

# Les enzymes

Dr Pauline Neveu

# Plan : « Les enzymes »

1. Qu'est-ce qu'une enzyme ?
2. Réactions biochimiques
3. Approche pratique
4. Mode d'action des enzymes
5. Facteurs influençant les enzymes
6. Double spécificité des enzymes
7. Régulation du métabolisme

# 1. Qu'est-ce qu'une enzyme ?

Rappel :

nom masculin ou féminin

synonymes :  
diastase, ferment, zymase

-nature des enzymes :

→ **protéines** (les protéines assurent plusieurs TÂCHES!)

-rôle des enzymes :

→ (bio)catalyseurs: augmentent vitesse des  
réactions biochimiques  
sans les changer

biocatalyseurs : molécules issues du vivant  
catalyseurs : molécules non issues du vivant

$10^6$  à  $10^{12}$  fois

1enzyme : 1000  
réactions/s (durée  
réaction :  $10^{-3}$ s)

(mais ne rendent pas possibles des  
réactions biochimiques impossibles !)

D'autres biocatalyseurs existent : ribozymes (nature : ARN)

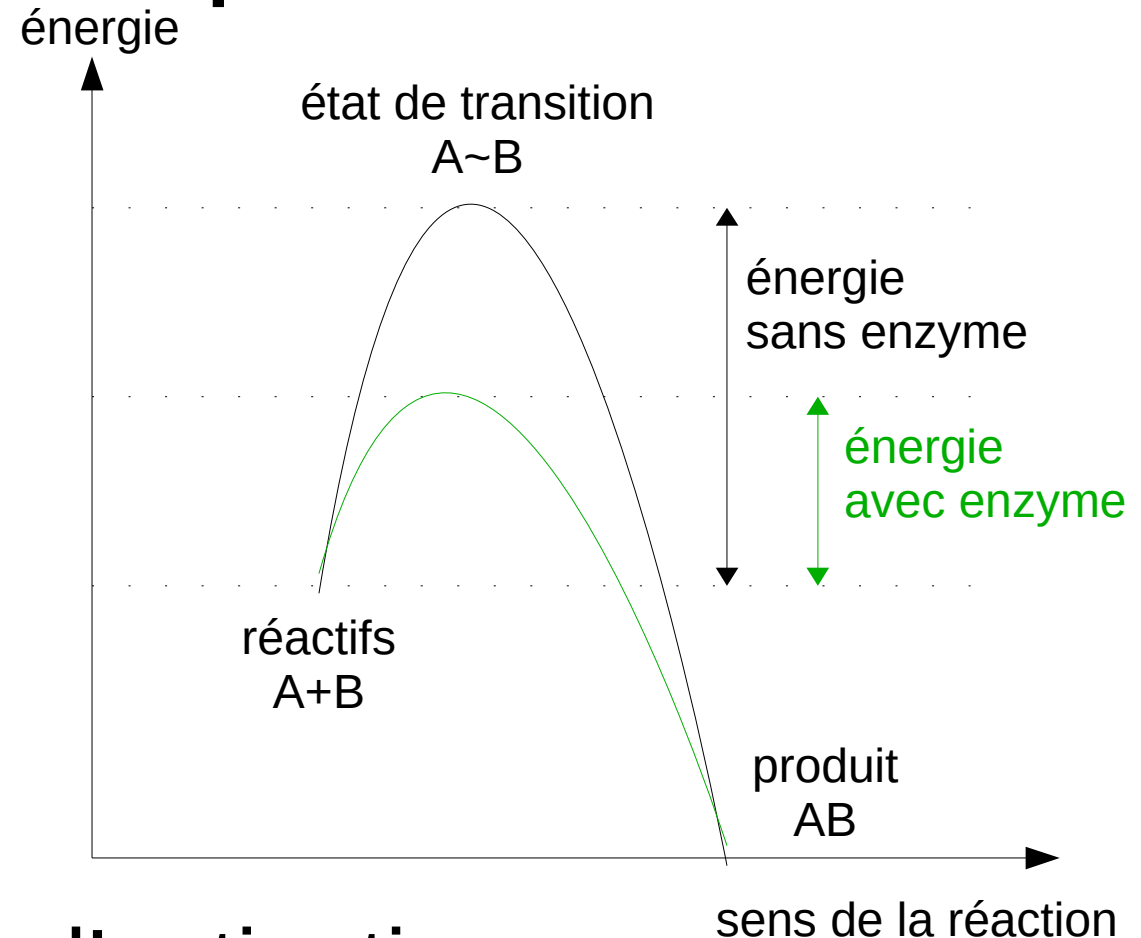
# 2. Réactions biochimiques

réactifs → produits

## Notions



- barrière d'activation
- énergie d'activation



→ contrôle de la barrière d'activation (fondamentale/stabilité)  
par les êtres vivants :

- produire des enzymes
- ou ne pas produire d'enzymes

# 3. Approche pratique

occasion de mettre en pratique l'approche hypothético-déductive (30°C)

## L'hydrolyse du saccharose est-elle possible ?

- si** je pose l'**hypothèse** que le saccharose en solution peut s'hydrolyser spontanément en glucose (pas de mention du fructose pour simplifier)
- et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre du saccharose dans de l'eau
- alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps à définir

- 
- je réalise l'expérience
  - j'observe les résultats (=résultats observés) : après 5 jours, du glucose est présent

- 
- je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés = résultats attendus  
→ hypothèse confirmée (non rejetée)  
le saccharose en solution peut s'hydrolyser spontanément en glucose (et fructose)

# 3. Approche pratique

## Les levures libèrent-elles du glucose ?

- si** je pose l'**hypothèse** que les levures ne libèrent pas de glucose
- et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre des levures en solution dans l'eau
- alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater l'absence de glucose après temps  $< 5$  jours

- 
- je réalise l'expérience
  - j'observe les résultats (=résultats observés) : après 4 jours, pas de glucose

- 
- je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés = résultats attendus  
→ hypothèse confirmée (non rejetée)  
les levures ne libèrent pas de glucose

# 3. Approche pratique

Les levures peuvent-elles hydrolyser le saccharose ?

-**si** je pose l'**hypothèse** que les levures hydrolysent le saccharose

-**et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre des levures dans une solution de saccharose

-**alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps  $< 4$  jours

---

-je réalise l'expérience

-j'observe les résultats (=résultats observés) : après 1 minute, du glucose apparaît

---

-je compare les résultats observés aux résultats attendus

résultats observés = résultats attendus

→ hypothèse confirmée (non rejetée)

les levures hydrolysent le saccharose

# 3. Approche pratique

Les levures libèrent-elles des enzymes capables d'hydrolyser le saccharose ?

- si** je pose l'**hypothèse** que les levures libèrent des enzymes capables d'hydrolyser le saccharose
- et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre du filtrat de levures dans une solution de saccharose
- alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps < 4 jours

- 
- je réalise l'expérience
  - j'observe les résultats (=résultats observés) : après 1 minute, du glucose apparaît

- 
- je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés = résultats attendus

→ hypothèse confirmée (non rejetée)  saccharases  
les levures libèrent des enzymes capables d'hydrolyser le saccharose

### 3. Approche pratique

L'acide chlorhydrique est-il un catalyseur chimique capable d'accélérer l'hydrolyse du saccharose ?

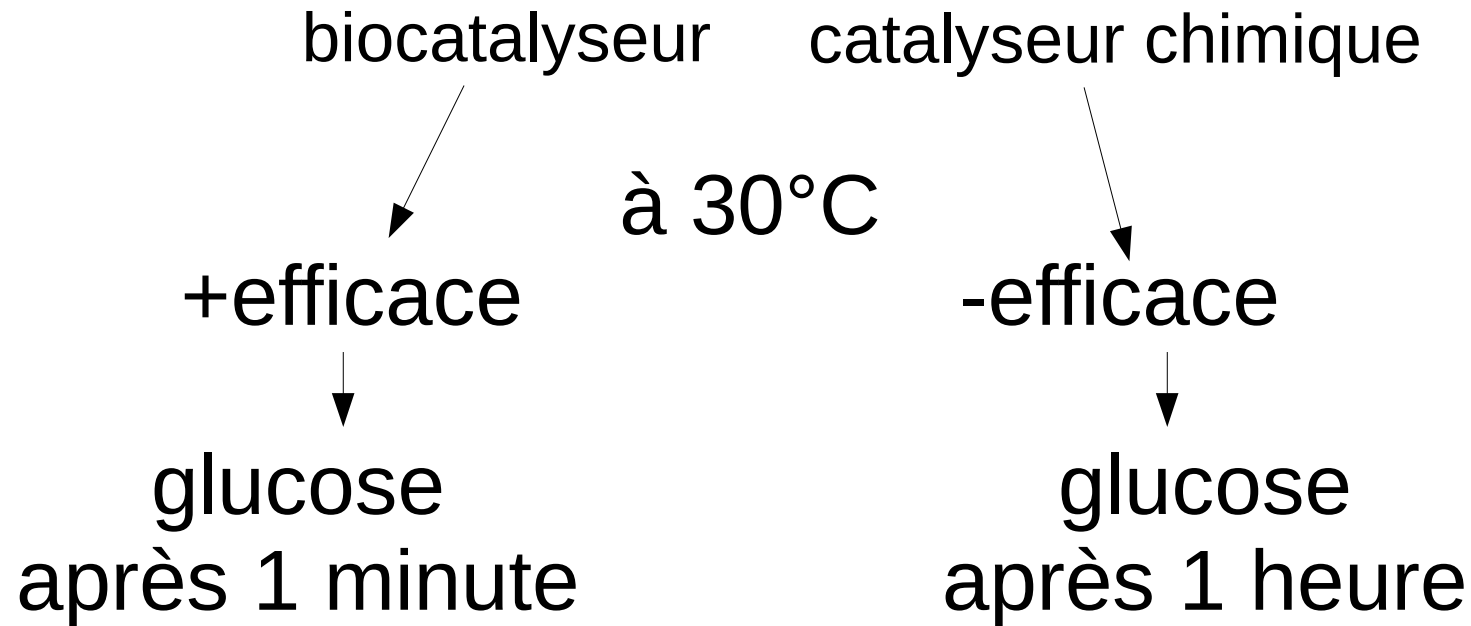
- si** je pose l'**hypothèse** que l'acide chlorhydrique est un catalyseur chimique capable d'accélérer l'hydrolyse du saccharose
  - et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre de l'acide chlorhydrique dans une solution de saccharose
  - alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps  $< 4$  jours
- 

- je réalise l'expérience
  - j'observe les résultats (=résultats observés) : après 1 heure, du glucose apparaît
- 

- je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés = résultats attendus  
→ hypothèse confirmée (non rejetée)  
l'acide chlorhydrique est un catalyseur chimique capable d'accélérer l'hydrolyse du saccharose

# 3. Approche pratique

Comparaison enzyme / acide chlorhydrique :



# 3. Approche pratique

Les enzymes fonctionnent-elles plus efficacement à 100°C (dans l'hydrolyse du saccharose) ?

-**si** je pose l'**hypothèse** que les enzymes sont plus efficaces à 100°C

-**et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre du filtrat de levures dans une solution de saccharose à 100°C

-**alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps < 1 minute

---

-je réalise l'expérience

-j'observe les résultats (=résultats observés) : avant 1 minute, pas de glucose, après 1 minute toujours rien !

---

-je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés  $\neq$  résultats attendus

→ hypothèse infirmée (rejetée)

les enzymes ne sont pas/plus efficaces à 100°C

(leur capacité de catalyse est anéantie!)

### 3. Approche pratique

L'acide chlorhydrique fonctionne-t-il plus efficacement à 100°C (dans l'hydrolyse du saccharose) ?

-**si** je pose l'**hypothèse** que l'acide chlorhydrique est plus efficace à 100°C

-**et** que je réalise l'**expérience** consistant à mettre de l'acide chlorhydrique dans une solution de saccharose à 100°C

-**alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater la présence de glucose après un temps < 1 heure

---

-je réalise l'expérience

-j'observe les résultats (=résultats observés) : après 5 minutes, du glucose apparaît

---

-je compare les résultats observés aux résultats attendus  
résultats observés = résultats attendus

→ hypothèse confirmée (non rejetée)

l'acide chlorhydrique est plus efficace à 100°C

# 3. Approche pratique

Que se passe-t-il à 100°C ?

Agitation moléculaire augmente

Probabilité de rencontre des réactifs augmente

→ acide chlorhydrique avantage

→ enzyme désavantagée

→ perte conformation tridimensionnelle

→ perte pouvoir de catalyseur

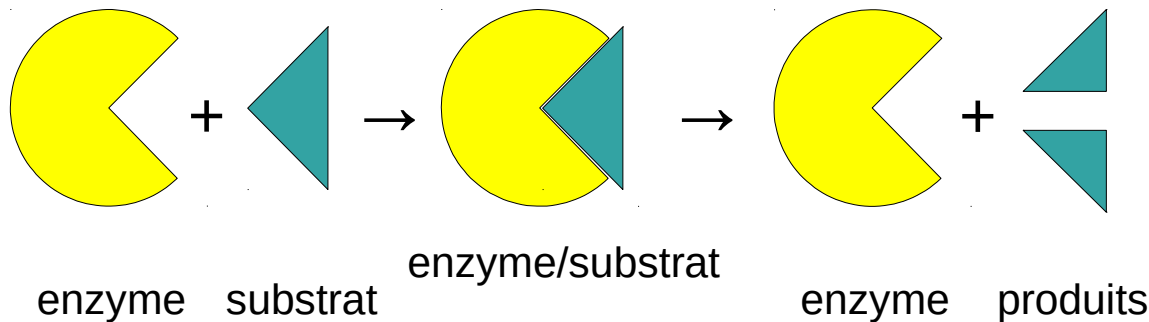


fonctionne pour des conditions environnementales compatibles avec la vie (à quelques exceptions près !)

# 4. Mode d'action des enzymes

Interagissent avec les réactifs = substrat

- au niveau de leur site actif
  - complémentarité structurale <sup>(clé/serrure)</sup><sub>(ajustement induit)</sub>
- enzyme+substrat → complexe enzyme/substrat → enzyme+produit(s)



Sortent intactes d'une catalyse

- ne sont pas transformées en produit
- ne font qu'accélérer un processus
- après une catalyse, sont disponibles

# 5. Facteurs influençant les enzymes

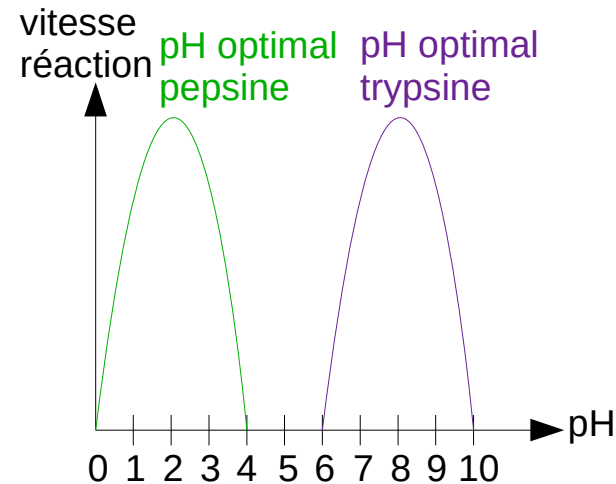
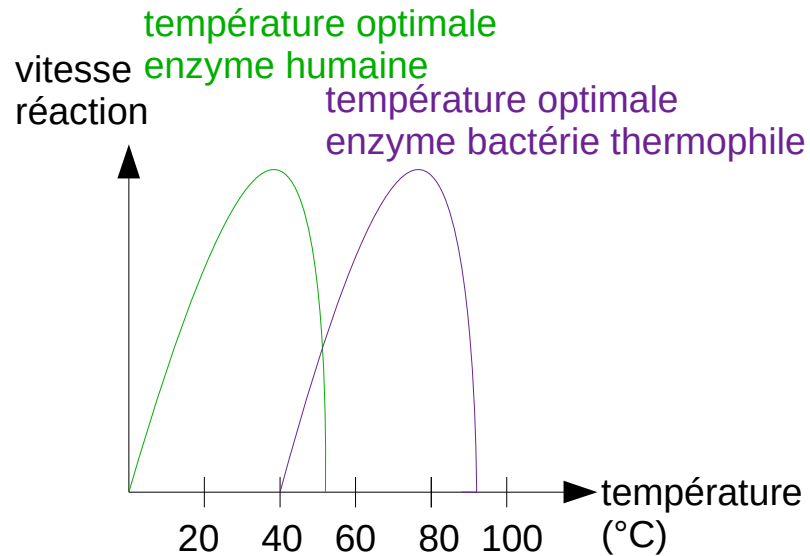
## -les conditions du milieu

-température (température optimale)

-pH (pH optimal)

-solvants

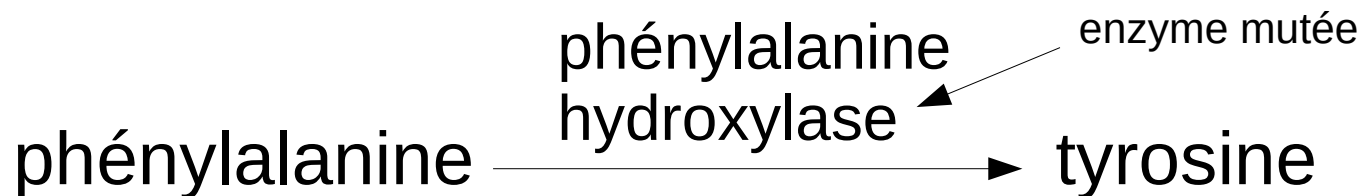
-salinité



## -la séquence

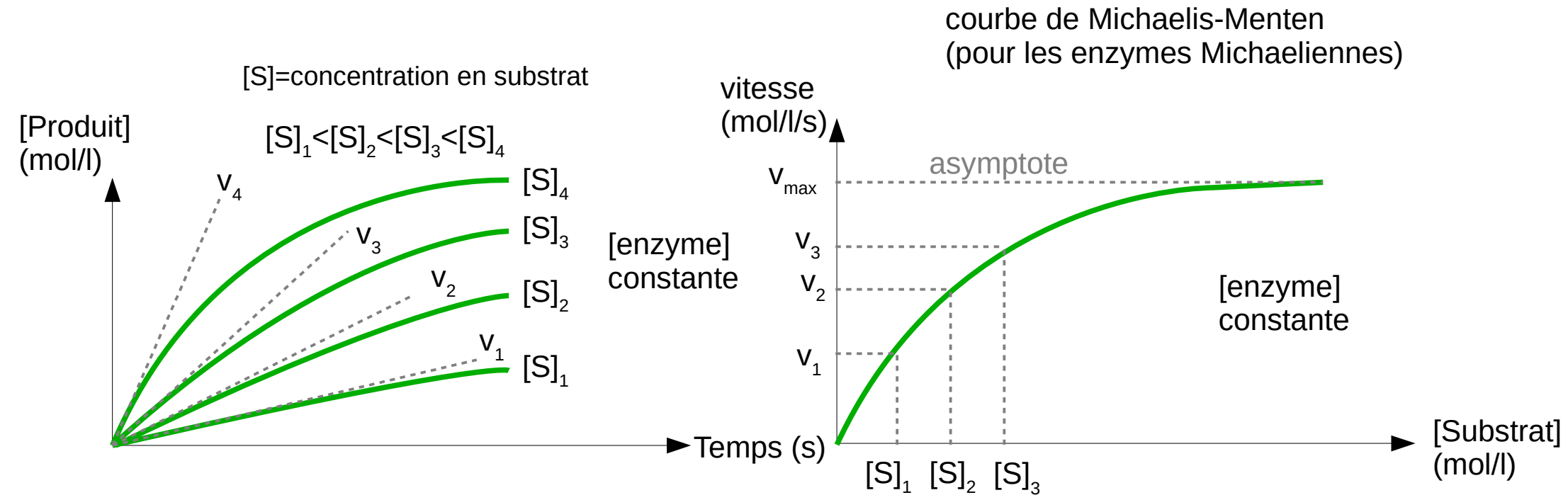
→ perte activité catalytique si anomalie (mutation)

ex : phénylcétonurie (maladie du métabolisme, test Guthrie)



# 5. Facteurs influençant les enzymes

## -la concentration en substrat



## -la concentration en enzyme

# 5. Facteurs influençant les enzymes

-molécules auxiliaires obligatoires (non protéiques)  
de certaines enzymes :

-cofacteurs (molécules simples inorganiques, ex : ions métalliques)

-coenzymes (molécules complexes organiques, ex : 'vitamines')  
(ex : scorbut / vitamine C)

-effecteurs enzymatiques :

-activateurs (augmentent activité enzymatique)

-inhibiteurs (diminuent activité enzymatique)

-compétitif : fixation sur site actif

(réversible : liaisons non covalentes)

-non compétitif : fixation en dehors du site actif

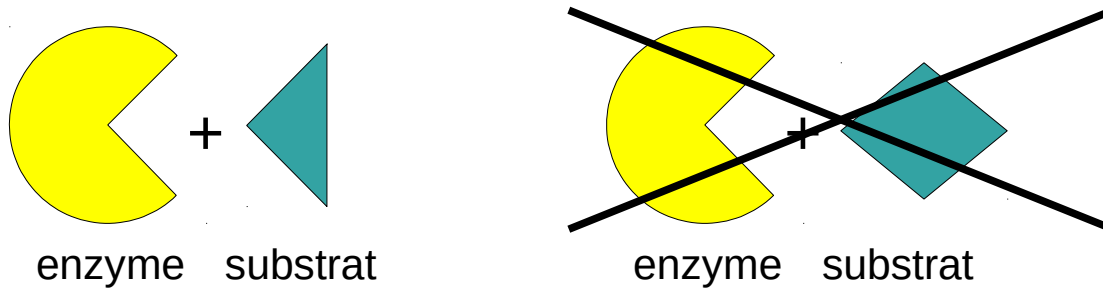
(réversible : liaisons non covalentes)

-irréversibles ou inactivateurs : souvent fixation  
sur site actif (irréversible : liaisons covalentes) (ex : pénicilline)

# 6. Double spécificité des enzymes

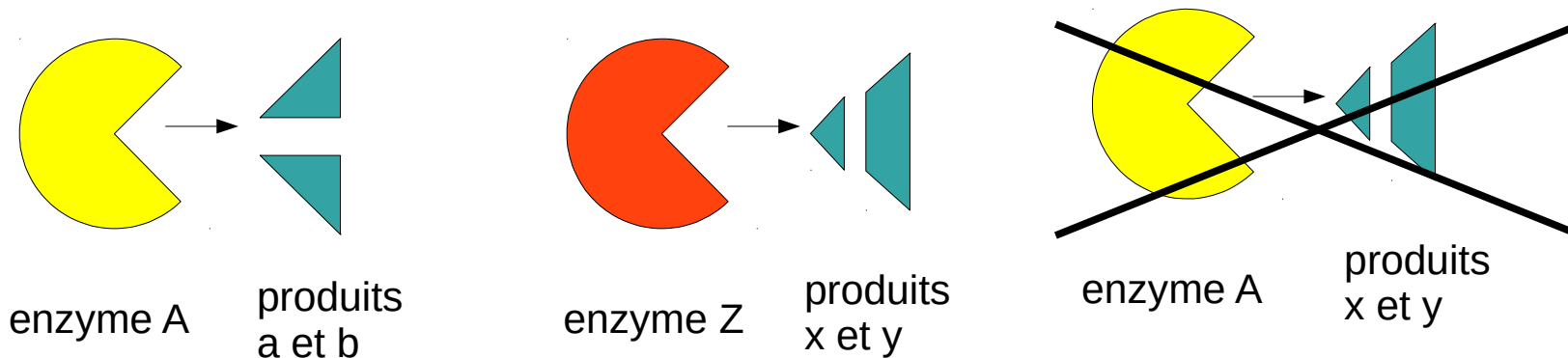
## Spécificité de substrat

→ une enzyme donnée ne peut agir que sur un seul substrat



## Spécificité d'action

→ une enzyme donnée ne peut catalyser qu'un type de réaction impliquant son substrat



# 6. Double spécificité des enzymes

## Spécificité de substrat : la saccharase

-si je pose l'**hypothèse** que la saccharase est spécifique du saccharose

maltose=2glucoses  
lactose=glucose+galactose  
cellobiose=2glucoses

-et que je réalise l'**expérience** consistant à mettre la saccharase en présence d'un disaccharide autre que du saccharose (ex : maltose)

-**alors**, je m'attends aux résultats suivants (=résultats attendus) : constater l'absence de glucose

---

-je réalise l'expérience

-j'observe les résultats (=résultats observés) : absence de glucose

---

résultats observés = résultats attendus

→ hypothèse confirmée (non rejetée)

la saccharase n'est pas capable d'hydrolyser un disaccharide autre que du saccharose

la saccharase est spécifique du saccharose

la maltase est spécifique du maltose

# 6. Double spécificité des enzymes

Spécificité d'action : exemple de substrat:  
la tyrosine (acide aminé) peut être :

- hydroxylée par une enzyme : tyrosine hydroxylase
- phosphatée par une enzyme : tyrosine kinase

Nomenclature/terminologie (-ase):

- oxydoréductases: ex : hydroxylase : ajout groupement hydroxyle
- transférases : ex : kinase : ajout groupement phosphate
- hydrolases : ex : phosphatase : suppression groupement phosphate
- lyases : rupture liaison sans eau
- isomérases : conversion d'une molécule vers son isomère
- ligases ou synthétases : liaison de molécules entre elles
- translocases : transfert molécules /membrane

# 7. Régulation du métabolisme

## Métabolisme : une caractéristique du vivant

### → nécessité des enzymes

(équipement enzymatique permet production de toutes les substances indispensables)

### → nécessité de contrôler les enzymes

(activateurs, inhibiteurs, rétro-inhibition...)

Pour en savoir plus : explorer le domaine de l'enzymologie

# Fin : « Les enzymes »

## Merci de votre attention !

Ne pas oublier pour ce chapitre :

- la carte mentale
- « l'audio relaxé »
- exercices et quiz

→ sur <http://drpneveu.free.fr/biologie.html>

## Chapitre suivant : Organisation de la cellule