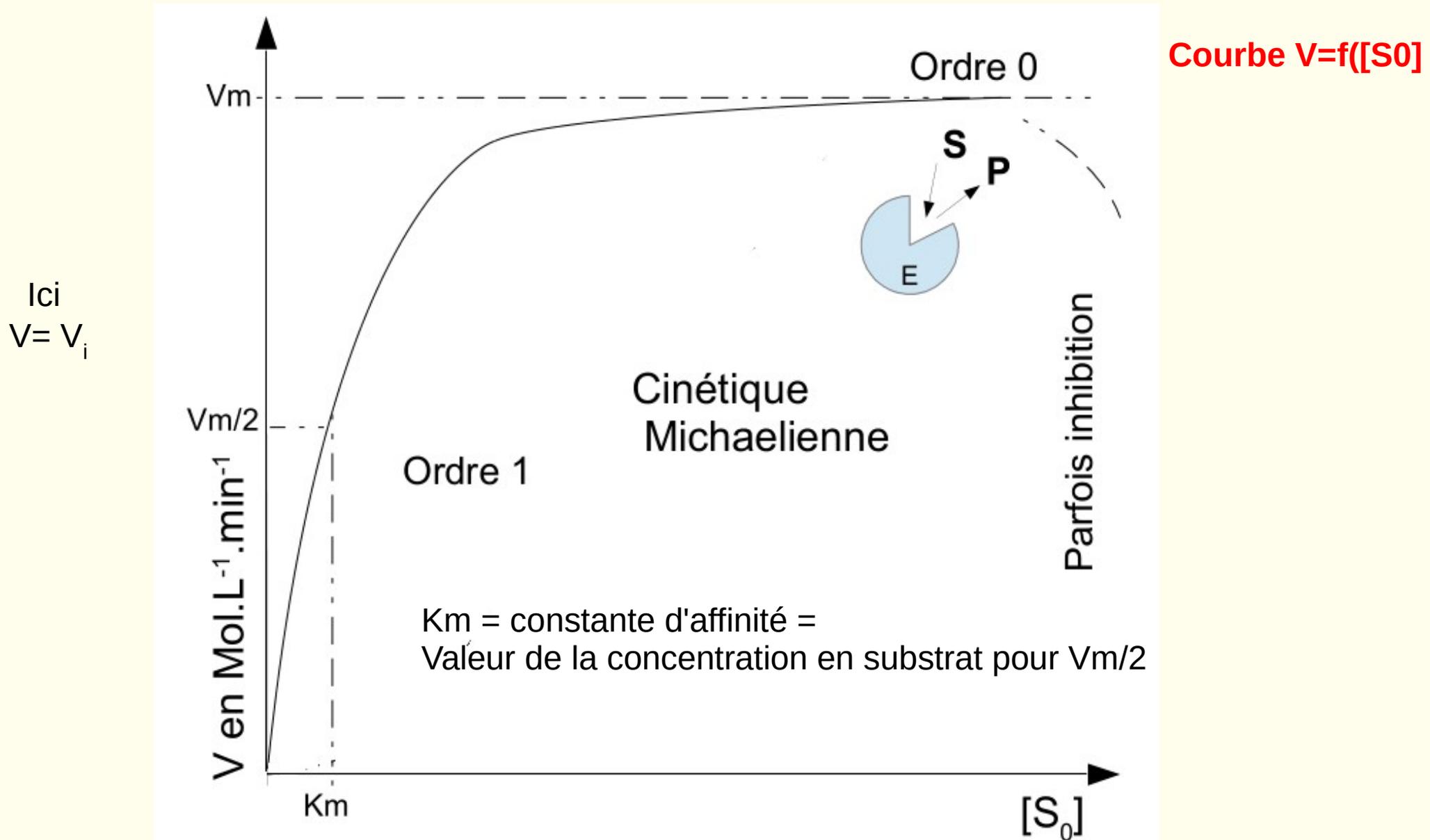


Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



La substance n'est pas consommée au cours de la réaction => un catalyseur.

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



La saturation par le substrat suggère l'existence d'un nombre fini de sites réactionnels disponibles à un instant t.

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

Enzyme commission ~**3200 enzymes** référencées, 6 classes

EC 1 **Oxydo-réductases** : catalysent les réactions d'oxydo-réduction comme les oxygénases

EC 2 **Transférases** : transfèrent un groupement fonctionnel (par ex. un groupe phosphate)

EC 3 **Hydrolases** : catalysent l'hydrolyse de diverses liaisons

EC 4 **Lyases** : brisent diverses liaisons par d'autres procédés que l'hydrolyse et l'oxydation

EC 5 **Isomérases** : catalysent les réactions d'isomérisation d'une molécule

EC 6 **Ligases** : joignent deux molécules par des liaisons covalentes

Exemple : EC 2.7.3.2 est la **créatine-kinase**

2 = classe des transférases

7 = sous-classe des phosphotransférases

3 = sous-sous-classe des phosphotransférases qui ont un accepteur avec de l'azote

2 = numéro d'ordre de l'enzyme en question.

Mais EC 3.6.3.14 est l'**ATP synthase transmembranaire**. Une hydrolase et non une transférase car son rôle est (souvent) réversible comme pompe à proton avec consommation d'ATP ou comme génératrice d'ATP utilisant un gradient de protons.

Comment comprendre cette diversité?

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

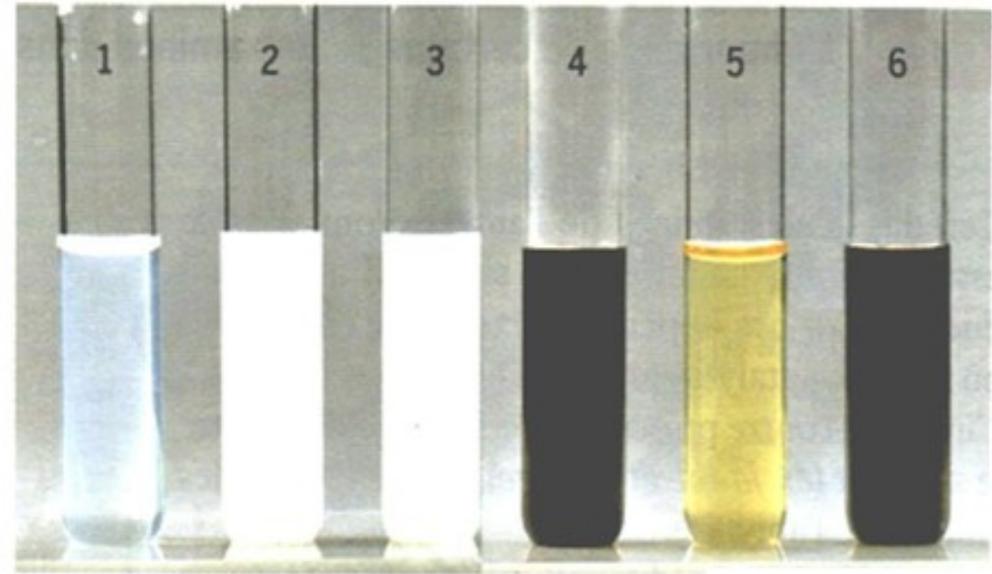
La double spécificité enzymatique ~ la spécificité de substrat

La spécificité de substrat

On dispose des produits suivants : précipité d'ovalbumine (protéine de blanc d'œuf), empois d'amidon, amylose, pepsine, acide dilué.

- Préparer six tubes en réalisant les mélanges indiqués dans le *tableau ci-contre* (4 mL de substrat + 20 gouttes de solution enzymatique ou d'eau).
- Placer les tubes au bain-marie à 35 °C pendant 20 minutes environ.
- À la fin de l'expérience, ajouter une goutte d'eau iodée aux tubes 4, 5 et 6.

Remarque : la pepsine n'agissant qu'en milieu acide, ajouter quelques gouttes d'acide dilué aux tubes 1 et 4 pour abaisser le pH.



D'après Bordas 2012

Tube	Composition
1	Ovalbumine + pepsine
2	Ovalbumine + amylose
3	Ovalbumine + eau
4	Amidon + pepsine
5	Amidon + amylose
6	Amidon + eau

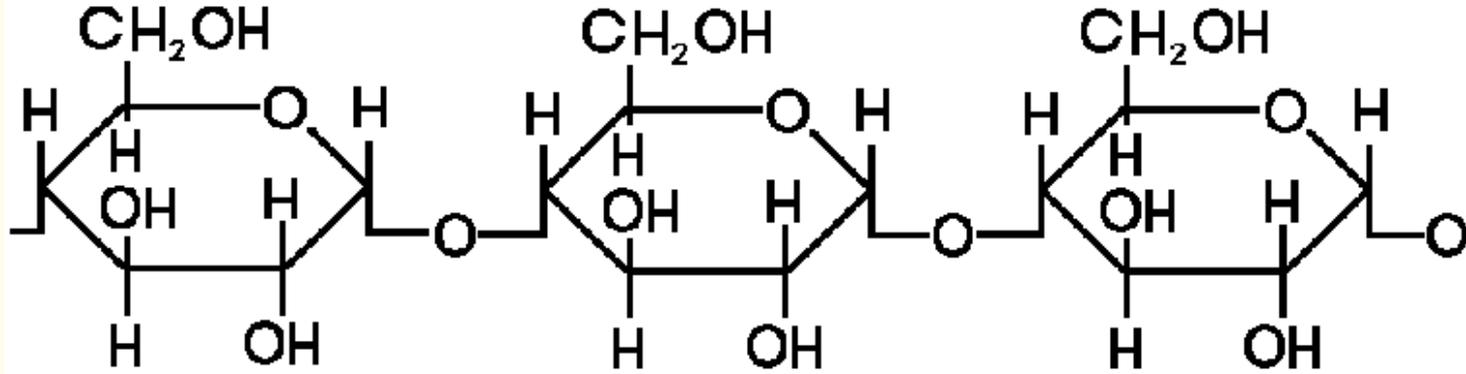
Une enzyme n'accepte qu'une seule classe de substrat (classe de molécule) souvent un seul substrat (molécule = une espèce chimique)

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

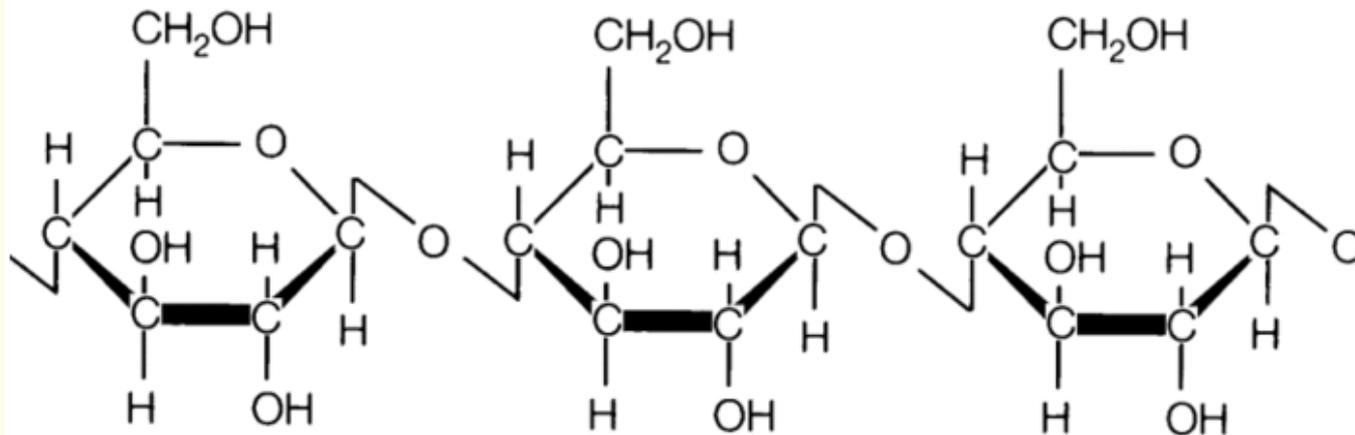
La double spécificité enzymatique ~ la spécificité de substrat

Amidon + amylase salivaire → Maltose + amylase salivaire
Cellulose + amylase salivaire → Cellulose + amylase salivaire
Cellulose + cellulase → Cellobiose + cellulase

Amidon
+
Amylase
salivaire
humaine



Cellulose
+
cellulase
(organisme
unicellulaire)

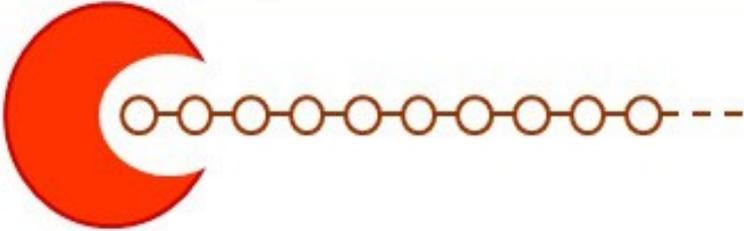
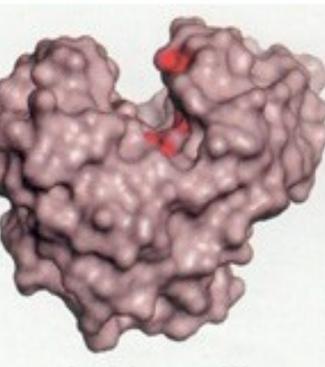
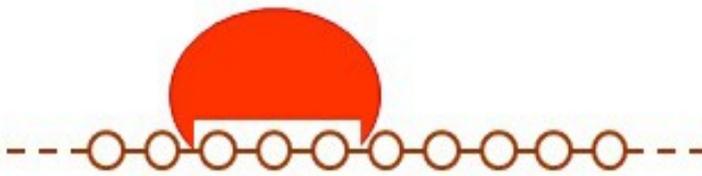


La spécificité de substrat peut dépendre de la géométrie d'une liaison covalente!

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

La double spécificité enzymatique ~ la spécificité de réaction

Modes d'action des polysaccharidases

<p>Exo = Attaque l'extrémité de la chaîne</p>	
 <p>Un produit d'hydrolyse</p>	<p>Topologie poche alpha-amylase / maltose</p>
<p>Endo = Attaque aléatoire</p>	
 <p>Produit statistique</p>	<p>Topologie sillon Endo-amylase / dextrines</p>

jm d'après phycocolloides-Diane-2007

La spécificité de réaction (de produit) peut, elle aussi être en relation avec la conformation (topologie) du site actif.

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

La double spécificité enzymatique

TP amylase + Exercice Acarbose

Justifier (argumenter) l'écriture suivante:

Site actif
=
site de fixation (reconnaissance)
+
Site réactionnel

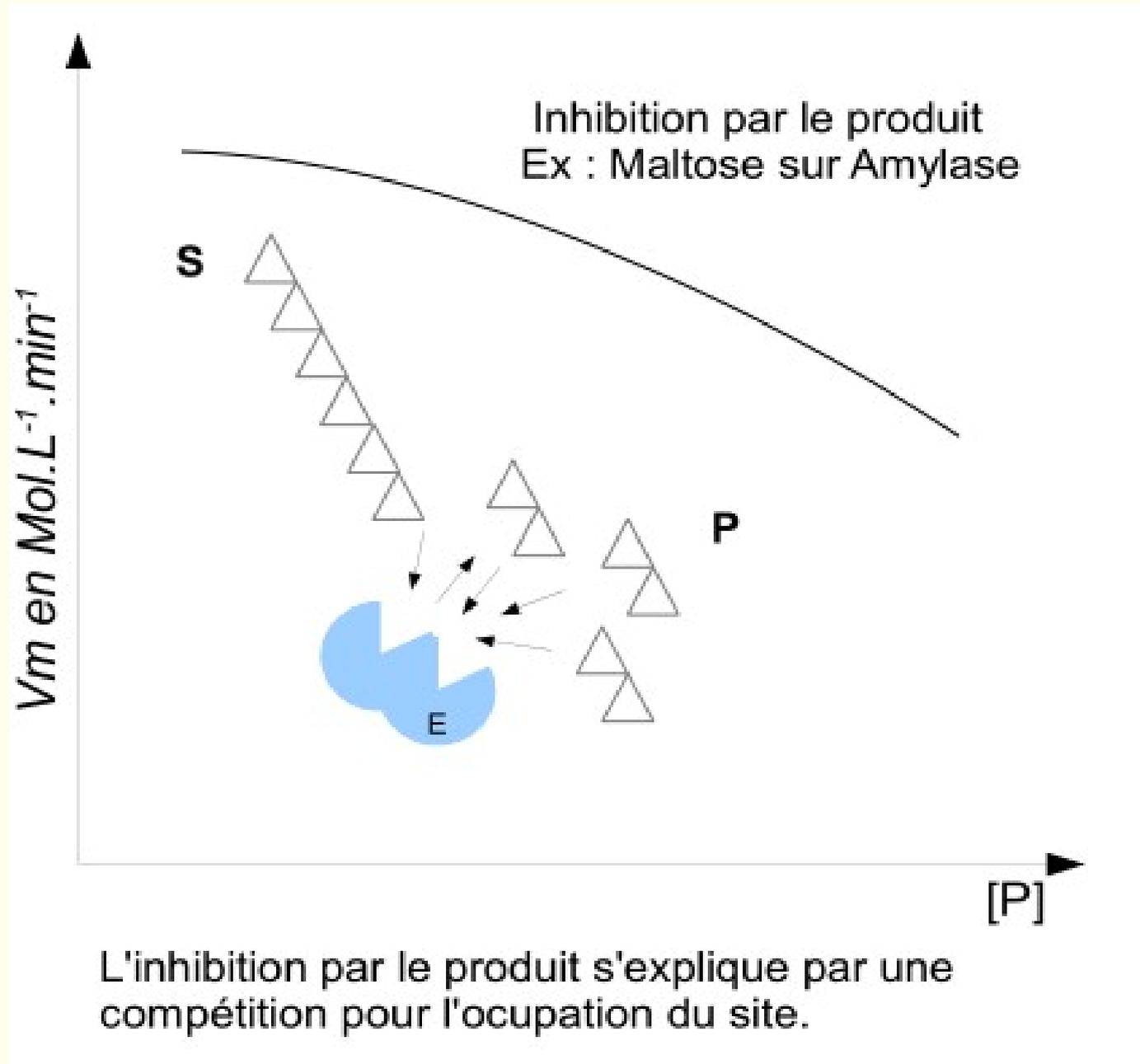
Une enzyme présente une double spécificité;

- **spécificité de substrat**
- **spécificité de réaction**

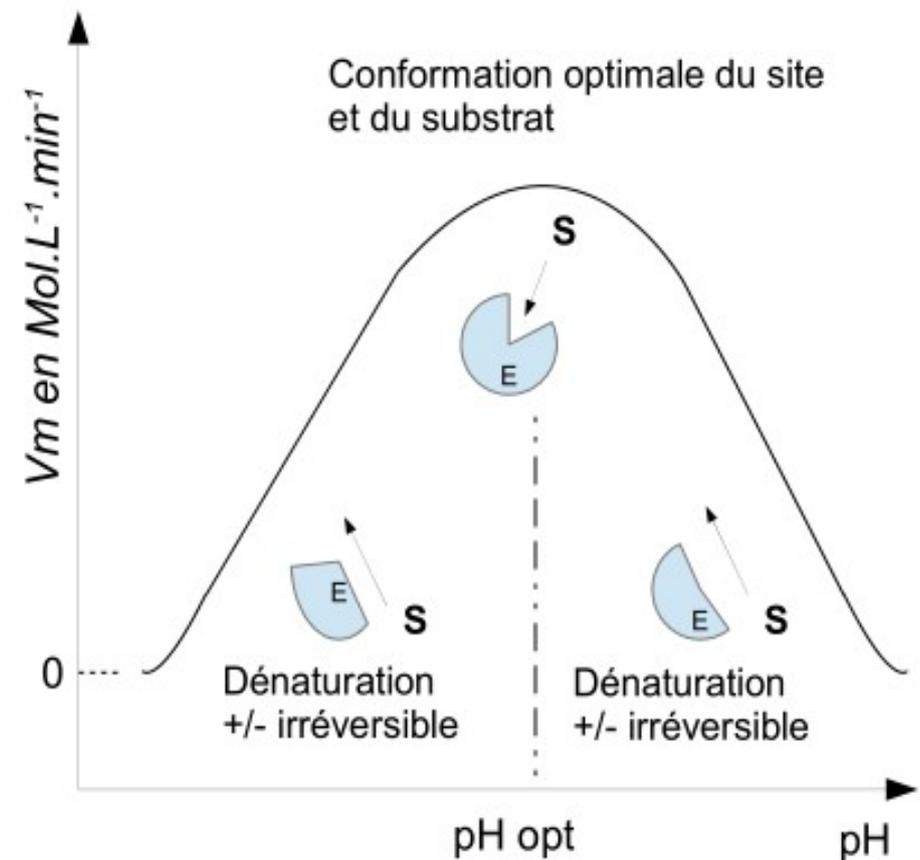
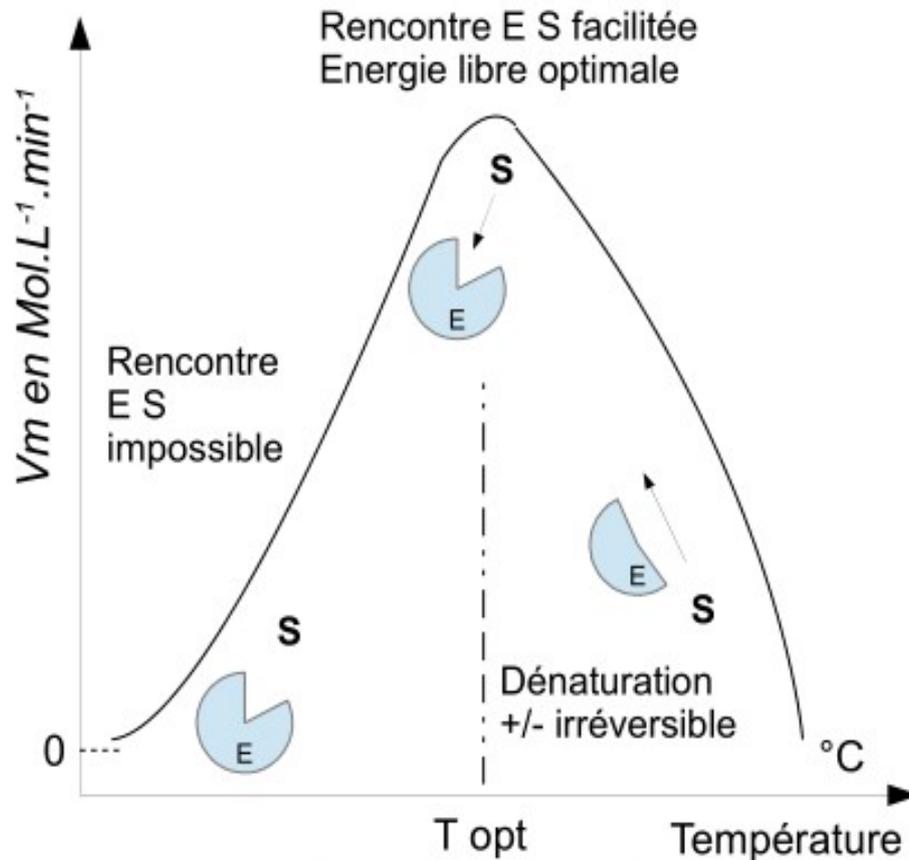
en relation avec la conformation du site actif.

La conformation du site dépend de la séquence des ac. aminés

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



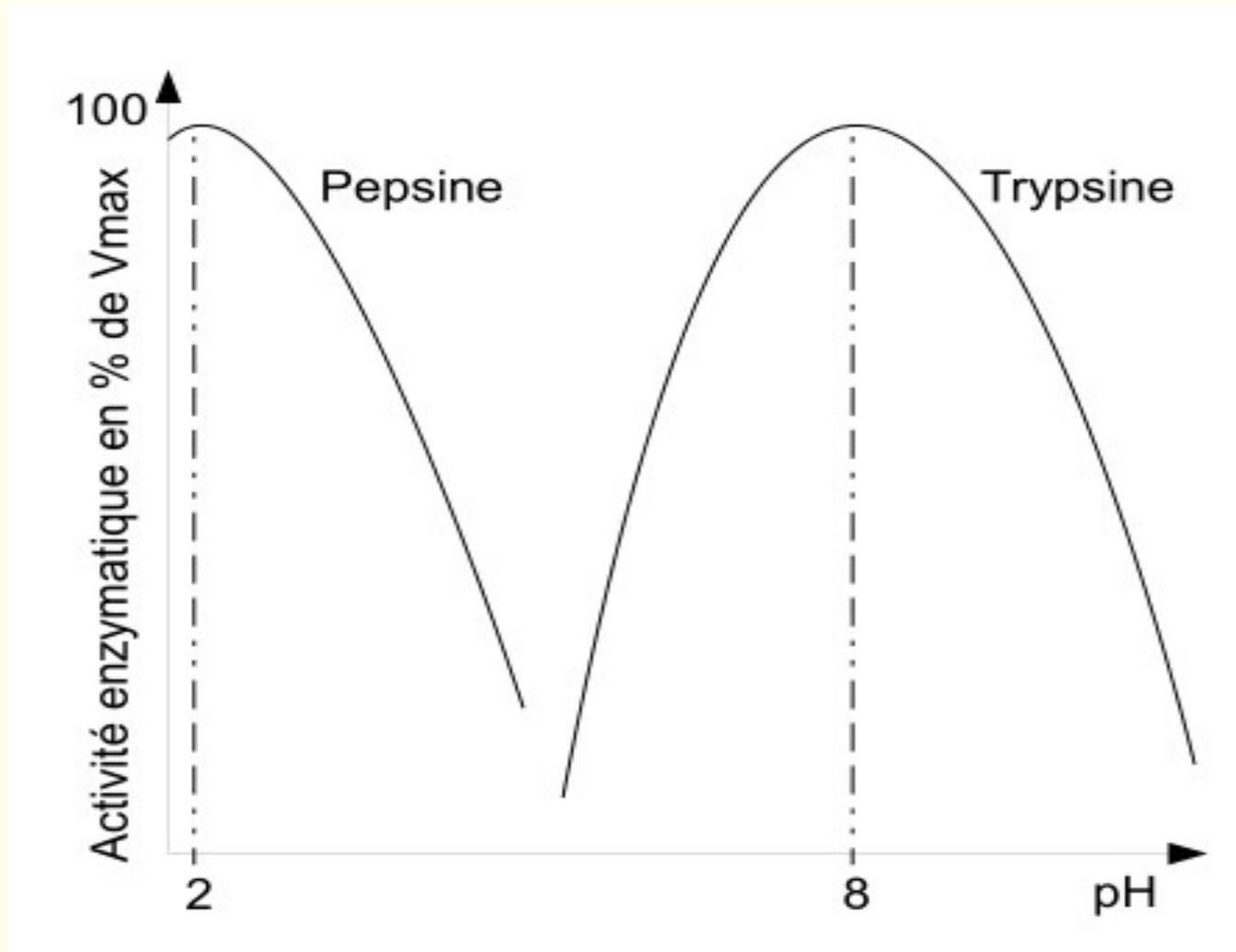
Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



Température et pH modifient l'activité enzymatique principalement en modifiant les charges des radicaux ionisables des acides aminés (modification de la conformation de l'enzyme), ou en provoquant la formation de liaisons covalentes (dénaturation irréversible ; coagulation)

La sensibilité à la température et au pH dépend des radicaux des acides aminés donc de la séquence de la protéine enzymatique donc des allèles des gènes et de l'épissage.

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques



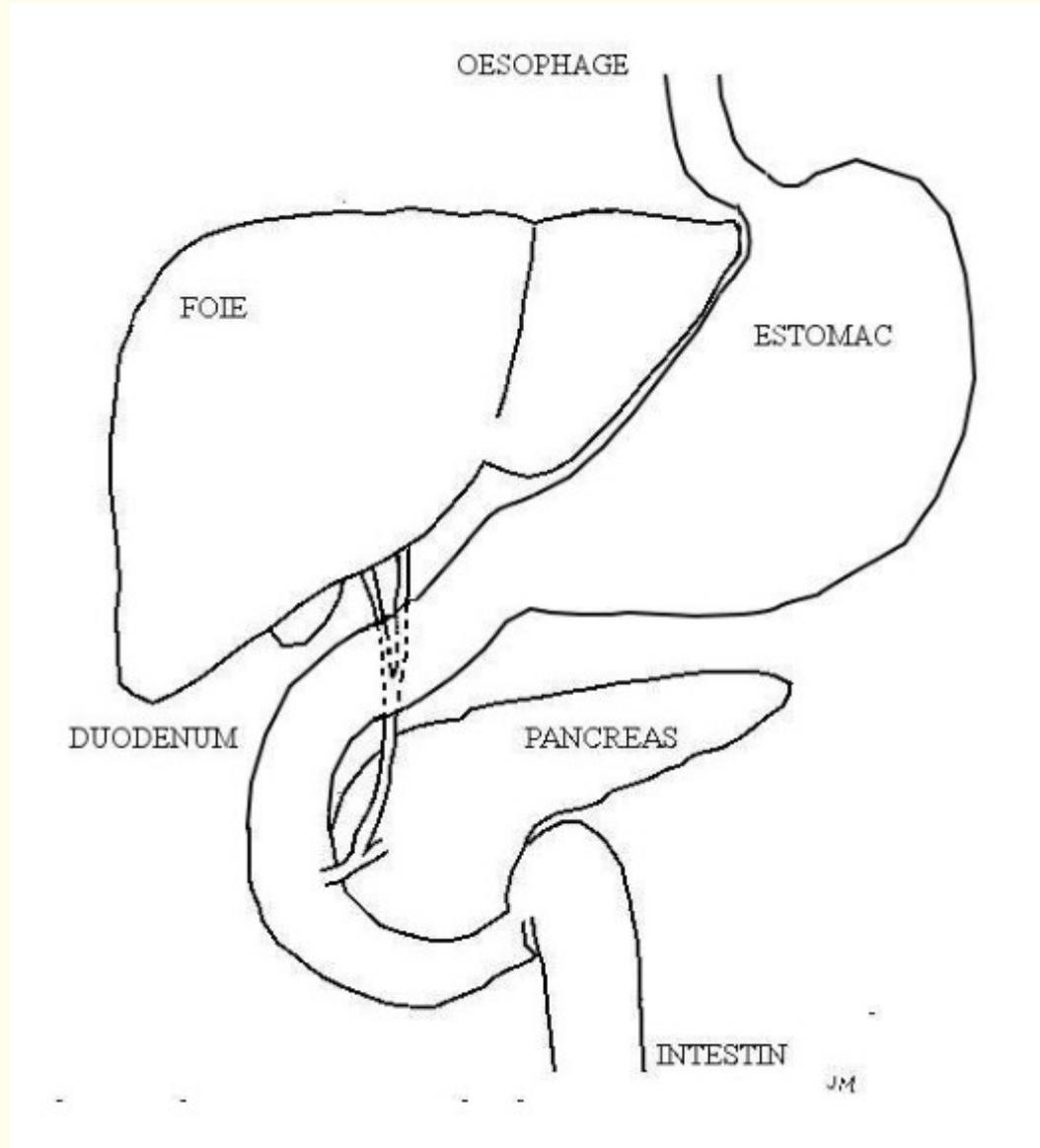
2 enzymes digestives hydrolysant les protéines

Pepsine < estomac

Trypsine < pancreas

Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

Les enzymes sont les "outils" moléculaires du vivant.
Elles présentent une double spécificité: Spécificité de substrat / Spécificité d'action
Leur activité dépend des conditions de Température et de pH qui elles mêmes peuvent dépendre de l'activité physiologique de l'organisme.



Thème 1 A6 Les enzymes des biomolécules aux propriétés catalytiques

Connaissances

Les protéines enzymatiques sont des catalyseurs de réactions chimiques spécifiques dans le métabolisme d'une cellule.

La structure tridimensionnelle de l'enzyme lui permet d'interagir avec ses substrats et explique ses spécificités en termes de substrat et de réaction catalytique.

Notions fondamentales : catalyse, substrat, produit, spécificité.

Objectifs : il s'agit de montrer que les enzymes, issues de l'expression génétique d'une cellule, sont essentielles à la vie cellulaire et sont aussi des marqueurs de sa spécialisation.

Capacités

Étudier les relations enzyme-substrat au niveau du site actif par un logiciel de modélisation moléculaire.

Concevoir et réaliser des expériences utilisant des enzymes et permettant d'identifier leurs spécificités.

Étudier des profils d'expression de cellules différenciées montrant leur équipement enzymatique.

Étudier l'interaction enzyme-substrat en comparant les vitesses initiales des réactions et faisant varier soit la concentration en substrat ; soit en enzyme. Utiliser des tangentes à $t = 0$ pour calculer la vitesse initiale.

Précisions : les caractéristiques de la cinétique enzymatiques, les compétitions au site actif ne sont pas attendues. Le contrôle de l'activité enzymatique par des effecteurs (exemples : T, pH) peut être utilisé par le professeur dans sa démarche mais n'est pas un attendu du programme.