**Ouverture sur les développements récents :**

* Ingénierie des anticorps : anticorps polyclonaux monoclonaux, anticorps anti-idiotypiques, anticorps anti-peptides, anticorps chimères, anticorps recombinants, anticorps thérapeutiques, etc…
* Technologie : microtechniques, biopuces, etc…

**Définition**

Le génie génétique est l’ensemble des techniques qui permettent la recombinaison hors de l’organisme de chromosomes appartenant à des espèces différentes.

**Étapes**

La première étape consiste à identifier le gène de l’agent pathogène codant la protéine immunogène. L’étape suivante consiste à l’insérer dans le génome d’une cellule animale, d’une levure, d’une bactérie ou d’un virus.

Il existe dès lors deux possibilités d’application.

* **La synthèse *in vitro* des fractions antigéniques** insérées qui, après purification et extraction, constituent la matière première des vaccins. Ce procédé est aujourd’hui largement utilisé pour la production industrielle de nombreux produits biologiques tels que les anticorps monoclonaux, et notamment des vaccins contre l’hépatite B et contre les infections à papillomavirus ;
* **L’élaboration de vaccins recombinants :** le virus atténué de la vaccine, par exemple, peut servir de « producteur » d’une séquence nucléotidique produisant l’épitope (partie spécifique d’un antigène déterminant l’appartenance ou non au soi) désiré. Lors de la réplication virale dans les cellules de l’hôte, on obtient une production antigénique (études en cours sur la vaccination contre les virus VIH et CMV).

**Applications**

* **Les virus « réassortis » :**ils (*reassortant virus*) font partie de la gamme des nouveaux vaccins contre les virus à génome fragmenté (grippe, rotavirus) : on **« hybride » un virus adapté à la culture cellulaire avec une deuxième souche virale** dont on sélectionne les fragments du génome codant pour des antigènes protecteurs. Par exemple, un virus grippal adapté à la culture sur œufs embryonnés est réassorti avec la souche sauvage en circulation.
* **Les vaccins à ADN nu** : il s’agit **d’introduire un fragment d’ADN dans les cellules de l’hôte à l’aide d’un plasmide**. Ce fragment d’ADN comporte les gènes des protéines immunogènes et un promoteur viral nécessaires à l’expression de ces séquences. Cette technique pourrait permettre de réaliser plus facilement des vaccins actifs contre des agents bactériens à développement intracellulaire, des virus ou des cellules cancéreuses, mais l’immunogénicité reste faible et l’efficacité n’est pas démontrée. Des recherches concernant ces prototypes vaccinaux et leurs applications sont actuellement en cours.

**Synthèse chimique**

La séquence complète des acides aminés de certains peptides vaccinaux a pu être établie. Des peptides de synthèse peuvent être obtenus *in vitro* par synthèse chimique (vaccination contre l’hépatite B et les papillomavirus par exemple). **Il est souvent nécessaire de les coupler à des adjuvants pour augmenter leur potentiel immunogène.**

**Fermentation**

[Sauter à la navigation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#mw-head) [Sauter à la recherche](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#p-search)

Fermentation industrielle.

La **fermentation** est un processus [métabolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tabolisme) convertissant généralement des [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide) en [acides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide), en [gaz](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gaz) ou en [alcools](https://fr.wikipedia.org/wiki/Alcool_%28chimie%29) pour en extraire une partie de l'énergie chimique tout en ré-oxydant les [coenzymes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Coenzyme) réduites par ces réactions. Il s'agit d'une [voie métabolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Voie_m%C3%A9tabolique) [d'oxydoréduction](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9action_d%27oxydor%C3%A9duction) dans laquelle l'accepteur ultime d'électrons est souvent confondu avec le produit final des [réactions](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9action_chimique). Elle se caractérise par une [dégradation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Catabolisme) partielle de la substance fermentescible et ne permet qu'une production d'énergie limitée. Elle a lieu chez des [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure) et des [bactéries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie), ainsi que dans les [cellules musculaires](https://fr.wikipedia.org/wiki/Myocyte) manquant d'[oxygène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyg%C3%A8ne), c'est-à-dire en conditions [anaérobies](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ana%C3%A9robie). Sa caractérisation au [XIXe siècle](https://fr.wikipedia.org/wiki/XIXe_si%C3%A8cle) contribua à la découverte des [enzymes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Enzyme). [Louis Pasteur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Louis_Pasteur) estimait ainsi que des *ferments* étaient responsables de la [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) chez la levure.

Plus précisément, la fermentation est un mode de [respiration cellulaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Respiration_cellulaire) mettant en œuvre un système de transfert d'[électrons](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectron) reposant sur des [petites molécules](https://fr.wikipedia.org/wiki/Petite_mol%C3%A9cule) solubles du [cytosol](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cytosol) — souvent des acides organiques ou leurs dérivés — et non sur une [chaîne respiratoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cha%C3%AEne_respiratoire) [membranaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Membrane_%28biologie%29). Sa production d'[ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) se fait souvent par [phosphorylation au niveau du substrat](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphorylation_au_niveau_du_substrat), contrairement à celle de la [phosphorylation oxydative](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphorylation_oxydative), et est très sensiblement inférieure à cette dernière. La production d'ATP par fermentation est en revanche plus rapide que par phosphorylation oxydative car elle se déroule dans le [compartiment cellulaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Compartiment_cellulaire) où l'ATP est consommé, sans nécessiter de passer par une [translocase ATP/ADP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Translocase_ATP/ADP).

La première étape commune à tous les modes de fermentation est la [glycolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glycolyse), convertissant le [glucose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) en [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) avec [phosphorylation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphorylation) de deux molécules d'[ADP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) en [ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) et réduction de deux molécules de [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) en [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) :

[C6H12O6](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) + 2 [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 2 [ADP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) + 2 [Pi](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate_inorganique) → 2 [ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) + 2 [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 4 [H+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) + 2 [H2O](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau) + 2 [CH3COCOO−](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate).

L'ATP est utilisé par les processus cellulaires qui requièrent de l'énergie, tels que les [biosynthèses](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biosynth%C3%A8se), le [transport actif](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transport_actif) à travers les membranes, ou encore la [motilité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Motilit%C3%A9) des cellules. En revanche, le NADH doit être ré-oxydé en NAD+ pour permettre au [métabolisme cellulaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tabolisme_cellulaire) de se poursuivre. La fermentation a pour fonction première d'assurer cette ré-oxydation, en transférant les électrons du NADH sur un récepteur d'électrons qui est ensuite éliminé de la cellule. Au cours de la [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique), par exemple, l'accepteur d'électrons est le pyruvate lui-même, qui est alors réduit en [lactate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate) : c'est ce qui se produit dans les [muscles](https://fr.wikipedia.org/wiki/Muscle) lors d'un effort physique intense, qui dépasse les capacités d'oxygénation cellulaires et fait fonctionner la glycolyse du cytosol bien plus rapidement que la chaîne respiratoire des [mitochondries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mitochondrie).



**Sommaire**

* [1 Types de fermentation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Types_de_fermentation)
	+ [1.1 Fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_alcoolique)
	+ [1.2 Fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_lactique)
	+ [1.3 Fermentation malolactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_malolactique)
	+ [1.4 Fermentation acétique ou acétification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_ac%C3%A9tique_ou_ac%C3%A9tification)
		- [1.4.1 Principe de la fermentation acétique ou acétification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Principe_de_la_fermentation_ac%C3%A9tique_ou_ac%C3%A9tification)
		- [1.4.2 Processus d'acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Processus_d%27acescence)
* [2 Rôles physiologiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#R%C3%B4les_physiologiques)
	+ [2.1 Fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_alcoolique_2)
	+ [2.2 Fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_lactique_2)
		- [2.2.1 Fermentation du lactose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_du_lactose)
		- [2.2.2 Fermentation du chou en choucroute](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_du_chou_en_choucroute)
		- [2.2.3 Ensilage (agriculture)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Ensilage_%28agriculture%29)
		- [2.2.4 Fermentation par la flore intestinale](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_par_la_flore_intestinale)
		- [2.2.5 Contraction musculaire et fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Contraction_musculaire_et_fermentation_lactique)
	+ [2.3 Fermentation acétique en vinaigrerie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_ac%C3%A9tique_en_vinaigrerie)
* [3 Procédés de fermentation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Proc%C3%A9d%C3%A9s_de_fermentation)
	+ [3.1 Vinification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Vinification)
	+ [3.2 Fermentation de la bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_de_la_bi%C3%A8re)
	+ [3.3 Faisandage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Faisandage)
	+ [3.4 Méthanisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#M%C3%A9thanisation)
* [4 Histoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Histoire)
* [5 Notes et références](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Notes_et_r%C3%A9f%C3%A9rences)
	+ [5.1 Notes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Notes)
	+ [5.2 Références](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#R%C3%A9f%C3%A9rences)
* [6 Voir aussi](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Voir_aussi)
	+ [6.1 Liens externes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Liens_externes)
	+ [6.2 Bibliographie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Bibliographie)
	+ [6.3 Articles connexes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Articles_connexes)

**Types de fermentation**

On distingue plusieurs types de réactions de fermentation par la nature des produits de la réaction.

**Fermentation alcoolique**

Article détaillé : [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique).

La [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) est réalisée notamment par les [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure) et convertit des [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide) tels que le [glucose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose), le [fructose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fructose) et le [saccharose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Saccharose) — [diholoside](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diholoside) formé des deux précédents — en [éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) CH3CH2OH et [dioxyde de carbone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone) CO2 avec production d'une faible quantité d'énergie métabolique sous forme d'[ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate).

(en) Conversion du [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) en [éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol).

Lors de la formation de l'éthanol (réaction 2 ci-dessous), le [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) CH3COCOO– issu de la [glycolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glycolyse) (réaction 1) est d'abord [décarboxylé](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9carboxylation) en [acétaldéhyde](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%A9tald%C3%A9hyde) CH3CHO avec libération d'une molécule de [dioxyde de carbone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone) CO2, puis [réduit](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9duction_%28chimie%29) en [éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) CH3CH2OH par l'[alcool déshydrogénase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Alcool_d%C3%A9shydrog%C3%A9nase) avec [oxydation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxydation) d'une molécule de [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) en [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) :

|  |  |
| --- | --- |
| (1)  |   [C6H12O6](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) + 2 [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 2 [ADP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) + 2 [Pi](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate_inorganique) → 2 [ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) + 2 [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 4 [H+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) + 2 [H2O](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau) + 2 [CH3COCOO−](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate)  |
| (2)  |   [CH3COCOO–](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) + [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 2 [H+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) → [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + [CH3CH2OH](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) + [CO2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone)  |
| **(1+2)**  |   [**C6H12O6**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) **+ 2** [**ADP**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) **+ 2** [**Pi**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate_inorganique) **→ 2** [**ATP**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) **+ 2** [**H2O**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau) **+ 2** [**CH3CH2OH**](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) **+ 2** [**CO2**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone)  |

**Fermentation lactique**

Conversion du [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) en [lactate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate).

Article détaillé : [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique).

La [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique) est une [voie métabolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Voie_m%C3%A9tabolique), réalisée par certaines [bactéries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie) et certaines [cellules](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cellule_%28biologie%29) [animales](https://fr.wikipedia.org/wiki/Animal), qui convertit des [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide) tels que le [glucose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose), d'autres [hexoses](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hexose) et des [diholosides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diholoside) formés d'hexoses en [lactate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate) CH3CHOHCOO– avec production d'une faible quantité d'énergie métabolique sous forme d'[ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate).

Lors de la formation du lactate (réaction 2 ci-dessous), le [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) CH3COCOO– issu de la [glycolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glycolyse) (réaction 1) est [réduit](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9duction_%28chimie%29) en lactate par la [lactate déshydrogénase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate_d%C3%A9shydrog%C3%A9nase) avec [oxydation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxydation) d'une molécule de [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) en [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) :

|  |  |
| --- | --- |
| (1)  |   [C6H12O6](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) + 2 [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 2 [ADP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) + 2 [Pi](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate_inorganique) → 2 [ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) + 2 [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + 4 [H+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) + 2 [H2O](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau) + 2 [CH3COCOO−](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate)  |
| (2)  |   [CH3COCOO–](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate) + [NADH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + [H+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) → [NAD+](https://fr.wikipedia.org/wiki/Nicotinamide_ad%C3%A9nine_dinucl%C3%A9otide) + [CH3CHOHCOO–](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate)  |
| **(1+2)**  |   [**C6H12O6**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucose) **+ 2** [**ADP**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_diphosphate) **+ 2** [**Pi**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate_inorganique) **→ 2** [**ATP**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) **+ 2** [**CH3CHOHCOO–**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate) **+ 2** [**H+**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proton) **+ 2** [**H2O**](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau)  |

À titre de comparaison, en présence de dioxygène, la respiration produit jusqu'à 36-38 [moles](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mole_%28unit%C3%A9%29) d'[ATP](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ad%C3%A9nosine_triphosphate) à partir d'une mole de glucose, soit environ 18-19 fois plus que la fermentation. Elle mobilise un appareil enzymatique plus complexe (voir le [Cycle de Krebs](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_Krebs) et [chaîne respiratoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cha%C3%AEne_respiratoire)). En termes évolutifs, la fermentation est privilégiée tant qu'il existe de grandes quantités de sucre et peu d'oxygène, ce qui correspond aux conditions de vie avant l'apparition de l'[oxygène dans l'atmosphère](https://fr.wikipedia.org/wiki/Atmosph%C3%A8re_%28Terre%29). Dès que le sucre se raréfie et/ou que l'oxygène devient abondant, comme cela a commencé il y a environ deux milliards d'années et s'est achevé il y environ 250 millions d'années, intervient la respiration ainsi que les organismes spécialisés capables de la mettre en œuvre. Notons que les [mitochondries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mitochondrie), lieu de la respiration cellulaire, sont des [organites](https://fr.wikipedia.org/wiki/Organite) qui descendent des [α-protéobactéries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Alphaproteobacteria).

Il existe d'autres types de fermentation (fermentation butyrique, acétique, sulfurique…).

La [fermentation acide mixte](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Fermentation_acide_mixte&action=edit&redlink=1) est un autre type de fermentation qui concerne essentiellement les entérobactéries, c'est-à-dire les bactéries du tube digestif.

**Fermentation malolactique**

Article détaillé : [fermentation malolactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_malolactique).

Elle est réalisée par des bactéries. Elle permet de stabiliser les [vins de garde](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vin_de_garde).

L'équation chimique correspondante est la suivante (transformation de l'acide malique en acide lactique) :

[HOOCCH2CHOHCOOH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_malique) → [CH3CHOHCOOH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_lactique) + [CO2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone).

**Fermentation acétique ou acétification**

**Principe de la fermentation acétique ou acétification**

La « fermentation acétique » (impropre) ou l'acétification est une [réaction d'oxydoréduction](https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxydor%C3%A9duction_en_chimie_organique) de [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide), d'[alcools primaires](https://fr.wikipedia.org/wiki/Alcool_primaire), de [polyols](https://fr.wikipedia.org/wiki/Polyol) ou d'[aldéhydes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ald%C3%A9hyde) en [acide acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_ac%C3%A9tique) résultant de [bactéries acétiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie_ac%C3%A9tique).

L'[équation chimique](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89quation_chimique) pour celle de l'[éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) est : [CH3CH2OH](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) + [O2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyg%C3%A8ne) → [CH3COOH](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_ac%C3%A9tique) + [H2O](https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau) + 348 kJ.

Article connexe : [Bactérie acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie_ac%C3%A9tique).

**Processus d'acescence**

Dans une [solution aqueuse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solution_aqueuse) d'[éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) (telle qu'une [boisson alcoolisée](https://fr.wikipedia.org/wiki/Boisson_alcoolis%C3%A9e)) ou de [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide) non fermentés (telle qu'un [moût](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mo%C3%BBt)), la fermentation acétique produite par des [bactéries acétiques](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie_ac%C3%A9tique) contribue à l'[acidité volatile](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acidit%C3%A9_volatile), particulièrement dans celles résultant directement d'une [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) où subsistent des [glucides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glucide) : [vin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vin), [bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bi%C3%A8re), [saké](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sak%C3%A9), [cidre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cidre), [poiré](https://fr.wikipedia.org/wiki/Poir%C3%A9), [hydromel](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydromel)...

Au-delà d'un [taux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Taux) critique d'acidité volatile, l'acétification est à l'origine d'une [acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acescence), une [colonie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Colonie_%28biologie%29) de bactéries acétiques (principalement des [genres](https://fr.wikipedia.org/wiki/Genre_%28biologie%29) [*Acetobacter aceti*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter), *Gluconoacetobacter europaeus*, [*Gluconobacter oxydans*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluconobacter) et [*Acetobacter orleanensis*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter)) s'organisant en un [biofilm](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biofilm) lors de ce processus : la [mère de vinaigre](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A8re_de_vinaigre). En outre, [*Gluconobacter oxydans*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluconobacter) peut produire des [polysaccharides](https://fr.wikipedia.org/wiki/Polysaccharide) (glucane, lavane...) lors d'un [élevage](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89levage_du_vin#%C3%89levage_%C2%AB_sous_bois_%C2%BB), rendant ainsi le milieu visqueux[1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-1).

Au-delà d'un [taux](https://fr.wikipedia.org/wiki/Taux) critique spécifique d'[acide acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_ac%C3%A9tique) dans l'acidité volatile, une [solution aqueuse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solution_aqueuse) d'[éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) peut subir une [piqûre acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Piq%C3%BBre_ac%C3%A9tique) par [estérification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A9rification) à partir de l'acide acétique et de l'éthanol produisant de l'[acétate d'éthyle](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%A9tate_d%27%C3%A9thyle)[note 1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-2).

Le [catabolisme](https://fr.wikipedia.org/wiki/Catabolisme) [oxydatif](https://fr.wikipedia.org/wiki/Peroxydase) des bactéries acétiques étant de type [aérobie](https://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9robie), la fermentation acétique ne qualifie pas une fermentation au sens strict, leur [respiration cellulaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Respiration_cellulaire) relevant d'une [chaîne respiratoire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cha%C3%AEne_respiratoire) [membranaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Membrane_%28biologie%29)[note 2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-3).

**Rôles physiologiques**

**Fermentation alcoolique**

Article détaillé : [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique).

La fermentation alcoolique ou fermentation éthylique est réalisée par de nombreux organismes vivants ([bactéries](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9rie), [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure)) de manière permanente ou occasionnelle dans des milieux dépourvus d'oxygène. La propriété de certaines levures à transformer le [sucre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sucre) en [éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) est utilisée par l'homme dans la production de boissons alcooliques (et non boissons alcoolisées, comme on peut le lire improprement dans la presse ou l'entendre, car l'alcoolisation se fait de manière spontanée et non par adjonction d'éthanol/alcool), et pour la fabrication du [pain](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pain). La température idéale de fermentation est de 35 °C à 40 °C.

Les boissons alcooliques sont obtenues par fermentation naturelles des solutions sucrées (moûts). Il s’agit d’une réaction chimique naturelle (biochimique) obtenue grâce aux micro-organismes (bactéries, moisissures, champignons) et aux levures qui grâce à leur enzyme, la [zymase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Zymase), décomposent les jus de fruits naturels en éthanol et en bulles de [dioxyde de carbone](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone).

Les levures sont présentes naturellement à la surface des fruits ou ajoutées aux moûts (jus de fruit) que l’on fait fermenter. Concrètement, pour provoquer le processus de fermentation, il suffit de laisser le fruit au contact de l'air en prenant soin de broyer les membranes de protection biologiques (peau…), ce qui se fait en écrasant ou en broyant le fruit. Les levures en suspension dans l'air sont amplement suffisantes pour produire la fermentation de la bouillie en quelques jours.

On peut aussi ajouter des levures afin d'accélérer ce processus naturel, comme la levure de bière (ou celle du pain) aussi, en maintenant la température aux alentours de 37 °C, la fermentation se produit en une heure environ.

Ce phénomène est scientifiquement connu depuis les travaux des chimistes Jean-Antoine Chaptal (à la suite des travaux de François Rozier et d'Antoine Lavoisier), de Gay-Lussac (1817), de Pasteur (1866) et de Buchner (1897) qui mettra en évidence le caractère enzymatique de la transformation du sucre en éthanol. Sa connaissance relève de la chimie, de l'enzymologie et de la microbiologie.

**Fermentation lactique**

Article détaillé : [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique).

**Fermentation du lactose**

La [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique) est très utilisée en fromagerie. Les yaourts sont obtenus à partir de lait bouilli puis refroidi et ensemencé avec une souche définie de bactérie, par exemple *L. Bulgaricus* ([*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactobacillus_delbrueckii_subsp._bulgaricus)), et incubée selon le procédé de fermentation et le produit à fermenter.

**Fermentation du chou en choucroute**

La fabrication de la [choucroute](https://fr.wikipedia.org/wiki/Choucroute) est réalisée par fermentation lactique en présence de 2 à 3 % de chlorure de sodium. Le processus est arrêté lorsque la teneur en acide lactique atteint environ 1,5 %.

**Ensilage (agriculture)**

La fermentation lactique est favorisée lors de l’ensilage des produits agricoles, car l’acidité produite empêche le développement d’autres micro-organismes pouvant provoquer la putréfaction des produits ensilés.

**Fermentation par la flore intestinale**

La présence de ferments lactiques dans la flore intestinale est très favorable à un bon fonctionnement de l’intestin[[réf. nécessaire]](https://fr.wikipedia.org/wiki/Aide%3AR%C3%A9f%C3%A9rence_n%C3%A9cessaire%22%20%5Co%20%22Aide%3AR%C3%A9f%C3%A9rence%20n%C3%A9cessaire).

**Contraction musculaire et fermentation lactique**

Enfin, au cours des processus anaérobies présidant à la contraction musculaire, le glycogène qui est un polymère glycosylé libère du glucose grâce à une enzyme, la [glycogène phosphorylase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Glycog%C3%A8ne_phosphorylase), le glucose rejoint ensuite la glycolyse et forme deux équivalents de [pyruvate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyruvate). Ceux-ci sont alors transformés en [acide lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_lactique) par une [lactase déshydrogénase](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lactase_d%C3%A9shydrog%C3%A9nase&action=edit&redlink=1), lequel est ultérieurement oxydé au cours des processus aérobiques. La fermentation lactique est une réaction chimique pouvant se dérouler en cas de privation d'oxygène dans les cellules musculaires. Les [muscles](https://fr.wikipedia.org/wiki/Muscle) ayant besoin d'une grande quantité d'énergie en cas d'activité physique, consomment une grande quantité de sucre et surtout, d'oxygène. Le glucose et l'oxygène nécessaires à la réaction de [respiration cellulaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Respiration_cellulaire) sont stockés dans la cellule et renouvelés par la circulation sanguine. La quantité d'oxygène apportée peut ne pas être suffisante, soit en cas d'effort bref et intense (compte tenu du délai entre le débit de repos et le débit en plein effort), ou bien encore alors que le débit maximum d'oxygène est déjà atteint (pendant le *sprint final*), alors que du sucre reste disponible ; les cellules musculaires réalisent alors la fermentation lactique pour produire de l'énergie.

L'augmentation de la [concentration](https://fr.wikipedia.org/wiki/Concentration_%28chimie%29) en [ions](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ion) [lactates](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactate) dans les cellules musculaires est une des raisons de la fatigue après une activité intense. En effet, ces ions lactates changent le pH intracellulaire et modifient de fait les conditions de fonctionnement enzymatiques de la cellule qui ne peut plus travailler correctement.

Néanmoins, des recherches récentes suggèrent que l'augmentation d'ions K+ pourraient être à blâmer, alors que l'excès de lactate (forme ionisée de l'acide lactique) entraînerait une augmentation des performances musculaires[[réf. nécessaire]](https://fr.wikipedia.org/wiki/Aide%3AR%C3%A9f%C3%A9rence_n%C3%A9cessaire%22%20%5Co%20%22Aide%3AR%C3%A9f%C3%A9rence%20n%C3%A9cessaire). Le lactate excédentaire étant « recyclé » en pyruvate par les cellules hépatiques

**Fermentation acétique en vinaigrerie**

Articles connexes : [Fermentation acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_ac%C3%A9tique) et [Vinaigre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre).

Des [colonies](https://fr.wikipedia.org/wiki/Colonie_%28biologie%29) de certaines [espèces](https://fr.wikipedia.org/wiki/Esp%C3%A8ce) de bactéries acétiques interviennent en [vinaigrerie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre) dans l'[acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acescence) de [solutions aqueuses](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solution_aqueuse) contenant de l'[alcool éthylique](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol). Elles s'organisent en un [biofilm](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biofilm) dénommé [mère de vinaigre](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A8re_de_vinaigre), en présence d'air dans un contenant non [ouillé](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ouillage).

Des colonies de bactéries acétiques très tolérantes à l'[éthanol](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) et l'[acide acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_ac%C3%A9tique) interviennent dans l'[acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acescence) d'une [solution aqueuse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Solution_aqueuse) d'[alcool éthylique](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) issue de la [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) d'un [moût](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mo%C3%BBt) : [mélasse](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9lasse) pour le [vinaigre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre) d'alcool, moût de raisins pour celui de [vin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vin), [malt](https://fr.wikipedia.org/wiki/Malt) pour celui de [bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bi%C3%A8re), moût de pommes pour celui de [cidre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cidre), moût de poires pour celui de [poiré](https://fr.wikipedia.org/wiki/Poir%C3%A9), moût de miel pour celui d'[hydromel](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydromel), moût de riz pour [celui de riz](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre_de_riz), moût de [banane-poyo](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cavendish_%28bananier%29) pour celui de [bière de banane](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bi%C3%A8re_de_banane)...

Les [espèces](https://fr.wikipedia.org/wiki/Esp%C3%A8ce) de bactéries acétiques intervenant dans le processus d'[acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acescence) en [vinaigre de vin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre_d%27Orl%C3%A9ans) sont principalement : [*Acetobacter aceti*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter), [*Gluconobacter oxydans*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluconobacter), [*Acetobacter orleanensis*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter), [*Acetobacter œni*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter) et *Gluconoacetobacter europaeus* dont la tolérance à l'éthanol et l'acide acétique est la plus forte. Déposée sur une surface de 1 m2, une [colonie](https://fr.wikipedia.org/wiki/Colonie_%28biologie%29) de cette dernière constitue un [biofilm](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biofilm) de 0,5 g/m2 (à l'état sec) en 24 heures à 20 °C. En 48 heures, une seule bactérie produit son propre poids en [acide acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_ac%C3%A9tique) à condition de disposer d'une grande quantité d'[oxygène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Oxyg%C3%A8ne) ou d'un [accepteur d'hydrogène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydrog%C3%A9nase_%28accepteur%29) (notamment du [bleu de méthylène](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bleu_de_m%C3%A9thyl%C3%A8ne)). Sa [mise en culture rationalisée](https://fr.wikipedia.org/wiki/Culture_microbiologique) permet d'accélérer le processus d'[acescence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acescence) qui nécessitait jadis au moins trois semaines.

[*Gluconoacetobacter kombuchae*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kombucha), [*Acetobacter aceti*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter), [*Gluconobacter oxydans*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gluconobacter) et *Gluconoacetobacter xylinum* peuvent se développer en [symbiose](https://fr.wikipedia.org/wiki/Symbiose) avec certaines [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure) (*[schizosaccharomyces pombe](https://fr.wikipedia.org/wiki/Schizosaccharomyces_pombe%22%20%5Co%20%22Schizosaccharomyces%20pombe)*, [*Brettanomyces bruxellensis*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Brettanomyces_bruxellensis), [*Torulaspora delbrueckii*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Torulaspora_delbrueckii)…) dans certaines boissons s'apparentant au [vinaigre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre), notamment dans la [kombucha](https://fr.wikipedia.org/wiki/Kombucha) qui est une boisson acidulée ayant subi une [fermentation acétique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#Fermentation_ac%C3%A9tique)[2](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-Teoh_Heard_Cox-4)...

[*Acetobacter pomorum*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter) intervient principalement dans l'élaboration des [vinaigres](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinaigre) de [cidre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cidre) et de [poiré](https://fr.wikipedia.org/wiki/Poir%C3%A9), [*Acetobacter lambici*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter) dans celle du vinaigre de [bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bi%C3%A8re), [*Acetobacter papayae*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acetobacter) dans celles des vinaigres de fruits tropicaux dont le [moût](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mo%C3%BBt) a subi une [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) : vinaigre d'[ananas](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ananas), de [banane-poyo](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cavendish_%28bananier%29), de [fruit de la passion](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fruit_de_la_passion), de [corossol](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corossol), de [papaye](https://fr.wikipedia.org/wiki/Papaye), de [mangue](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mangue)[note 3](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-5)...

**Procédés de fermentation**

**Vinification**

Article détaillé : [vinification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vinification).

Fermentation d'un vin rosé.

Pour le [vin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vin), ce sont les [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure) qui se trouvent naturellement sur la [pruine](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pruine) qui, après [pressurage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pressurage) (vin blancs et [rosés](https://fr.wikipedia.org/wiki/Vin_ros%C3%A9)) ou pendant la cuvaison (vins rouges) vont transformer le [sucre](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sucre) présent dans les [baies](https://fr.wikipedia.org/wiki/Baie_%28botanique%29) de [raisin](https://fr.wikipedia.org/wiki/Raisin) en [alcool](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol).

En [œnologie](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C5%92nologie), les principaux objectifs de la [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) d'un jus de raisin en vin sont les suivants :

* assurer la fermentation complète et rapide des sucres ;
* éviter la production d'[acidité volatile](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acidit%C3%A9_volatile) pendant la fermentation ;
* éviter la production de composés soufrés à odeurs désagréables pendant la fermentation ;
* aboutir à l'objectif aromatique et gustatif.

Ces étapes peuvent être favorisées par l’addition d'une levure sélectionnée pour ses caractéristiques fermentaires.

La conduite de la [fermentation alcoolique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_alcoolique) d'un [moût](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mo%C3%BBt) de raisin nécessite de maîtriser les facteurs influant directement sur la vie et la survie d'une population de levures.

**Fermentation de la bière**

Article détaillé : [fermentation de la bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_de_la_bi%C3%A8re).

La fermentation est une des étapes de la [fabrication de la bière](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fabrication_de_la_bi%C3%A8re). Cette étape consiste à ensemencer le [moût](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mo%C3%BBt) avec une certaine quantité de [levures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Levure) afin que ces levures transforment les [sucres](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sucre) présents en [alcool](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89thanol) et en CO2. Il existe quatre types de fermentation : basse, haute, spontanée et mixte.

**Faisandage**

Le faisandage des [venaisons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Venaison) est dû à la fermentation bactérienne de leur contenu intestinal, les [protéases](https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9ase) des bactéries désorganisant les muscles et les tendons robustes (processus de [protéolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Prot%C3%A9olyse)) développés par la vie sauvage du [gibier](https://fr.wikipedia.org/wiki/Gibier)[3](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-6).

**Méthanisation**

Article détaillé : [méthanisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thanisation).

Dans le domaine du traitement des [déchets](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chets) organiques et de la production d'[énergie renouvelable](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_renouvelable), il existe la [méthanisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thanisation). La méthanisation permet de transformer toute matière organique (pollution organique, fumier, déchets ménagers fermentescibles) en [biogaz](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biogaz). Elle consiste principalement en quatre phases :

* [hydrolyse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Hydrolyse) des polymères de sucres, protéines ou lipides en monomères ;
* [acidogenèse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Acidogen%C3%A8se) qui permet la transformation de ces monomères en acides gras volatils ;
* [acétogenèse](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%A9togen%C3%A8se) qui produit de l'acétate ;
* [méthanogenèse](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thanogen%C3%A8se) pour la production de méthane et de CO2.

## Histoire

* Salle de fermentation d'une distillerie, Extrait de : [Le rhum : sa fabrication, sa chimie](http://www.manioc.org/patrimon/NAN13049) [[archive](http://archive.wikiwix.com/cache/?url=http%3A%2F%2Fwww.manioc.org%2Fpatrimon%2FNAN13049)]
* La fermentation précède la maîtrise par l'homme de ce procédé ; en effet, les fruits fermentent sans aucune intervention humaine.
* La fermentation est un phénomène naturel qui se produit lors de la décomposition de la [matière organique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_organique). L'utilisation de la fermentation par les humains, remonterait au [Paléolithique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A9olithique) pour la [conservation des aliments](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_des_aliments), et au [Néolithique](https://fr.wikipedia.org/wiki/N%C3%A9olithique) pour la production de certaines boissons[4](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-7), la [détoxification](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9toxification) de plantes sauvages ou domestiquées (par exemple, fermentation du manioc par [rouissage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Rouissage), [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique) des choux sauvages pour faire de la choucroute[5](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-8), fermentation des [légumineuses](https://fr.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9gumineuse) toxiques telles que le soja, la poudre de [miso](https://fr.wikipedia.org/wiki/Miso), les graines de [néré](https://fr.wikipedia.org/wiki/Parkia_biglobosa)), l'augmentation de la [biodisponibilité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biodisponibilit%C3%A9) des minéraux (par exemple la [panification](https://fr.wikipedia.org/wiki/Panification) des céréales riches en [phytates](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phytate) déminéralisant — orge, millet, amidonnier, engrain, épeautre, froment — grâce à la [phytase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Phytase) des levures éliminant ces phytates lors de la fermentation)[6](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-9), la production de [produits laitiers](https://fr.wikipedia.org/wiki/Produit_laitier) dont la fermentation élimine le lactose toxique du lait (typiquement les [fromages](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fromage) qui l'éliminent dans le [lactosérum](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactos%C3%A9rum) et par la [fermentation lactique](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation_lactique) dans le [caillé](https://fr.wikipedia.org/wiki/Caill%C3%A9)) [mal toléré par les populations adultes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Intol%C3%A9rance_au_lactose) de l'époque ou dont la [lactase](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lactase) des ferments conserve son activité (caractéristique des [yaourts](https://fr.wikipedia.org/wiki/Yaourt))[7](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-10). Le fermentation permet ainsi aux hommes du Néolithique de s'adapter à la transition nutritionnelle due aux nouvelles ressources alimentaires introduites par l'[agriculture](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture) et l'[élevage](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89levage), transition marquée par la généralisation de la consommation des céréales et des légumineuses cultivées, et l'apparition de la consommation de produits laitiers fermentés[8](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-11).
* L'[appertisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Appertisation) développée au XIXe siècle met fin aux techniques traditionnelles de [conservation de la viande](https://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_viande) telles que le salage, le fumage, mais aussi [faisandage](https://fr.wikipedia.org/wiki/Faisandage) systématique des [venaisons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Venaison)[9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-12).
* Au début du XXIe siècle, ce sont plus de 3 500 aliments dans le monde que la tradition doit à la fermentation ([boissons alcoolisées](https://fr.wikipedia.org/wiki/Boisson_alcoolis%C3%A9e) ou non, produits laitiers, produits carnés comme le saucisson, ou des végétaux, comme la choucroute)[10](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fermentation#cite_note-13).