

Fiche 13 laboratoire et compléments scientifiques :

I. Les ingrédients nécessaires à la fabrication du yaourt

- Etiquettes de composition d'un yaourt nature
- Recherche au CDI ou Internet
- Confrontation du vécu ou des connaissances des élèves : en Inde par exemple le yaourt se fait à température ambiante

II. La fabrication d'un yaourt

Matériel nécessaire :

- un yaourt nature
- du lait entier
- petits pots en verre ou béchers
- une cuillère
- testeur de pH
- une yaourtière ou une cocotte avec un couvercle transparent ou un bain thermostaté à 45°C ou un radiateur
- plaque chauffante
- casserole pour le bain marie
- un thermomètre
- une balance
- film alimentaire ou parafilm™
- 2 pipettes (par binôme)
- yaourt dilué : pour des raisons de sécurité, le yaourt doit être dilué (100 mL d'eau + 125 g de yaourt) afin d'éviter les projections à ébullition. Le professeur fournira aux élèves le yaourt dilué bouilli dans un bécher.

- Utilisation du pHmètre : ne pas oublier de rincer soigneusement la sonde entre deux mesures pour éviter de fausser les mesures mais aussi la contamination des milieux par les fermentations ou autres bactéries.

- Mesure du pH avec un pHmètre au bout de 12 heures : Le lait ensemencé avec du yaourt non bouilli devient gélatineux, et « a pris » dans le bécher.



a) Yaourt bouilli + lait (pH = 5,67)
 b) Yaourt + lait - témoin (pH = 4,14)



Photographies : A. Pasco et M. Leconte

La consistance du produit obtenu sera moins ferme que celle des yaourts du commerce mais reste suffisante.

Les petits pots peuvent être chauffés sur un radiateur ou sur une plaque chauffante à l'intérieur d'une cocotte contenant un fond d'eau. Il est également possible d'utiliser une yaourtière.

Si l'on dispose d'une yaourtière, on en suivra le mode d'emploi (si aucun mode d'emploi n'accompagne l'appareil, on effectuera un chauffage à une température comprise entre 42 et 45 °C pendant environ 3 heures).

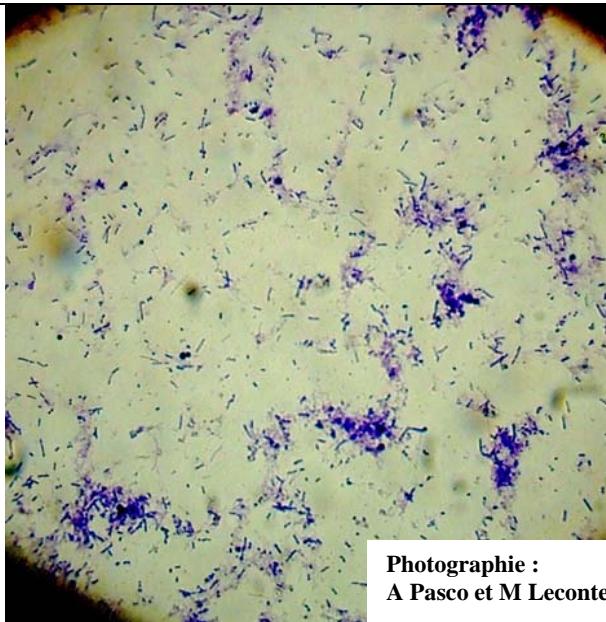
Sans yaourtière, on devra se rapprocher des conditions précédentes. On chauffera à plusieurs reprises, dans dépasser la température de 45 °C ; cela nuirait aux micro-organismes indispensables à la prise des yaourts.

III. Le yaourt contient des fermentes lactiques

1- Réaliser une préparation microscopique:

Matériel nécessaire :

- microscopes optiques à fort grossissement (> X400)
- lames et lamelles,
- Spatules
- bleu de méthylène
- compte-gouttes



Photographie :
A Pasco et M Leconte

Frottis de yaourt coloré au bleu de méthylène
Microscope optique,
Grossissement X 400

Les Cacci et les bacilles se distinguent assez bien à ce
Grossissement

IV. Rôle des fermentes lactiques dans la transformation du lait

L'aspect du yaourt bouilli : séparation de deux phases : une liquide : le « petit lait » et une grumeleuse : le « caillé »

Fiche document

- FERMENTS LACTIQUES :

Où se procurer des ferment lactic (*Streptococcus thermophilus* et le *Lactobacillus bulgaricus*) :

Par exemple dans les « magasins bio » sous forme lyophilisée (à mélanger avec un peu d'eau tiède quelques minutes).

<http://www.panierfermier.fr>

- VALEUR NUTRITIONNELLE D'UN YAOURT AU LAIT DEMI-ECREME (pot de 125 g)

Apport énergétique	273 Kj
Protéines	4,7 g
Lipides	7,1 g
Glucides	2 g
Calcium	165 mg

- PRINCIPE DE LA FABRICATION DU YAOURT :

Dans le lait liquide, les micelles de caséine sont bien réparties dans l'eau. Elles y restent en suspension, sans tomber dans le fond, parce que leur charge négative fait qu'elles se repoussent les unes les autres, comme le font les deux pôles négatifs d'un aimant.

Cet ordre est perturbé pendant la fermentation. Les ferment lactic produisent la fermentation du lactose du lait (β -D-galactopyranosyl (1 \rightarrow 4) D-glucopyranose) qui se transforme en acide lactique ($C_3H_6O_3$ ou acide 2-hydroxy-propanoïque) à une t° de 42 °C. Le milieu devenant acide, les micelles de caséine perdent leur charge négative. Plus encore, elles se déroulent un peu et finissent par s'entremêler en longues mèches. Les mailles de cette sorte de filet emprisonnent alors l'eau du lait, les ferments lactic ainsi que la crème. Le lait perd son aspect liquide, il devient un "gel".

L'acidification du milieu inhibe les autres bactéries, ce qui permet la conservation du yaourt.

Le lactose est un sucre réducteur contenu dans le lait, on peut le mettre en évidence avec la liqueur de Fehling.

Date : 30 juin 2006

Source : INRA

Article : La séquence du génome du lactobacille du yaourt est dévoilée

Une équipe de l'INRA de Jouy-en-Josas, en collaboration avec le Génoscope, a séquencé et analysé le génome de l'un des deux microorganismes du yaourt : *Lactobacillus bulgaricus*. Après le récent séquençage du génome de *Streptococcus thermophilus*, l'autre bactérie spécifique du yaourt, coordonné et réalisé pour partie par le même laboratoire, les mystères du yaourt sont peu à peu levés. A terme, ce type d'étude peut avoir un impact important sur la maîtrise des procédés industriels de fermentation.

Le yaourt, produit de la fermentation du lait :

Le yaourt, si courant aujourd'hui dans notre alimentation, est connu et apprécié depuis fort longtemps : les premières références à ce produit datent de 3200 ans avant J.C. dans des écrits découverts en Irak sur des tablettes d'argile. Il est issu de la fermentation du lait par deux bactéries dites « lactiques » : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.

Sur le plan alimentaire, l'acide lactique et les autres molécules qui résultent de la fermentation font du yaourt un produit à la fois acide et onctueux, apprécié pour ses qualités gustatives et nutritionnelles, notamment pour son apport en calcium. Sur un plan microbiologique, l'acidification rend sa conservation beaucoup plus longue que celle du lait, ce qui en fait un aliment pratique pour différer la consommation de lait, une denrée très fragile.

Au début du siècle dernier, Metchnikoff émit l'hypothèse que les bactéries vivantes du yaourt exerçaient un effet bénéfique pour la santé et le yaourt était préconisé pour le traitement de certaines maladies. Ce même concept est actuellement repris sous le terme de « probiotique ». Actuellement, des lactobacilles proches de *L. bulgaricus* sont notamment utilisés en association avec les bactéries du yaourt, dans des produits laitiers probiotiques.

L. bulgaricus : décryptage de son ADN

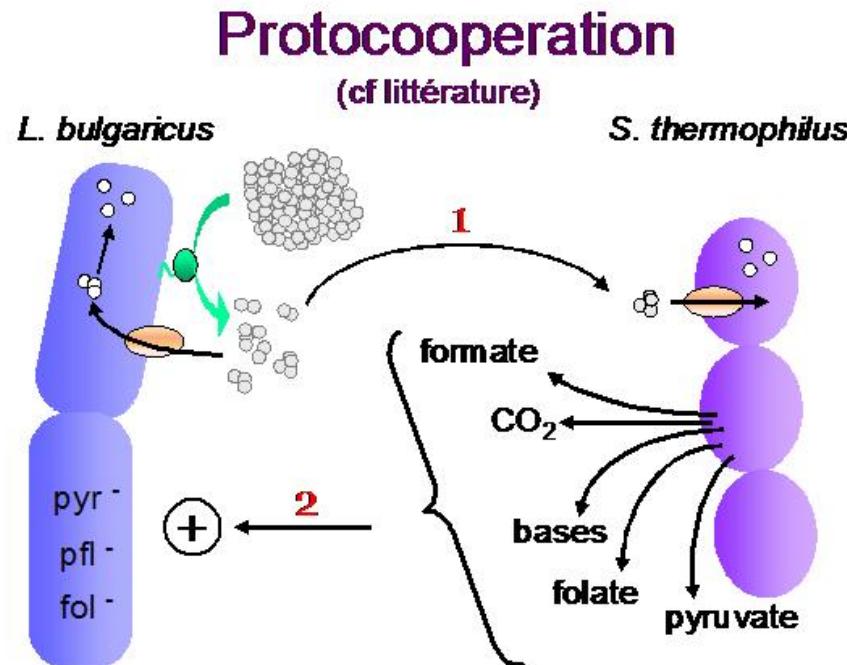
Le génome de la bactérie *L. bulgaricus*, est constitué d'environ 1,9 millions de bases. Il présente plusieurs caractéristiques d'une évolution et d'une adaptation rapide à l'environnement laitier. La plus évidente est l'inactivation de plus de 250 gènes sur 1800.

L'inactivation de nombreux gènes a aussi été observée chez *S. thermophilus*. Les fonctions perdues témoignent de la spécialisation du lactobacille qui semble être passé d'un habitat végétal à un milieu laitier. Plusieurs voies de sucres d'origine végétale ont été inactivées pour favoriser l'utilisation spécifique du lactose, le sucre du lait. De même, quasiment toute la capacité de biosynthèse d'acides aminés a été perdue en faveur de l'utilisation des protéines du lait. Enfin, l'abondance d'opérons ribosomiques, éléments génétiques essentiels à la vie de la bactérie, suggère que celle-ci a connu une importante réduction de la taille de son génome.

Cette évolution contribue à différencier *L. bulgaricus* des lactobacilles proches : la comparaison des contenus génétiques révèle environ 2/3 de gènes communs à la famille des lactobacilles et 1/3 de gènes spécifiques à *L. bulgaricus*. Certains de ces gènes spécifiques pourraient jouer un rôle dans l'adaptation de la bactérie au lait.

Au delà de la spécialisation vers le milieu laitier, *L. bulgaricus* semble aussi être adaptée à son partenaire indissociable du yaourt : *S. thermophilus*. Pour la synthèse de certaines molécules, les voies de biosynthèse peuvent être partagées par les deux microorganismes: des étapes inactivées chez *L. bulgaricus* sont prises en charge par *S. thermophilus* et inversement. Par exemple, pour la synthèse de folate (vitamine B), *S. thermophilus* pourrait intervenir pour que la molécule soit synthétisée par *L. bulgaricus*.

La connaissance des séquences génomiques des deux bactéries du yaourt ouvre la voie à des études visant une meilleure compréhension de la collaboration entre les deux, ainsi qu'une analyse de la dynamique des processus cellulaires pendant la fermentation.

COOPERATION ENTRE LACTOBACILLES ET STREPTOCOQUES (source INRA)

1. La protéase de surface *L. bulgaricus* dégrade les caséines en peptides que *S. thermophilus* internalise et utilise comme source d'acides aminés.

2. *S. thermophilus* produit des composés qui stimulent la croissance de *L. bulgaricus* par exemple en palliant l'absence de voie de biosynthèse.