

Questions sur

Produits laitiers &

Fermentation

Généralités

1. Qu'est-ce que la fermentation et à quoi sert-elle ?
2. Quels sont les principaux ferments utilisés ?
3. Quels aliments sont fermentés ?

Technologie des produits laitiers fermentés

4. Quels sont les principaux laits fermentés ?
5. Quid des autres produits laitiers fermentés ?
6. Que dire des conditions de fermentation ?
7. D'où viennent les ferments et comment sont-ils choisis ?

Produits laitiers fermentés, Nutrition & Santé

8. Que dire de leur qualités nutritionnelles et organoleptiques ?
9. Que dire de leurs bénéfices santé ?
10. Sont-ils « sûrs » ?
11. Qu'impose la réglementation ?

Pour en savoir plus

Annexes

- A Technologie & Santé
- B Questions Grand Public

Avant-propos : la fermentation, c'est la vie !

Les produits laitiers (PL) fermentés (yaourts, laits fermentés, crèmes, fromages...) sont des aliments "vivants" qui peuvent se conserver relativement longtemps. Ils sont issus de la transformation du lait sous l'action de ferments (bactéries, levures, moisissures) naturellement présents ou ajoutés par l'homme. Connus depuis la nuit des temps et paré de mille vertus, ce mode de conservation traditionnel devenu un mode de fabrication n'a cependant pas encore livré tous ses secrets. À l'aide de techniques de pointe, de nombreuses études sont en cours pour mieux comprendre la fermentation et toujours mieux la maîtriser.

Généralités

1. Qu'est-ce que la fermentation et à quoi sert-elle ?

La fermentation est une suite de réactions biochimiques se produisant notamment en absence d'oxygène. Utilisée depuis des millénaires, la fermentation change la texture, la couleur, le goût, l'odeur de l'aliment initial et favorise sa conservation.

Mécanisme simplifié et conséquences : pour se multiplier, les micro-organismes vivant dans l'aliment - ou ceux qui y sont ajoutés par l'homme ou l'environnement (air, eau, ustensiles) - ont besoin d'énergie. Ils la produisent à partir et en présence de divers composants de l'aliment : sucres, eau, protéines ou dérivés (peptides et acides aminés), lipides ou dérivés (acides gras)... Ces réactions biochimiques conduisent à la formation de nombreux métabolites (acide et/ou gaz et/ou alcool) qui transforment peu à peu l'aliment de départ en un aliment fermenté*. Ainsi, des bactéries, dites lactiques, présentes naturellement ou ajoutées à du lait consomment le lactose du lait et produisent de l'acide lactique transformant le lait en un lait fermenté. En se multipliant, ces micro-organismes acidifient le milieu et leur présence en grand nombre limite le développement de micro-organismes non désirés voire pathogènes permettant aux produits fermentés de se conserver. Ainsi, alors que le lait cru ne se garde que quelques jours, le yaourt se conserve plusieurs semaines et les fromages affinés plusieurs mois voire des années**.

À noter : Pour se développer, les micro-organismes utilisés pour les fermentations doivent être à une température comprise entre

Rédaction :

Dr F. Gaucheron & Dr Y. Soustre (Cniel)

Relecture : Dr V. Gagnaire (INRAE/Rennes)



42 rue de Châteaudun
75314 PARIS CEDEX 09
nutritionsante@maisondulait.fr

30 et 42 °C. Au-delà de 65 °C, la plupart ne peuvent se développer. En-dessous de 4 °C, la grande majorité entrent en dormance.

*Fermentation vient du latin *fervere*, « bouillir » au regard de l'impression d'ébullition de gaz dégagé lors de certaines fermentations.

** L'affinage correspond à diverses réactions biochimiques (protéolyse, lipolyse, glycolyse...) résultant de l'activité des enzymes natives du lait ou de celles issues de micro-organismes présents naturellement ou ajoutés.

2. Quels sont les principaux ferments utilisés ?

Les « ferments » sont définis comme les « agents microbiens produisant la fermentation d'une substance ». Ceux utilisés en industrie alimentaire (IAA) sont principalement de trois types: bactéries, levures et moisissures. Chacun de ces micro-organismes possède des capacités fermentaires spécifiques et différentes: lactique, acétique, propionique, alcoolique... (Q3). Le choix du ou des ferments est fonction de la matière première utilisée et des résultats attendus en termes de caractéristiques du produit.

À noter: Tous les micro-organismes utilisables en IAA ne doivent présenter de risque ni pour la santé, ni pour l'environnement; ils doivent avoir un développement rapide et être facilement utilisables et maîtrisables.

3. Quels aliments sont fermentés ?

Quasiment toutes les matières premières alimentaires sont susceptibles d'être fermentées: fruits, légumes, céréales, viandes, poissons, crustacés, produits laitiers, boissons... De nombreux aliments traditionnels sont issus de la fermentation. Ils diffèrent selon la matière première utilisée, le type de fermentation et de ferments. Quelques exemples:

- **Fermentation lactique:** production d'acide lactique à partir de sucres. Ex: fromages, yaourts, crèmes, beurres et laits fermentés, saucisson, champignons, légumes (choux, betterave, carotte, haricot, oignon...) (*Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*...).
- **Fermentation alcoolique:** production d'éthanol et de CO₂ à partir de sucres. Ex: Pain, bière, vin... (*levures*, *moisissures*...).
- **Fermentation acétique:** production d'acide acétique à partir d'alcool. Ex: vinaigre (*Acetobacter*).
- **Fermentation propionique:** production d'acide acétique, d'acide propionique et de CO₂ à partir de sucres. Ex: fromages type emmental ou comté (*Propionibacterium*...).
- **Fermentation butyrique:** production d'acide butanoïque ou butyrique, de CO₂ et d'hydrogène à partir de l'acide lactique formé lors de la fermentation lactique. Ce type de fermentation n'est cependant pas souhaitée, et témoigne d'un défaut de fabrication de beurres et de fromages notamment à pâte pressée cuite.

Technologie des PL fermentés

4. Quels sont les principaux laits fermentés ?

Il existe dans le monde une multitude de laits fermentés (Annexe A) qui diffèrent selon le type de lait utilisé (vache, chèvre, brebis, bufflonne,

chamelle, ânesse, jument...); sa nature (liquide, reconstitué à partir de poudre, enrichi); ses modes de fabrication (industrielle, artisanale, familiale); les ferments déjà présents et ceux ajoutés*; les conditions de fermentation... Ils varient par leur texture (liquide, ferme, brassé), leur goût (doux, acide...) et leur composition (présence plus ou moins marquée d'acétaldéhyde**, de bulles de CO₂ (kéfir) ou encore d'éthanol (koumiss)).

En France, le yaourt est le lait fermenté le plus consommé. Il est issu d'une fermentation lactique réalisée grâce à 2 bactéries spécifiques (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) qui agissent en symbiose; chacune stimule la croissance de l'autre. La législation impose par ailleurs que les ferments lactiques du yaourt restent vivants dans le produit final, à raison de 10 millions par gramme.

* Bactéries essentiellement utilisées: lactobacilles (*Lactobacillus: acidophilus, casei, johnsonii, paracasei, plantarum, rhamnosus*), lactocoques (*Lactococcus: lactis subsp. lactis ou cremoris*) et/ou bifidobactéries (*Bifidobacterium: animalis, breve, bifidum, longum*). Le choix de l'espèce conduit à différents effets et à différents produits. Ainsi, les produits laitiers fermentés « au bifidus » auront un goût plus doux et une texture moins gélifiée que celle du yaourt (car la quantité d'acide lactique produite est moindre que les yaourts classiques). Certaines souches de bactéries produisent des exopolysaccharides/sucres de haut poids moléculaire ce qui modifie la texture et donnent des produits plus « visqueux ». Certains laits fermentés seront liquides (kéfir, koumiss...) et d'autres semi-solides ou solides (yaourt, fimjörk, villi, labné...)

**L'acétaldéhyde ou éthanal est l'arôme principal des yaourts, de certains laits fermentés et des fromages, avec le diacétyl. C'est une petite molécule produite à partir du lactose, du glucose et du pyruvate. *Streptococcus thermophilus* en produit à partir de thréonine et de méthionine.

5. Quid des autres PL fermentés ?

Les fromages mais aussi certaines crèmes et beurres peuvent également être issus de la fermentation.

- Pour les crèmes, la fermentation n'est pas systématique. Elle consiste à ajouter des ferments (lactobacilles, lactocoques et parfois des leuconostocs) à la crème ce qui l'acidifie et modifie ses constituants (maturation). Ainsi sa texture (épaississement) et son goût (développements d'acidité et d'arômes) sont modifiés avec par ex. productions de diacétyl et d'acétoïne. Le choix des ferments dépend des caractéristiques organoleptiques recherchées.
- Les modes de fabrication des fromages sont variés et conduisent à une multitude de produits (QS n° 11b). La coagulation du lait fait intervenir en différentes proportions de la présure et des bactéries lactiques (BL) dont les principales appartiennent aux genres *Lactococcus*, *Streptococcus* et *Lactobacillus**. La coagulation lactique donne une phase solide (le caillé) et une phase liquide (le lactosérum ou « petit lait »). Le caillé peut être égoutté, moulé, pressé, cuit, salé, et affiné plus ou moins longtemps. Les nombreuses réactions enzymatiques ayant lieu lors de l'affinage (notamment protéolyse et lipolyse) dépendent des ferments utilisés qui génèrent des textures et des goûts typiques. Les levures et moisissures sont également des acteurs majeurs de la transformation du caillé en fromages (période d'affinage). Ils ont également leur propre métabolisme en produi-

sant des molécules apportant de la spécificité au fromage.

À noter : La présence en quantité importante de BL « protègent en occupant le terrain » le caillé puis le fromage d'une contamination et d'un développement de germes indésirables (*Listeria*, *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Coliformes*). Les bactéries lactiques jouent aussi un rôle durant la phase d'affinage du fait d'activités lipolytique et protéolytique (elles hydrolysent les protéines pour donner des peptides dont certains sont dits bioactifs) mais aussi en créant des conditions favorables à la croissance des micro-organismes d'affinage (**Annexe A**).

*En général, les BL naturellement présentes dans le lait sont en quantité trop faible pour l'acidifier. On y ajoute donc des concentrés/lyophilisats de BL (jusqu'à 100 millions par gramme) qui sont des ferments lactiques commerciaux (appelés également levains). Les quantités et les qualités de ces ferments varient selon la technologie fromagère désirée. On peut également ajouter du lactosérum de la fabrication précédente prélevé lors de l'égouttage.

6. Que dire des conditions de fermentation ?

Des dizaines de ferments différents (bactéries, moisissures ou levures) peuvent servir à la fabrication de PL fermentés. Ces micro-organismes vivants ne se développent que sous certaines conditions :

- Leur **température** optimale de croissance se situe entre 30 et 42°C. A des $t^{\circ} \leq 15^{\circ}\text{C}$, la croissance est faible (ce qui limite la fermentation) et à des $t^{\circ} \geq 45^{\circ}\text{C}$, les micro-organismes sont inactifs (pas de fermentation possible).
- Les **nutriments présents** dans le lait (protéines, peptides, acides aminés, lipides, acides gras, sucres, minéraux, vitamines...) doivent l'être en quantité suffisante*.
- La présence d'**agents biologiques** indésirables doit être minimale. Ils peuvent en effet entrer en compétition avec les ferments, produire des molécules empêchant leur croissance (bactériocines par ex) ou encore les « neutraliser » (bactériophages).

* Sinon les bactéries doivent avoir l'arsenal enzymatique nécessaire pour transformer certains nutriments afin de compléter ceux dont elles ont besoin (cas par ex. des bactéries avec des enzymes protéolytiques qui suppléent le manque d'acide aminés libres et de peptides en hydrolysant les caséines).

7. D'où viennent les ferments et comment sont-ils choisis ?

L'origine des ferments peut être naturelle (déjà présents dans le lait ou le PL car apportés par l'environnement de la ferme, de l'atelier de fabrication...) mais l'origine est le plus souvent volontaire. On ajoute au lait un produit déjà fermenté ou du lactosérum ou des souches lyophilisées (ensemencement direct) ou une préculture (ensemencement indirect)*.

Le choix du ferment est fonction du produit attendu en considérant les capacités à : produire de l'acide lactique, des arômes et d'autres composés (sucres, CO_2 , alcool, peptides, NH_3 ...), à modifier les caractéristiques organoleptiques du produit, à co-exister avec d'autres micro-organismes ou à en inhiber le développement et à augmenter la valeur nutritionnelle et/ou santé du produit.

Il existe de nombreuses collections de ferments chez les fabricants spécialisés mais aussi au sein des entreprises de transformation et des organismes de recherche publique**... Ces ferments font l'objet

d'études visant à mieux les connaître (génotypes, fonctions, bénéfices santé...), les utiliser mais aussi à augmenter leurs potentialités (**Annexe A**). D'origine locale ou internationale, ils peuvent être source d'innovations majeures dans les domaines olfactif, gustatif ou encore santé. Liées à ces différents intérêts, ces collections sont particulièrement protégées d'un point de vue juridique (**Annexe A**).

*Depuis les années 1980, les bactéries et les ferments lactiques sont essentiellement utilisés sous formes congelée ou lyophilisée.

** CIRM (Centre international de ressources microbiennes) par exemple avec le CIRM-BIA dédié aux bactéries d'intérêt alimentaire.

PL fermentés, Nutrition & Santé

8. Que dire de leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques ?

La fermentation est le seul type de préparation des aliments qui ne réduit pas leur teneur en certains nutriments mais, au contraire, l'augmente. Bon nombre de PL fermentés (fromages affinés notamment) ont ainsi des teneurs augmentées en vitamines du groupe B (B2, B9 et B12*) ou encore en vitamine K2**. Par ailleurs, la fermentation permet d'améliorer la disponibilité des nutriments, vitamines et minéraux contenus dans l'aliment et de conduire à la production de divers composés pouvant avoir des effets bénéfiques sur la santé (peptides bioactifs, enzymes, CLA...). De plus, les PL fermentés sont des aliments "vivants" dont certains comme les fromages ont l'avantage de se bonifier en saveurs (et en odeurs) au fil du temps et d'apporter des bactéries avec des propriétés probiotiques intéressantes au niveau du tractus intestinal***.

*Certaines bactéries propioniques sont capables de synthétiser la vit B12 (comme de la vit B9 et de la vit B2) lors de l'affinage. Cette production de vit B12 est souche dépendante. C'est par exemple le cas avec *Propionibacterium freudenreichii*, bactérie utilisée pour la production de fromages à pâte pressée cuite tels que l'emmental (**QS N° 64**).

L'origine des ménaquinones (ou vit K2) est essentiellement bactérienne. Les quantités et les formes dépendent essentiellement des conditions de fermentation (pH, t° , temps...) et des bactéries utilisées (*Lactococcus lactis*, *Leuconostoc lactis*, *Propionibacterium*...). Les PL fermentés (fromages mais aussi, babeurre fermenté, *sour cream*, kéfir sont des sources prédominantes de ménaquinones dans les pays consommateurs de ces produits (QS N° 50**).

*** Le goût acide du yaourt vient de l'activité métabolique des bactéries vivantes qu'il contient (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) et qui produisent de l'acide lactique. Quant aux fromages, ils contiennent également des quantités significatives de micro-organismes vivants (1 million à 1 milliard par g de produit) exprimant tout leur potentiel durant l'affinage. Ainsi grâce à l'ensemencement de *Penicillium roqueforti*, le Roquefort acquiert sa couleur verte et son goût prononcé. La présence de bactéries comme *Brevibacterium linens* donne la couleur orange de la croûte et l'odeur typique de fromages comme le Munster ou le Livarot.

9. Que dire de leurs bénéfices santé ?

Les bénéfices santé attribués à la consommation de PL fermentés sont nombreux et la littérature scientifique importante : contrôle de la pression artérielle, diminution des risques de maladies cardiovasculaires, de diabète de type 2, de syndrome métabolique ou encore de cancer colorectal ; meilleure gestion du poids, amélioration de la digestion et

de la santé intestinale, ré-équilibrage de l'acidité gastrique, maintien ou amélioration des capacités antioxydantes ou encore rôles positifs sur l'immunité ou la masse osseuse...

Si dans l'idéal, ces relations entre consommation de PL fermentés et bénéfices santé devraient être testées dans des essais d'intervention (études longues, coûteuses et bien souvent irréalisables en pratique), elles sont essentiellement basées sur des expérimentations animales mais surtout sur des résultats d'études épidémiologiques*. De plus, à partir de ces études, il est particulièrement difficile de faire la part entre le rôle de la fermentation *per se*, celui des composants de l'aliment (calcium, protéines...) ou encore de l'effet matrice (QS N° 61). Le rôle spécifique des ferments ainsi que celui des métabolites produits au cours de la fermentation (comme les peptides bioactifs) n'est pas non plus simple à établir. Finalement, le plus souvent c'est l'ensemble du produit qui est considéré tout en sachant que les propriétés santé des PL fermentés dépendent grandement des ferments utilisés**.

Des figures de synthèse sur les possibles bénéfices santé des laits fermentés et des fromages sont en (Annexe A).

À noter: La capacité des PL fermentés à apporter des micro-organismes vivants qualifiés de probiotiques en raison de leurs effets bénéfiques sur la santé gastro-intestinale (augmentation de la diversité du microbiote intestinal et apport de composés bénéfiques dans l'intestin...) (QS N° 30).

À noter: L'action des enzymes produites lors de la fermentation qui libèrent des composés intéressants comme des peptides bioactifs.

*Les études épidémiologiques ne démontrent pas de relations de cause à effet, mais des liens (corrélations).

**Ainsi, pour les laits fermentés il y aura des différences selon le genre et l'espèce, mais aussi selon la souche bactérienne utilisée. Les propriétés décrites pour une souche ou une association de souches ne peuvent donc pas être extrapolées à d'autres souches même voisines. À ce jour, en Europe, seul l'effet favorable des ferments vivants du yaourt sur la digestion du lactose a été reconnu par les experts de l'agence européenne de sécurité alimentaire (QS N° 66 et 29b).

10. Sont-ils « sûrs » ?

• **Côté santé**, la consommation de PL fermentés n'est liée à aucune pathologie (O9) et (Annexe A). Si des désagréments mineurs* ont pu être décrits chez des personnes sensibles, ils ne sont pas spécifiques aux PL et peuvent être occasionnés par d'autres aliments fermentés.

• **Côté sécurité**, à chaque maillon de la chaîne allant de la ferme au lieu d'achat, la filière laitière veille à maîtriser la qualité sanitaire du lait et des PL afin de fournir aux consommateurs des produits sûrs (QS HS n° 7). Les PL fermentés industriels ne font pas exception. Ils suivent toutes les règles d'hygiène ainsi que d'autres qui leur sont propres (Q11). De plus, la majorité des micro-organismes utilisés pour les fabriquer est isolée de PL ou d'autres produits fermentés. Leur historique d'utilisation depuis des millénaires est garante de leur innocuité**.

À noter: Si la fermentation est « maison », il est essentiel de suivre les recettes pour des raisons de sécurité. Des températures et des temps de fermentation incorrects ou un équipement mal entretenu peuvent causer la détérioration ou la contamination des aliments par des micro-organismes pathogènes ou d'altération, les rendant impropres à la consommation.

* Gaz, ballonnements ou effet laxatif; maux de tête, rougeurs ou encore palpitations suite à la consommation de produits fermentés riches en amines biogènes (QS N° 42) (Annexe B).

** si le ferment n'était pas consommé, de façon significative, avant le 15 mai 1997 dans l'UE, il répond à la définition « *novel food* » et nécessite une autorisation préalable (règlement 258/97).

11. Qu'impose la réglementation ?

Les ferments sont considérés comme des ingrédients alimentaires et doivent donc respecter la réglementation européenne dont le premier principe est d'assurer un niveau élevé de sécurité aux consommateurs (Règlements UE 178/2002 et UE 2015/2283). Ils doivent être sûrs et fabriqués dans le respect des règles de traçabilité, de qualité microbiologique et d'hygiène. Par ailleurs, la fabrication de PL fermentés exige de suivre des règles particulières:

- le décret « **laits fermentés et yaourt/yoghourt** » (88-1203) précise notamment qu'en France seuls deux ferments peuvent être ajoutés dans la fabrication des yaourts: *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Avec d'autres ferments, la dénomination du produit n'est plus « yaourt » mais « lait fermenté ».
- le décret « **fromages et spécialités fromagères** » (2007-628) indique les ingrédients autorisés dans leur fabrication.
- Certains cahiers des charges de produits sous signe de qualité peuvent également préciser les ferments autorisés ou d'autres particularités.

À noter: Il n'est pas obligatoire de mentionner les ferments utilisés dans la liste des ingrédients (règlement UE 1169/2011).

Pour en savoir plus

Bibliographie sur simple demande

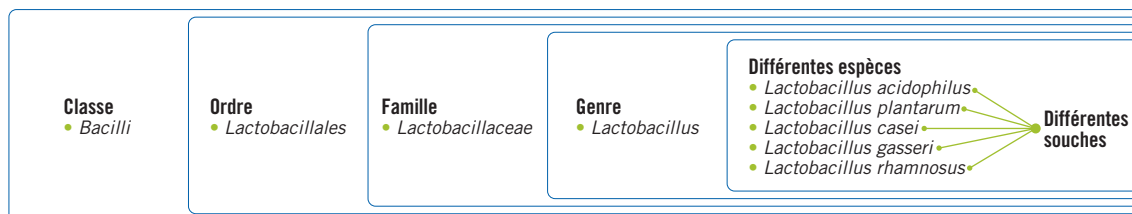
- BÉAL C. et HELINCK S. – *Fabrication des yaourts et des laits fermentés* – Procédés chimie - bio - agro | Agroalimentaire, Techniques de l'ingénieur (2019)
- Dossier Nutrimarketing – *Les aliments fermentés: bénéfiques, produits, cultures, marchés, opportunités* – 2020
- SYNPA – *Les ferments* – www.synpa.org
- KOEDAM E. *et al* – *Place des produits laitiers fermentés dans le traitement des maladies cardio-vasculaires* – Pratiques en nutrition 2020; 63 :34-8
- SANLIER N. *et al* – *Health benefits of fermented foods* – Crit Rev Food Sci Nutr 2019; 59(3) 506-27
- GARCÍA-BURGOS M. *et al* – *New perspectives in fermented dairy products and their health relevance* – J Func Food 2020 ; 72 :104059

La fermentation lactique simplifiée

Pour la transformation du lactose en acide lactique, les espèces bactériennes les plus utilisées sont des lactobacilles, des lactocoques et/ou des bifidobactéries.



Les micro-organismes sont classés en familles puis en genres, espèces et souches



Un levain correspond à un mélange de plusieurs souches d'espèces différentes. Il sert à ensemencer la matière première à fermenter. Un produit déjà fermenté peut jouer le rôle de levain.

Quelques laits fermentés

Nom	Pays d'origine présumé	Description	Ferments
Yoghourt	Asie, Balkans	Produit ferme ou brassé, acide, arôme caractéristique	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> (+ <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium</i> spp.)*
Lait à l'acidophilus	États-Unis	Produit ferme, brassé ou liquide, faible arôme	<i>Lb. acidophilus</i>
Kéfir	Caucase	Boisson brassée, consistance crémeuse, arôme et goût caractéristique (CO ₂)	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lb. kefir</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Leuconostoc</i> spp, levures
Koumiss	Mongolie	Boisson pétillante, acide, goût rafraîchissant et arôme caractéristique	<i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , levures
Lassi	Inde	Boisson laitière aigre diluée avec de l'eau, consommée salée, épicée ou sucrée	<i>Lactococcus</i> spp, <i>Lactobacillus</i> spp, <i>Leuconostoc</i> spp, (levures)
Dahi	Inde	Produit ferme ou brassé, ou boisson liquide; flaveur agréable, acide ou faiblement acide	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> <i>Lc. diacetyllactis</i> , <i>Leuconostoc</i> spp
Leben	Moyen Orient	Produit ferme ou brassé, goût et arôme agréable	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Lc. lactis</i> , levures
Filmjölk	Suède	Boisson brassée visqueuse, saveur acidulée	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lc. diacetyllactis</i> , <i>Ln. cremoris</i>
Villi	Finlande	Produit brassé visqueux, acidulé et goût agréable	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lc. diacetyllactis</i> , <i>Lc. dextranicum</i> , moisissure (<i>Geotrichum candidum</i>)

D'après Danone – World Newsletter n° 5

Lc = *Lactococcus* Lb = *Lactobacillus* S = *Streptococcus* Ln = *Leuconostoc*
*selon la réglementation nationale

La flore d'affinage des fromages

La flore d'affinage est très diversifiée et complexe. Une partie est bactérienne avec des bactéries lactiques dites non levain (*Lactobacillus casei* ou *plantarum* par exemple), microcoques, entérocoques, bactéries corynéformes (retrouvées en surface de certains fromages à croûte morgée type raclette, abondance, comté, beaufort...), bactéries propioniques (présentes dans l'Emmental ou le Comté où elles produisent des acides gras volatils typiques du goût de ces fromages et du CO₂ à l'origine des trous).

Selon leurs aptitudes, ces bactéries peuvent se développer en surface ou à l'intérieur des fromages et produisent des enzymes qui dégradent les protéines et les lipides du lait contribuant aux goûts, textures et arômes. Pour certains fromages, notamment les fromages à pâtes molles et persillées on utilise une flore fongique avec des moisissures comme *Penicillium camemberti* ou *roqueforti*... Il peut également y avoir des levures (*Geotrichum candidum*, *Kluyveromyces marxianus*, *Debaryomyces hansenii*, *Pichia*...). Cette flore est à l'origine de leur goût, texture, couleur, formation de la croûte...

Le Cniel au cœur de la fermentation: la Collection Internationale de Micro-organismes d'Intérêt Laitier (CIMIL)

Il existe des milliers de micro-organismes et il est impératif de les identifier génétiquement, de les caractériser en termes de métabolisme, de les classer et de les conserver pour les (ré)utiliser en cas de besoins et d'innovation. Les conserver est également de première importance car ils sont d'intérêt patrimonial (diversité, originalité...).

Au niveau mondial, on peut trouver de nombreuses collections publiques* et privées. La collection CIMIL est une collection interprofessionnelle française d'environ 1 500 souches bactériennes et 200 bactériophages de bactéries lactiques. Le rôle du Cniel en association avec Actalia est de conserver physiquement ces différentes souches, de les caractériser et de les mettre à disposition des professionnels (notamment les transformateurs) à des fins de recherche et de développement. Toutes ces ressources biologiques sont protégées par le protocole de

Nagoya**. La diffusion de ces souches est encadrée par la signature d'un Accord de Transfert de Matériel entre le demandeur et le CNIEL, propriétaire de cette collection.

* Centre de Ressources Biologiques dédié aux bactéries d'intérêt alimentaire CIRM-BIA. <https://www6.inrae.fr/cirm/Bacteries-d-Interet-Alimentaire> et <http://www.francemil.fr/>.

** Entré en vigueur en 2014, Il concerne notamment l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation (APA). Il a permis d'établir un cadre juridique international reposant sur trois piliers l'amélioration de l'accès aux ressources génétiques et aux connaissances traditionnelles associées en vue de leur utilisation; le partage plus juste et équitable des avantages et la conformité entre les parties prenantes. <https://agriculture.gouv.fr/ressources-genetiques-lapplication-du-protocole-de-nagoya-en-france>.

Maitrise de la fermentation et méthodes omiques

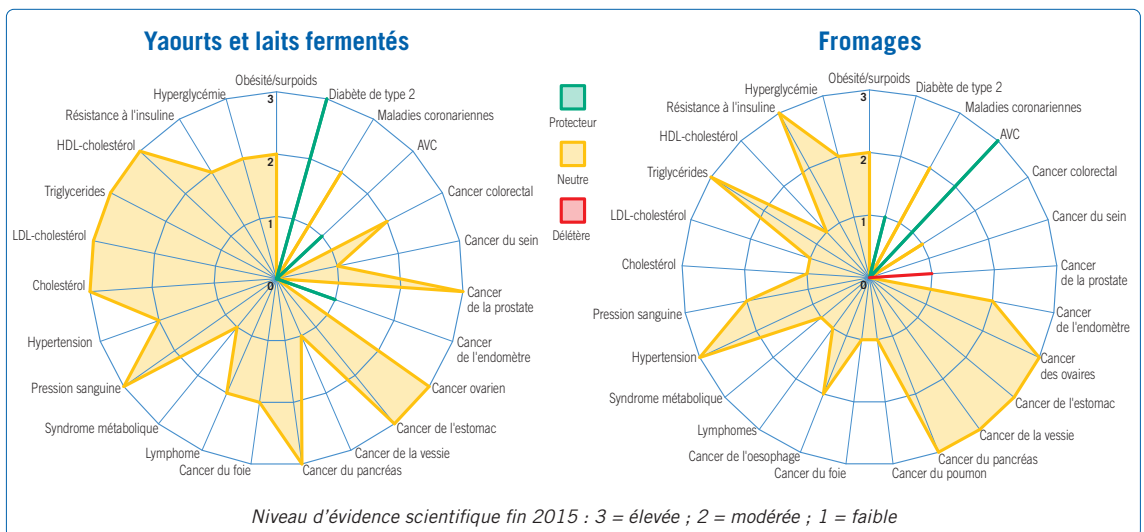
Le manque de connaissance sur la diversité et la complexité des communautés microbiennes notamment au sein de fromages, la perte progressive de la diversité microbienne du lait résultant de la pression sanitaire, l'évolution des écosystèmes au cours du temps rendent primordiales des recherches de plus en plus fines pour mieux comprendre et maîtriser la fermentation et l'affinage. Différentes approches existent pour appréhender et comprendre ces écosystèmes. La méthode la plus classique consiste à faire développer ces micro-organismes sur des milieux de culture plus ou moins spécifiques pour les identifier et les dénombrer. Depuis quelques années, différentes techniques de biologie moléculaire ont émergé. Elles consistent à identifier les micro-organismes présents dans un écosystème via le séquençage et l'analyse de leurs acides nucléiques (ADN et/ou ARN) présents dans l'échantillon : on parle respectivement de métagénomique et de métatranscriptomique. Il existe également des méthodes de caractérisation des protéines (protéomique) ainsi que des métabolites produits (métabolomiques).

PL fermentés : une longue histoire

Le début du Néolithique, 9000 ans avant notre ère, est marqué par la domestication des animaux (chèvres, brebis, vaches...) et le début du développement de techniques de conservation du lait. Des archéologues ont ainsi découvert des poteries perforées contenant des graisses datant de cette époque. Ces poteries étaient utilisées comme faisselles pour égoutter les caillés et les transformer en un ancêtre du fromage. La lacto-fermentation était utilisée empiriquement. Ce n'est que bien plus tard, notamment au XIX^e siècle à travers les travaux de Pasteur que ce savoir-faire ancestral a été étudié. Au Néolithique, il aurait permis d'améliorer la pérennisation des ressources alimentaires tout au long de l'année.

D'après la lettre de Syndifrais N° 12 - juin 2019 - www.syndifrais.fr.

PL fermentés : association avec les maladies chroniques et leurs facteurs de risque



En 2018, une revue de 25 méta-analyses a confirmé l'existence d'associations bénéfiques entre la consommation de PL fermentés et les maladies non transmissibles (yaourt et risque de diabète de type 2 notamment). Elle n'a cependant pas dégagé de rôle spécifique de la fermentation et les auteurs mettent en avant le besoin d'essais contrôlés randomisés.

Nutrients 2018; 10: 448 et QS n° 58

Fermentation et peptides bioactifs

Des fractions peptidiques ayant des propriétés bioactives (immunomodulatrices, hypocholestérolémiques, anti-hypertensives...) ont été isolées à partir de PL fermentés. Ils sont libérés lors de la protéolyse des différentes protéines laitières par les différentes protéases présentes dans le lait et/ou au niveau des micro-organismes.

Qu'appelle-t-on postbiotiques ?

Les postbiotiques sont des constituants provenant du processus de fermentation et qui apparaissent lorsque les prébiotiques nourrissent les probiotiques de l'intestin. Ils comprennent notamment les acides organiques, les enzymes et les substrats de carbone. Ils pourraient aider à régulariser la composition du microbiome.

Beneficial Microbes 2019; 10(7), 711-719. <https://doi.org/10.3920/BM2019.0015>

• Les produits laitiers lacto-fermentés sont-ils riches en lactose ?

Lacto-fermenté ne signifie pas que le produit contient du lactose mais qu'il est issu de la lacto-fermentation par des bactéries lactiques. Les yaourts, laits fermentés et les fromages qui en sont issus peuvent d'ailleurs être consommés par les intolérants au lactose (QS n° 29b).

• Manger des fromages fermentés peut-il donner mal à la tête ?

Lors de la fermentation et surtout de l'affinage de certains fromages, la transformation des protéines conduit notamment à la formation de substances appelées amines biogènes (histamine et tyramine notamment). Ces composés biologiquement actifs jouent un rôle crucial pour l'organisme (qui en fabrique également). Dans des conditions normales, ces amines biogènes en excès sont dégradées et éliminées. Mais chez certaines personnes, elles peuvent être source de désagrément. Ainsi, chez des individus sensibles, une consommation excessive de fromages riches en tyramine peut provoquer une hypertension transitoire (appelée « cheese effect » dans les années 60) associée à des maux de tête voire à des migraines. D'autres aliments comme le saucisson, la choucroute, les sauces soja et le vin peuvent également provoquer ce type de symptômes. (QS n° 42)

• En combien de temps se fabrique un produit laitier fermenté ?

Que ce soit un lait fermenté ou un fromage, la transformation du lactose en acide lactique ne prend que quelques heures. Pour les fromages, la période d'affinage, qui peut suivre, diffère selon le type de fromage (de quelques heures pour les pâtes fraîches, quelques jours à semaines pour les pâtes molles et persillées, quelques mois pour les pâtes pressées non cuites et cuites voire des années pour des fromages comme le comté, l'emmental et le parmesan).

• Peut-on faire des laits fermentés à la maison ?

Oui, Il suffit d'avoir une yaourtière (sorte d'étuve dont on peut contrôler la température), d'ajouter des ferments lactiques* à du lait (de préférence traité thermiquement) à la dose préconisée et d'attendre que la fermentation se fasse. Cela dure quelques heures à une t° comprise entre 35 et 42°C selon le type de ferment. Le matériel utilisé doit être bien nettoyé et entretenu afin d'éviter tout risque de contamination.

**Les ferments lactiques notamment ceux utilisés pour la fabrication du yaourt (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) peuvent être achetés en pharmacie, ou dans le commerce. Il existe également toute une gamme de ferments commercialisés pour la fabrication d'autres laits fermentés comme le kéfir mais aussi de différents fromages comme le fromage frais. Dans la majorité des cas, ces ferments se présentent sous forme lyophilisés. Il est également possible d'utiliser un lait fermenté du commerce.*

• Combien de temps se conservent les laits fermentés ?

Une des conséquences de la fermentation est une stabilisation du produit qui se traduit par un allongement de sa durée de vie. Cette stabilisation est liée au pH acide (conséquence des acides libérés) qui inhibe les éventuels développements et altérations microbiennes et enzymatiques. Un lait fermenté peut se conserver à 4°C plusieurs semaines avant ouverture et quelques jours après ouverture.

• Les micro-organismes des laits fermentés sont-ils encore vivants ?

Les micro-organismes sont encore vivants dans les laits fermentés sauf si le produit a été traité thermiquement après l'étape de fermentation. A titre d'exemple, selon la réglementation française un yaourt (par définition, non thermisé) peut contenir entre 10⁴ et 10⁹ bactéries viables par gramme ou ml de produit. Il est à noter que ce nombre diminue avec le temps de conservation.

• Qu'est-ce que le kéfir ?

Le kéfir est fabriqué à partir de grains de kéfir, agglomérats de bactéries et de levures capables de fermenter le lait (mais aussi n'importe quel liquide contenant des sucres : jus de fruit, de légumes, thé sucré). Le kéfir de lait, le plus courant, est issu d'une double fermentation : lactique et alcoolique. Il a la texture d'un lait fermenté en un peu plus liquide. Il est réputé pour ses teneurs significatives en calcium et en vitamines du groupe B (B2, B5, B9, B12...). Il peut être légèrement gazeux (CO₂ produit lors de la fermentation) et on y trouve 0,5 à 2 % d'alcool (éthanol produit par les levures). On lui attribue de multiples bénéfices santé (santé intestinale, lutte contre l'hypertension, le diabète, le syndrome métabolique, propriétés anti-oxydantes, immunomodulatoires, etc.) et sa consommation ne cesse d'augmenter en Europe*.

**Les grains de kéfir (originaires du Caucase) se transmettaient de génération en génération et ne pouvaient s'acheter car, d'après les croyances, cela leur retirerait leur capacité de fermenter le lait. La diffusion de ces grains vers l'Europe a donc été relativement longue.*

Rosa and al., Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits; Nutrition Research Review 2017; 30(1) :82-96

• Qu'est-ce que le koumiss ?

Le koumiss (ou encore appelé airag) est une boisson fermentée traditionnelle produite le plus souvent à partir de lait de jument mais aussi de lait de chamelle. Cette boisson est largement consommée dans les pays d'Asie centrale. Sa fabrication résulte de deux fermentations : lactique puis alcoolique. Elle est donc légèrement alcoolisée. On lui attribue également de nombreux bénéfices et vertus santé.

• Qu'est-ce que le lait ribot ?

Laezh ribod (prononcer laize ribotte) est une expression bretonne qui signifie babeurre (qui s'écrivait à l'origine bas-beurre). Le babeurre est obtenu lorsqu'on baratte de la crème fraîche pour faire du beurre. Il ne contient quasiment plus de matière grasse. C'est un liquide blanc qui ressemble à du lait écrémé, mais qui en diffère par sa constitution ; il contient le sérum de la crème et des parties de membranes des globules gras du lait.

Dans les fermes, le babeurre coproduit du beurre était placé dans un récipient pour se désaltérer. Du fait de l'environnement, ce babeurre finissait par fermenter naturellement et pouvait alors se conserver plusieurs jours.

Le lait ribot que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce n'est cependant pas fabriqué de cette façon : c'est le plus souvent un lait maigre fermenté par des bactéries spécifiques.

Riche en protéines et réputé facile à digérer, le lait ribot est une bonne source de calcium.

• Quelle différence entre ferment et présure ?

Pour faire coaguler le lait, on peut y ajouter des ferments lactiques (coagulation par voie fermentaire), micro-organismes qui transforment le lactose et produisent de l'acide lactique. Cela acidifie le lait à une valeur de pH pouvant aller jusqu'à 4,6 et forme lentement un caillé dit « lactique » fragile et humide. C'est le mode de fabrication des yaourts, fromages frais, cottage cheese... Mais on peut aussi ajouter de la présure (coagulation par voie enzymatique), qui agit directement sur les caséines pour rapidement former un caillé (quelques minutes). Le pH n'est pas modifié. Ce caillé dit « présure » est beaucoup plus élastique et solide et moins humide qu'un caillé lactique. Le plus souvent, ces deux techniques de coagulation (fermentation acide et emprésurage) sont utilisées simultanément. L'équilibre entre les deux façons de coaguler ainsi que les étapes suivantes, comme l'égouttage, le pressage, le salage et l'affinage, expliquent en partie la diversité des fromages. Le choix des micro-organismes est également un facteur majeur de la diversité fromagère.

• Trouve-t-on des bactéries lactiques ailleurs que dans les produits laitiers ?

Oui, des bactéries lactiques peuvent être utilisées dans la fabrication de nombreux aliments fermentés non laitiers : saucisson, champignons, légumes (choux, betterave, carotte, haricot, oignon...), etc.

Questions sur

Produits laitiers &

2005 | 2006

- Lipides (12)
- Cholestérol et athérosclérose (13)
- Beurre et crème (14)
- L'alimentation des Français (15)
- Prévention de l'hypertension (17)
- Les laits fermentés (18)
- Syndrome métabolique (19)
- L'alimentation de l'enfant (20)

2007 | 2008

- Santé bucco-dentaire (21)
- Les vitamines (22)
- Les autres minéraux (24)

2009 | 2010

- Les bactéries lactiques (30)
- Sel/Sodium (31)
- Densité nutritionnelle (32)
- L'alimentation des Français en 2009 (33)
- Allégations santé fonctionnelles génériques (34)
- Alimentation des vaches (35)
- L'iode (36)

- Matière grasse laitière, technologies & santé (37)
- Vitamine D & santé (38)
- Histoire, sociologie et image du lait (Hors série n°2b)

2011 | 2012

- L'alimentation des sportifs (39)
- Lactoferrine (40)
- Allégations nutritionnelles et santé (41)
- Amines biogènes, histamine (42)
- ABCdaire réglementaire (Hors série n°3b)
- Les Trans et les CLA (27b)
- Personnes âgées (43)
- Étiquetage nutritionnel (44)
- Microbiote (45)
- Gestion du poids (46)
- Diabète(s) (47)

2013 | 2014

- Le lait à l'école (26 ter)
- Nutrition et Environnement (48)
- Vitamines K2 (50)
- Agriculture biologique (51)
- OGM (52)

- Acides Gras Saturés (53)
- Zinc (54)
- Les « rumeurs » autour du lait (Hors série n°1c)

2015 | 2016

- Le lait (8b)
- Économie de santé (55)
- L'alimentation des Français (56)
- Fonctions cognitives (57)
- Antibiotiques (Hors série n° 4b)
- Le Bien-être des vaches laitières (Hors série n° 5)
- Fromage, Nutrition & Santé* (11b)
- Produits laitiers et cancer (25b)
- Maladies chroniques (58)
- Précarité (59)
- Sélection et reproduction en élevage laitier (Hors série n° 6)

2017 | 2018

- Sécurité sanitaire* (Hors série n° 7b)
- Le calcium (9b)
- Gaz à Effet de Serre (GES) et Élevage laitier (Hors série n° 8)

- Technologie Laitière* (Hors série n° 9)
- Véganisme (60)
- Technologie(s), Nutrition, Effet matrice et Santé (61)
- Additifs (62)

2019 |

- La santé des adultes français (63)
- Vitamine B₁₂ (64)
- Allergies (28b)
- Lait et fromages de chèvre (23b)
- Étiquetage nutritionnel en 2019 (65)
- Allégations nutritionnelles et de santé (ANS) en 2019 (66)

2020 |

- Qualités Nutritionnelles et Santé des protéines laitières (16b)
- Propriétés antioxydantes (67)
- Intolérance au lactose (29b)
- Propriétés du lactose (68)
- Immunité (49b)
- Fermentation (69)

* Disponibles en anglais.