

Juliette Pépin

## LA CHIMIE DU YAOURT

- Programmes du tronc commun de tous les baccalauréats professionnels dans la discipline « **Prévention-Santé-Environnement** » - thématique A : « L'individu responsable de son capital santé ».
- Programmes spécifiques de **physique-chimie** pour les classes de première et de terminale Bac professionnel propres au Groupement de spécialité 5. Le Groupement de spécialité 5 rassemble les spécialités de baccalauréats professionnels mobilisant des compétences professionnelles qui nécessitent de solides connaissances dans le domaine de la chimie. Il réunit les spécialités de secteurs professionnels variés : l'industrie chimique, la bio-industrie, la cosmétologie, la teinturerie, les textiles, la plasturgie, l'esthétique, la gestion des pollutions et la protection de l'environnement, la verrerie, les plastiques et composites...

### MOTS-CLÉS :

alimentation, nutriments, fermentation, valeur nutritionnelle, qualités organoleptiques, pasteurisation, probiotique

### I. INTRODUCTION

Le yaourt est un aliment de notre quotidien parmi les différents produits laitiers. Il y en a pour tous les goûts, tous les âges, toutes les textures, etc...

Derrière ce produit commun, se cache un vrai savoir-faire !



Illustration n°1 : Une variété de yaourts sur le marché

**Source : Le yaourt – podcast de France inter  
Avec Éric Birlouez, ingénieur agronome et sociologue de l'alimentation**

**Lien du podcast :** 

Le mystère demeure entier : personne ne peut dire qui a inventé le yaourt même si certains peuples en revendiquent la paternité.

Il faut savoir que sur le plan réglementaire, la dénomination yaourt ou yoghourt correspond à un type de lait fermenté bien précis. Il doit obligatoirement contenir deux bactéries spécifiques.

Or, ces deux bactéries n'ont été identifiées qu'au début du XXème siècle. Donc on ne sait pas si le lait fermenté ancestral des Bulgares ou celui des Turcs les contenait. Et si, par conséquent, c'était ou non un yaourt au sens officiel du terme.

Les spécialistes pensent que les laits fermentés sont apparus chez les premiers éleveurs du monde, au Proche-Orient, il y a environ 10 000 ans. [...]

### **Il aurait fait une première apparition, très fugace, au début du XVIème siècle.**

Le roi François Ier souffrait de troubles intestinaux. Pour ces raisons, on aurait envoyé chercher à Constantinople un médecin turc dont le remède faisait, paraît-il, merveille : un lait de brebis fermenté. Le breuvage aurait alors guéri le souverain français et le médecin serait retourné en Orient, emmenant avec lui ses brebis et, malheureusement, le secret de fabrication de son lait fermenté. Un premier voyage Turquie-France aller-retour... [...]

### **Quelques années plus tard, un autre industriel s'intéresse au yaourt.**

Il se nomme Isaac Carasso. Il est né à Salonique, en Grèce, et il s'est réfugié à Barcelone. En 1919, il y crée l'entreprise Danone.

Pourquoi ce nom de marque ? Parce que son fils, qui créera la filiale française, se prénomme Daniel. En catalan, « Danon » signifie « petit Daniel » !

Ce yaourt devenu industriel va tracer sa route sur toute la planète. Les Français vont devenir les plus grands mangeurs de yaourts du monde, avec les Néerlandais, les Turcs et les Allemands. [...]

#### **POUR ALLER PLUS LOIN :**

- Colloque : Alimentation et Chimie.   
*La compréhension moléculaire au service d'une alimentation innovante*  
Christian CAMPARGUE
- L'histoire de Danone. 

## II. PROCESS INDUSTRIEL DU YAOURT

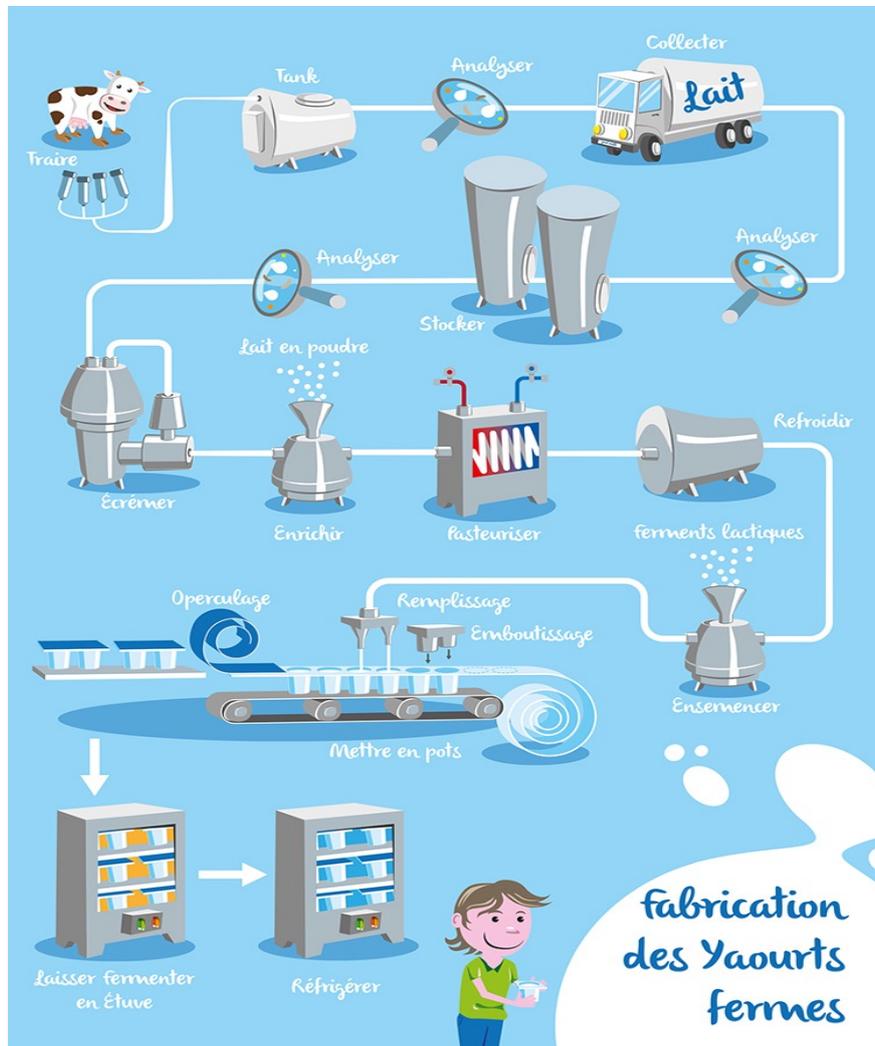


Illustration n°2 : Le process de fabrication du yaourt

Voir la fabrication du yaourt



## 1. Traitement du lait

L'ingrédient principal du yaourt est le lait ! Pour être utilisé de façon industrielle dans un yaourt, le lait doit être standardisé. Qu'il soit utilisé écrémé, demi-écrémé ou entier, la standardisation permet de préserver des valeurs nutritionnelles cibles, notamment un taux de matière grasse fixe. Durant cette standardisation, le lait peut être enrichi avec du lait en poudre. Cette étape est également importante pour obtenir les qualités organoleptiques finales attendues c'est-à-dire le visuel, le goût, la texture et l'odeur du yaourt. Un yaourt au lait demi-écrémé sera plus liquide et acide alors qu'un yaourt au lait entier, plus gras, sera plus onctueux et plus doux.

Au cours du process industriel de fabrication du yaourt, le lait doit également être pasteurisé avec un couple temps-température défini afin d'éliminer les micro-organismes pathogènes et garantir la bonne conservation du yaourt. Il existe plusieurs pasteurisations :

- la pasteurisation basse température – longue durée (LTLT) : chauffage à 63°C pendant 30 minutes ;
- la pasteurisation haute température – courte durée (HTST) : chauffage à 72°C pendant 15 secondes ;
- l'ultra-pasteurisation (ou UHT, Ultra Haute Température) : chauffage à 135-150°C pendant 2 à 4 secondes, ce qui permet une conservation à température ambiante pendant plusieurs mois.

## 2. Ensemencement

Après cette étape de chauffe, le lait est refroidi à une température de 42°C optimale pour l'ensemencement des ferments lactiques. Les ferments lactiques sont des bactéries inoffensives qui se développent dans le lait. En d'autres termes, ce sont de « gentilles » bactéries qui permettent la fermentation du lait pour le transformer en yaourt. Les plus couramment utilisés sont *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.

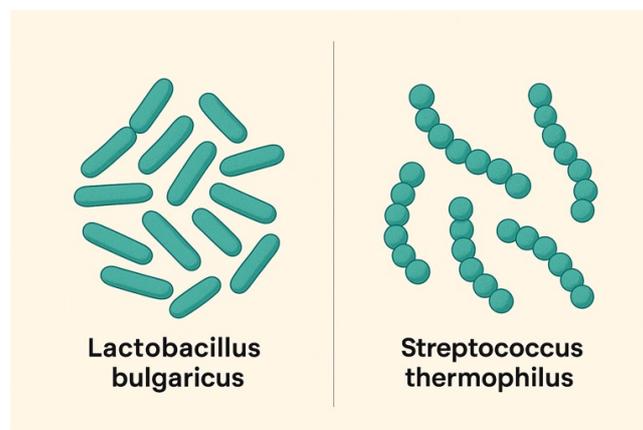


Illustration n°3 : Schématisation des bactéries responsables de la fermentation lactique issue de l'IA (ChatGPT)

### L'EXEMPLE D'ACTIVIA

Certains yaourts, comme Activia de la marque Danone contiennent d'autres bactéries que les deux présentées ci-dessus. En effet, Activia contient un ferment spécifique appelé « bifidus ». L'intérêt de l'ajout de ce ferment est d'améliorer le confort digestif des consommateurs tout en conservant les qualités nutritionnelles et probiotiques d'un yaourt classique. La texture plus onctueuse et douce, différente d'un yaourt standard, est appréciée par de nombreux consommateurs.

### 3. Étuvage

Après avoir été mis en pots, les yaourts sont maintenus au chaud afin que la fermentation lactique puisse avoir lieu, c'est-à-dire qu'ils sont gardés à la bonne température pour que les bactéries se développent. Cette étape permet d'obtenir les qualités organoleptiques du yaourt qui est plus ferme et épais que le lait. Elle permet également de diminuer le pH passant de 6,7 dans le lait à 4,2 - 4,5 dans le yaourt.



Étuvage en chambre chaude  
© ferme de Corly

#### À noter !

Le process varie selon le type de yaourt fabriqué (ferme, brassé, à boire, faisselle etc...). Le yaourt peut être également enrichi en fruits, sucre, arômes etc... .

ACTIVITÉ 1	
<b>Question 1</b>	► <b>Comment mesure-t-on le pH ?</b>
<b>Réponse 1</b>	.....
<b>Question 2</b>	► <b>À partir de quelle valeur, le pH est-il considéré comme acide ?</b> A. Lorsqu'il est < 4 B. Lorsqu'il est compris entre 4 et 7 C. Lorsqu'il est < 7
<b>Réponse 2</b>	.....
<b>Question 3</b>	► <b>En quoi l'acidité du yaourt permet-elle d'améliorer sa conservation ?</b> A. L'acidité augmente la quantité de vitamines et rend le yaourt plus nutritif. B. Le milieu acide du yaourt inhibe la croissance de nombreux micro-organismes pathogènes, ce qui ralentit la dégradation et prolonge la durée de conservation. C. L'acidité rend le yaourt plus épais et donc impossible à contaminer.
<b>Réponse 3</b>	.....

### III. INTÉRÊT NUTRITIONNEL DU YAOURT NATURE

Source : Les produits laitiers – Article de l'Assurance maladie

Lien : 

Les produits laitiers (lait, yaourt, fromage blanc, fromages) sont indispensables tout au long de la vie et plus particulièrement au moment de la croissance chez l'enfant et chez les personnes âgées. Ils apportent du calcium indispensable à la fabrication de l'os et au maintien de sa solidité.

Grâce à la vitamine D contenue dans l'alimentation ou fabriquée par l'organisme sous l'action des rayons ultraviolets sur la peau, le calcium est absorbé par l'organisme. Ces deux éléments sont essentiels à la construction du tissu osseux et à son entretien. Ils préviennent l'ostéoporose, en particulier après la ménopause.

En outre, le calcium intervient dans d'autres mécanismes corporels essentiels : contraction musculaire, coagulation sanguine, etc.

#### POUR ALLER PLUS LOIN :

- La nutrition des yaourts et laits fermentés. 
- La chimie dans la vie quotidienne : les apports de l'alimentation.   
*Constantin Agouridas, Jean-Claude Bernier, Danièle Olivier et Paul Rigny*
- Lactose et acide lactique. 

#### À noter !

Les valeurs nutritionnelles sont très variables en fonction des ingrédients incorporés au yaourt (Ex. ajout de sucre, fruits, etc...) et du process (Ex. écrémage ou non du lait).

De plus, le yaourt contient moins de lactose que le lait et est mieux digéré par les personnes intolérantes au lactose. Il est également considéré comme un probiotique puisque les micro-organismes qu'il contient participent à faciliter sa digestion.

Un probiotique est un micro-organisme vivant (comme certaines bactéries ou levures) qui, lorsqu'il est consommé en quantité suffisante, apporte un effet bénéfique sur la santé en aidant notamment à équilibrer la flore intestinale. Dans le langage courant, les probiotiques sont parfois appelés des « bonnes bactéries ».

Pour en savoir plus : 

Le microbiote acteur et levier de santé : Joël Doré / INRA.

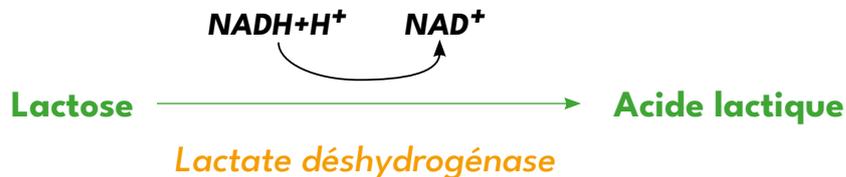


#### IV. FERMENTATION LACTIQUE, ÉTAPE FINALE

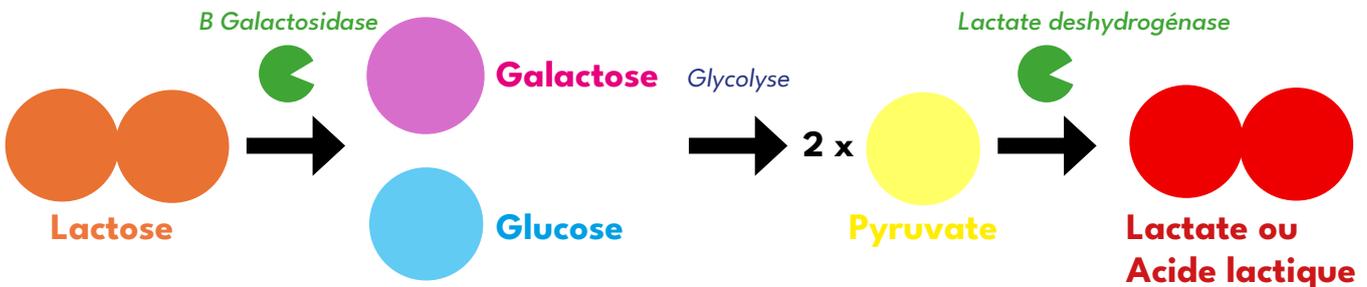
La fermentation lactique est l'étape clé de la transformation du lait en yaourt. À cette étape, les ferments lactiques (bactéries) « mangent » le sucre contenu dans le lait, le lactose, pour le transformer en acide lactique ou lactate. C'est ce procédé qui permet de donner la consistance et le goût typique du yaourt.

#### Quelle réaction chimique a lieu pendant cette étape de fermentation ?

Cette réaction chimique a lieu à l'intérieur de la bactérie appelée ferment lactique. Elle se fait en anaérobie, c'est-à-dire en absence d'oxygène.



Cette réaction se fait en plusieurs étapes :



Dans ce schéma, les enzymes sont représentées par le symbole : 

Une **enzyme** est une protéine qui a pour rôle de catalyser une réaction chimique. Les enzymes sont présentes dans nos cellules ou dans les bactéries comme c'est le cas pour la fermentation lactique. Il en existe une grande diversité : elles ont pour rôle d'aider les réactions chimiques à se réaliser. Dans le cas de la fermentation, on trouve la **galactosidase** qui permet la transformation du lactose en 2 sucres simples (glucose et galactose) et la **lactate déshydrogénase** qui permet de former du lactate à partir de 2 pyruvates.

La **glycolyse** est un mécanisme très important qui a lieu dans nos cellules. Il s'agit d'une suite de réactions qui permet de « casser » les sucres pour produire de l'énergie.

### ACTIVITÉ 3

<b>Question 1</b>	<p>► Compléter le texte avec les mots suivants : lactate, lactate déshydrogénase, lactose, NADH+H<sup>+</sup>.</p>
<b>Réponse 1</b>	<p>► Le sucre principal du lait présent sous la forme de disaccharide, appelé ..... est d'abord dégradé en sucres plus simples (glucose et galactose).</p> <p>Ces sucres sont ensuite transformés par la voie de la glycolyse en pyruvate.</p> <p>Une enzyme spécifique, la ....., convertit le pyruvate en .....</p> <p>Au cours de cette réaction, le ..... est oxydé en NAD, ce qui permet à la glycolyse de continuer à produire de l'énergie.</p>
<b>Question 2</b>	<p>► Pourquoi la réaction doit-elle se faire à l'abri de l'oxygène ?</p> <p>A. Parce qu'avec de l'oxygène, le sucre est complètement brûlé pour donner du gaz carbonique et de l'eau.</p> <p>B. Parce qu'avec de l'oxygène, le sucre disparaît sans produire d'énergie.</p> <p>C. Parce qu'avec de l'oxygène, le lait ne contient plus de lactose.</p>
<b>Réponse 2</b>	<p>.....</p>

#### Quel est le rôle de la fermentation ?

La production d'acide lactique ou lactate ayant lieu durant cette fermentation permet d'acidifier le lait. Dans ce milieu acide, les protéines du lait appelées caséines changent de structure et coagulent. Elles forment de petits « grumeaux » ce qui permet d'obtenir la texture ferme et le goût acidulé typiques du yaourt.

### ACTIVITÉ 4

<b>Question 1</b>	<p>► Quelles sont les autres applications (alimentaires ou non) dans lesquels a lieu une fermentation ?</p> <p><b>Attention, plusieurs bonnes réponses !</b></p> <p>A. Ensilage</p> <p>B. Pain</p> <p>C. Jus de fruits pasteurisé</p> <p>D. Choucroute</p> <p>E. Lait pasteurisé</p>
<b>Réponse 1</b>	<p>.....</p>

V. LECTURE D'UNE LISTE D'INGRÉDIENTS

ACTIVITÉ 5

Liste d'ingrédients d'un yaourt aromatisé.

Yaourt sucré, aromatisé\*, enrichi en calcium et vitamine D

Ingrédients

Lait partiellement écrémé (Origine : France), sucre 8,9%, lactose et protéines de lait, arômes naturels, arôme naturel de vanille, ferments (dont lait), vitamine D, minéraux du lait.

\*Arômes : abricot, fraise, framboise, pêche, vanille

Source 

Question 1

1. Sucre
2. Lactose et protéines de lait
3. Arômes naturels
4. Ferments
5. Vitamine D
6. Minéraux du lait

► Relier l'ingrédient de la liste à son rôle :

- A. Apporte le goût sucré et améliore la saveur du yaourt.
- B. Permettent la fermentation et la transformation du lait en yaourt.
- C. Apportent la saveur spécifique du yaourt (vanille, fruits...).
- D. Apporte la vitamine essentielle pour la santé des os.
- E. Fournissent du calcium pour renforcer les os.
- F. Ajout de sucre et protéine naturels du lait.

Réponse 1

.....

Pour en savoir plus sur les arômes : 

Quand la chimie et les arômes réinventent l'alimentation de demain - Margaux CAVAILLES

CONCLUSION

Derrière ce produit du quotidien se cache un savoir-faire qui allie à la fois la biologie et la chimie. Le yaourt est un produit simple mais qui a des propriétés très intéressantes pour notre santé à la fois d'un point de vue nutritionnel ou grâce à ses propriétés probiotiques.

Comprendre ce qu'il se passe pendant sa fabrication et savoir à quoi servent les ingrédients qu'il contient, c'est aussi être un consommateur responsable et averti.

## Et après le baccalauréat professionnel ?

Rubrique rédigée par Françoise Brénon et Gérard Roussel



Recherches en laboratoire sur les signaux de satiété et de faim» © Santé J

Le domaine de l'alimentation fait appel à la fois aux agronomes, aux biologistes, aux chimistes, aux biochimistes, aux biotechnologistes, aux toxicologues, aux hygiénistes, ....

Les experts de l'INRA, Institut national pour la recherche agronomique, de l'AFSA, Agence française de sécurité sanitaire des aliments, et les industriels de l'agroalimentaire ont une préoccupation majeure : la sécurité des aliments, leurs qualités nutritive et gustative et bien entendu leur non-toxicité. Pour cela, des recherches sur les mécanismes biologiques de la nutrition, sur les effets des substances

étrangères sur le métabolisme et donc sur la santé sont nécessaires. Il en est de même concernant la mise en place de méthodes de surveillance formalisées et rigoureuses à tous les niveaux et pour tous les acteurs de la chaîne alimentaire.

En marge de la sécurité alimentaire, la problématique du dopage pour les sportifs conduit les analystes avec les médecins et les biologistes au dépistage du dopage, que ce soit dans les urines, le sang, la salive.



Sportif consommant des compléments alimentaires. © DomiSport



Analyses de microbiologie alimentaire  
© Phytocontrol

Dans la chaîne alimentaire, le chimiste est impliqué de l'amont à l'aval, dans la préparation, la séparation, la purification, la synthèse, de certains adjuvants, parfums, produits transformés... Tout au long de cette chaîne, les chimistes analystes mettent en œuvre leurs différentes méthodes physicochimiques d'analyses qualitatives et quantitatives nécessaires pour contribuer à la sécurité alimentaire.

Un exemple bien connu de synthèse est celui de la vanilline, molécule naturelle qui donne son goût à la vanille. Dans de nombreuses préparations la vanilline utilisée est un produit de synthèse chimique.

Pour d'autres exemples, consulter la ressource [La chimie enrichit nos assiettes](#). 🌱

**Pour connaître les métiers associés à l'analyse**, on consultera la fiche synthétique [Les chimistes dans : La traque de l'infiniment petit](#) 🌱 et le domaine [Analyse laboratoire et Contrôle qualité](#) 🌱 sur l'espace métiers de Mediachimie où **trois métiers incontournables de ce domaine sont décrits :**

- Responsable de laboratoire d'analyses / contrôle qualité (H/F).
- Technicien d'analyse chimie / physico-chimie (H/F).
- Technicien chimiste (H/F).

**Dans le domaine de la synthèse et de la production**, on consultera les fiches métiers :

- Responsable du développement des procédés chimiques et/ou biotechnologiques (H/F). 🌱
- Ingénieur chimiste Procédés (H/F). 🌱
- Technicien Génie des procédés / Génie chimique (H/F). 🌱
- Ingénieur production (H/F). 🌱
- Technicien de fabrication / production (H/F). 🌱



Ingénieur matériaux © Polytech nantes DR

Pour ce qui est de l'apport de la chimie dans l'alimentaire, on pourra consulter quelques exemples d'application parmi les ressources de Mediachimie :

- Réglementation de l'évaluation des risques alimentaires : la place de la chimie.  
*V. Baduel* ✨
- L'ingénierie des réactions chimiques dans l'élaboration des aliments.  
*G. Trystam et C. Bonazzi* ✨
- La construction des aliments : une question de chimie.  
*M. Anton et M. Axelos* ✨
- Alimentation : les différentes facettes de la qualité.  
*D'après la conférence de Xavier Leverve.* ✨
- La chimie au service du goût.  
*Patrick Etiévant.* ✨

## ACTIVITÉ 1 > RÉPONSES

Réponse 1	▶ Avec un pH-mètre (appareil électronique précis) ou du papier pH (bandelette colorée qui change selon l'acidité).
Réponse 2	▶ C.
Réponse 3	▶ B.

## ACTIVITÉ 2 > RÉPONSES

Réponse 1	▶ A. Galactose B. Glucose
Réponse 2	▶ $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

## ACTIVITÉ 3 > RÉPONSES

Réponse 1	<p>▶ Le sucre principal du lait présent sous la forme de disaccharide, appelé <b>lactose</b> est d'abord dégradé en sucres plus simples (glucose et galactose).</p> <p>Ces sucres sont ensuite transformés par la voie de la glycolyse en pyruvate.</p> <p>Une enzyme spécifique, la <b>lactate déshydrogénase</b>, convertit le pyruvate en <b>lactate</b>.</p> <p>Au cours de cette réaction, le <b>NADH+H<sup>+</sup></b> est oxydé en <b>NAD<sup>+</sup></b>, ce qui permet à la glycolyse de continuer à produire de l'énergie..</p>
Réponse 2	▶ A.

## ACTIVITÉ 4 > RÉPONSES

Réponse 1	▶ A ; B et D.
-----------	---------------

## ACTIVITÉ 5 > RÉPONSES

Réponse 1	<p>1 &gt; A</p> <p>2 &gt; F</p> <p>3 &gt; C</p> <p>4 &gt; B</p> <p>5 &gt; D</p> <p>6 &gt; E</p>
-----------	---