

THEME 3_Terminale Spécialité _LA GLYCEMIE ET LE DIABETE

CHAPITRE 1 LA CATALYSE ENZYMATIQUE

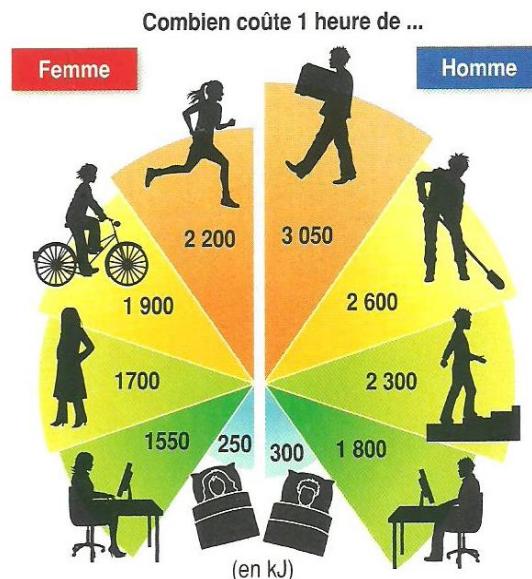
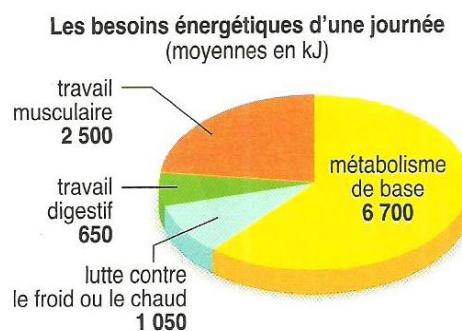
• Rappels des connaissances :

Les besoins variables en aliments de l'être humain (selon l'âge, l'activité ...).
L'origine des aliments consommés (animale et végétales issus des agrosystèmes)
Le devenir des aliments dans le tube digestif

Les besoins énergétiques quotidiens d'un sujet correspondent :

- au **métabolisme de base** (énergie nécessaire au fonctionnement vital du cœur, des muscles respiratoires, du cerveau, des reins), etc. ;
- aux diverses dépenses variables, notamment celles imputables aux activités physiques.

La dépense énergétique s'évalue en **kJ** (kilojoules) ou en **kcal** (kilocalories ou Calories).

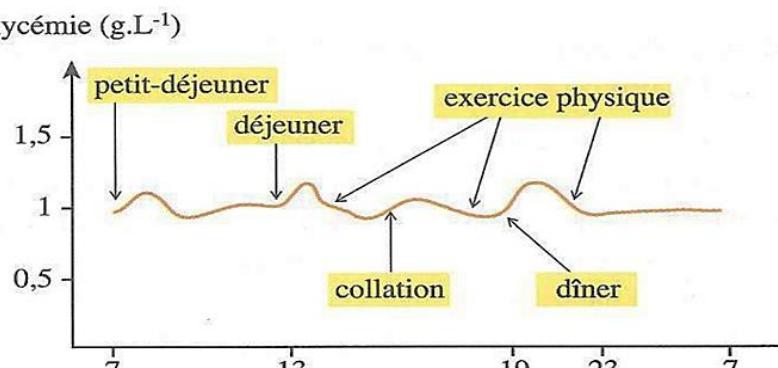


D'après Sciences et avenir, n° 523.

Source bordas 2°

• Introduction :

La glycémie est la concentration sanguine en glucose. Il s'agit d'un paramètre du milieu intérieur, généralement exprimé en g.L^{-1} . Il existe des causes de variations quotidiennes importantes de la glycémie au cours d'une journée. Malgré toutes ces causes de variations, la glycémie d'un individu non diabétique oscille en permanence autour d'une valeur de 1 g.L^{-1} , indicatrice d'une bonne santé.



Variations de la glycémie au cours d'une journée chez une personne non diabétique

PROBLEMATIQUE :

Comment est obtenu le glucose sanguin à partir des aliments ?

Au collège, vous avez vu que Les « enzymes » sont des substances jouant un rôle digestif de la transformation d'aliments en nutriments.

Question : Comment s'effectuent la digestion des glucides ?

I- DES ALIMENTS GLUCIDIQUES AU GLUCOSE SANGUIN :

ACTIVITE 1 : La digestion des glucides complexes

Compétences :

- **Pratiquer des démarches scientifiques**
Saisir, interpréter des résultats et en tirer des conclusions
- **Pratiquer des langages**
Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.
- **Concevoir, créer, réaliser**
Concevoir un protocole

Mise en situation :

L'alimentation apporte des glucides sous différentes formes :

- Des glucides de petite taille, les oses, comme par ex : le glucose et le fructose de formule $C_6H_{12}O_6$;
- Des diholosides, comme le saccharose et le lactose, constitués de l'assemblage de 2 oses ;
- Des polyholosides, l'amidon et la cellulose, qui sont des macromolécules glucidiques constituées de longues chaîne d'oses.

Les oses sont de petites tailles donc non simplifiables. Cependant, tous les autres glucides doivent subir une hydrolyse par les enzymes digestives afin d'être convertis en petites molécules utilisables par la cellule.

L'approvisionnement en glucose commence par la digestion de macromolécules glucidiques comme l'amidon. Cette digestion s'effectue grâce à des enzymes digestives. Les enzymes sont des protéines. Ce sont des biocatalyseurs, c'est-à-dire qu'elles permettent des réactions chimiques cellulaires en transformant un substrat en produit.

Enzyme
Substrat(s) -----> Produit(s)

Problème à résoudre :

On cherche à montrer que la digestion complète de l'amidon en glucose fait intervenir plusieurs enzymes spécifiques à un substrat.

Ressources :

Matériel disponible	Document 1 : Les enzymes digestives	Document 2 : Précisions sur la biochimie des glucides
⇒ Matériel de laboratoire ⇒ Bain-marie ⇒ Matériel nécessaire pour réaliser une chromatographie des glucides ⇒ Enzymes : à définir ⇒ Solutions de glucides : à définir	Document 1 : Les enzymes digestives Les enzymes digestives sont produites par le pancréas, la muqueuse intestinale, les glandes salivaires, la muqueuse stomacale. Les enzymes digestives entraînent la simplification des molécules complexes en permettant la cassure des liaisons entre les molécules simples (hydrolyse). $\text{amidon} + \text{eau} \xrightarrow{\text{amylase}} \text{maltose}$ $\text{saccharose} + \text{eau} \xrightarrow{\text{saccharase}} \text{glucose} + \text{fructose}$ $\text{lactose} + \text{eau} \xrightarrow{\text{lactase}} \text{glucose} + \text{galactose}$ $\text{maltose} + \text{eau} \xrightarrow{\text{maltase}} \text{glucose}$	Document 2 : Précisions sur la biochimie des glucides Les glucides simples, ou oses, sont définis par leur nombre d'atomes de carbone. Leur formule générale est $(CH_2O)_n$, avec $n = \text{nombre de C}$. Les oses les plus courants sont les hexoses : glucose, fructose, galactose, etc. Les glucides complexes, ou osides, sont constitués de plusieurs oses reliés par des liaisons osidiques. On distingue : ⇒ Les diosides constitués de l'assemblage de 2 oses : <ul style="list-style-type: none">○ Saccharose = Glucose-Fructose○ Maltose = Glucose-Glucose○ Lactose = Glucose-Galactose ⇒ Les polyosides constitués d'un grand nombre d'oses : <ul style="list-style-type: none">○ Amidon (polyglucose)○ Glycogène (polyglucoses)

Utiliser les ressources afin de proposer une démarche permettant de répondre au problème.

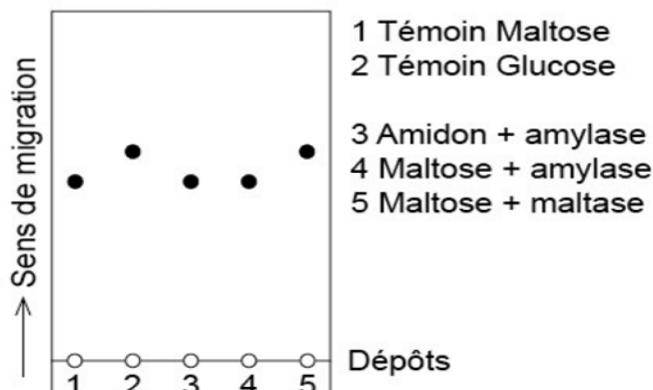
Réponse possible :

Tube	1	2	3	4	5
Substrat	Amidon	Amidon	Amidon	Maltose	Maltose
Enzyme	-	Amylase	Maltase	Amylase	Maltase

Résultats des tests d'action des différentes enzymes en fonction du substrat

Tube	1	2	3	4	5
Substrat	Amidon	Amidon	Amidon	Maltose	Maltose
Enzyme	-	Amylase	Maltase	Amylase	Maltase
Test lugol	Positif	Négatif	Positif	-	-

Résultat de la chromatographie des glucides présents en fin d'hydrolyse dans les tubes



<http://svtguilleray.fr/blog/>

- Interpréter les résultats.
- Exploiter les résultats pour répondre au problème posé. Construire un schéma présentant la digestion complète de l'amidon en glucose.

Précédemment, vous avez vu que l'amylase est une enzyme présente dans la salive et dans le suc pancréatique elle est impliquée dans la digestion de l'amidon.

Question : Quelles sont les propriétés de l'amylase qui lui permettent d'agir sur l'amidon ?

II- LES MECANISMES MOLECULAIRES DE LA CATALYSE ENZYMATIQUE :

ACTIVITE 2 : Les enzymes, une fonction liée à leur structure

Compétences :

- **Pratiquer des démarches scientifiques**
Saisir, interpréter des résultats et en tirer des conclusions
- **Pratiquer des langages**
Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.

Support : bordas T° spé SVT

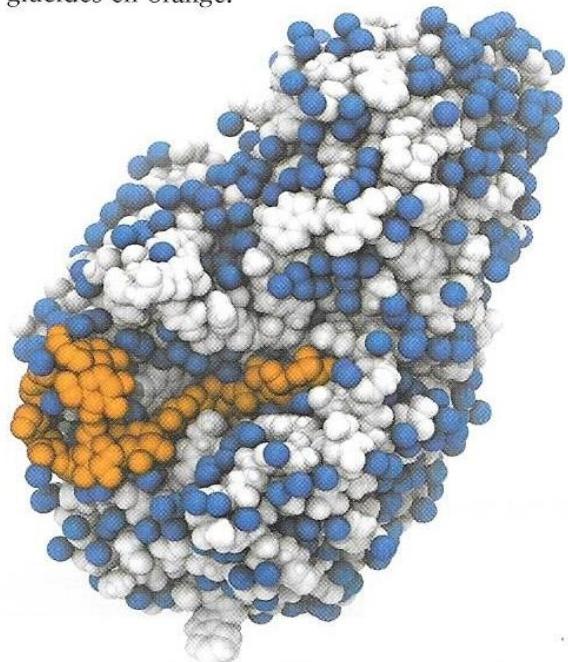
À l'aide d'un logiciel de visualisation moléculaire, il est possible d'étudier le modèle de l'amylase pancréatique en présence de son **substrat**.

■ EXPLORATION D'UN MODÈLE MOLÉCULAIRE

L'application de différents traitements (mode de représentation, coloration, réalisation de coupes, etc.) permet de déterminer le nombre et la nature des molécules étudiées et des sous-unités qui les constituent, de comprendre comment est maintenue leur forme, quelles sont les interactions spatiales entre l'enzyme et son substrat. Des exemples de traitements sont présentés ici.

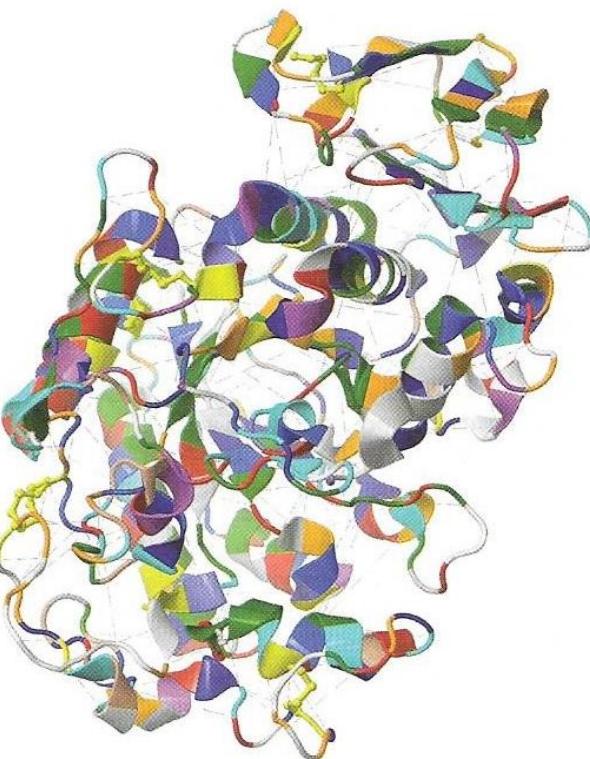
- **Mise en évidence des constituants et de leurs formes**

- Affichage en sphères.
- Coloration par chaîne.
- Coloration des molécules d'eau en bleu et des glucides en orange.

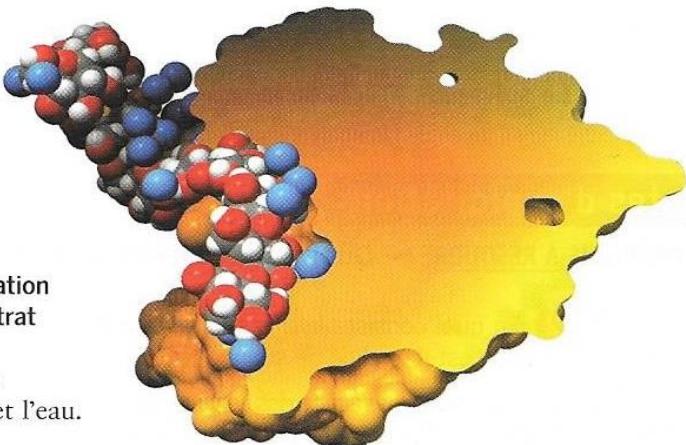


- **Mise en évidence de la structure de l'enzyme**

- Affichage en rubans.
- Coloration par acides aminés.
- Affichage des liaisons hydrogène.



- **Visualisation de l'association entre l'enzyme et son substrat**
- Affichage en sphères.
 - Colorations différentes pour l'enzyme, l'amidon et l'eau.
 - Coupe du modèle.



Doc. 1 L'amylase possède une structure adaptée à son substrat.

- **Quelle est la nature chimique de l'amylase ?**
- **Décrire la structure de l'enzyme.**
- Il est possible de travailler sur les modèles à l'aide d'un logiciel en ligne libmol: <https://libmol.org/> (Voir la Fiche technique du logiciel Libmol)
Choisir le fichier dans la librairie « amylase salivaire humaine » 1MFV
Réaliser une des images et légander pour montrer les relations entre cette enzyme et son substrat

Visualisation de molécules avec Libmol.org

Sélection par éditeur de commande

LibMol

Sélections prédefinies

Le bouton masque ou montre le composant

Représentations de la sélection

Colorations de la sélection

Aide contextuelle (au survol d'une commande)

Remarque : la sélection active et ses propriétés apparaissent en bleu

Espace de travail

Hémoglobine humaine oxygénée

Mesures

Survol à la souris : nom de l'atome du résidu et de la molécule

Clic gauche : rotation
Clic droit : translation
Molette : zoom

Code couleur de la dernière coloration utilisée

Affichage des noms au survol

% atomes sélectionnés et masqués (surbrillance au survol)

Mode séquence

A	B	C	D
VAL	VAL	VAL	VAL
LEU	HIS	LEU	HIS
SER	LEU	SER	LEU
PRO	THR	PRO	THR
ALA	PRO	ALA	PRO
ASP	GLU	ASP	GLU
LYS	GLU	LYS	GLU
THR	LYS	THR	LYS
ASN	SER	ASN	SER
VAL	ALA	VAL	ALA
LYS	VAL	LYS	VAL
ALA	THR	ALA	THR
ALA	ALA	ALA	ALA
TRP	LEU	TRP	LEU
GLY	TRP	GLY	TRP
LYS	GLY	LYS	GLY
LYT	LYP	LYT	LYP

Tous Aucun Inverser

Sphères Boules et bâtonnets Masquer/Montrer

Mesures de distances et d'angles

Choisir le type de mesure
Activer la mesure des distances
Effacer les mesures réalisées
Repérage en rouge, des atomes choisis pour la mesure (cliquer pour sélectionner)

Éditeur de commandes

Saisir la commande de sélection
Valider la sélection réalisée
Fermer l'éditeur
Nombre d'atomes (également en surbrillance)

Suggestions correspondantes aux lettres en cours de frappe

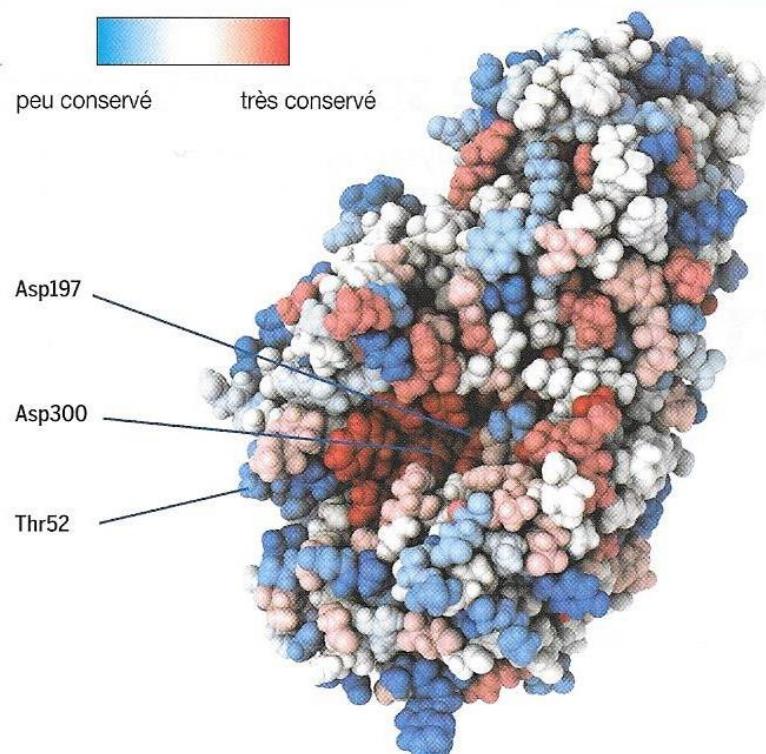
Après validation, la sélection devient un bouton éditable

- En mesurant la vitesse à laquelle une amylase mutée hydrolyse l'amidon, on peut déterminer l'importance d'un acide aminé pour l'**activité catalytique**.

Site de mutation	Vitesse enzymatique*
Aucun (témoin)	1
Asp 197	1/1200 000
Thr 52	1
Asp 300	1/4900

* vitesse exprimée en unité arbitraire par rapport à celle de l'enzyme non mutée.

- Une autre approche consiste à comparer l'amylase de différentes espèces : l'image *ci-contre* utilise une coloration des acides aminés de l'amylase en fonction de leur degré de conservation au cours de l'évolution. Les acides aminés les plus conservés sont ceux qui sont retrouvés au même emplacement chez des espèces différentes (insectes, plantes, bactéries).



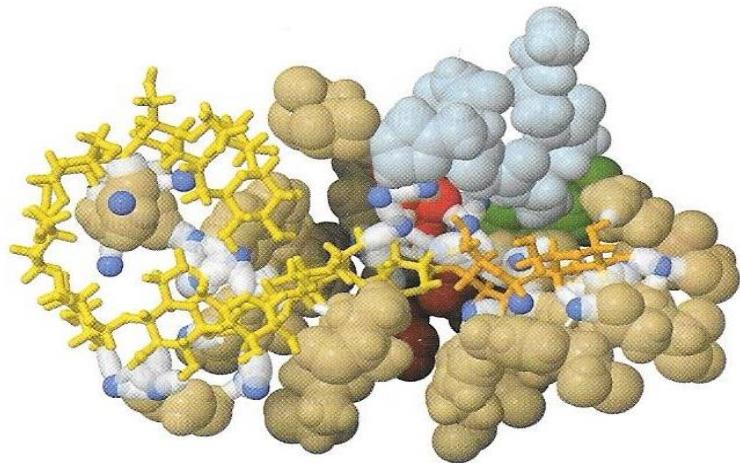
Doc. 2 L'importance de certains acides aminés dans la fonction de l'amylase.

Certains acides aminés de l'amylase ont un rôle essentiel : ils délimitent un **site actif** au niveau duquel le substrat peut se fixer sur l'enzyme et où l'action catalytique peut s'effectuer.

L'image *ci-contre* présente les contacts établis entre le substrat (*en jaune et orange*), l'eau et les acides aminés de l'amylase.

Les acides aminés du site actif ont différentes propriétés chimiques qui leur permettent d'assurer plusieurs fonctions :

- la reconnaissance et le positionnement du substrat (*en marron*);
- le guidage des molécules d'eau dans le site actif (*en vert*);
- la réaction chimique d'hydrolyse des liaisons entre les unités de glucose (*en rouge*);
- la libération des produits de la réaction (*en bleu*).



Doc. 3 Des acides aminés au rôle bien précis.

- Pourquoi certains acides aminés apparaissent-ils plus « conservés » que d'autres ?
- Réalise un schéma d'interprétation.

L'amylase peut catalyser l'hydrolyse de molécules d'amidon. Mais de nombreuses d'autres réactions chimiques se réalisent également dans le corps.

Question : Est-ce qu'une même enzyme peut être impliquée dans différentes réactions chimique et agir sur divers substrats ?

ACTIVITE 3 : La double spécificité des enzymes

Compétences :

- **Pratiquer des démarches scientifiques**
Saisir, interpréter des résultats et en tirer des conclusions
- **Pratiquer des langages**
Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.

Support : bordas T° spé SVT

Document 1 : Comparaison de l'activité de 2 enzymes sur 2 substrats

La pepsine est une enzyme produite par l'estomac. Comme l'amylase, elle intervient dans l'hydrolyse de macromolécules alimentaires en nutriments solubles.

L'expérience suivante a pour objectif de déterminer si amylase et pepsine peuvent catalyser l'hydrolyse des mêmes substrats.

■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

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

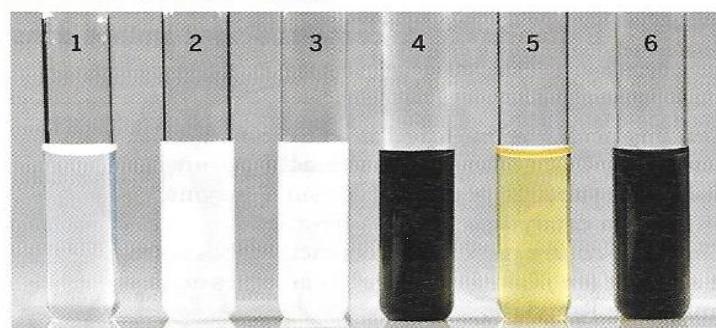
— Placer les tubes au bain-marie à 35 °C pendant 20 minutes environ.

— 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.

Tube	Contenu
1	Ovalbumine + pepsine
2	Ovalbumine + amylase
3	Ovalbumine + eau
4	Amidon + pepsine
5	Amidon + amylase
6	Amidon + eau

■ RÉSULTATS OBTENUS



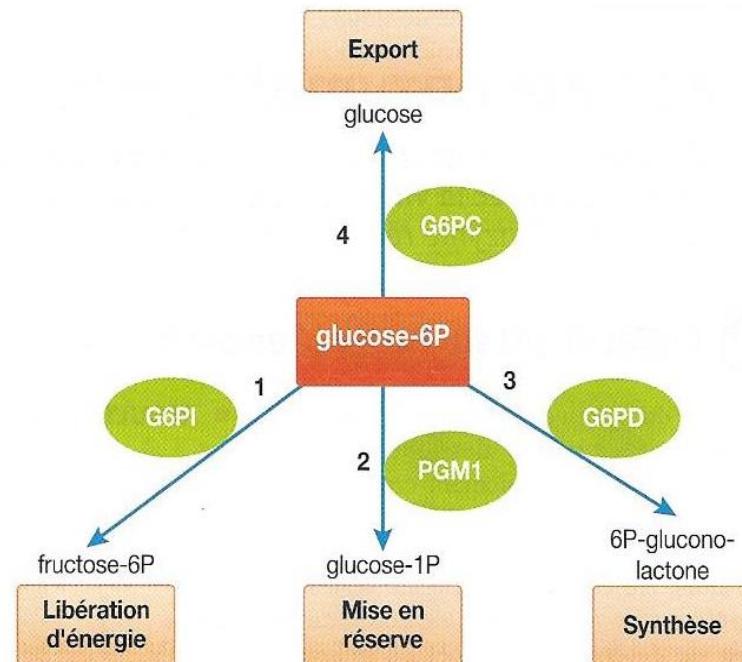
- Interpréter les résultats. Que pouvez-vous en déduire ?

Document 2 : Exemple du devenir du glucose dans les cellules

La digestion des glucides complexes produit du glucose qui peut être absorbé par les cellules de l'organisme. Dans les cellules, le glucose est phosphorylé en glucose-6-phosphate. Cette molécule peut avoir des destinées bien différentes :

- servir de source d'énergie ;
- être mise en réserve sous la forme de **glycogène** ;
- participer à la formation d'autres molécules (par exemple le désoxyribose dans l'ADN) ;
- redonner du glucose qui sera exporté.

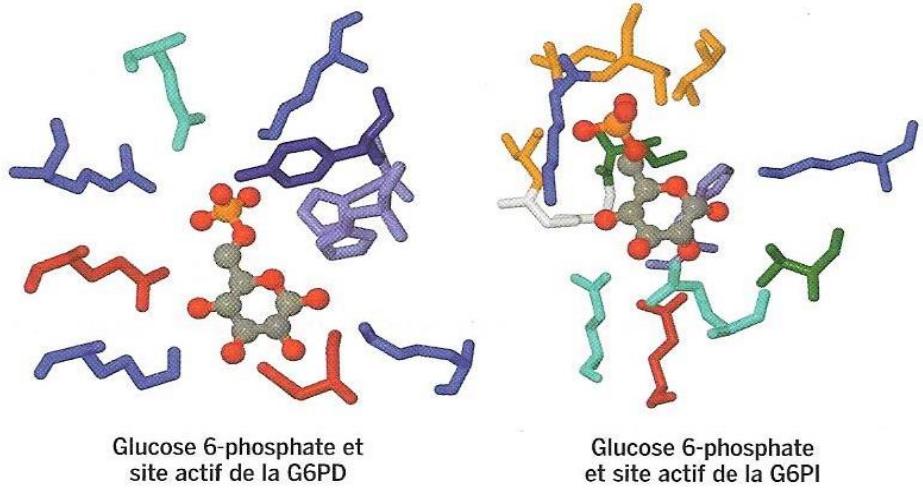
Quatre enzymes différentes (*en vert sur le schéma ci-contre*) utilisent le glucose-6-phosphate comme substrat et sont impliquées dans la première étape de chacune de ces quatre voies.



Document 3 : La comparaison du site actif de deux enzymes utilisant un même substrat.

On cherche à comprendre comment des enzymes utilisant le même substrat peuvent catalyser des réactions chimiques différentes.

On se propose donc de comparer les sites actifs de deux enzymes, la G6PD et la G6PI, qui catalysent des réactions impliquant le même substrat (le glucose-6-phosphate).



- Quel est le point commun entre ces quatre enzymes ? Quelle est la différence ?
- Pourquoi peut-on associer une enzyme à un modèle de « clé-serrure » ?
- Pourquoi pouvons-nous dire que l'enzyme a une double spécificité ?
- Réaliser un schéma bilan mettant en évidence cette propriété.

Situation d'appel :

Vidéo « Qu'est-ce qu'une enzyme ? » C'est pas sorcier :<https://www.youtube.com/watch?v=7-77NqvNLno>

De nombreuses enzymes sont de nature protéique, même s'il existe quelques exceptions. Elles interviennent dans de nombreuses réactions et sur de nombreuses molécules. Ces molécules sont fabriquées par les êtres vivants. Les conditions de formations et de fonctionnement sont donc certainement liées aux paramètres physico-chimiques de l'environnement.

Question : Dans quel mesure les conditions du milieu peuvent-elles affecter la façon dont l'enzyme réalise son activité ?

III- LES FACTEURS SUSCEPTIBLES DE MODIFIER L'ACTIVITE ENZYMATIQUE :

ACTIVITE 4 : Mise en évidence de l'influence de quelques facteurs de l'environnement sur l'activité enzymatique

Compétences :

- **Pratiquer des démarches scientifiques**
Saisir, interpréter des résultats et en tirer des conclusions
- **Pratiquer des langages**
Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.

Mise en situation :

Les enzymes sont des protéines qui agissent dans des conditions, de températures et PH notamment compatible avec la vie.

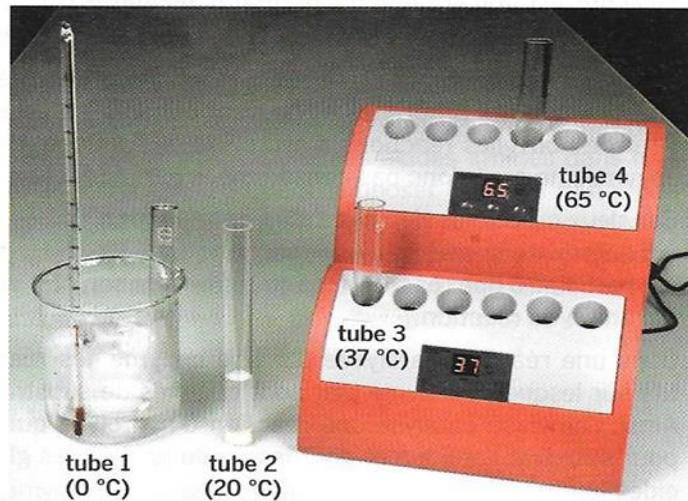
Problème à résoudre :

On cherche à montrer l'influence de la température et du PH sur la catalyse enzymatique.

Expérience 1 : (source livre bordas T°S spé)

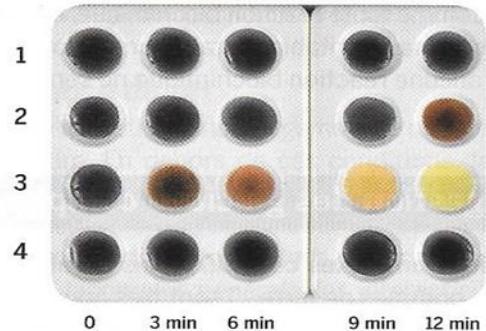
■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Préparer quatre tubes à essai contenant une même quantité d'empois d'amidon et quatre tubes contenant une même quantité d'une solution d'amylase.



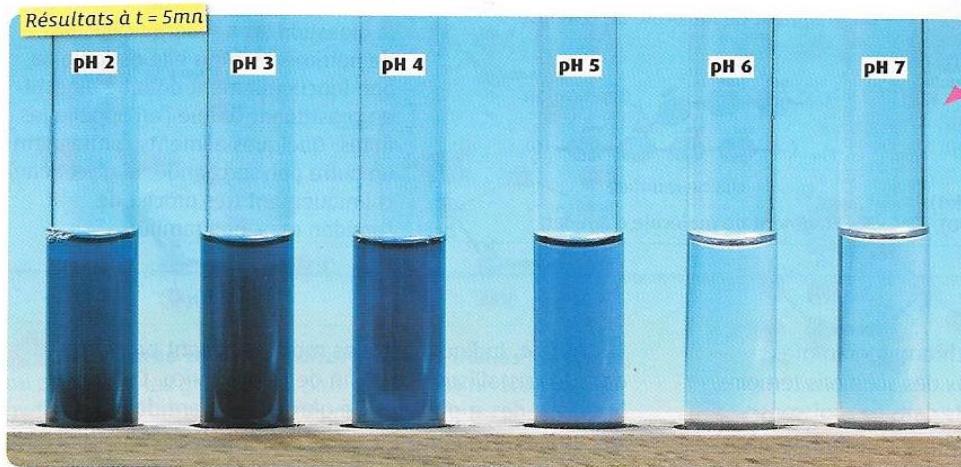
- Placer deux tubes (amidon et amylase) dans de la glace fondante, laisser les deux autres tubes à la température ambiante. Placer deux tubes au bain-marie à 37 °C et les deux derniers au bain-marie à 65 °C. Attendre quelques minutes pour que chaque tube s'équilibre en température.
- Au temps $t = 0$, verser la solution d'amylase dans le tube contenant de l'amidon à la même température.
- Toutes les trois minutes, prélever quelques gouttes de chaque mélange et faire un test à l'eau iodée.

■ RÉSULTATS OBTENUS



- Interpréter les résultats.

Expérience 2 : (source livre belin T°S spé)



L'effet du pH sur l'activité de l'amylase salivaire. L'amylase salivaire est sécrétée dans la cavité buccale, où il règne un pH entre 6,5 et 7,5. Elle est ensuite entraînée dans l'estomac où le pH est acide (1,5 à 5). On cherche à explorer l'effet du pH sur son activité.

je MANIPULE

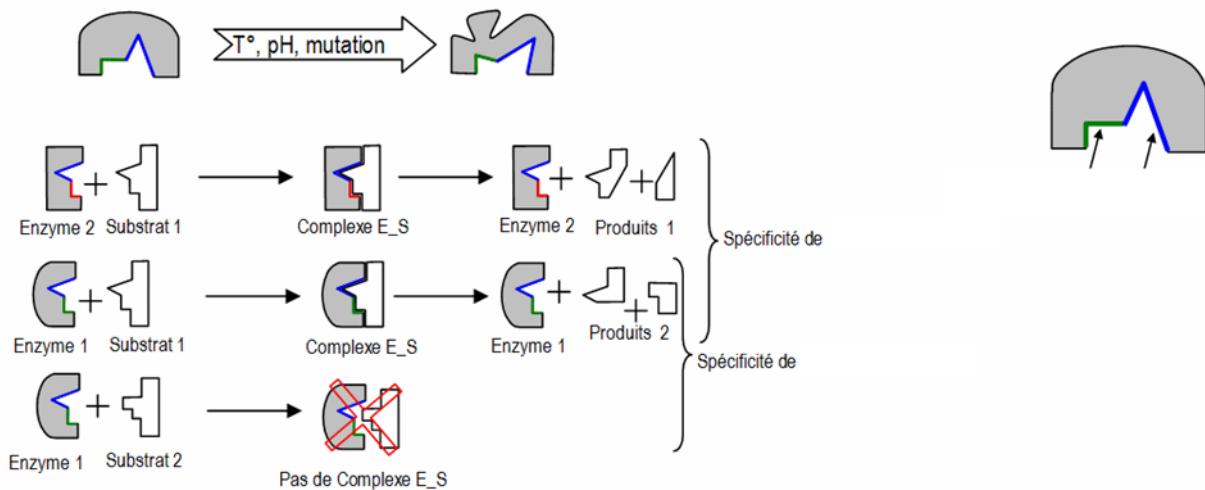
- Remplir 6 tubes à essais avec 4,5 mL de tampon citrate-phosphate de pH respectivement 2-3-4-5-6-7.
- Dans chaque tube, ajouter 1 mL d'empois d'amidon à 5 g.L⁻¹ et 3 gouttes d'eau iodée peu concentrée.
- Bien mélanger et placer au bain-marie à 35 °C.
- Au temps t_0 , distribuer dans chaque tube 0,5 mL de solution d'amylase à 3 g.L⁻¹ et mélanger. Suivre l'évolution de la coloration (visuellement ou par colorimétrie).
- Comparer les résultats obtenus pour les différents pH.

- Interpréter les résultats.

Vidéo synthèse de cours : Les enzymes et leur double spécificité

<https://www.youtube.com/watch?v=nnNvqjPaaEc>

- Rédige une synthèse à partir des informations issues de la vidéo.
- Reproduire le schéma et le légender.



<http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/spip.php?article3211>

QCM : <http://www.qcmweb.fr/entrainement.php?numqcm=29>