



L'AMOUR  
est dans le pré

L'Enzymologie

Tut' rentrée 2016



Que ce sont des enzymes ?



Les enzymes sont des protéines

ption :

es → ARNs

hèse est déterminée  
lement

ont ubiquistes

C'est parti hiiii hiii hii  
haan



# Pourquoi sont-elles importantes?

- Importance **physiologique** majeure (régulations et transformations métaboliques)
- Nombreuses **pathologies** qui sont liées soit à l'absence soit au dysfonctionnement d'une enzyme donnée
- **Pharmacologie**, les enzymes sont les cibles de nombreux médicaments



# Définitions

- **La catalyse** : Action par laquelle une substance **modifie la vitesse** d'une réaction chimique, sans apparaître dans le bilan réactionnel.
- **L'énergie d'activation** : **énergie minimale** requise pour que la réaction ait lieu.







Jvais les  
défoncent, ils  
me rgardent  
mal

MEDECIN  
Kestu fou, on  
t'attend là!!

RE

es  
on

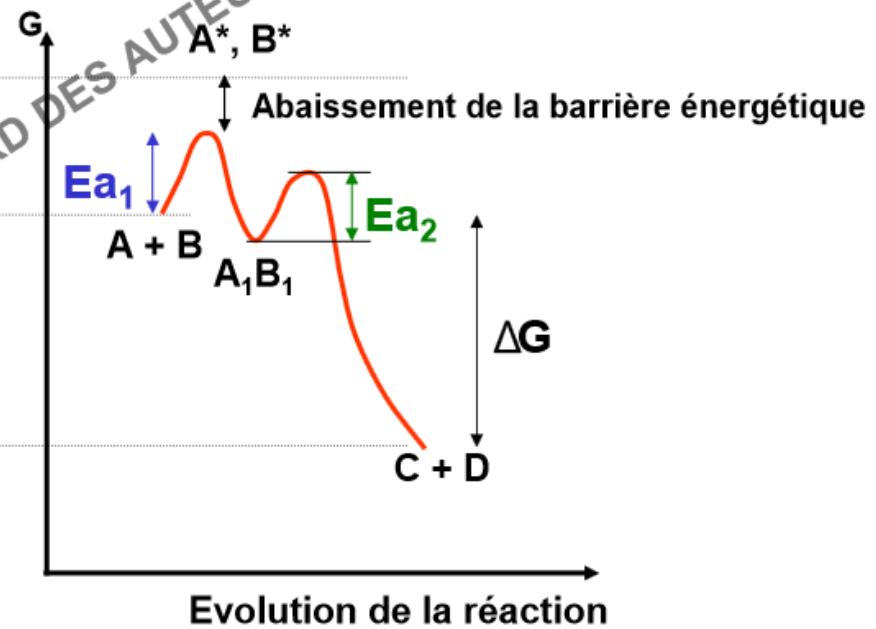
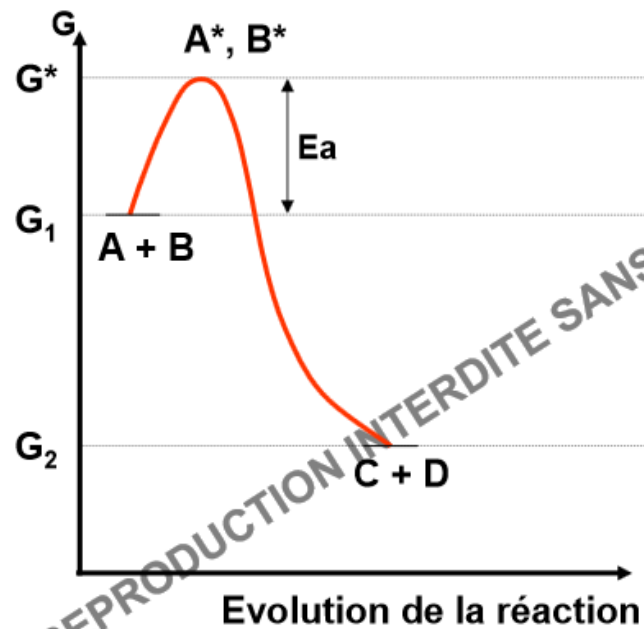
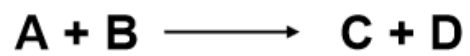


Exemple:



- → **Sans catalyseur** :  $E_a = 18 \text{ Kcal/mole}$
- → **Platine colloïdal** :  $E_a = 12 \text{ Kcal/mole}$
- → **Catalase** :  $E_a = 2 \text{ Kcal/mole}$  elle permet de **baissér le seuil de l'énergie d'activation** et donc la réaction est accélérée.





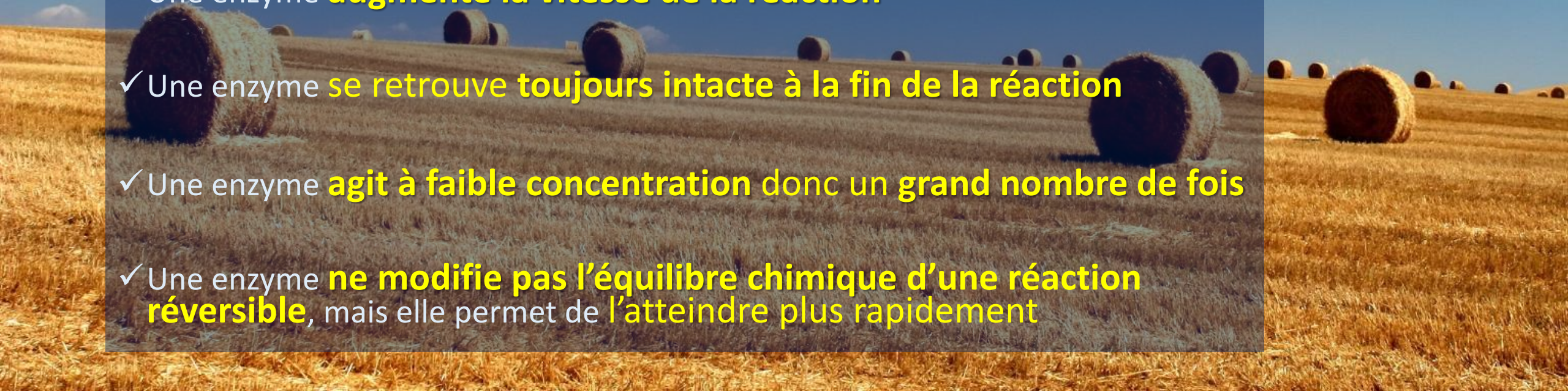
$$E_a = E_{a_1} + E_{a_2}$$



# Règles de la catalyse enzymatique

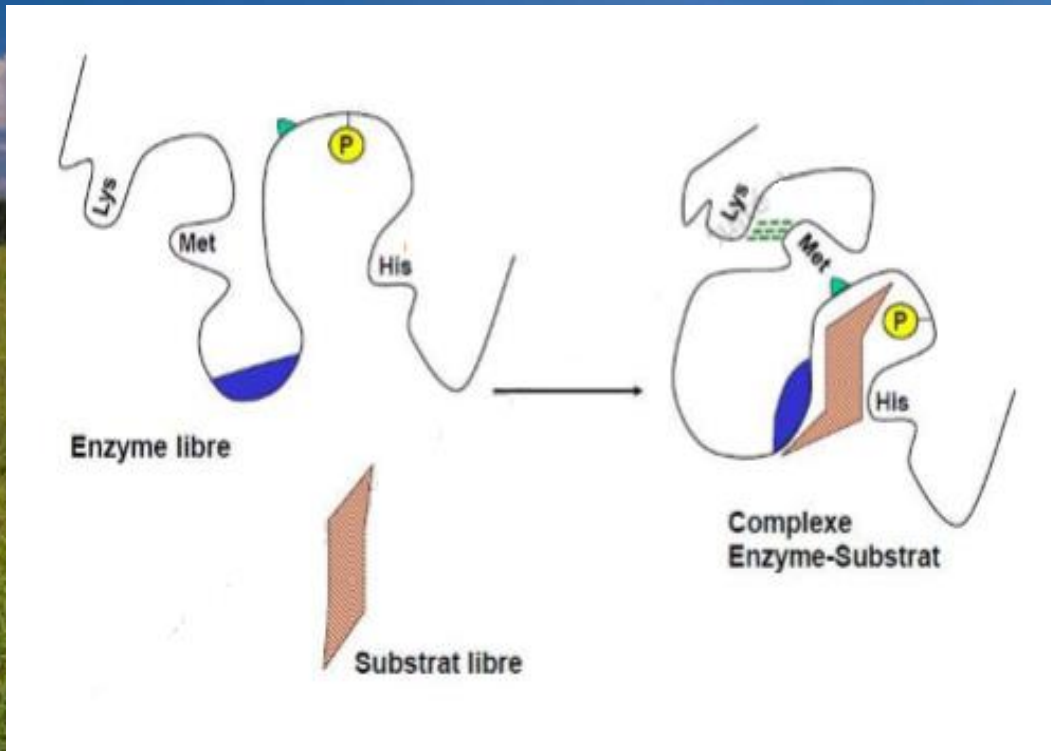
EASY

- ✓ Une enzyme **ne provoque jamais de réaction chimique**
- ✓ Une enzyme **ne rend jamais possible une réaction thermodynamiquement non favorable**
- ✓ Une enzyme **augmente la vitesse de la réaction**
- ✓ Une enzyme **se retrouve toujours intacte à la fin de la réaction**
- ✓ Une enzyme **agit à faible concentration** donc un grand nombre de fois
- ✓ Une enzyme **ne modifie pas l'équilibre chimique d'une réaction réversible**, mais elle permet de l'atteindre plus rapidement





# Comment ça marche?

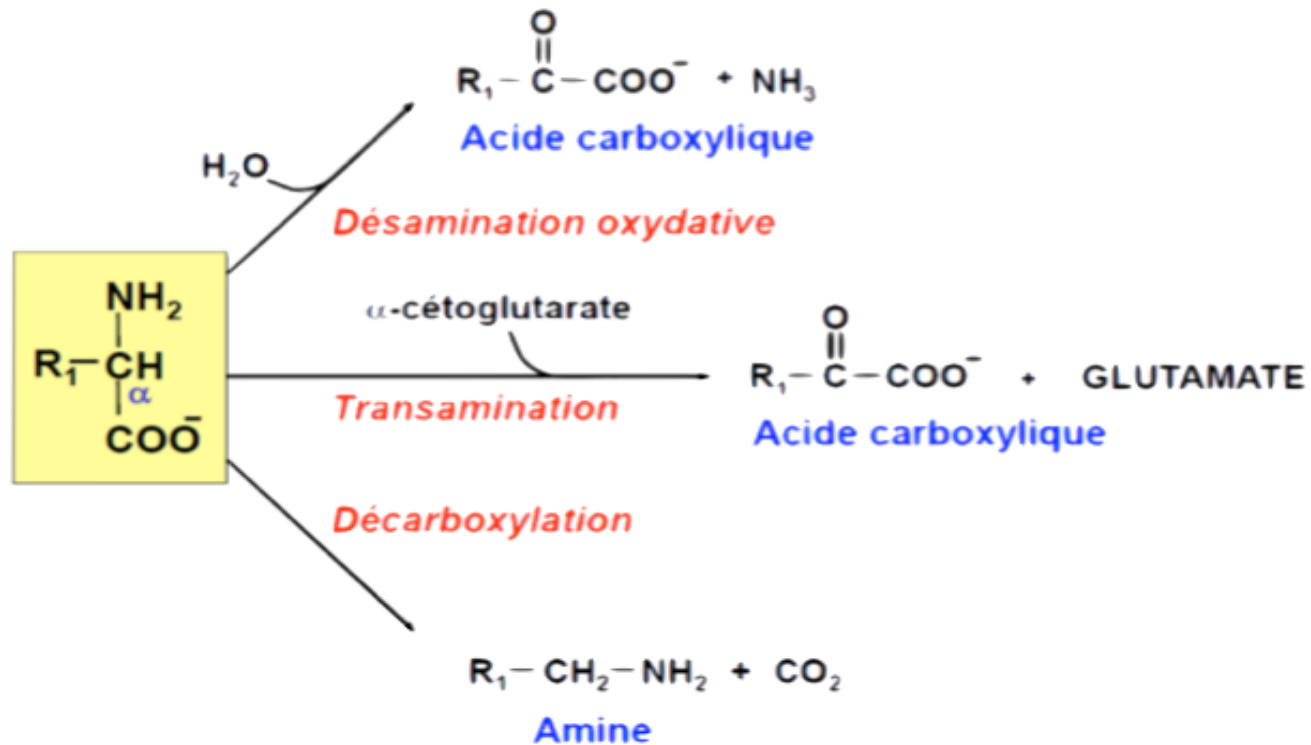


- Fixation du **substrat** au niveau du **site actif** de l'enzyme
- Formation d'un **complexe enzyme substrat**
- Favorise la réaction en **abaissant l'énergie** requise à son déclenchement



# Spécificité de réaction

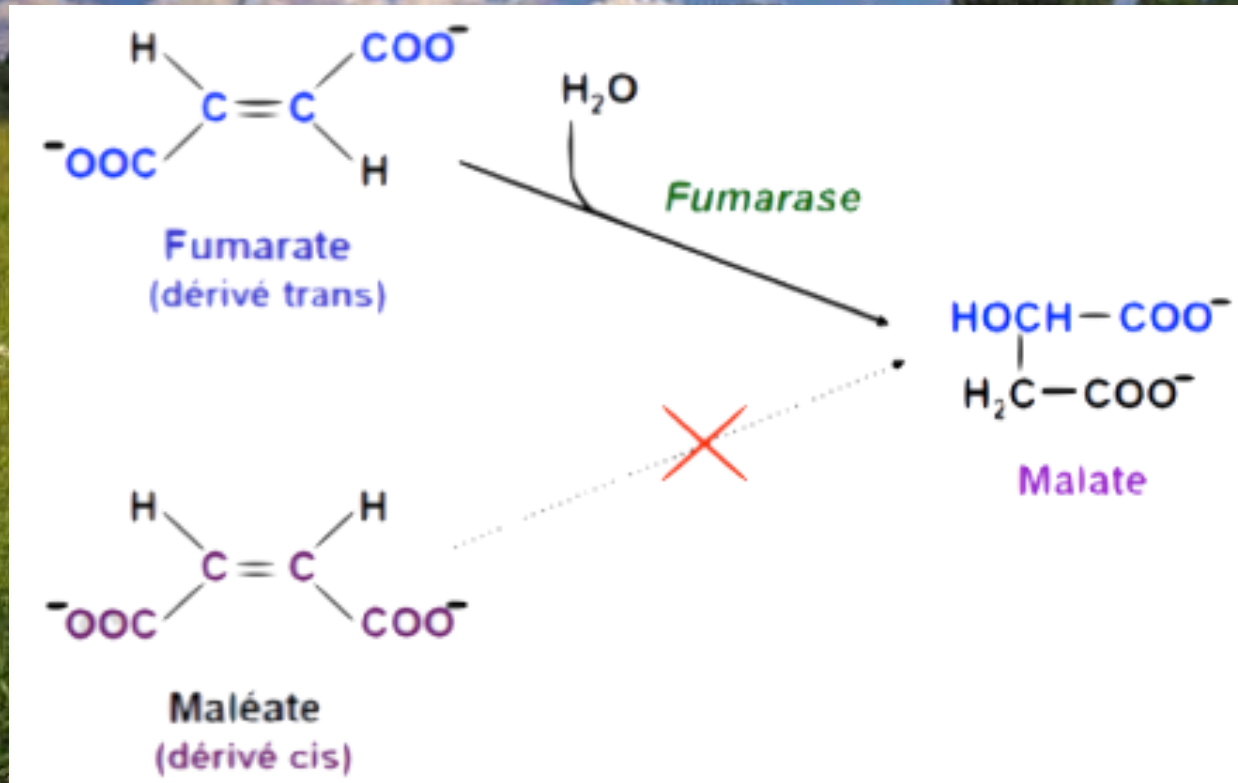
- Les sites actifs des enzymes ne peuvent catalyser **qu'un seul type de réaction**





# Spécificité de substrat

- Les enzymes n'interviennent que sur **certaines classes de molécules**





# Degrés divers de la spécificité de substrat

## Spécificité étroite / absolue :

*Vis à vis d'un seul isomère ou d'une forme optiquement active*

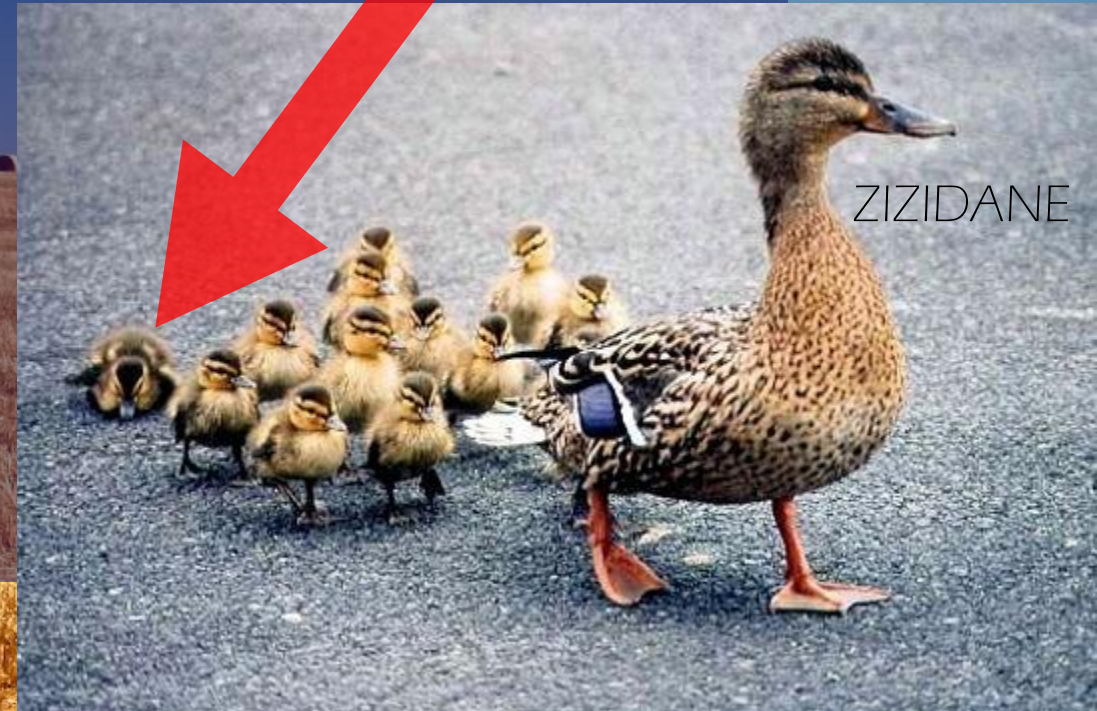
TOI

## Spécificité de liaison / groupement :

*Vis à vis d'un ou plusieurs groupements*

## Spécificité moins stricte / large :

*Vis à vis d'un groupement fonctionnel*





# Les intervenants

- **Le substrat** : Molécule qui va être transformée
- **Le produit** : Molécule produite
- **Le ligand** : Corps chimique qui a une liaison spécifique avec une protéine (enzyme, récepteur..)



- Les **cofacteurs** : composés chimiques qui peuvent être nécessaires à la réaction
- Les **coenzymes** : ce sont des cofacteurs indispensables
- **Apoenzyme** : enzyme **inactive** car n'est pas associée à son cofacteur, c'est uniquement la partie protéique
- **Holoenzyme** : enzyme **active**, car associée à son cofacteur, couple indissociable

**Apoenzyme + Cofacteur / Coenzyme =  
HOLOENZYME**



# Les cofacteurs

- Participent à la **structure** de l'enzyme (*zinc*)
- **Transportent** un substrat (*CoA*)
- **Acceptent** un produit formé (*NADH*)

J'y vois rien putain! Il a dit quoi ?!





On s'en fou,  
il a une tête  
à dire dla  
merde






# Les ions

- Transportent ou complètent un substrat
- Participent au maintien de la **structure** de l'enzyme
- Font **partie intégrante** de l'enzyme



# Les coenzymes



On s'met  
bien

## Stœchiométriques/co substrat

Liaisons **faibles** avec l'apoE

**Libres**, elles se dissocient de  
l'apoE à chaque réaction

Concentration proche de celle  
en **substrat**

Rôle de **transporteur**

Exemples :  $\text{NAD}^+$  /  $\text{NADP}^+$  /  
 $\text{CoA-SH}$

## Catalytiques

Liaisons **fortes**, covalentes  
avec l'apoE

**Toujours associés** à  
l'apoE

Concentration proche de  
celle en **enzyme**

Rôle **d'activateur**

$\text{FMN}$  /  $\text{FAD}$



- Synthétisées à base de **vitamines** → Fournies par l'alimentation

L'apoE reconnaît spécifiquement les cofacteurs dont elle a besoin ++ (et non l'inverse)



# Caractéristiques d'une enzyme

- Une enzyme va être caractérisée par son **affinité** et sa **vitesse** de réaction
  - Affinité (**K<sub>m</sub>**) : Plus une enzyme est **affine** pour son substrat plus la concentration nécessaire en substrat pour atteindre une vitesse maximale est faible
  - Vitesse maximale (**V<sub>m</sub>**) : La capacité d'une enzyme à accélérer une réaction



# Résumé

## Contents?

**Ions** (cations inorganiques)

**Coenzymes** (organiques)

La réaction enzymatique soit :

substrat

forme active de l'enzyme

enzymatique :

(s);  $\text{NAD}^+/\text{NADP}^+$ ...

**ues** (associées); FMN/FAD...

de **groupements**

**quement les cofacteurs**





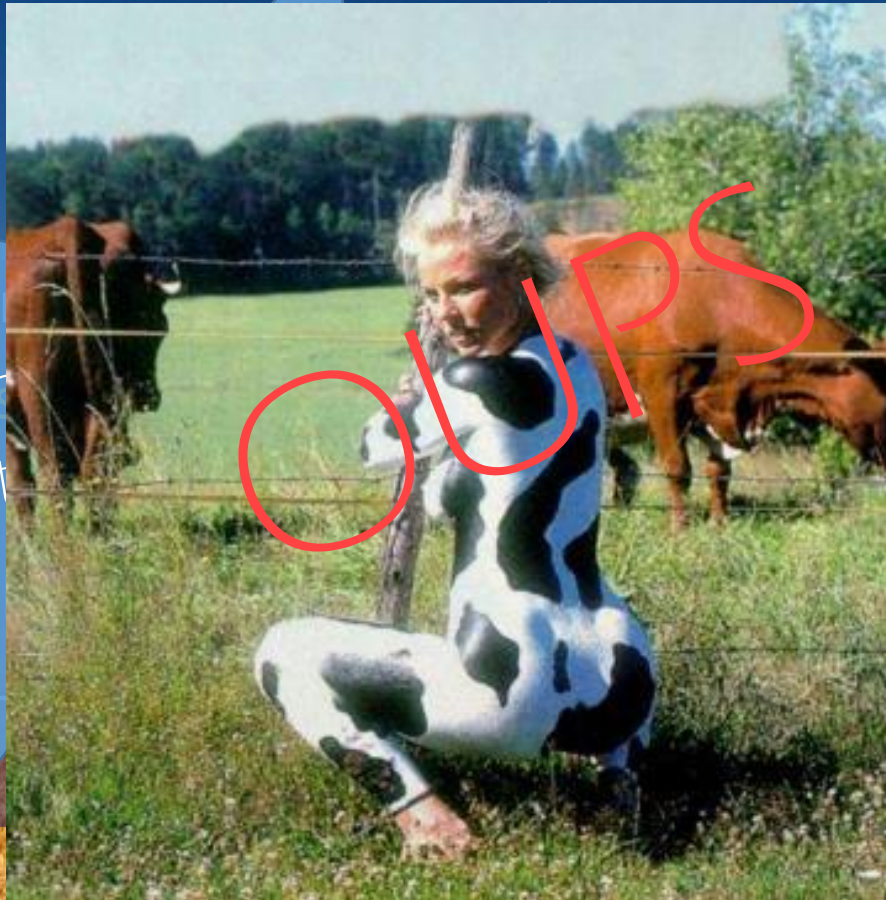
Merci à tous!

LOL



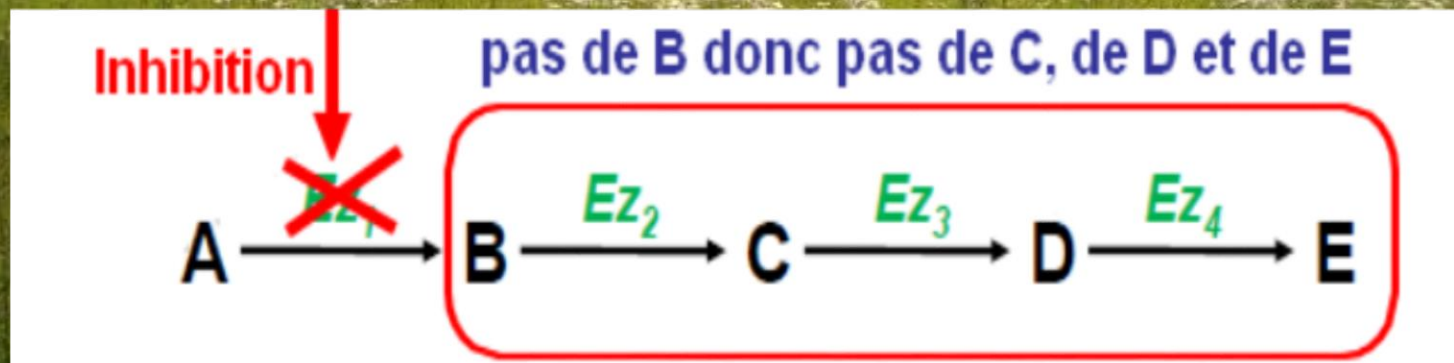
# Les effecteurs de l'activité enzymatique

- Effecteurs : Ligand modifiant la vitesse de l'enzyme
- → Soit ils l'accroissent
- → Soit ils la diminuent





- Régulation **enzyme** → Régulation **voie métabolique**
- La régulation doit se faire **le + en amont** possible de la voie métabolique sur une **réaction irréversible**





# Régulation en fonction de la concentration

- Pour favoriser la voie métabolique on va **augmenter** la quantité d'enzyme (déterminée génétiquement)
- Pour la réprimer, on **dégrade** les enzymes surnuméraires





# Régulation en fonction de la localisation

- Fonctions des enzymes différentes selon leur **localisation**

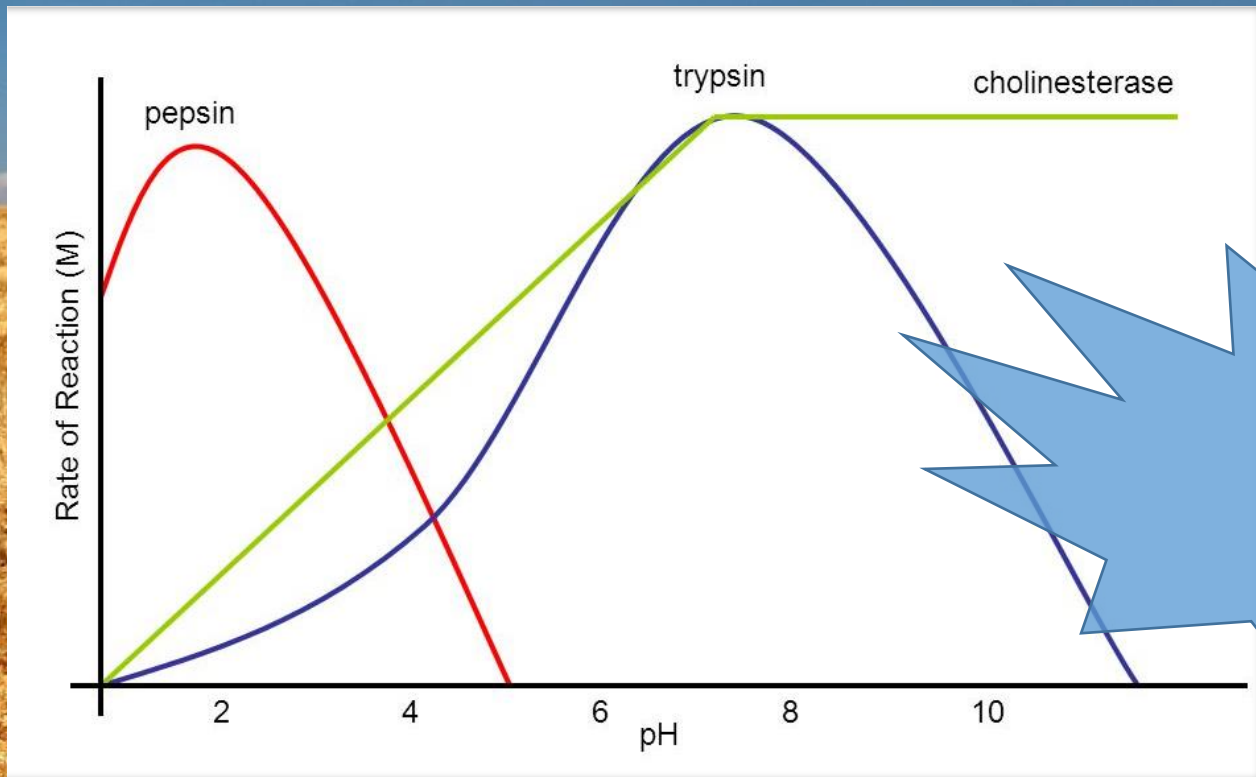
*ex : LDH*

- **Isoenzymes**: Enzymes qui catalysent les **mêmes** réactions **MAIS** avec des **propriétés cinétiques** différentes



# Régulation en fonction de l'environnement : le pH

Le **pH** modifie la conformation de la protéine





# Régulation en fonction de l'environnement : la température

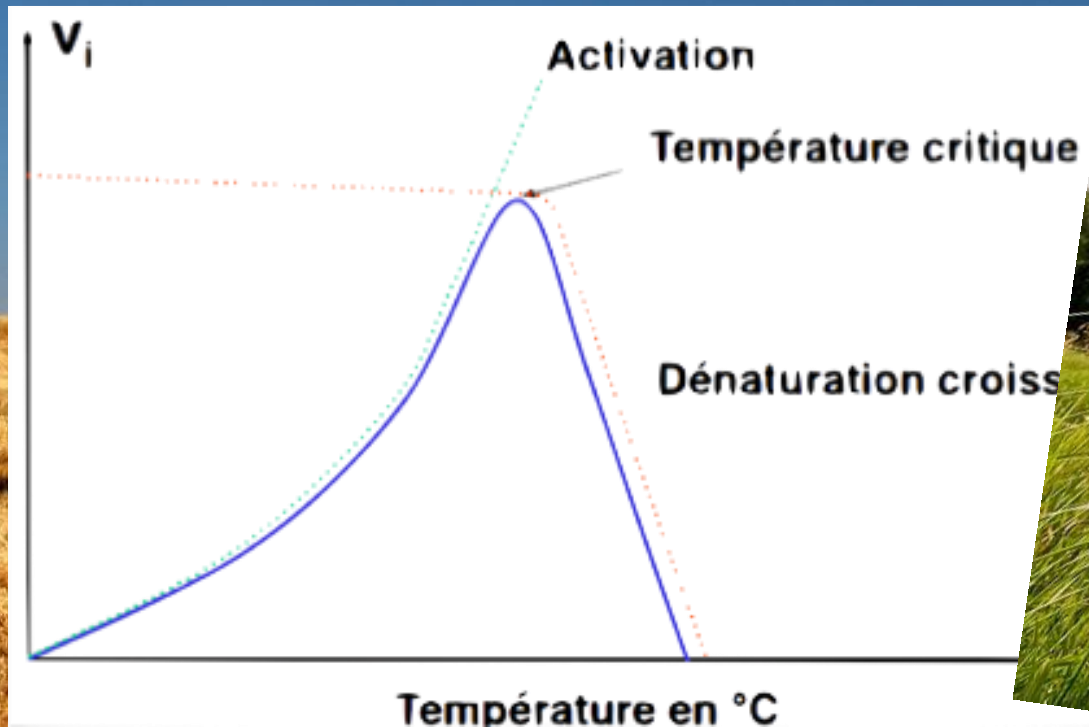
La température modifie la conformation :

- Hausse température = agitation moléculaire, l'état de transition est plus facilement atteint
- Au delà d'un certain seuil, les liaisons non covalentes stabilisant la structure 3D sont rompues (=dénaturation)



# Régulation en fonction de l'environnement : la température

Tu as pété  
ou c'est  
moi?





# A savoir

## 1. L'ATP

- ATP = Forme universelle de stockage de l'NRJ
- Présent dans **toutes les cellules (ubiquiste)** de tous les êtres vivants.

Unique  
fournisseur  
d'énergie



## 2. La phosphorylation

- Phosphorylation = transfert d'un Phosphate

Sur résidus : **Ser**, **Thr** et **Tyr**

T'as pas vu  
mes oreilles  
frère?

des types **kinases** ajoutent un phosphate

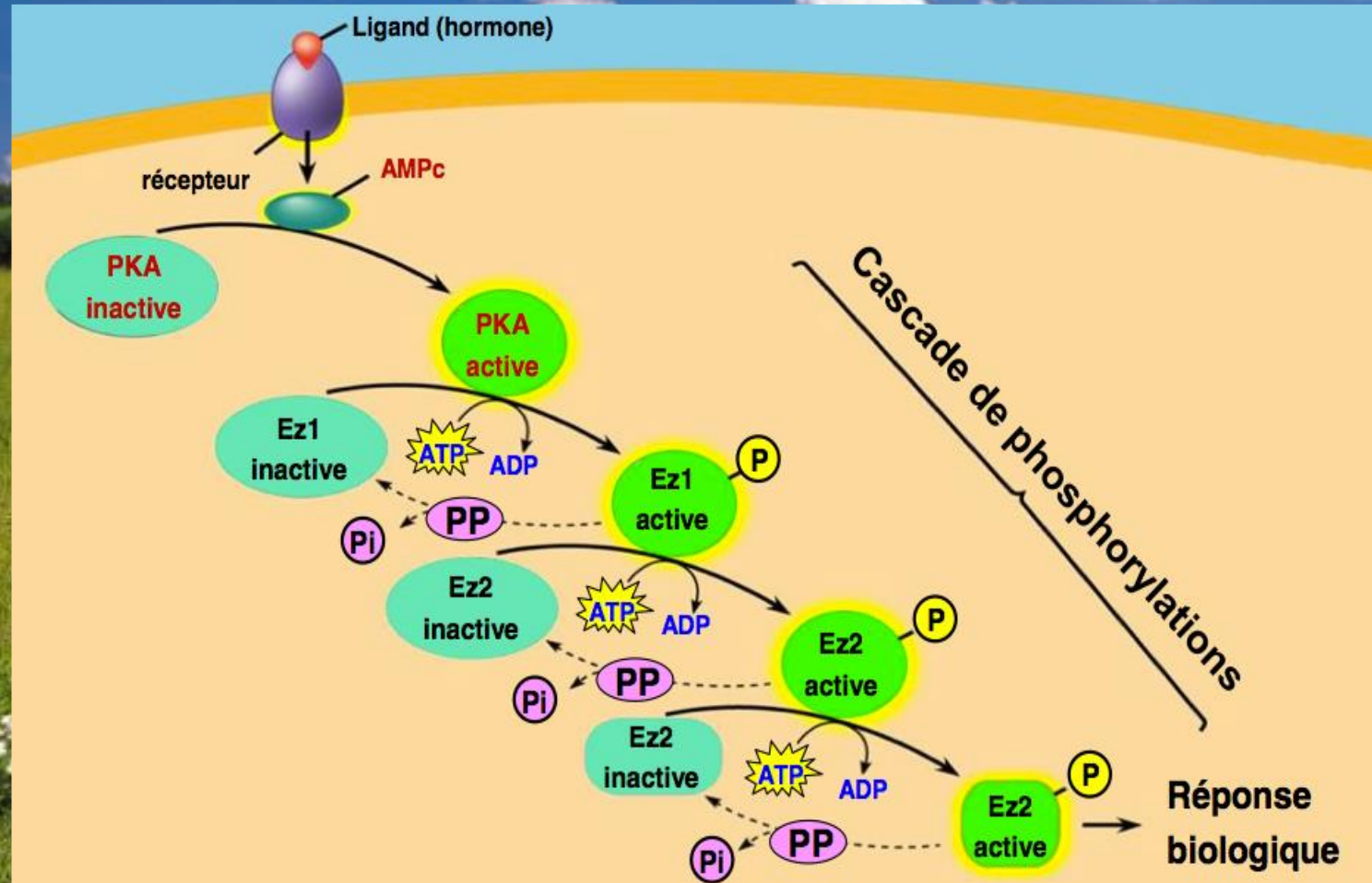
des types **phosphatases** enlèvent un

te





# Régulation des enzymes : par phosphorylation





# Allostérie

= variations de conformation de certaines protéines en réponse à la fixation d'un substrat ou d'un effecteur

- **Modifie** l'activité d'une enzyme
- S'explique par la mise en place **d'effets coopératifs**
- La **protéine** doit être sous forme **oligomérique** (++)





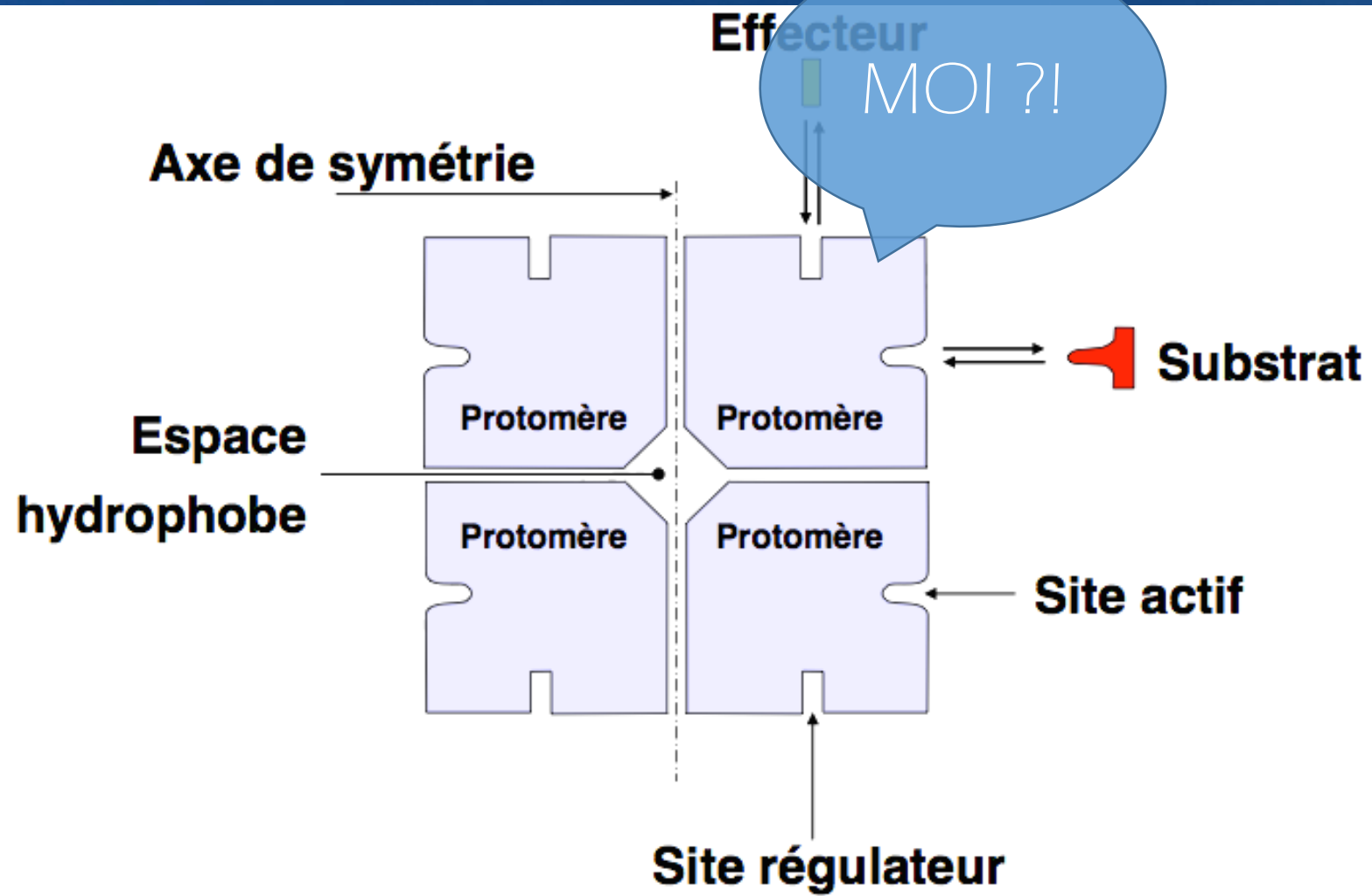
# Enzymes allostériques

T'es bonne toi

ERSIBLES  
régulateur









# Les enzymes allostériques

- **Protéines** complexes qui possèdent plusieurs sous unités organisées de façon à présenter un **axe de symétrie**
- Ces sous unités sont appelés **protomères**





# Les métabolites régulateurs/effecteurs



Ne participent pas à la catalyse



Changements de conformation au niveau du site actif



Augmentation **activateur**

de l'activité enzymatique

Diminution **inhibition**



# Propriétés d'une protéine allostérique

- Structure **quaternaire**
- Variation de conformation et d'occupation des sites régulés
- Ces protéines exercent une **régulation du métabolisme**

Tu vas la fermer ta gueule ?!





# QCM 1 : A propos des enzymes et des coenzymes, indiquez la ou les proposition(s) :

- A) Les enzymes augmentent la vitesse de réaction en augmentant l'énergie d'activation de la réaction.
- B) Une enzyme peut être détruite à la fin d'une réaction catalytique.
- C) Les coenzymes stœchiométriques sont présents dans les réactions enzymatiques en concentration proche de la concentration du substrat.
- D) Les enzymes allostériques possèdent une structure quaternaire.
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



# La bioénergétique

- La cellule a un besoin perpétuel d'énergie
- Prise alimentaire : Extraire + Stocker





# Définition

- Etude de **l'extraction**, du **stockage** et de **l'utilisation** de l'énergie

## *Comment ?*

1. Dégradation des aliments
2. Conversion de l'énergie et stockage (ATP)
3. Utilisation de l'énergie

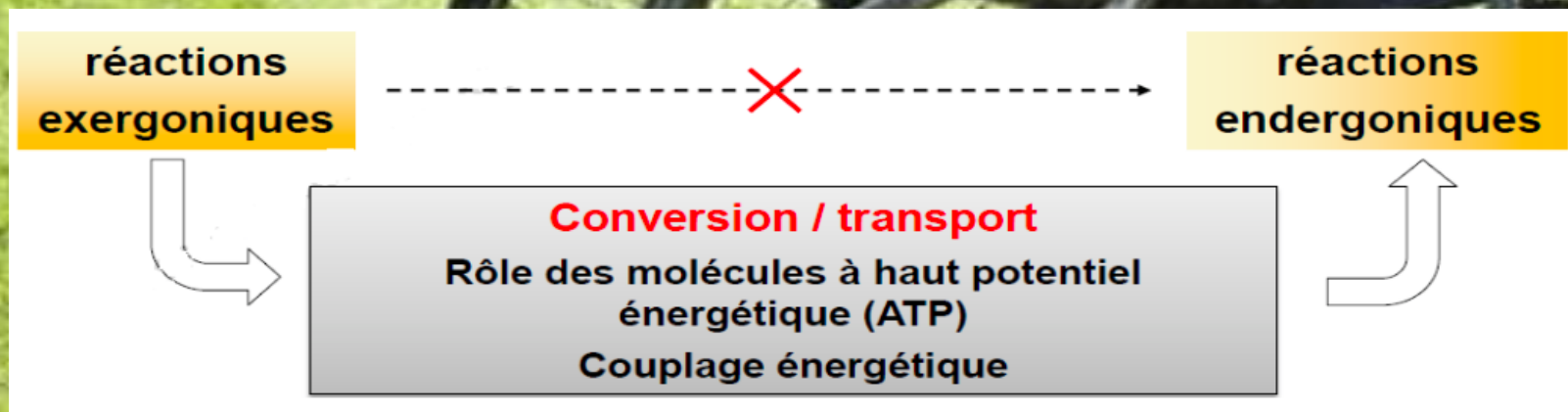




# Définition

- Réactions **exergoniques** = Libèrent énergie  
→ **CATABOLISME**
- Réactions **endergoniques** = Absorbent énergie  
→ **ANABOLISME**

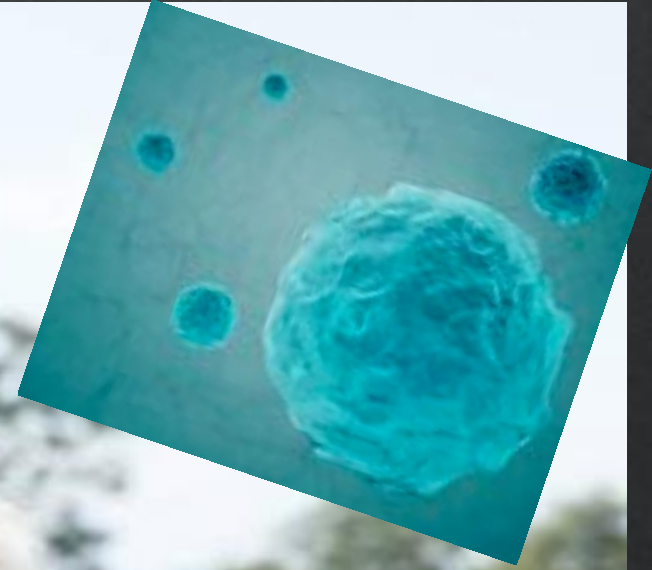
**NB : Une réaction exergonique libère l'énergie nécessaire à une réaction endergonique**





# Systemes

- Ouvert → **CELLULE** +++
- Fermé
- Isolé





# Equation de Gibbs

$$G = H - T * S$$

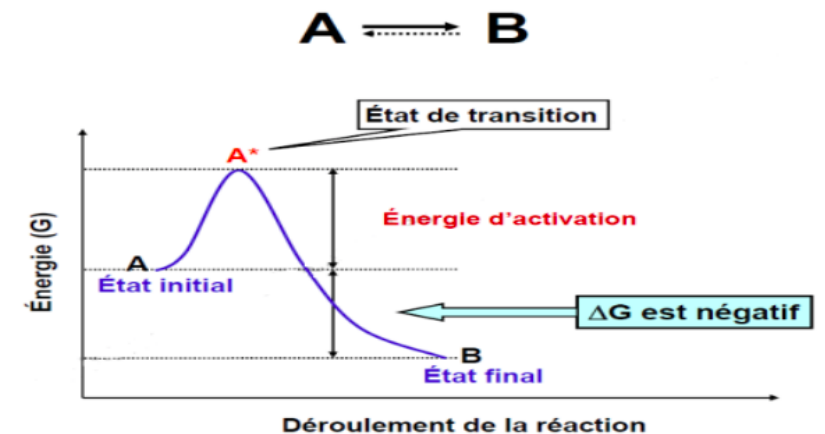
- H = Enthalpie totale = énergie totale du composé
- S = Entropie = Energie perdue en chaleur
- **G = Enthalpie libre = Energie utilisable**
- **$\Delta G =$ variation énergie libre +++**



# Variation d'énergie libre $\Delta G$

- $\Delta G < 0$  : réaction **EXERGONIQUE**  
→ **libération** d'énergie  
spontanée : elle est **thermodynamiquement favorable**

$G(B) < G(A)$   
 $A \rightarrow B$  sera donc



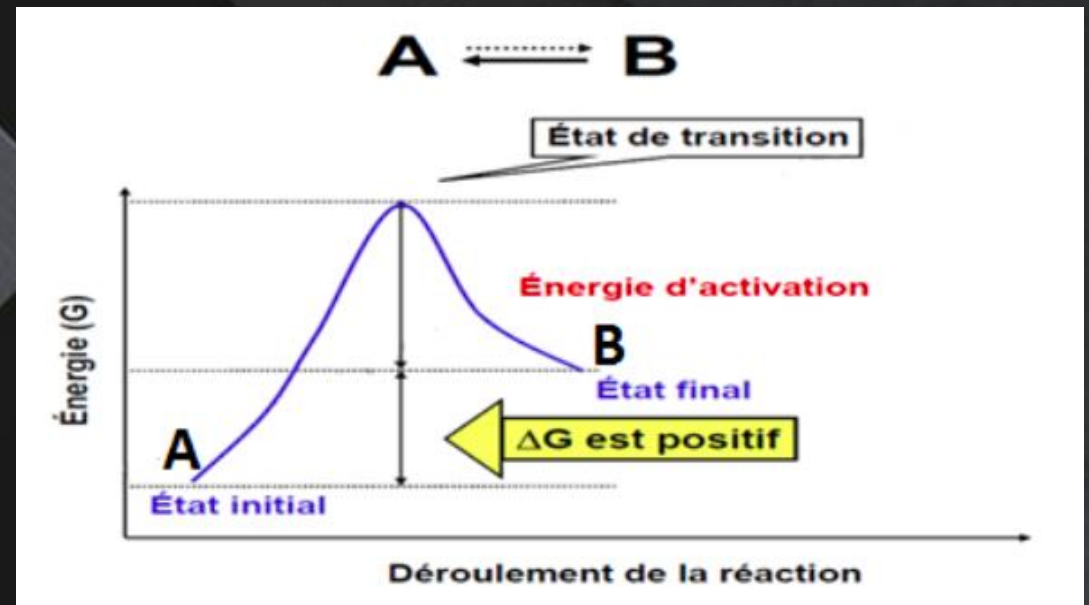


# Variation d'énergie libre $\Delta G$

- $\Delta G > 0$  : réaction **ENDERGONIQUE**  
→ **absorption** d'énergie  
spontanée : elle est **thermodynamiquement défavorable**

$$G(B) > G(A)$$

A → B ne sera pas





Saute  
mouton  
!!!

Pas  
béééééte !

Variation d'énergie libre  $\Delta G$

- Le **signe** de  $\Delta G$  permet de prédire le **sens** d'une réaction chimique
- La valeur du  $\Delta G$  permet de prédire si la réaction sera réversible  
 $\times$  |  $\Delta G$  | faible  $\rightarrow$  réaction *réversible*  
 $\times$  |  $\Delta G$  | élevé  $\rightarrow$  réaction *irréversible*

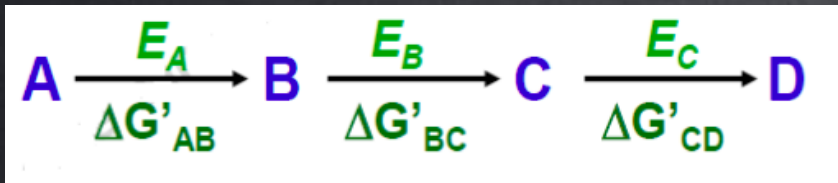


# Variation d'énergie libre $\Delta G$

- En **chimie** : réaction sans intermédiaires réactionnels



- ▶ En **biochimie** : découplage réactionnel



**Seule contrainte : le bilan doit être exergonique +++**







QCM :

A- Une réaction exergonique libère de l'énergie dans le système

B- Une réaction endergonique nécessite de puiser dans l'énergie du système

C- Une réaction endergonique libère de l'énergie nécessaire à une réaction exergonique

D- Toute cellule vit et se développe via des échanges ininterrompus de matière

E- Tout est faux



QCM correction :

A- VRAI

B- VRAI

C- FAUX

D- VRAI

E- Tout est fauxxxx







**Baptiste**

QCM :

- A- Une réaction exergonique est une réaction thermodynamiquement favorable
- B- Une enzyme allostérique possède obligatoirement une structure quaternaire
- C- Les AA suivants peuvent être phosphorylés : Ser, Thr, Tyr
- D- La régulation d'une voie métabolique se fait au niveau d'une réaction réversible
- E- Tout est fauxxxx



## Qcm CORRECTION

A- VRAI

B- VRAI

C- VRAI

D- FAUX

E- Tout est fauxxxx

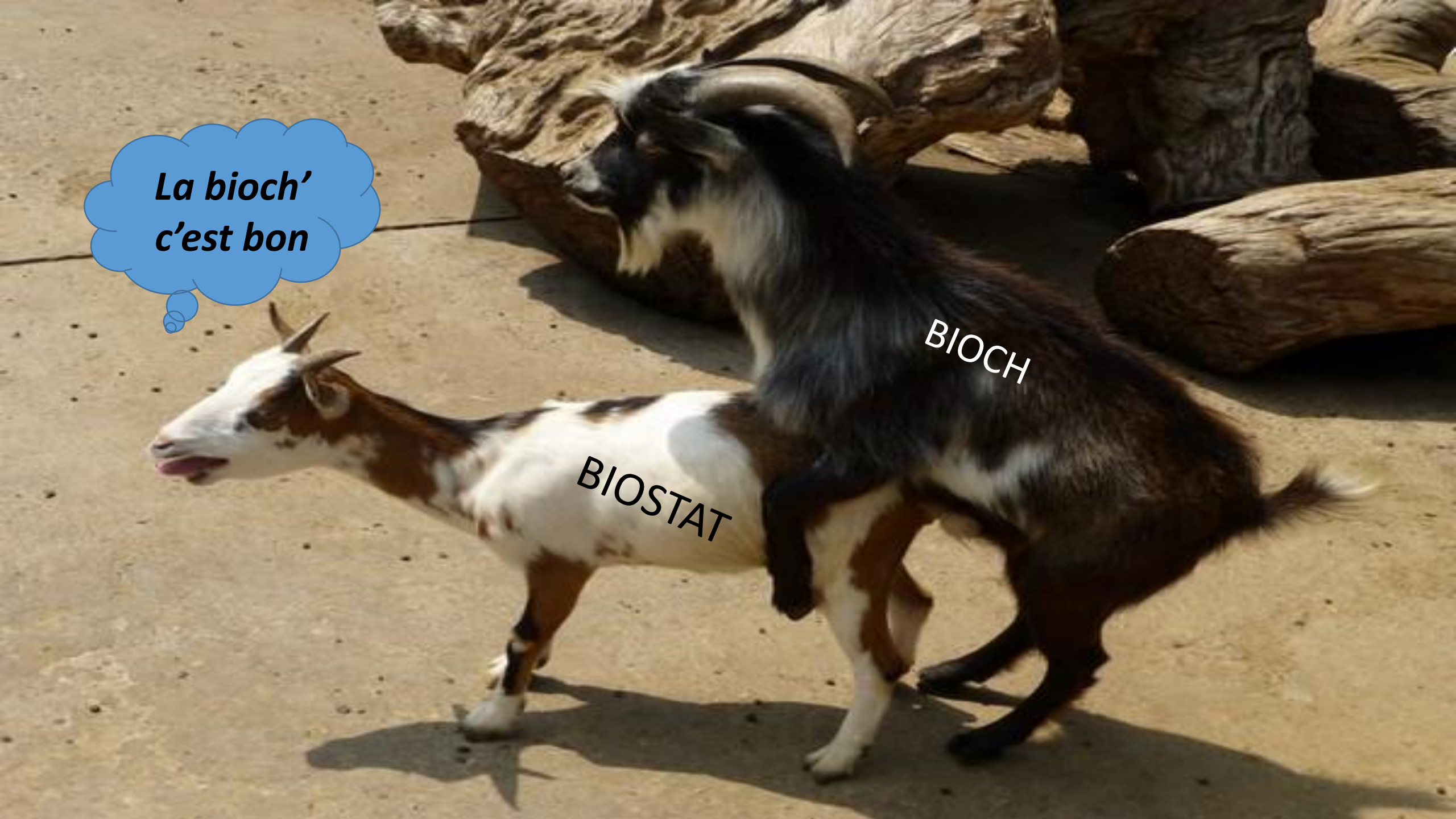
*Princesse  
Amaury*



*La bioch'  
c'est bon*

BIOCH

BIOSTAT





Bisous paillettes



Le site est gratuit. Toute reproduction ou vente est interdite.



Princesse  
Guerric Doigts  
de fées







PRENEZ SOIN  
DE VOUS