

VI. Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques

1. Les enzymes, des catalyseurs biologiques

a) La catalyse enzymatique

📖 [A6D1 catalyse minérale et catalyse enzymatique](#)

❖ [Exercice : Simulation d'une réaction chimique catalysée par une enzyme](#)

Les enzymes accélèrent (on dit qu'elles "catalysent") les réactions chimiques dans la cellule (jusqu'à 10^{16} fois !) en facilitant la rencontre entre les réactifs et en facilitant les transferts énergétiques. Il peut s'agir :

- De réactions de synthèse : ADN, ARN, protéines, glucides complexes comme l'amidon ou le glycogène (polymérase ou synthase) ;
- De réactions de dégradation : enzymes digestives sécrétées dans le tube digestif (amylase, protéases...), enzymes dans des vésicules à l'intérieur des cellules...

Contrairement aux catalyseurs minéraux, les enzymes (ou "catalyseurs biologiques") sont efficaces à des conditions physico-chimiques (température, pH, pression...) compatibles avec la vie d'une cellule. Ce sont principalement des protéines.

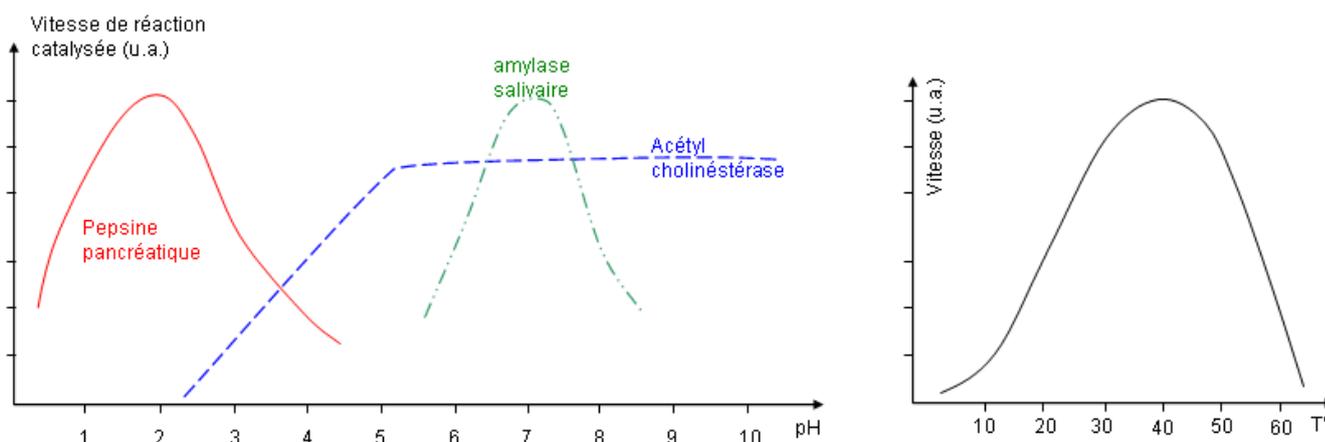
Les catalyseurs biologiques sont beaucoup plus efficaces que les catalyseurs minéraux. Comme ceux-ci, les enzymes sont intactes à la fin des réactions et agissent (donc) à très faible concentration. Ce ne sont pas des réactifs.

Une enzyme n'est pas indispensable à une réaction chimique qui se ferait sans elle « spontanément ». Toutefois, la vitesse de la réaction sans enzyme peut être tellement faible qu'à notre échelle de temps (et à celle d'une cellule), « tout se passe comme si » la réaction n'avait pas lieu sans enzyme : sans ces catalyseurs biologiques, la vie n'existerait pas sur Terre telle que nous la connaissons.

La rencontre des réactifs, des enzymes et de leur substrat se fait au hasard (grâce à l'agitation moléculaire) mais elle est favorisée par les fortes concentrations qui peuvent exister localement dans les organites (noyau, mitochondries, réticulum endoplasmique, vacuoles, chloroplastes des plantes vertes...).

📖 [Source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article650](http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article650)

activité enzymatique en fonction du pH et de la T°

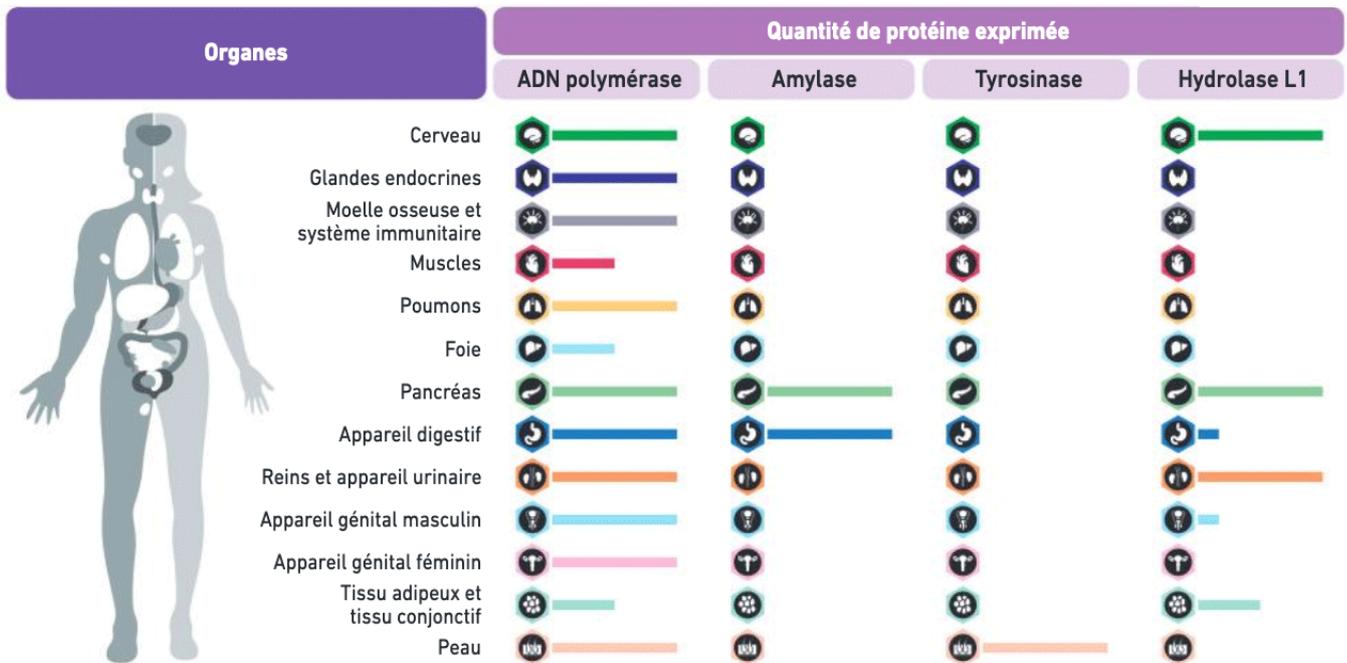


Certains paramètres, comme la température et le pH, peuvent modifier l'activité d'une enzyme. Lorsqu'une enzyme a une activité maximale pour une certaine valeur du paramètre (température ou pH), on dit que la valeur du paramètre est « optimale ».

b) Équipement enzymatique d'une cellule

❖ Exercice : [Les enzymes, marqueurs de spécialisation](#)

📖 [Profil d'expression de quelques enzymes. \(livre de SVT de 1^{er}, Bordas 2019\)](#)



Les cellules d'un même organisme possèdent toutes les mêmes gènes mais ne les expriment pas tous ni de la même façon. Ceci est à l'origine de la spécialisation cellulaire. L'équipement enzymatique particulier d'une cellule, catalysant des voies métaboliques particulières, lui permet d'avoir une fonction biologique particulière : stockage et/ou sécrétion de substances, contraction musculaire, transmission du message nerveux, etc.

➔ Des milliers de réactions chimiques ont lieu en même temps dans les cellules (réactions de synthèse ou de dégradation) : leur ensemble constitue le **métabolisme cellulaire**.

2. Particularités des enzymes, des catalyseurs biologiques

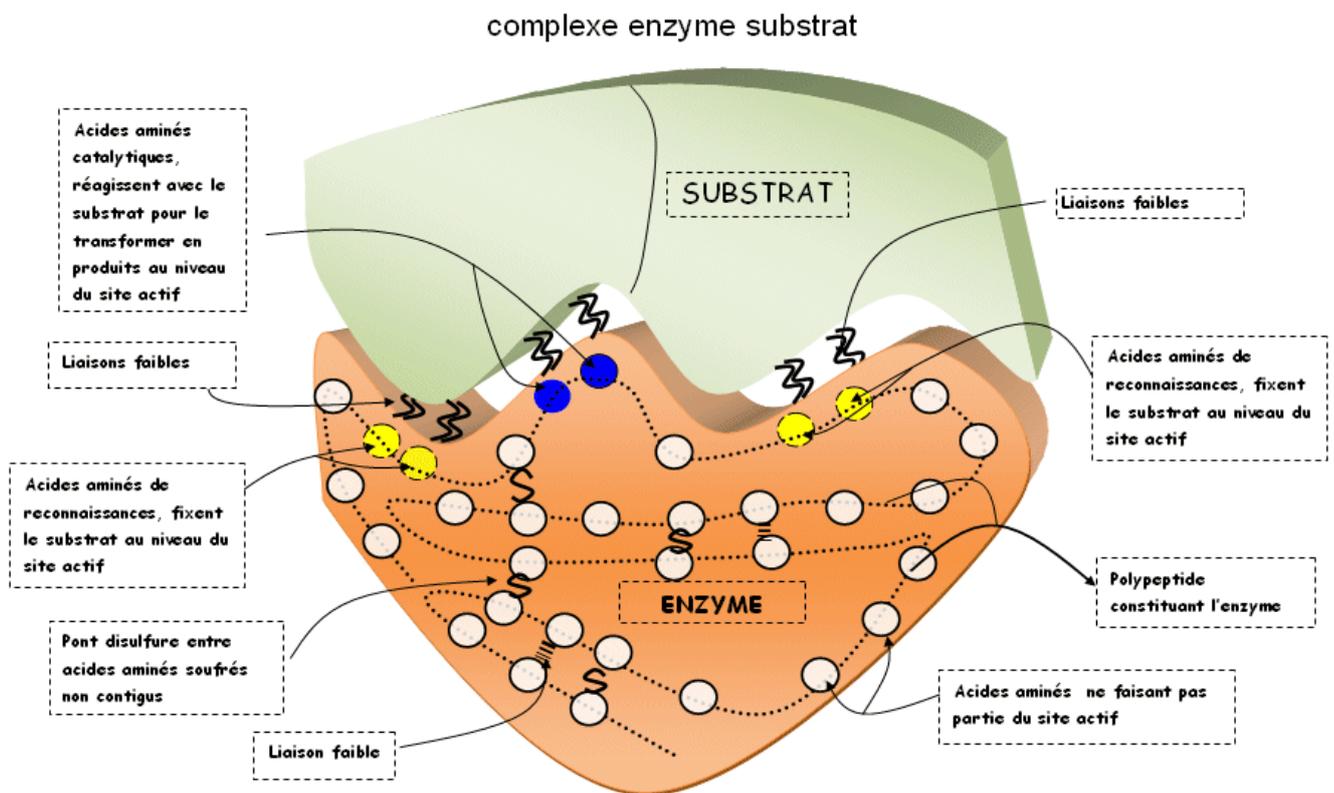
a) Site actif et complexe enzyme-substrat

La modification de quelques acides aminés peut rendre l'enzyme non fonctionnelle si cela déforme son **site actif** (la partie de la molécule qui se lie au substrat et/ou réalise la réaction chimique).

Le site actif peut être formé d'acides aminés éloignés dans la chaîne polypeptidique (= la chaîne des acides aminés de la protéine) mais rapprochés par des repliements de la molécule sur elle-même. Cette forme tridimensionnelle est maintenue par des liaisons chimiques faibles (attraction entre des acides aminés de charge électrique contraire par exemple, ponts disulfures).

- la fixation du substrat sur l'enzyme se fait grâce à la complémentarité de forme entre une partie de la molécule de substrat et une partie de la molécule d'enzyme (le site de fixation)
- l'association entre E et S est réversible (liaisons non covalentes) et temporaire

📖 [Complexe enzyme-substrat - source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/affiche_image.php?id_document=3450](http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/affiche_image.php?id_document=3450)



Conclusion : la catalyse enzymatique se déroule en deux étapes :

- fixation du substrat sur l'enzyme \rightarrow formation du complexe ES : $E + S \rightarrow ES$;
- activation de la réaction chimique entre le substrat et le réactif \rightarrow formation du produit : $ES \rightarrow E + P$.

L'enzyme n'est pas modifiée par la réaction et peut à nouveau se lier à une autre molécule de substrat.

b) La double spécificité des enzymes

L'activité et les propriétés d'une enzyme proviennent de sa forme tridimensionnelle (sa **conformation**).

- [Spécificité de substrat](#)

📖 [A6D2 la spécificité de substrat d'une enzyme](#)

La « reconnaissance » du substrat par l'enzyme est *spécifique* : une enzyme donnée ne peut se lier (« s'emboîter ») qu'à un seul type de substrat (ou plusieurs types semblables) dont la forme est *complémentaire* de celle d'une partie de l'enzyme. La **spécificité de substrat** d'une enzyme provient donc de sa conformation. La partie de l'enzyme qui se lie au substrat s'appelle le **site de fixation**.

Cette spécificité est mise à profit dans les biotechnologies (cf. les enzymes de restriction qui découpent l'ADN au niveau de séquences choisies).

- Spécificité d'action

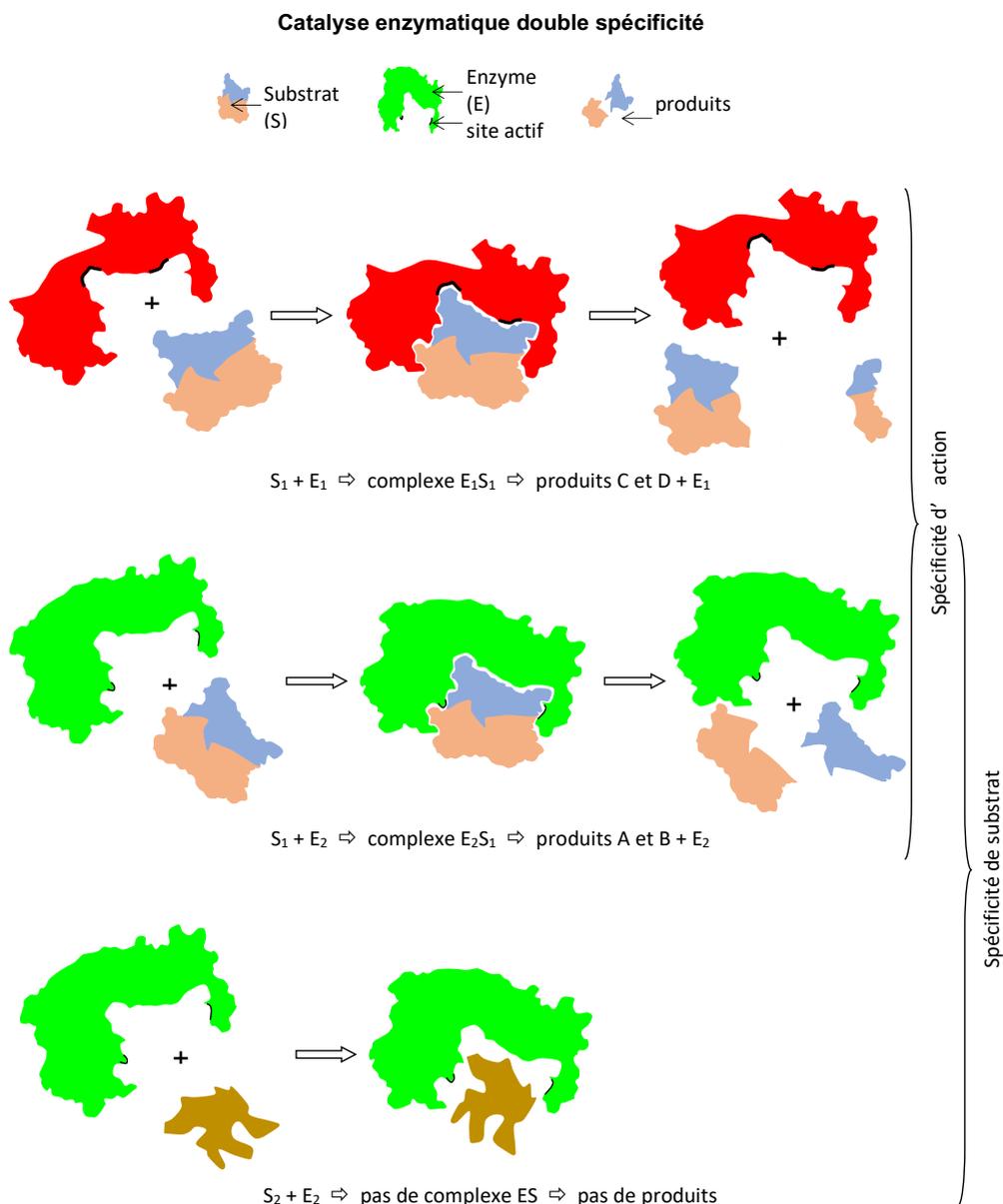
Une enzyme ne catalyse qu'une seule sorte de réaction chimique (hydrolyse, transferts d'électrons, réaction de synthèse par formation de liaisons chimiques...). Cette **spécificité d'action** provient de la nature des acides aminés qui se lient au substrat et réagissent avec lui.

La partie de l'enzyme où se fait la réaction s'appelle le site catalytique. On appelle **site actif** l'ensemble site de fixation + site catalytique.

 <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article3692>

La rencontre des réactifs, des enzymes et de leur substrat se fait au hasard (grâce à l'agitation moléculaire) mais elle est favorisée par les fortes concentrations qui peuvent exister localement dans les organites (noyau, mitochondries, réticulum endoplasmique, vacuoles, chloroplastes des plantes vertes...).

 Source : <http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article3692>

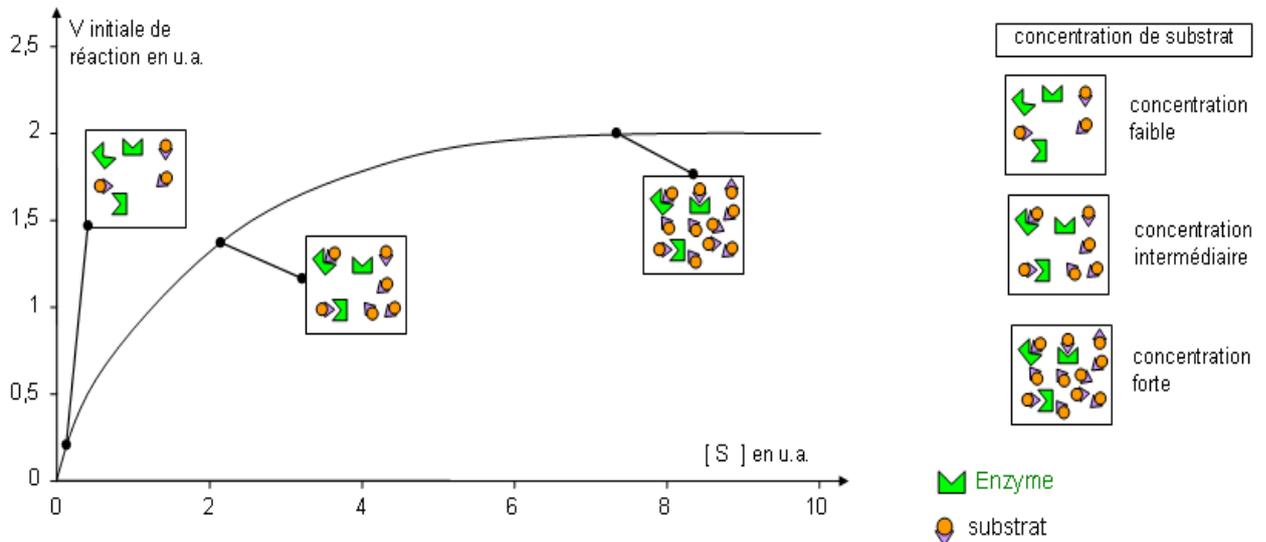


c) Une conséquence de l'existence du site actif : la saturation de l'enzyme

❖ **Exercice** : [Influence de la concentration en substrat sur la vitesse initiale \(simulation\)](#)

📖 [Graphique \$V_i=f\(\[S\]\)\$](http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1956) - source : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1956

NB : vitesse d'une réaction chimique = vitesse de disparition des réactifs = vitesse de formation des produits



La vitesse initiale d'une réaction est augmentée par la concentration en substrat (notée $[S]$) jusqu'à un certain seuil ; au-delà de ce seuil, la vitesse reste constante (et maximale : V_{max}). L'enzyme est « **saturée** » : elle ne peut plus prendre en charge d'autres molécules de substrat.

C'est donc que celui-ci se fixe à l'enzyme : formation d'un **complexe enzyme-substrat** (noté ES). Au-delà du seuil de $[S]$, toutes les molécules d'enzyme sont liées à une molécule de substrat.

📖 [graphique \$V_i = f\(\[E\]\)\$](#)

Pas de plateau, mais vitesse proportionnelle à $[E]$ donc confirmation de l'existence d'une fixation du substrat sur l'enzyme sur un **site de fixation**.

📖 [Graphique \$\[ES\]\$ et \$\[P\] = f\(t\)\$](#)

Vitesse (de formation du produit) limitée par la $[ES]$ qui dépend de $[E]$