



**HAL**  
open science

## La fermentation comme moyen de rendre un aliment fonctionnel

Gwénaél Jan, Valérie Gagnaire

► **To cite this version:**

Gwénaél Jan, Valérie Gagnaire. La fermentation comme moyen de rendre un aliment fonctionnel. Troisième journée scientifique rennaise consacrée aux Sciences des Aliments, Institut Agro Rennes, Jan 2022, Rennes visioconférence, France. hal-03542696

**HAL Id: hal-03542696**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03542696>**

Submitted on 25 Jan 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**INRAE**



# ➤ La fermentation comme moyen de rendre un aliment fonctionnel

Gwénaél JAN & Valérie GAGNAIRE

UMR1253, INRAE, Institut Agro, STLO, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf

Rennes

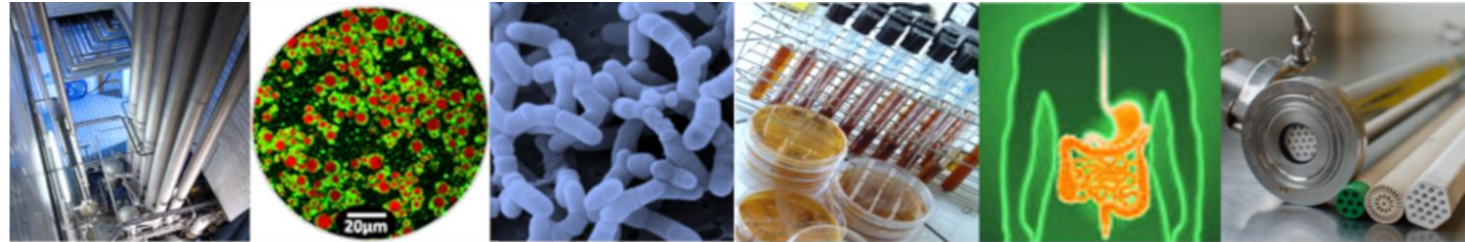
[gwenael.jan@inrae.fr](mailto:gwenael.jan@inrae.fr)

[valerie.gagnaire@inrae.fr](mailto:valerie.gagnaire@inrae.fr)

<https://www6.rennes.inrae.fr/stlo>



# ➤ Définition de la fermentation



- Catabolisme anaérobie (capable de vivre dans un environnement dépourvu d'oxygène) de nutriments organiques, qui n'utilise pas de chaîne de transport d'électron ni de phosphorylation oxydative.
  - Processus métabolique convertissant généralement des glucides en acides, en gaz ou en alcools pour en extraire une partie de l'énergie chimique tout en ré-oxydant les coenzymes réduites par ces réactions
  - Transformation (d'une substance organique) sous l'influence d'enzymes produites par des micro-organismes.

# ➤ Fermentation des produits laitiers

- Un moyen très ancien de conserver le lait
  - Une technologie conduite à travers les cultures et les traditions
    - Toujours d'actualité comme source de découvertes
      - Et de sources d'innovation

## ➤ Les aliments fermentés : 30% de notre diète



Une grande diversité gastronomique :  
3500 recensés dans le monde

Un point commun : la  
fermentation lactique  
qui permet la  
conservation



# ➤ Une remarquable biodiversité

*Pediococcus acidilactici*

*Leuconostoc mesenteroides*

*Enterococcus faecium*



*Streptococcus macedonicus*

*Lactobacillus plantarum*



*Staphylococcus xylosus*

*Staphylococcus carnosus*



*Lactocobacillus casei*

*Lactococcus lactis*

*Lactocobacillus paracasei*

*Lactocobacillus viridescens*



*L. lactis diacetylactis*

*Oenococcus oeni*



*Streptococcus thermophilus*



*Lactobacillus bulgaricus*

*Lactobacillus helveticus*

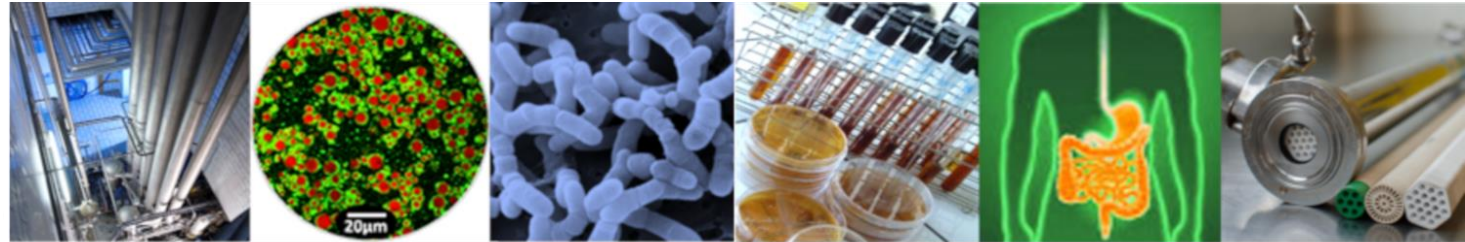


*Propionibacterium freudenreichii*

*L. lactis cremoris*

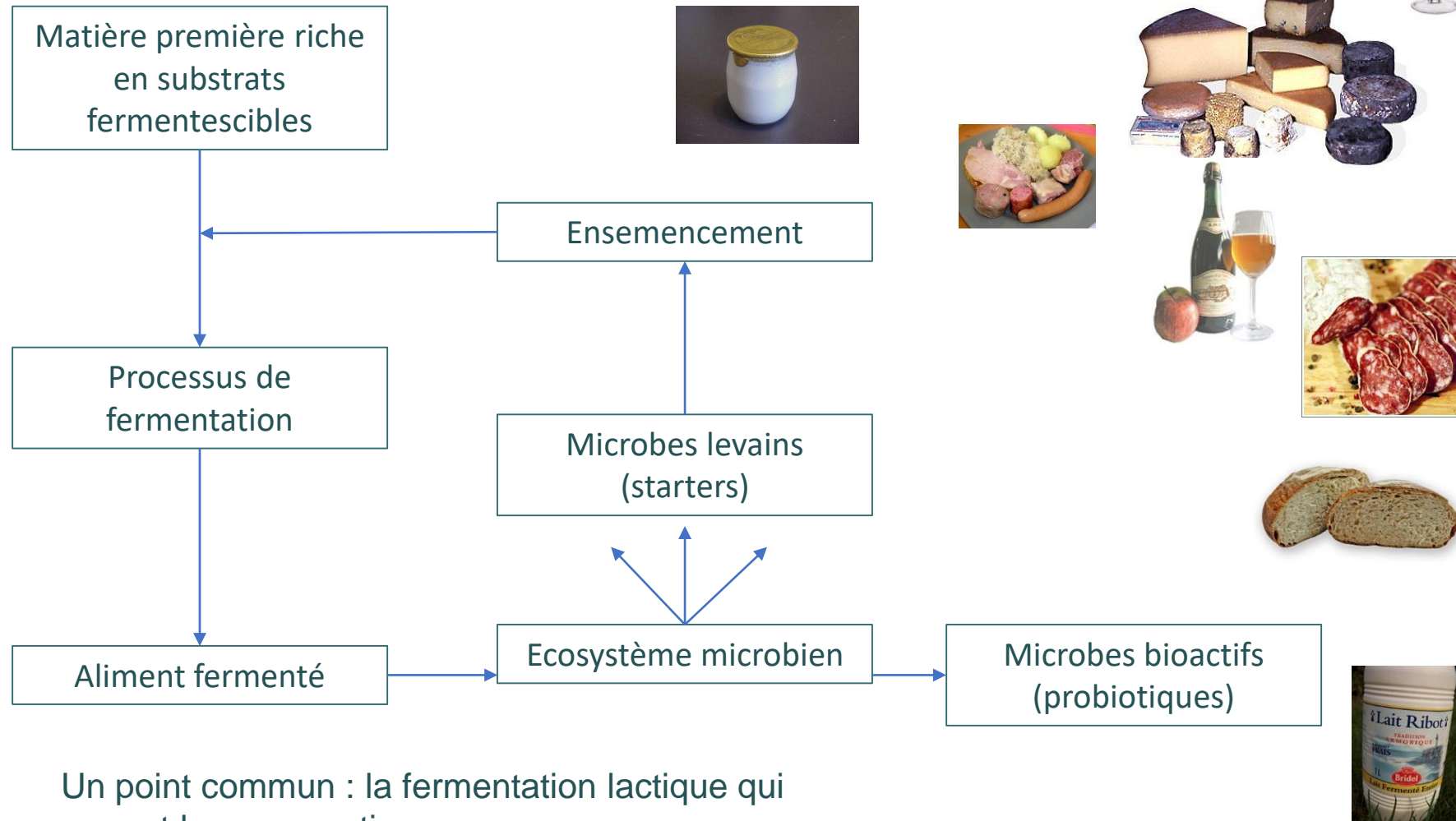


## ➤ Comment ça marche





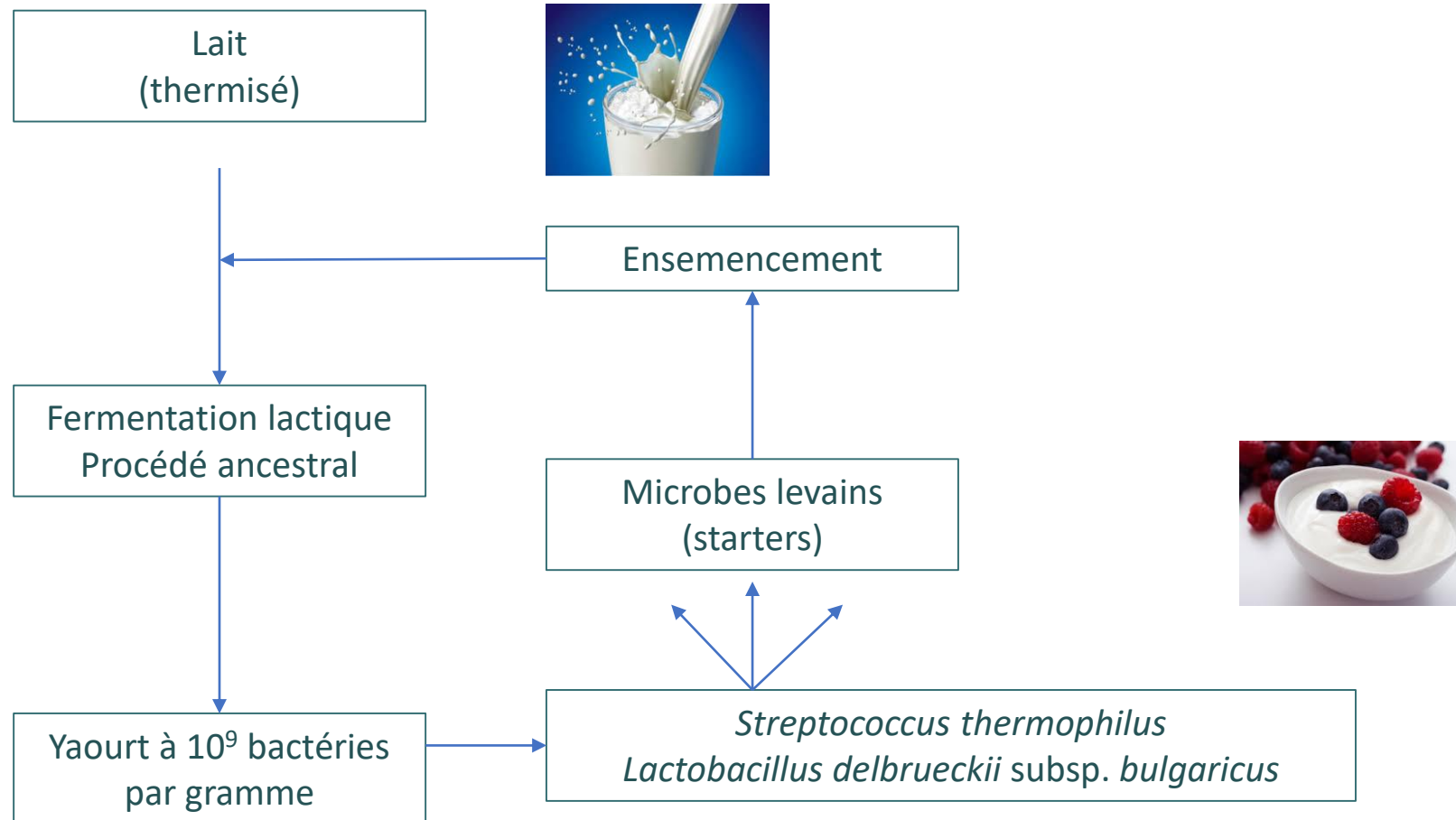
# ➤ Une fermentation, comment ça marche?



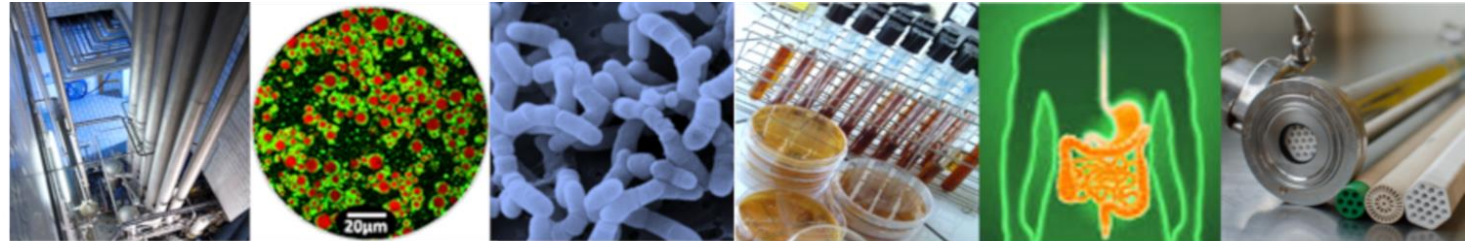
Un point commun : la fermentation lactique qui permet la conservation

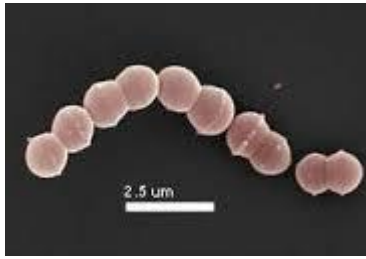


## ➤ Un exemple phare : le yaourt, l'aliment probiotique type



## ➤ Quelques acteurs de la fermentation des produits laitiers





## *Streptococcus thermophilus*

Genre : Streptococcus

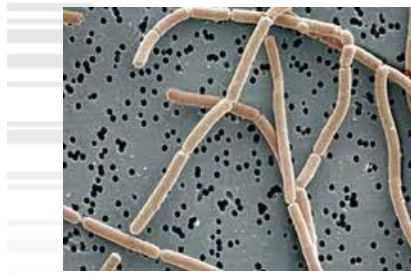
Espèce : thermophilus

Description: coque, Gram+, regroupé en chainettes, non-pathogène, alimentaire, thermophile, bactérie lactique, homofermentaire

Domicile: glande mammaire, lait crû

Terrain de jeux : yaourt, fromages

Profession : acidification, coagulation, protéolyse, saveur



*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Genre : Lactobacillus

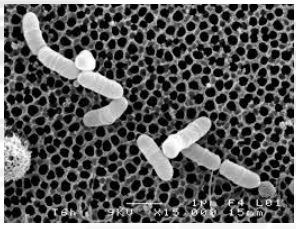
Espèce : delbrueckii

Description: bacille, Gram+, non-pathogène, alimentaire, thermophile, bactérie lactique, homofermentaire

Domicile: glande mammaire, lait crû

Terrain de jeux : yaourt, fromages, avec son partenaire *S. thermophilus*

Profession : acidification, coagulation, protéolyse, saveur



## *Propionibacterium freudenreichii*

Genre : *Propionibacterium*

Espèce : *freudenreichii*

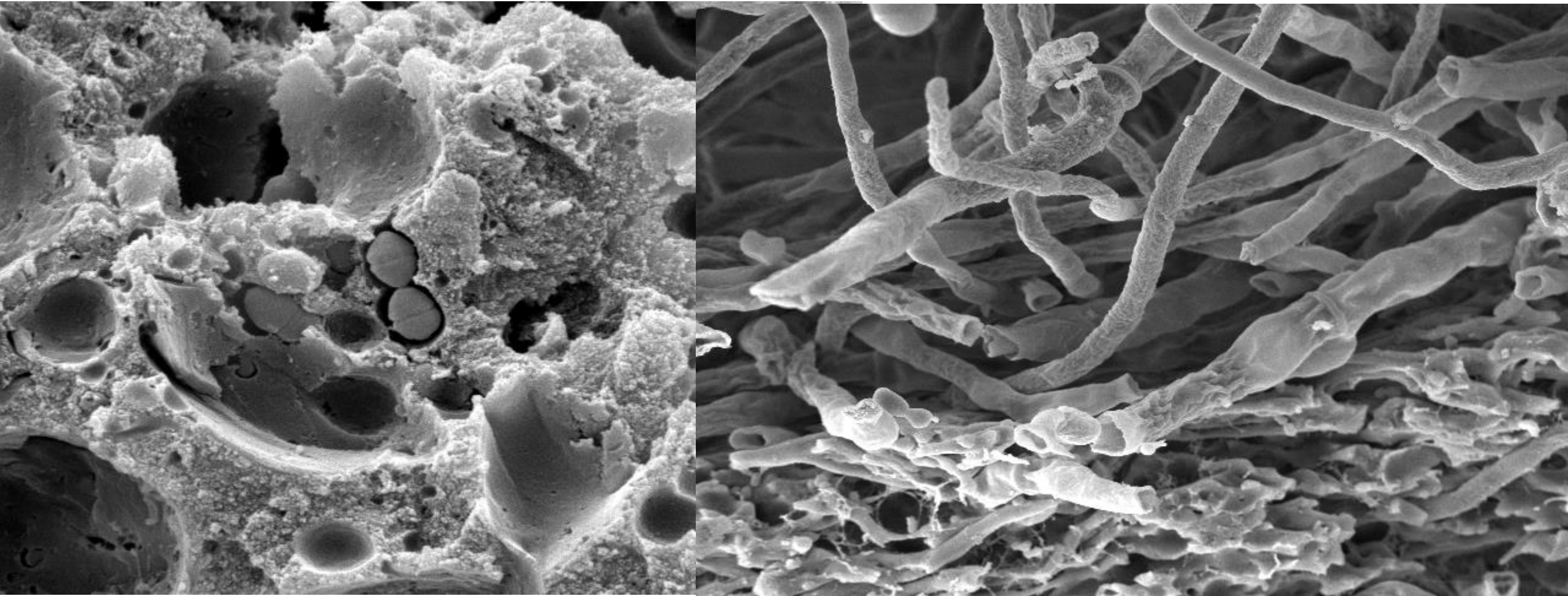
Description: bacille, Gram+, non-pathogène, alimentaire, mesophile, bactérie propionique, hétérofermentaire

Domicile: plantes, tube digestif, glande mammaire

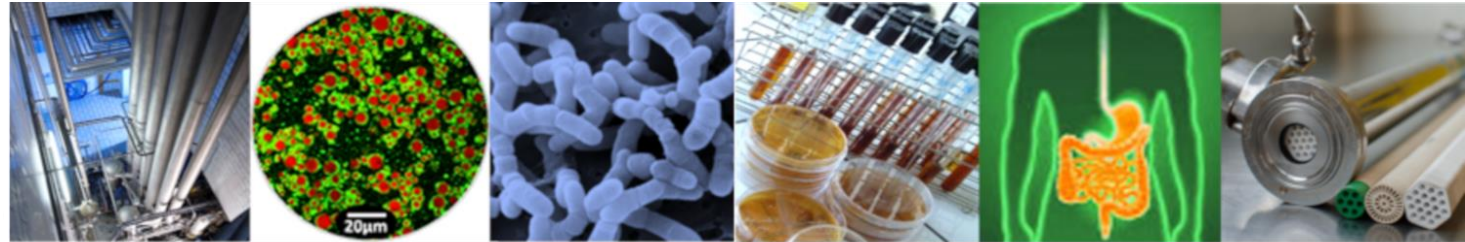
Terrain de jeux : fromages

Profession : aromatiser, texturer

# Les microorganismes dans le fromage...



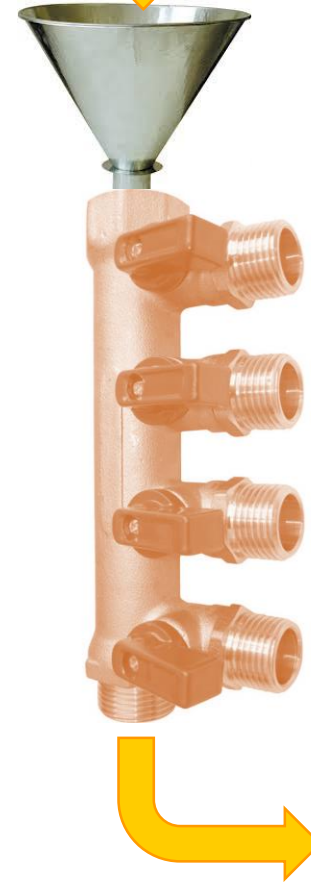
## ➤ La sélection des ferments







# Des critères technologiques de sélection



Texture

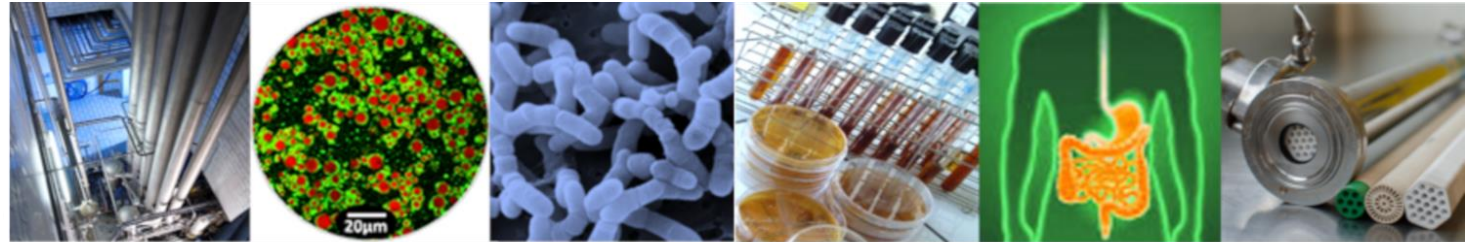
Arôme

Acidification

Ferments sélectionnés



# ➤ La sélection des probiotiques



# Des critères physiologiques de sélection

IBS, IBD, atopie, intolérance ...



Immunomodulation

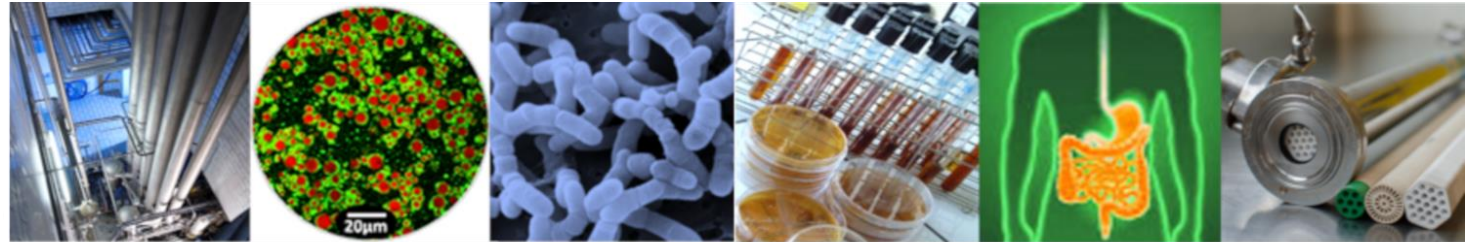
Digestion

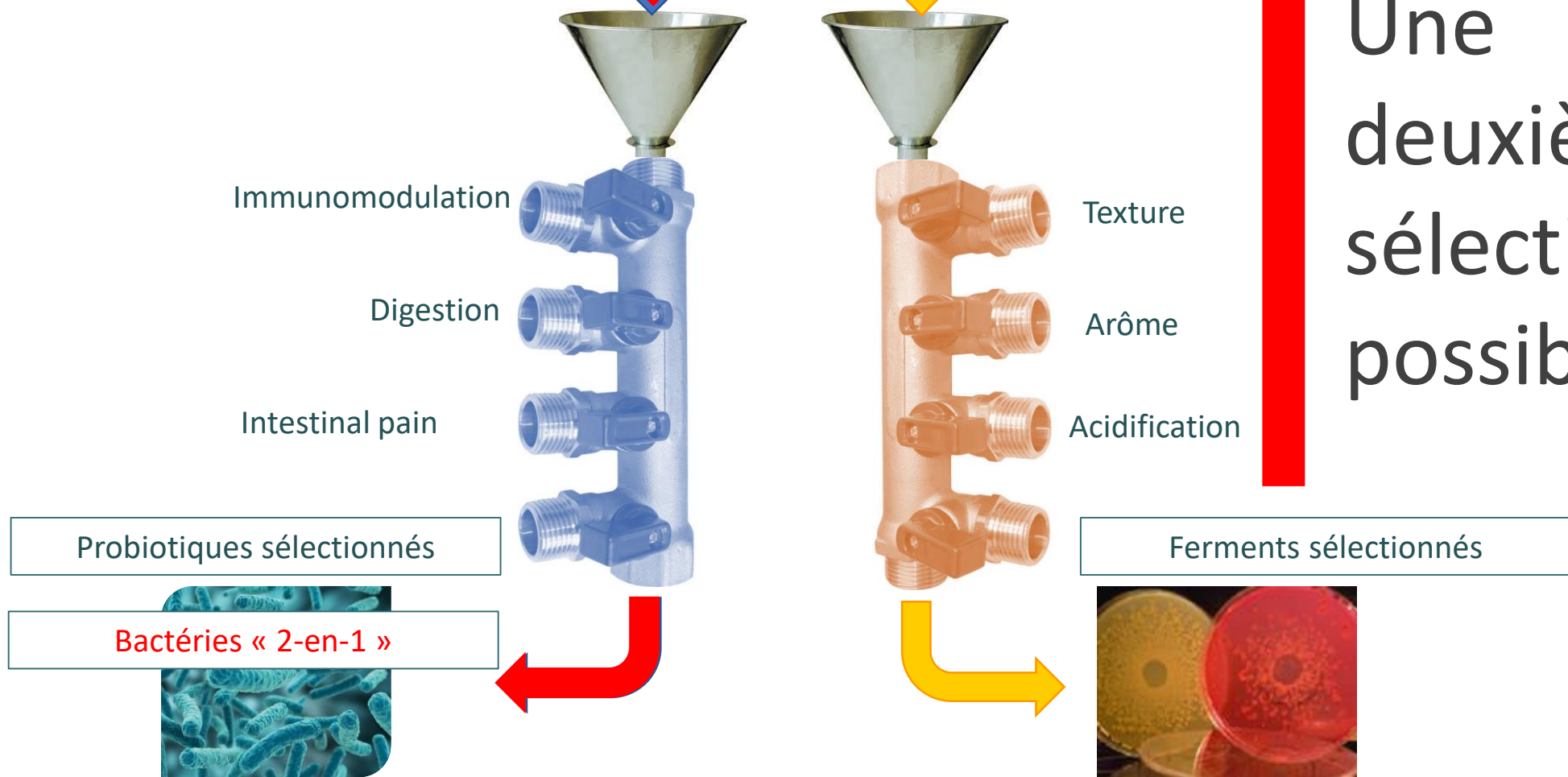
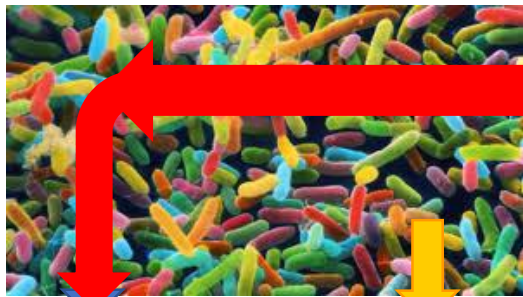
Douleur intestinale

Probiotiques sélectionnés



## ➤ La sélection des 2-en-1





Une deuxième sélection est possible

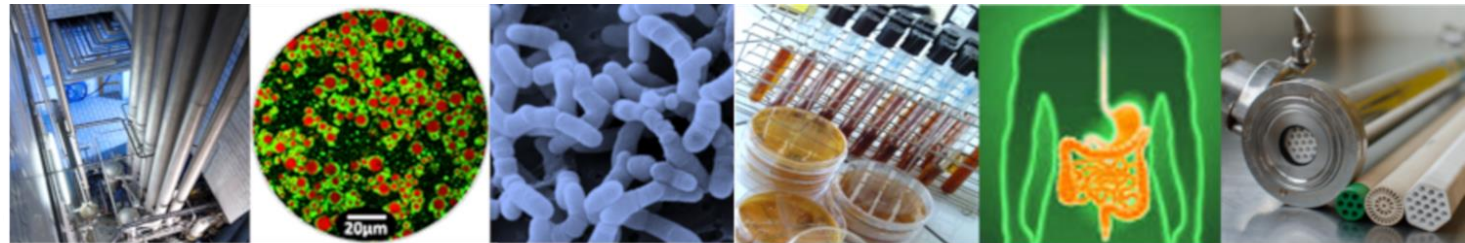


INRAE

Fonctionnaliser les aliments par la fermentation  
2022/01/21 Jan Gagnaire Science des aliments



# ➤ Le fromage immunomodulateur



# ➤ Propionibactéries lactières immunomodulatrices

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Dec. 2010, p. 8259–8264  
 0099-2240/10/\$12.00 doi:10.1128/AEM.01976-10  
 Copyright © 2010, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

## Promising Immunomodulatory Effects of Selected Strains of Dairy Propionibacteria as Evidenced *In Vitro* and *In Vivo*<sup>†</sup>

Benoît Foligné,<sup>1,2,3,4</sup> Stéphanie-Marie Deutsch,<sup>5,6</sup> Jérôme Breton,<sup>1,2,3,4</sup> Fabien J. Cousin,<sup>5,6,7</sup>  
 Joëlle Dewulf,<sup>1,2,3,4</sup> Michel Samson,<sup>8</sup> Bruno Pot,<sup>1,2,3,4</sup> and Gwénaél Jan<sup>5,6\*</sup>

*Institut Pasteur de Lille, Lactic Acid Bacteria & Mucosal Immunity, Center for Infection and Immunity of Lille, 1, Rue du Pr Calmette, BP 245, F-59019 Lille, France<sup>1</sup>; Université Lille Nord de France, F-59000 Lille, France<sup>2</sup>; CNRS, UMR 8204, F-59021 Lille, France<sup>3</sup>; Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, U1019, F-59019 Lille, France<sup>4</sup>; INRA, UMR1253 Science et Technologie du Lait et de l'Oeuf, F-35042 Rennes, France<sup>5</sup>; AGROCAMPUS OUEST, UMR1253 Science et Technologie du Lait et de l'Oeuf, F-35042 Rennes, France<sup>6</sup>; CNIEL/Syndifrais, 42 Rue de Châteaudun, F-75314 Paris 09, France<sup>7</sup>; and EA 4427 SeRAIC, Faculty of Pharmacy, University of Rennes 1, IFR 140 GFAS, Rennes F-35043, France<sup>8</sup>*

Received 20 August 2010/Accepted 7 October 2010

Immunomodulatory properties of 10 dairy propionibacteria, analyzed on human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs), revealed a highly strain-dependent induction of anti-inflammatory cytokine interleukin 10 (IL-10). Two selected strains of *Propionibacterium freudenreichii* showed a protective effect against two models of colitis in mice, suggesting a probiotic potential predicted by immune-based selection criteria for these cheese starter bacteria.

Selected probiotics

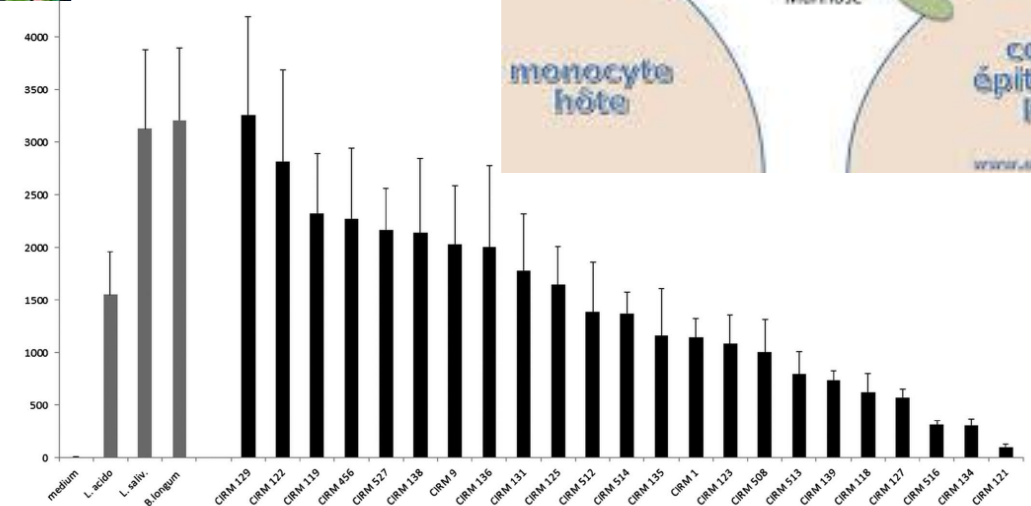
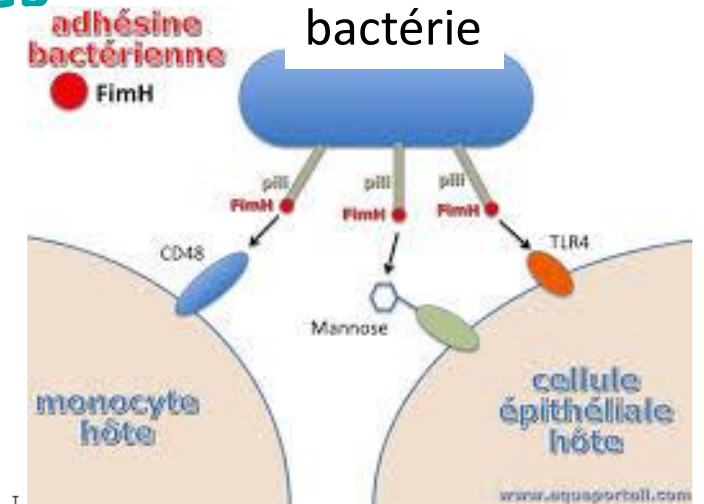
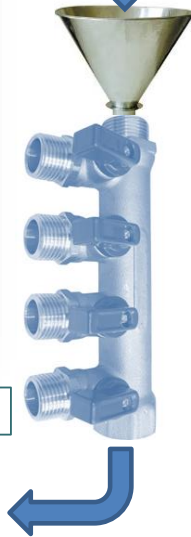


Figure 1 Anti-inflammatory profile of dairy *Propionibacterium freudenreichii* strains assessed on human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs). Comparative IL-10 release (in pg/ml) of human PBMCs for 3 reference benchmark probiotic strains (*Lactobacillus acidophilus* NCFM, *L. salivarius* LS33 and *Bifidobacterium longum* BB536) and for 23 propionibacteria strains (CIRM-BIA, INRA, Rennes, France). Immunocompetent cells were stimulated at multiplicity of infection of 10 for 24 h and supernatants analysed by ELISA. Detailed methodology was previously published.<sup>7</sup>



## Tracking the microbiome functionality: focus on *Propionibacterium* species

Benoît Foligné, Jérôme Breton, Denis Mater, et al.

*Gut* 2013 62: 1227-1228 originally published online February 6, 2013  
 doi: 10.1136/gutjnl-2012-304393

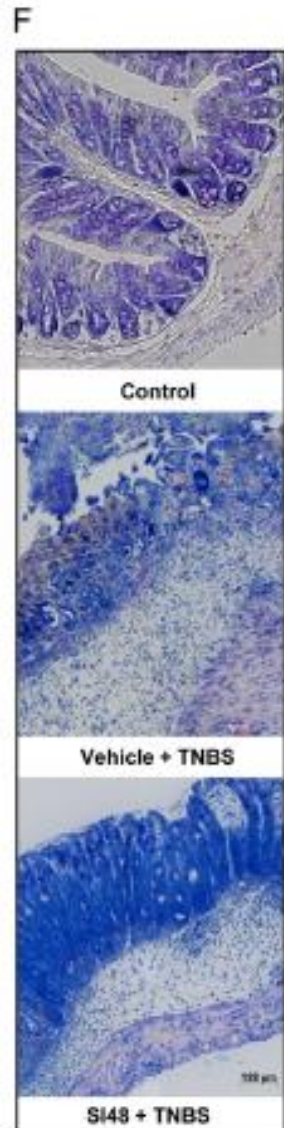


INRAE

Fonctionnaliser les aliments par la fermentation  
 2022/01/21 Jan Gagnaire Science des aliments



# ➤ Exemples de bactéries sélectionnées



APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Dec. 2010, p. 8259–8264  
 0099-2240/10/\$12.00 doi:10.1128/AEM.01976-10  
 Copyright © 2010, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

Vol. 76, No. 24

## Promising Immunomodulatory Effects of Selected Strains of Dairy Propionibacteria as Evidenced *In Vitro* and *In Vivo*<sup>†</sup>

Benoît Foligné,<sup>1,2,3,4</sup> Stéphanie-Marie Deutsch,<sup>5,6</sup> Jérôme Breton,<sup>1,2,3,4</sup> Fabien J. Cousin,<sup>5,6,7</sup>  
 Joëlle Dewulf,<sup>1,2,3,4</sup> Michel Samson,<sup>8</sup> Bruno Pot,<sup>1,2,3,4</sup> and Gwénaél Jan<sup>5,6\*</sup>



*Propionibacterium freudenreichii*

*Lactobacillus*

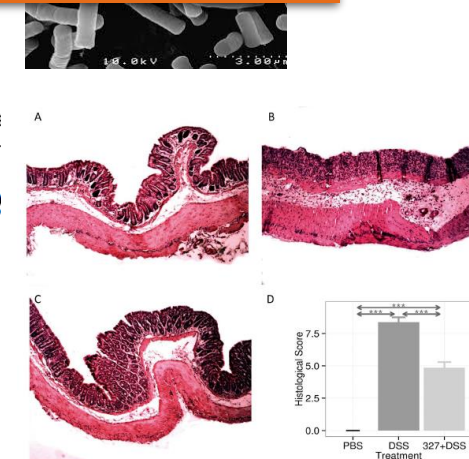
Let's make probiotic cheese!!!

OPEN ACCESS Freely available online



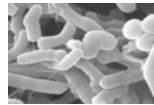
## Local and Systemic Immune Mechanisms Underlying the Anti-Colitis Effects of the Dairy Bacterium *Lactobacillus delbrueckii*

Clarissa Santos Rocha<sup>1,3,4</sup>, Ana Cristina Gomes-Santos<sup>2</sup>, Thais Garcias Moreira<sup>2</sup>, Marcela de Azevedo<sup>1</sup>,  
 Tessalia Diniz Luerce<sup>1</sup>, Mahendra Mariadassou<sup>5</sup>, Ana Paula Longaray Delamare<sup>6</sup>, Philippe Langella<sup>3,4</sup>,  
 Emmanuelle Maguin<sup>3,4</sup>, Vasco Azevedo<sup>1</sup>, Ana Maria Caetano de Faria<sup>2</sup>, Anderson Miyoshi<sup>1,3</sup>,  
 Maarten van de Guchte<sup>3,4,9</sup>





# > A reverse-engineered cheese



Microfiltr. Milk



Powder 100 g/L



Cream 150 g/L



Sterilisation



Culture *P. freudenreichii*  
30°C, 72 h

Pre-cheese



UHT Milk



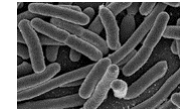
Culture *L. delbrueckii*  
42°C, 4 h



Fermented Milk



Clotting, stirring, cooking,  
moulding, pressing, wrapping,  
ripening



Mol. Nutr. Food Res. 2016, 60, 935–948

DOI 10.1002/mnfr.201500580

935

Molecular Nutrition  
Food Research

RESEARCH ARTICLE

## Combining selected immunomodulatory *Propionibacterium freudenreichii* and *Lactobacillus delbrueckii* strains: Reverse engineering development of an anti-inflammatory cheese

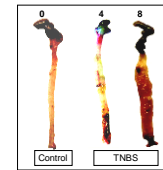
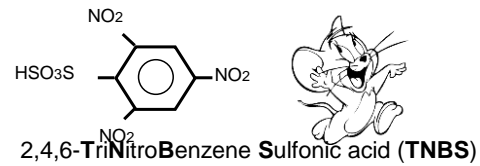
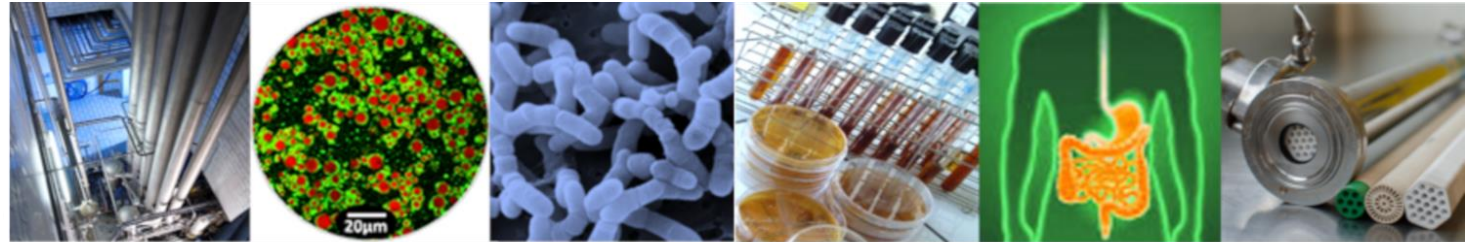
Coline Plé<sup>1</sup>, Jérôme Breton<sup>1</sup>, Romain Richoux<sup>2</sup>, Marine Nurdin<sup>2</sup>, Stéphanie-Marie Deutsch<sup>3,4</sup>,  
Hélène Falentin<sup>3,4</sup>, Christophe Hervé<sup>5</sup>, Victoria Chuat<sup>3,4,6</sup>, Riwanon Lemée<sup>5</sup>,  
Emmanuelle Maguin<sup>7,8</sup>, Gwénaél Jan<sup>3,4</sup>, Maarten Van de Guchte<sup>7,8</sup> and Benoit Foligné<sup>1</sup>



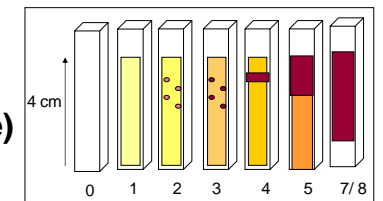
Fonctionnaliser les aliments par la fermentation  
2022/01/21 Jan Gagnaire Science des aliments



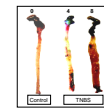
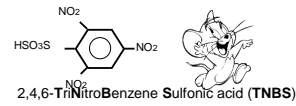
# ➤ Testé dans un modèle animal de colite



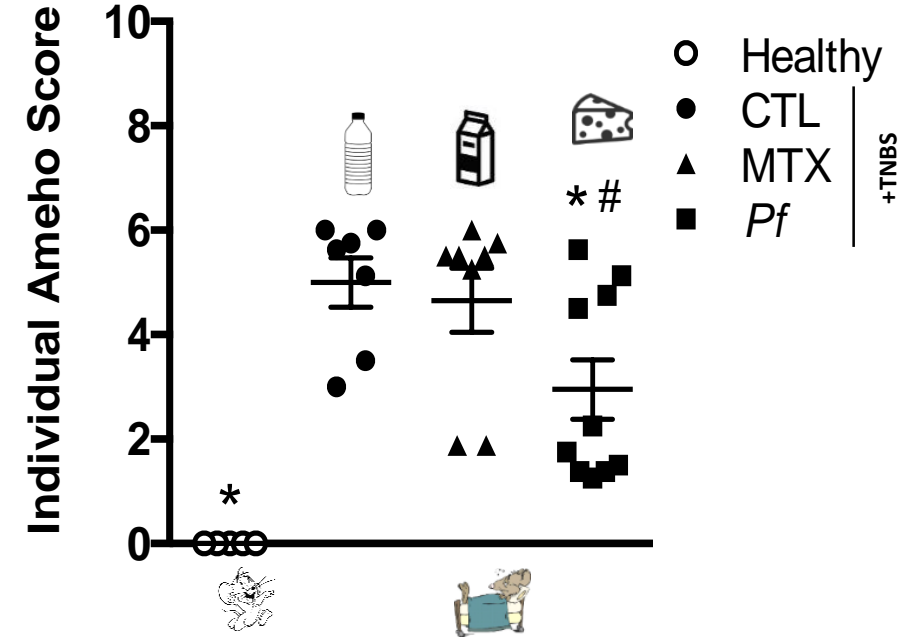
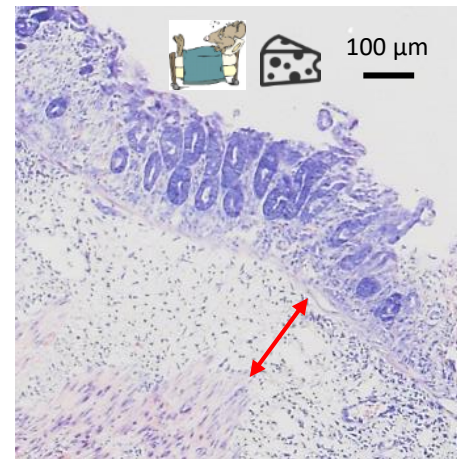
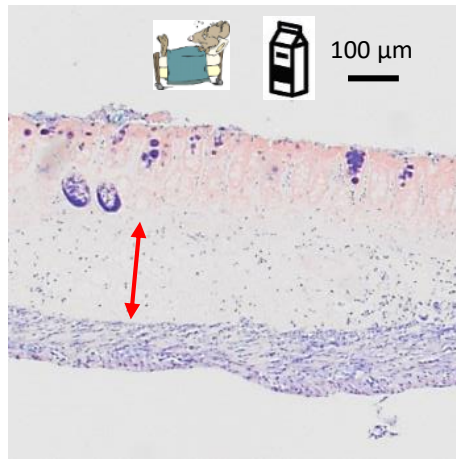
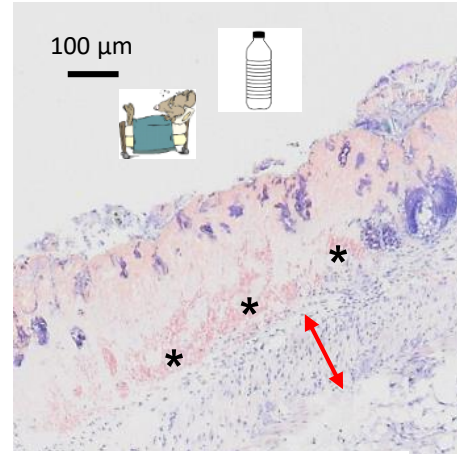
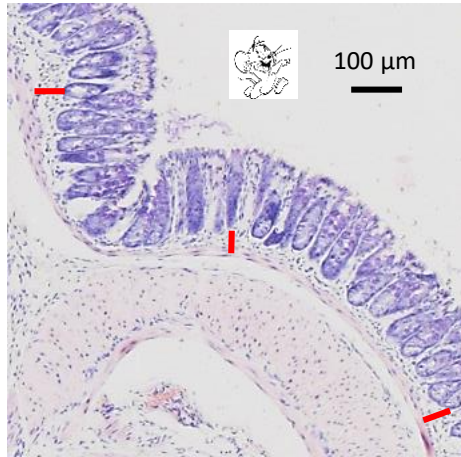
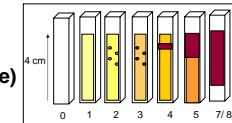
**Macroscopic score (Wallace)**



# ➤ Le fromage protège



Macroscopic score (Wallace)



INRAE

Fonctionnaliser les aliments par l'innovation  
2022/01/21 Jan Gagnaire Sciences des aliments



id2Santé  
Innovation and Development of the health sector in BRETAGNE



Jalimen  
LABELLISÉ CARIOT  
OSONS L'ALIMENT PLUS INTELLIGENT



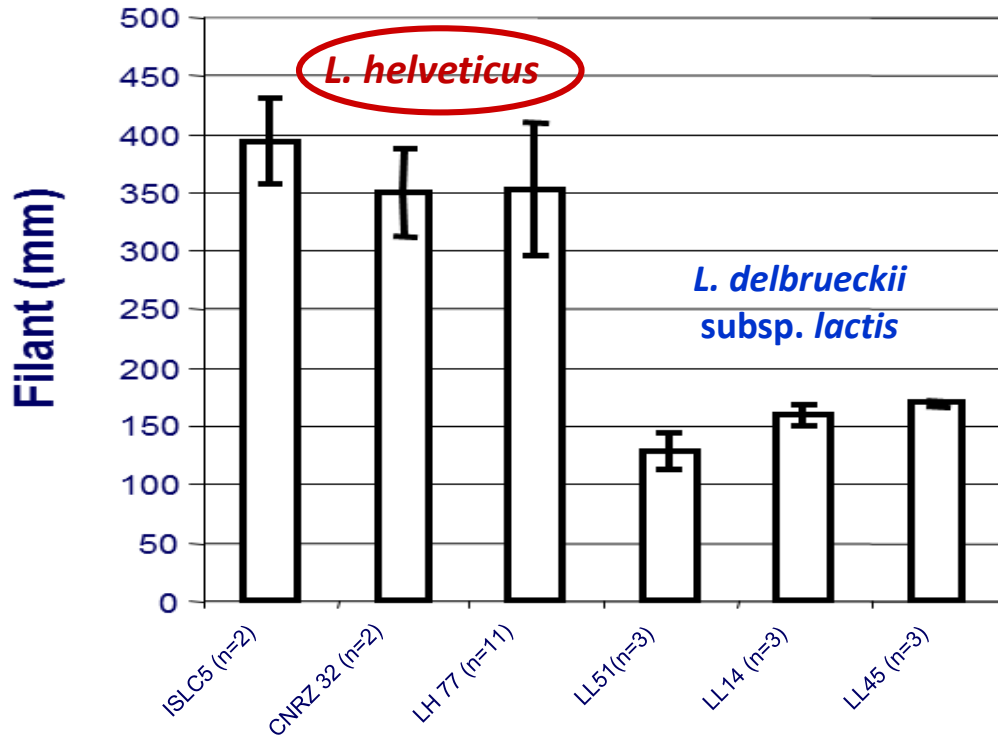
## ➤ Le fromage techno-fonctionnel



# ➤ Filant des fromages amélioré selon l'espèce bactérienne

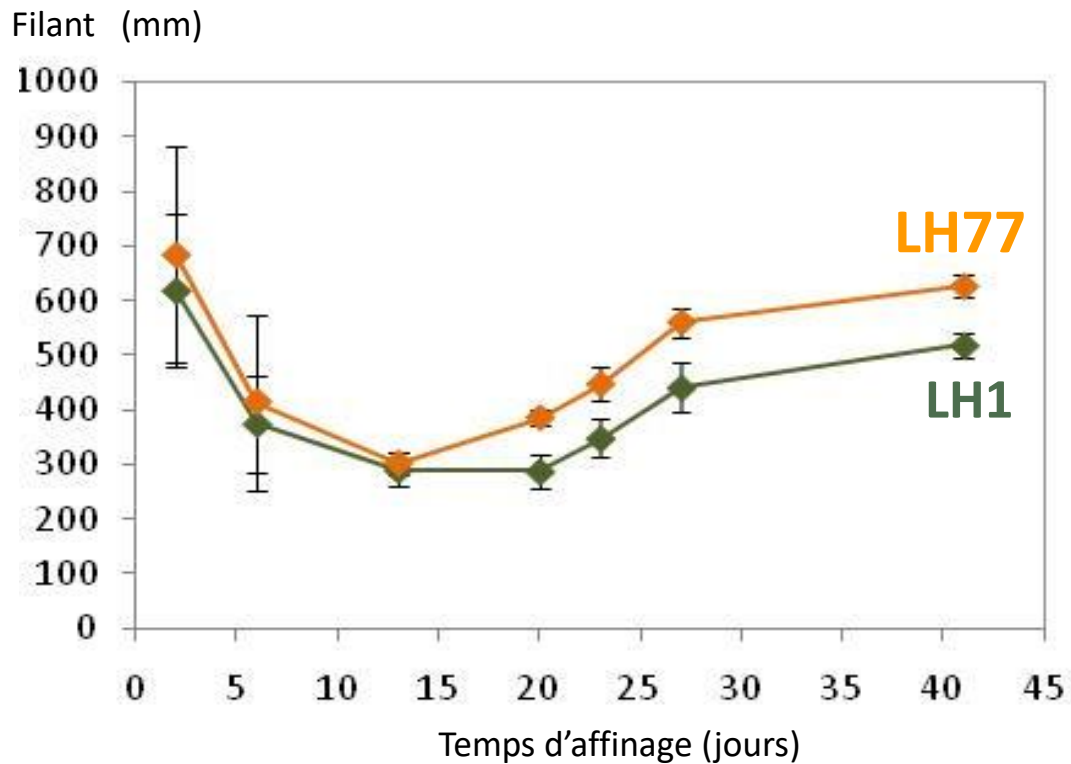


- Filant :
  - ✓ Dépend de la présence de certaines espèces dans le fromage



- Dans un emmental, *Lactobacillus helveticus* permet d'obtenir des fils 3 fois plus longs que *Lactobacillus delbrueckii* (Richoux et al., 2009)

# ➤ Filant des fromages amélioré en fonction de la protéolyse bactérienne (2)



Taille des fils supérieure dans les fromages avec la souche *L. helveticus* 77

Propriétés filantes améliorées avec LH77 associées à :

- ↪ Une plus faible protéolyse des caséines dans le fromage
- ↪ Une production d'un profil de peptides avec des caractéristiques particulières :
  - taille > 15 acides aminés
  - mélange hydrophiles et hydrophobes
  - hélices  $\alpha$  et de structure "random coil"



An *in silico* approach to highlight relationships between a techno-functional property of a dairy matrix and a peptide profile

Lélia Lacou<sup>a,b</sup>, Sébastien Lè<sup>c</sup>, Stéphane Pezennec<sup>a,b</sup>, Valérie Gagnaire<sup>a,b,\*</sup>

<sup>a</sup>INRA, UMRI 253, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf, F-35042 Rennes, France  
<sup>b</sup>Agrocampus Ouest, UMRI 253, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf, F-35042 Rennes, France  
<sup>c</sup>Agrocampus-Ouest, Laboratoire de Mathématiques Appliquées Agrocampus, F-35000 Rennes, France



J. Dairy Sci. 96:1455-1470  
<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6179>  
© American Dairy Science Association®, 2013.

*Lactobacillus helveticus* as a tool to change proteolysis and functionality in Swiss-type cheeses

L. Sadat-Mekmene,<sup>†</sup> R. Richoux,<sup>‡</sup> L. Aubert-Frogerais,<sup>‡</sup> M.-N. Madec,<sup>†</sup> C. Corre,<sup>†</sup> M. Piot,<sup>†</sup> J. Jardin,<sup>†</sup> S. le Feunteun,<sup>§</sup> S. Lortal,<sup>†</sup> and V. Gagnaire<sup>†\*1</sup>  
<sup>†</sup>INRA, UMR1253, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf, 65 rue de Saint Eriec, F-35042 Rennes, France  
<sup>‡</sup>Agrocampus Ouest, UMR1253, Science et Technologie du Lait et de l'Œuf, 65 rue de Saint Eriec, F-35042 Rennes, France  
<sup>§</sup>Agrocampus, BP 50519, 35009 Rennes Cedex, France  
<sup>†</sup>INRA, UMR 782, Génie et microbiologie des procédés alimentaires, Site de Grignon, Bâtiment CBAI, F-78850 Thiverval-Grignon, France  
<sup>†</sup>AgroParisTech, UMR 782, Génie et microbiologie des procédés alimentaires, Site de Grignon, Bâtiment CBAI, F-78850 Thiverval-Grignon, France



INRAE

Fonctionnaliser les aliments par la fermentation  
2022/01/21 Jan Gagnaire Science des aliments



# Les ferments fonctionnalisent l'aliment

INRAE



➤ Merci de votre attention

