



## Les fermentations lactiques

Groupes de discussion

**Auteurs**

Daniel Goy, Ernst Jakob, John Haldemann



## Impressum

Auteurs	Daniel Goy, daniel.goy@agroscope.admin.ch Ernst Jakob, ernst.jakob@agroscope.admin.ch John Haldemann, john.haldemann@agroscope.admin.ch
Editeur	Agroscope, www.agroscope.ch
Renseignements	Agroscope, Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Berne, Suisse Téléphone: +41 31 323 84 18 bestellung@agroscope.admin.ch
Rédaction	Müge Yildirim-Mutlu, Agroscope
Mise en page	RMG design, Fribourg
Impression	Office fédéral des constructions et de la logistique, Berne
Copyright	Reproduction autorisée sous condition d'indication de la source et de l'envoi d'une épreuve à l'éditeur.

ISSN 2296-7230 (Online)

# Table des matières

<b>1. Généralité</b>	<b>4</b>
<b>2. Importance technologique de l'acide lactique dans le fromage</b>	<b>4</b>
2.1 Conservation	4
2.2 Evacuation du petit lait (déshydratation)	4
2.3 Influence sur la pâte	4
2.4 Substrat à disposition pour les fermentations ultérieures	4
2.5 Facteurs influençant la quantité d'acide lactique dans le fromage	4
<b>3. Définition de l'acide lactique</b>	<b>4</b>
<b>4. Les bactéries lactiques</b>	<b>5</b>
<b>5. Définitions des types de fermentation lactique</b>	<b>6</b>
5.1 Fermentations lactiques homofermentaires (ou homolactique)	6
5.2 Fermentations lactiques hétérofermentaires obligatoires	6
5.3 Fermentations lactiques hétérofermentaires facultatives	6
<b>6. Caractéristiques des cultures lactiques les plus importantes en fabrication fromagère</b>	<b>6</b>
6.1 Configuration de l'acide lactique	6
6.2 La fermentation lactique homofermentaire	7
6.3 La fermentation lactique hétérofermentaire	7
6.4 Importance technologique des lactobacilles hétérofermentaires facultatifs	8
<b>7. Déroulement de la fermentation lactique (exemple Gruyère)</b>	<b>9</b>
<b>8. Les enzymes et les métabolites de la fermentation lactique</b>	<b>11</b>
8.1 Galactose	11
8.2 Lactate (acide lactique)	11
8.2.1 Méthodes indirectes	11
8.2.2 Méthodes directes	11
<b>9. Teneur en acide lactique dans les principaux fromages (moyenne)</b>	<b>12</b>
<b>10. Interprétation des résultats dans une fabrication de Gruyère</b>	<b>13</b>
<b>11. Statistiques des résultats des laboratoires de Romandie</b>	<b>14</b>
<b>12. La valeur LAP</b>	<b>15</b>
12.1 Normes pour un Gruyère de 24 heures	15
12.2 Recommandations si les valeurs LAP sont trop élevées	15
<b>13. Influence du type de prélèvement sur les valeurs en acide lactique et LAP</b>	<b>15</b>
<b>14. Résumé</b>	<b>16</b>

## 1. Généralité

Les bactéries lactiques utilisent le sucre du lait (lactose) comme source d'énergie et le convertissent en acide lactique (lactate). Cette production d'acide lactique joue un rôle primordial en industrie laitière, car elle permet une conservation naturelle des produits laitiers.

## 2. Importance technologique de l'acide lactique dans le fromage

### 2.1. Conservation

La formation de l'acide lactique provoque un abaissement du pH. Cette réduction inhibe la croissance de certaines bactéries indésirables. L'inhibition touche principalement les entérobactéries et *Cl. sporogenes*. Ce dernier est largement réprimé par l'acide lactique non dissocié.

### 2.2 Evacuation du petit lait (déshydratation)

La synérèse du fromage est largement influencée par la formation de l'acide lactique. Une acidification initiale rapide provoque une libération plus importante du lactosérum et conduit à l'obtention d'une pâte du fromage plus ferme.

### 2.3 Influence sur la pâte

La teneur en acide lactique affecte également la texture de la pâte. L'acide lactique non dissocié élimine en partie du calcium de la structure du fromage (complexe de phosphate paracaséinate de calcium), ce qui affaiblit la liaison des grains.

- trop d'acide lactique: goût acide, pâte friable et courte
- trop peu d'acide lactique: pâte dure, ferme et blanche

### 2.4 Substrat à disposition pour les fermentations ultérieures

Cela concerne principalement l'Emmental et la production d'acide propionique. Cependant, dans les fromages à croûte fleurie ou emmorgée, l'acide lactique a également son importance. Les moisissures ou la flore de surface du fromage dégradent l'acide lactique, ce qui engendrent une migration de l'acide lactique de l'intérieur vers l'extérieur du fromage. Ceci a pour conséquence une remontée du pH et une accélération de la protéolyse.

### 2.5 Facteurs influençant la quantité d'acide lactique dans le fromage

- la teneur en eau du fromage
- la concentration en lactose (ultrafiltration, ajout d'eau, délactosage etc.)
- les paramètres de fabrication (décaillage, grosseur du grain, température de chauffage)
- la durée de la fermentation

## 3. Définition de l'acide lactique

L'acide lactique est un produit de la fermentation lactique. Celle-ci a lieu durant les premières heures suivant la fabrication du fromage. Le lactose est transformé en acide lactique par l'intermédiaire d'enzymes spécifiques aux bactéries lactiques.

		Poids moléculaire
1 mol de lactose	$C_{12} H_{22} O_{11}$	342 g/mol
1 mol d'acide lactique	$C_3 H_6 O_3$ ( $CH_3-CHOH-COOH$ )	90 g/mol

1 mol de lactose correspond à 4 mol d'acide lactique, plus 1 mol d'eau ( $H_2O$ ).

L'acide lactique formé par les fermentations bactériennes se présente sous deux formes ou isomères différents.

Les isomères sont :		
	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{HO} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
	L(+)-lactique	D(-)-lactique

Les isomères L respectivement D se réfèrent à la position du groupe OH (L=gauche, D=droite).

Le (+) ou le (-) dénote l'activité optique, c'est-à-dire la rotation du plan de vibration de la lumière polarisée (+ signifie dans le sens des aiguilles d'une montre).

## 4. Les bactéries lactiques

Elles se distinguent principalement par leurs :

- morphologie: bacilles (*Lactobacilles* (Lb)) et coques (*Streptocoques* (Sc)) et *Lactocoques* (Lc);
- température optimale de croissance: thermophile et mésophile;
- type de fermentation: homofermentaire, hétérofermentaire, hétérofermentaire facultative.

Résume les principales caractéristiques des différentes bactéries lactiques.

	Coccoïdes (en formes de coques)	Bacilles (en formes de bâtonnets)
homofermentaires	<b>Entérocoques</b> <i>E faecalis</i> <i>E faecium</i> <i>E avium</i>	<b>Lactobacilles</b> <i>Lb helveticus</i> <i>Lb delbrueckii ssp delbrueckii</i> <i>Lb delbrueckii ssp lactis</i> <i>Lb delbrueckii ssp bulgaricus</i> <i>Lb acidophilus</i> <i>Lb gasseri</i>
	<b>Lactocoques</b> <i>Lc lactis ssp lactis</i> <i>Lc lactis ssp lactis biovar diacetyllactis</i> <i>Lc lactis ssp cremoris</i> <i>Lc raffinolactis</i>	
	<b>Autres streptocoques</b> <i>Sc thermophilus</i> <i>Sc. salivarius</i>	
	<b>Streptocoques hémolytiques</b> <i>Sc agalactiae</i> <i>Sc pyogenes</i>	
hétérofermentaires	<b>Obligatoires</b> <i>Leuconostoc mesenteroides ssp cremoris</i> <i>Leuconostoc lactis</i>	<b>Obligatoires</b> <i>Lb buchneri</i> <i>Lb parabuchneri</i> <i>Lb fermentum</i> <i>Lb brevis</i> <i>Lb reuteri</i> <i>Lb kefir</i>
	<b>Facultatifs</b> <i>Pediococcus spp.</i>	<b>Facultatifs</b> <i>Lb casei</i> <i>Lb rhamnosus</i> <i>Lb paracasei</i> <i>Lb plantarum</i>

Figure 1: Classification des bactéries lactiques les plus importantes

## 5. Définitions des types de fermentation lactique

### 5.1 Fermentations lactiques homofermentaires (ou homolactique)

Plus de 90% du lactose fermenté est transformé en acide lactique. Les autres produits apparaissent seulement dans des proportions mineures.

Pratiquement toutes les bactéries lactiques utilisées comme cultures acidifiantes appartiennent à ce type.

### 5.2 Fermentations lactiques hétérofermentaires obligatoires

Au moins 50%, mais pas plus de 90% du lactose fermenté est transformé en acide lactique. Les autres produits issus de cette transformation sont: l'**acide acétique**, du **CO<sub>2</sub>** et éventuellement de l'**alcool**.

Ce type de bactéries lactiques était autrefois employé seulement dans les cultures beurrières, c'est-à-dire pour l'acidification des crèmes.

Depuis quelques dizaines d'années, elles sont également employées lors de la fabrication des fromages à pâte molle et mi-dure car elles peuvent favoriser la formation d'arôme et participer à la création de l'ouverture.

### 5.3 Fermentations lactiques hétérofermentaires facultatives

Ces bactéries sont capables d'accomplir des fermentations homo- ou hétérofermentaires selon le type de sucre à disposition comme source d'énergie. Sur le lactose leur fermentation est homolactique. Leur pouvoir acidifiant est souvent modeste.

## 6. Caractéristiques des cultures lactiques les plus importantes en fabrication fromagère

Parmi les streptocoques, le *Lc. lactis ssp lactis* est capable de fermenter complètement le lactose. Par contre, le *Sc. thermophilus* ne consomme pas entièrement le sucre du lait, parce qu'il n'est pas capable de transformer le galactose en glucose (voir Fig. 2)

### 6.1 Configuration de l'acide lactique

Contrairement aux autres lactobacilles thermophiles, *Lb. helveticus* est capable de former du D(-)-lactate ainsi que du L(+)-lactate.

D'autre part, *Lb. paracasei ssp. paracasei* est le seul lactobacille *casei* à former du D(-)-lactate.

La croissance des *Lb. hétérofermentaires* facultatifs étant quasi nulle dans les fromages à pâte cuite durant les 24 premières heures, la production d'acide lactique en rapport avec ce type de bactéries est faible.

Dans le tableau ci-dessous, le pouvoir protéolytique des bactéries peut être faible comme fort. Cependant, ces indications restent relatives car elles établissent seulement une comparaison entre les groupes de bactéries cités. Ceux-ci ne montrent pas de comportements fortement protéolytiques.

Toutefois, on remarque de grandes différences entre les souches d'une espèce.

Tableau 1: Caractéristiques des bactéries lactiques les plus importantes en fabrication fromagère.

	<i>Lc lactis (ssp. lactis)</i>	<i>Sc thermophilus</i>	<i>Lb helveticus</i>	<i>Lb delbrueckii (ssp. lactis)</i>	<i>Lb casei (ssp. casei)</i>
Génération (min.)	15-20	20-25	35-45	35-45	35-45
Acide lactique (mmol/kg)	90-145	90-110	> 220*	110-190	< 30
Configuration du lactate	L	L	L et D	D	L (év.D)
Temp.-optimum (°C)	25-35	42	38-42	40-45	36-38
pH-optimum	6.0	6.0-6.8	5.2-5.5	5.1-5.3	> 6.0
Protéolyse	Moyenne	Faible	Forte	Moyenne	Moyenne

\**Lb helveticus* peut se développer et devenir dominant dans un milieu très acide.

### 6.2 La fermentation lactique homofermentaire

La fermentation du lactose se déroule en plusieurs étapes (figure n° 2). Les produits issus de ces réactions intermédiaires sont appelés métabolites. Chaque étape s'effectue à l'aide d'une enzyme spécifique.

La première étape de la fermentation du lactose est le clivage du lactose en glucose et galactose.

La dégradation homofermentaire du glucose est appelée glycolyse ou scientifiquement « la voie d'Embden-Meyerhof-Parnas ».

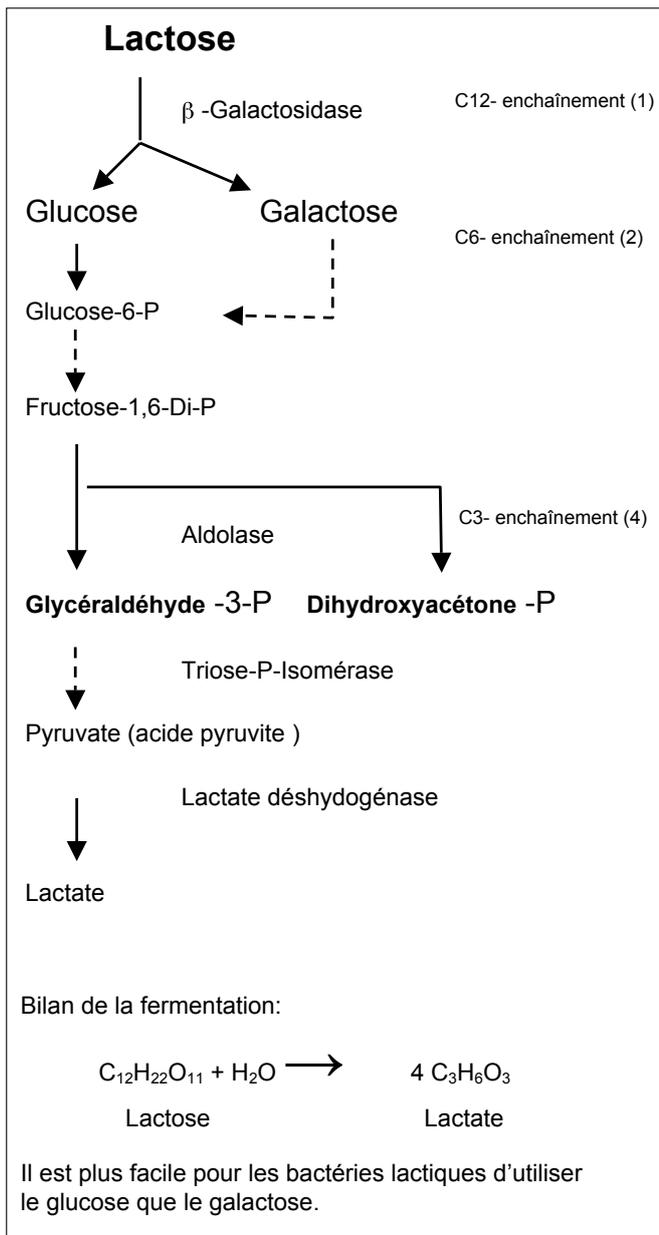


Figure 2: Fermentation lactique homofermentaire (schéma de la fermentation)

### 6.3 La fermentation lactique hétérofermentaire

Comme dans la fermentation homofermentaire, la fermentation hétérofermentaire commence par la scission du lactose en glucose et galactose.

La dégradation du glucose n'emprunte pas la voie de la glycolyse car il manque deux enzymes clés, l'aldolase et la triose-P-isomérase.

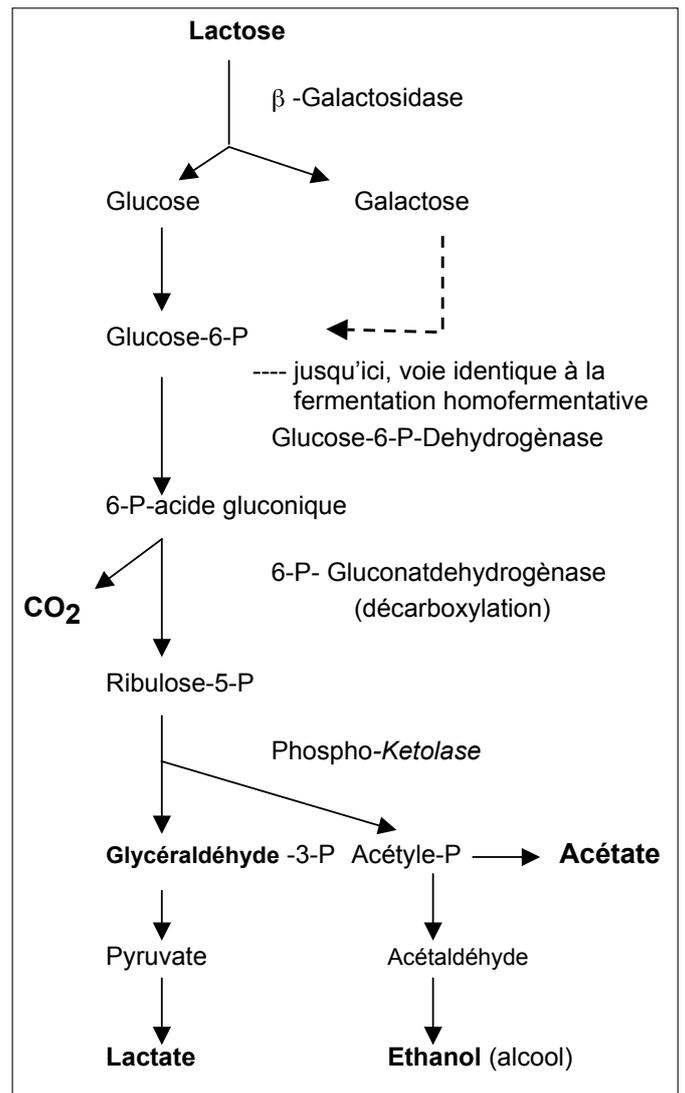


Figure 3 : Fermentation lactique hétérofermentaire (schéma de la fermentation)

#### Bilan de la fermentation :

Un bilan d'une fermentation lactique hétérofermentaire n'est guère possible. La proportion des différents produits varie selon les circonstances.

Les acides acétique et carbonique sont les produits typiques de cette fermentation. La production de CO<sub>2</sub> peut induire la formation d'ouverture dans le fromage.

#### Les bactéries hétérofermentaires peuvent non seulement fermenter le lactose mais en partie également le citrate (acide citrique).

Les *Leuconostoc* peuvent, en plus de la production d'acide lactique participer à la formation de l'ouverture et produire des agents aromatisants tels que du diacétyl et de l'acétoïne. Ils sont donc des composants importants des cultures beurrières. Dans la production de fromages à pâte mi-dure, ils peuvent participer à la formation de l'ouverture.

Des *Lactobacilles hétérofermentaires obligatoires* sont très rarement utilisés dans la production de fromage. Autrefois, l'emploi de caillettes de veaux a provoqué des fermentations incontrôlées dues à la présence de *Lb fermentum*. Aujourd'hui, ce problème a presque disparu.

#### 6.4 Importance technologique des lactobacilles hétérofermentaires facultatifs

Les lactobacilles hétérofermentaires tel que *Lb casei*, *Lb rhamnosus* et *Lb plantarum* sont particulièrement intéressants en raison de leur capacité d'utiliser le lactose ainsi que le citrate comme source d'énergie. Grâce à leur capacité d'utiliser le citrate ces bactéries peuvent se multiplier dans le fromage même si les sucres sont complètement consommés.

- Dans la fabrication de l'Emmental, la consommation du citrate par les lactobacilles hétérofermentaires se déroule principalement après 2-3 semaines d'affinage. L'ajout de ce type de bactéries a pour but de diminuer les fermentations secondaires.
- Dans les fromages à pâte mi-dure (Tilsiter, Appenzeller), l'emploi de lactobacilles hétérofermentaires sert à la formation de l'ouverture.
- Dans le Gruyère, l'utilisation de ces bactéries n'est pas recommandée, car elle peut provoquer un goût atypique ou de l'ouverture indésirable. Cependant, des études ont montré que *Lb* hétérofermentaires de la flore du lait cru jouent un rôle essentiel lors de l'affinage du Gruyère. À l'âge de 4 à 6 mois on trouve souvent plus d'un million ufc/g de *Lb. casei* ou *Lb. rhamnosus*.

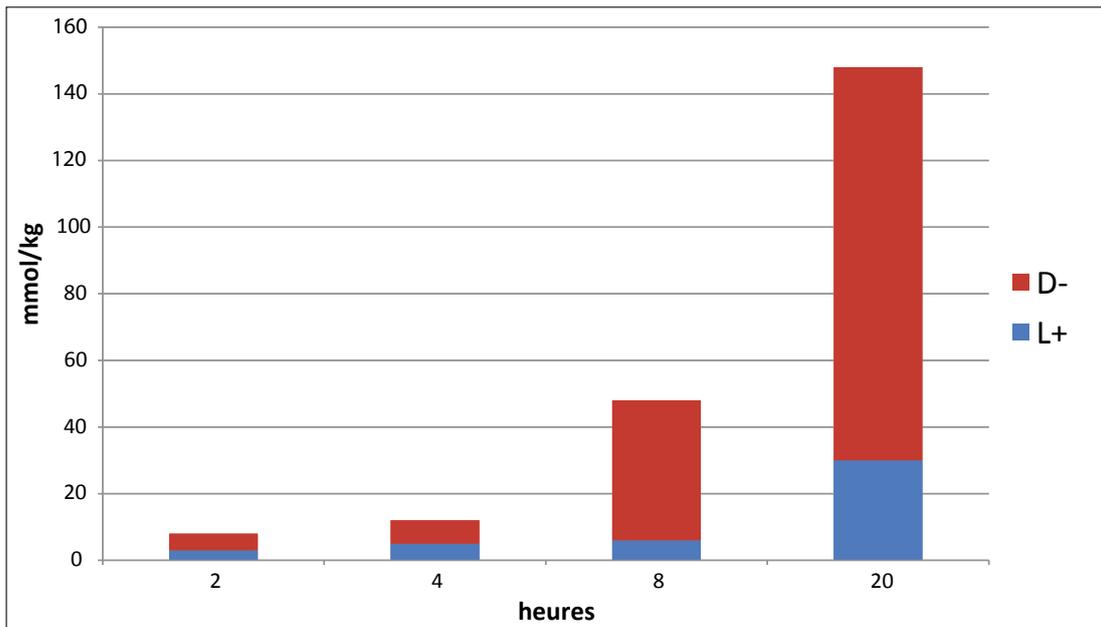
Il n'est pas encore clairement défini la raison pour laquelle les *Lb hétérofermentaires* ont un effet inhibiteur sur les bactéries propioniques et les entérocoques. Soit, ils utilisent des substances essentielles pour leur croissance, soit ils produisent des substances inhibitrices.

## 7. Déroulement de la fermentation lactique (exemple Gruyère)

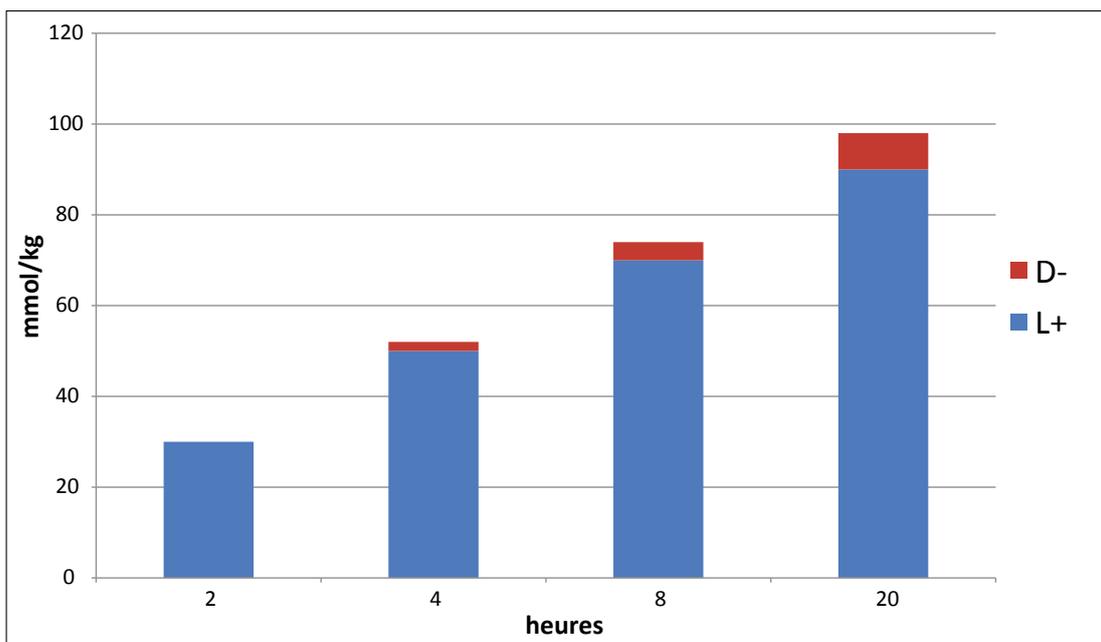
Normalement, la dégradation du lactose doit être terminée après 24 heures. Cette opération s'effectue conjointement entre les streptocoques et les lactobacilles thermophiles.

Comme le démontre le graphique 3: le D(-)-lactate augmente de manière progressive dans le cycle de la fermentation. La raison: les lactobacilles sont beaucoup plus actifs lorsque le milieu est légèrement acide. En utilisant une culture très jeune, la présence de lactobacilles

est plus faible, ce qui diminue par conséquent la production de D(-)-lactate. La quantité totale d'acide lactique (lactate) sera significativement plus faible (perte de lactose sous presse et reste de sucre non fermenté).



Graphique 1: Configuration de l'acide lactique. *Les streptocoques sont inactifs.*



Graphique 2: Configuration de l'acide lactique. *Faible activité des lactobacilles*

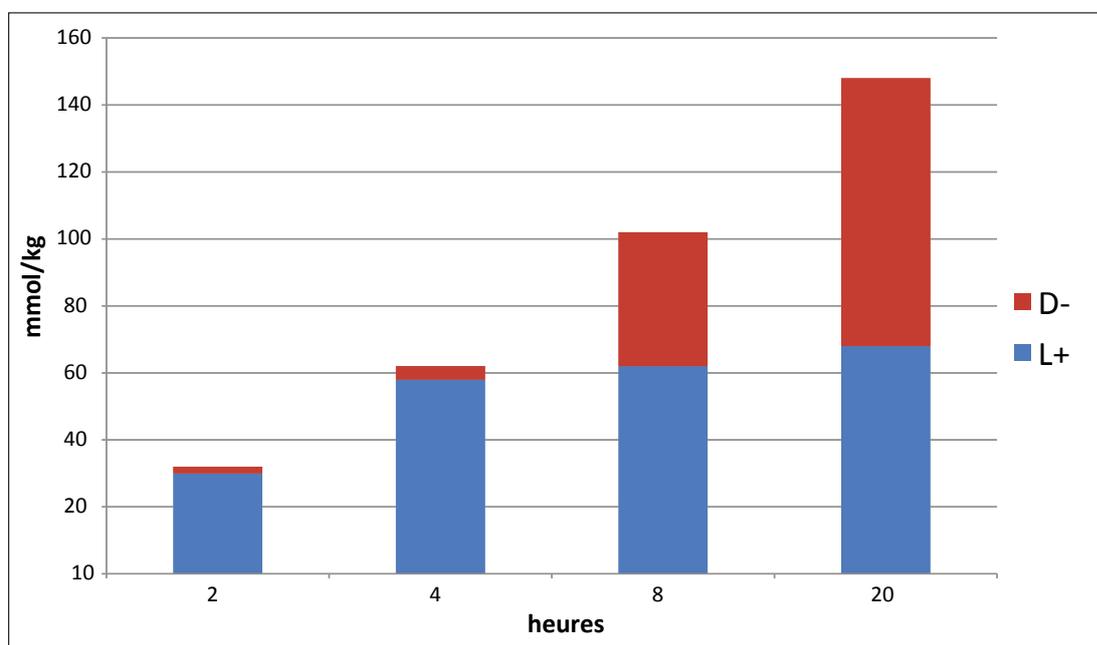
Dans les fromages à pâte mi-dure et molle au lait pasteurisé ce sont essentiellement les lactocoques qui assurent la dégradation du lactose. La vitesse de dégradation du lactose dépendant du type de fromage.

A part les fromages traditionnels, dont la consommation du lactose par les bactéries lactiques est complète, il y a également des fromages qui subissent une fermentation incomplète (mozzarella, fromages frais, etc.).

Si on utilise uniquement des streptocoques thermophiles, on obtiendra une teneur maximale de 80 mmol/kg d'acide lactique. Il y aura exclusivement la présence de L(+)-lactate.

La présence éventuelle de D(-)-lactate serait le résultat d'une contamination par des lactobacilles provenant du lait cru.

En général une utilisation de *Lb casei* influence, ni la quantité, ni la configuration de l'acide lactique dans le fromage frais. Cela est dû au faible développement de cette bactérie durant les 24 premières heures et, également à la faible production d'acide lactique de celle-ci.



Graphique 3 : configuration de l'acide lactique. Acidification normale pour un fromage type Gruyère

## 8. Les enzymes et les métabolites de la fermentation lactique

### 8.1 Galactose

Si aucun inhibiteur n'est venu perturber le processus de la fermentation lactique du fromage, le seul sucre qui peut être présent dans le fromage après 24 heures est le galactose.

La recherche du galactose par la méthode enzymatique est une analyse de routine. Lorsque nous sommes en présence d'une valeur en acide lactique anormalement basse, il est nécessaire de vérifier la présence de galactose. Il existe également un test pratique où l'on examine l'intensité du brunissement de l'échantillon qui a servi à la détermination de la teneur en eau.

Une teneur élevée en galactose dans un fromage de 24 heures peut être causée par :

- une faible activité des bactéries lactiques (présence de phages, lactobacilles peu virulents ou présents en trop faible quantité);
- la présence d'inhibiteurs;
- une température non adaptée au type de bactéries lactiques (chauffage trop élevé ou maintien d'une température élevée pendant trop longtemps);
- un refroidissement excessif de la zone périphérique (talon du fromage).

100 mmol de galactose/kg de fromage = 18 g /kg (1.8%)

Dans une fermentation lactique homofermentative, 1 mole de galactose produit 2 moles d'acide lactique.

### 8.2 Lactate (acide lactique)

L'analyse de l'acide lactique s'effectue au travers de diverses méthodes directes et indirectes. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients.

#### 8.2.1 Méthodes indirectes

**Titration, dosage de l'acidité.**

- Méthode rapide, peu coûteuse, donne un résultat approximatif (utilisée principalement pour les cultures).
- En plus de l'acide lactique, d'autres acides ainsi que le taux protéique influencent le résultat.

#### Mesure du pH

En comparaison à la titration de l'acide lactique, la mesure du pH est beaucoup plus rapide et plus reproductible.

- La mesure du pH dans le fromage ne donne pas une valeur absolue. Les différents composants du fromage ont la capacité de tamponner les valeurs mesurées.
- La fourchette des valeurs souhaitée à 24 heures est relativement étroite, (5.15-5.25), ce qui demande une précision dans l'étalonnage de l'appareil ainsi qu'à la lecture.
- Le grand avantage de la mesure du pH est de pouvoir effectuer des mesures directes, instantanées et au cours du processus de fabrication. Si on constate des valeurs déviantes, on peut immédiatement apporter les corrections nécessaires.

#### 8.2.2 Méthodes directes

**Dosage chimique ou enzymatique de l'acide lactique**

- La méthode d'analyse enzymatique est une analyse de routine effectuée par les laboratoires rattachés au conseil en fromageries. Elle s'effectue également chez Agroscope.
- Le principal avantage est que les deux isomères L-(+) et D-(-) sont déterminés. Ces deux valeurs permettent de connaître l'activité respective des streptocoques et lactobacilles.
- L'analyse est précise
- Le coût de l'analyse est relativement élevé, mais le résultat est fiable.

## 9. Teneur en acide lactique dans les principaux fromages (moyenne)

Le tableau 3 résume les résultats des échantillons de fromage de 24 heures collectés de 1997 à 1998 par Agroscope. Dans la dernière colonne sont présentées les valeurs en ALT des fromages prêts à être commercialisés. Les valeurs suivies d'un astérisque découlent d'études sur des fromages de bonne qualité. Les autres valeurs sont issues de petits groupes d'analyses effectuées à des fins informatives.

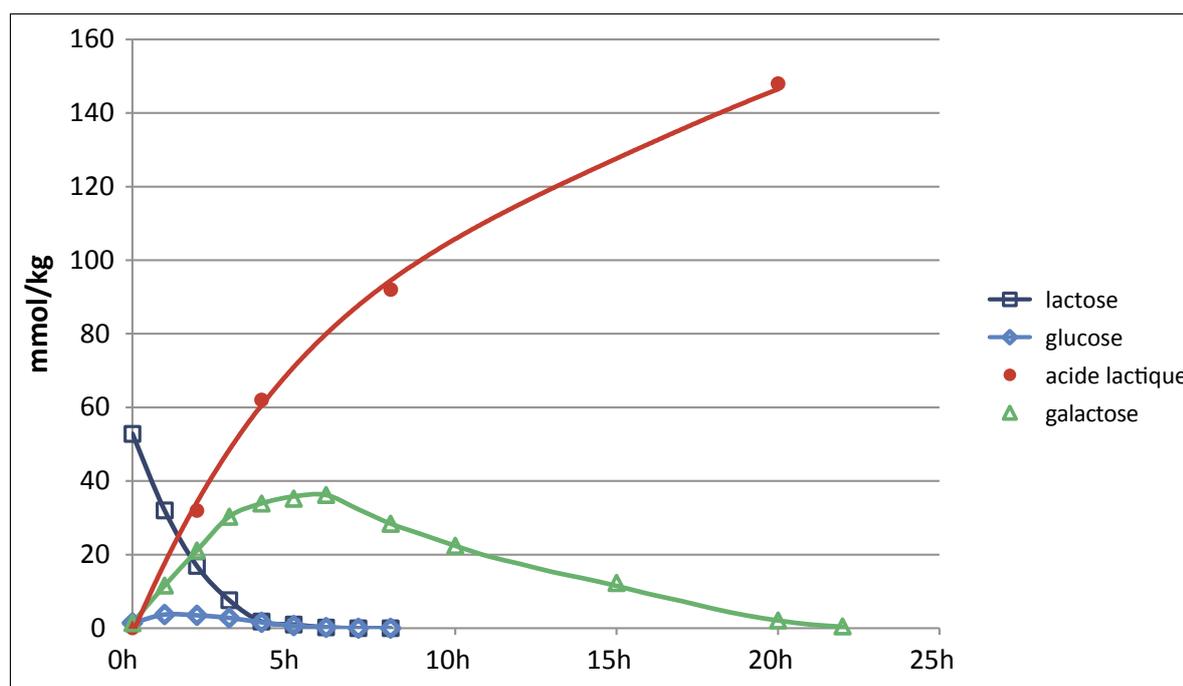
On observe de grandes différences entre les teneurs en acide lactique sur les fromages prêts à être commercialisés. Ces différences peuvent être expliquées par le type de croûtage et l'activité plus ou moins forte des bactéries propioniques.

Autrefois, lorsque les valeurs en acide lactique se situaient au-dessous d'une certaine limite ou que la valeur se situait 5% au-dessous de la moyenne (Gruyère), l'analyse du galactose était effectuée. Aujourd'hui, nous pensons que d'autres paramètres tels que l'ajout d'eau, la teneur en eau, le brunissement de l'échantillon et le pH peuvent aider à l'interprétation de la valeur en acide lactique. Une détermination du galactose n'est donc, dans la plupart des cas, pas nécessaire.

Tableau 3: Teneur en acide lactique de différents fromages

Sorte de fromages	N	ALT 24 h		Lactate-L(+) 24 h		Lactate-D(-) 24 h		ALT résiduel fromages affinés
		x	s	x	s	x	s	
Emmentaler	1602	125	4	63	5	62	6	40
Gruyère	682	145	7	66	10	79	12	107
Sbrinz	112	142	6	62	9	80	9	148
Tilsiter cru	82	137	6	94	16	43	18	50
Tilsiter past	37	156	21	145	28	11	12	102
Appenzeller	335	131	7	85	18	47	18	60
¼ gras App.	15	163	7	80	4	83	7	-
Raclette past.	10	132	16	127	23	5	11	110
Raclette valaisan	53	133	17	98	32	35	28	75

x= moyenne, s= Ecart type



Graphique 4: Evolution du lactose, glucose et galactose et formation de l'acide lactique dans le Gruyère durant les 20 premières heures

## 10. Interprétation des résultats dans une fabrication de Gruyère

### Acide lactique total > à 155 mmol/kg

- acidification trop forte
- risque de défauts de pâte

### Acide lactique total < à 135 mmol/kg

- acidification trop faible
- activité des lactobacilles insuffisante
- présence d'inhibiteurs
- problème de culture

La proportion de L-(+)-lactate doit se situer entre 35 et 45% de l'acide lactique total.

### Proportion de lactate L(+) et D(-) incorrecte

- changer la culture
- si le lactate L-(+) est trop bas, augmenter les *Sc. thermophilus*
- si le lactate D-(-) est trop bas, augmenter les *Lb. Lactis*

Le tableau ci-dessous indique l'acide lactique formé par les principales espèces de bactéries lactiques utilisées.

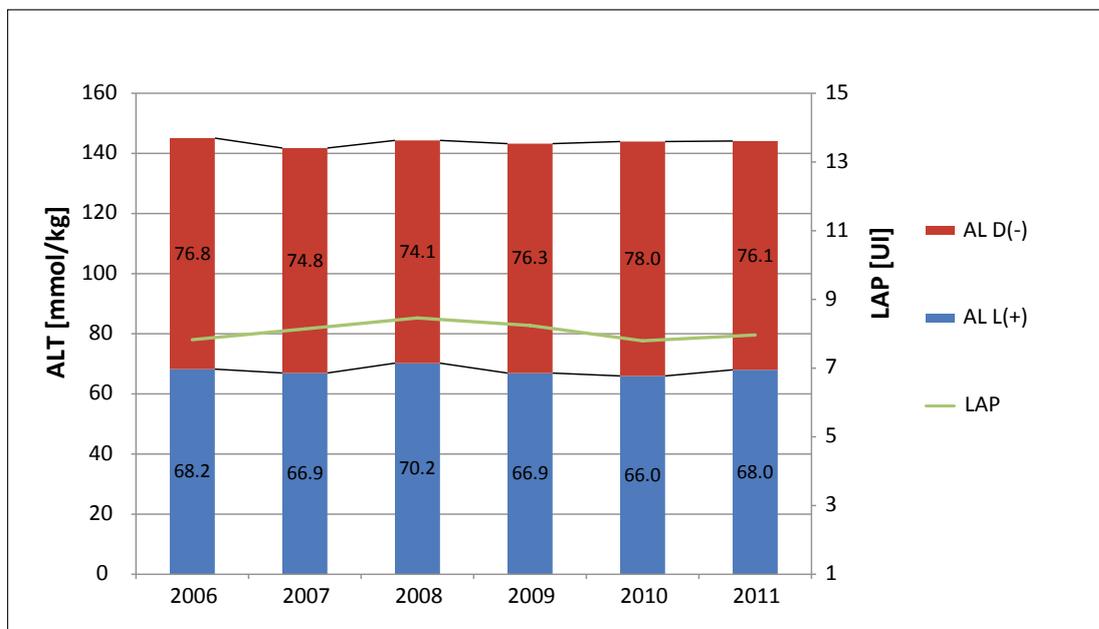
Tableau 4 : isomères d'acide lactique produit par les principales bactéries lactiques

Coques	Isomère d'acide lactique
<i>Lc. lactis ssp cremoris</i>	L(+)
<i>Lc. lactis ssp. lactis</i>	L(+)
<i>Lc. lactis ssp. lactis biovar diacetylactis</i>	L(+)
<i>Sc. thermophilus</i>	L(+)
Les lactobacilles	Isomères d'acide lactique
<i>Lb. helveticus</i>	L(+) + D(-)
<i>Lb. delbrueckii ssp. delbrueckii (lactis)</i>	D(-)
<i>Lb. casei ssp. casei</i>	L(+)

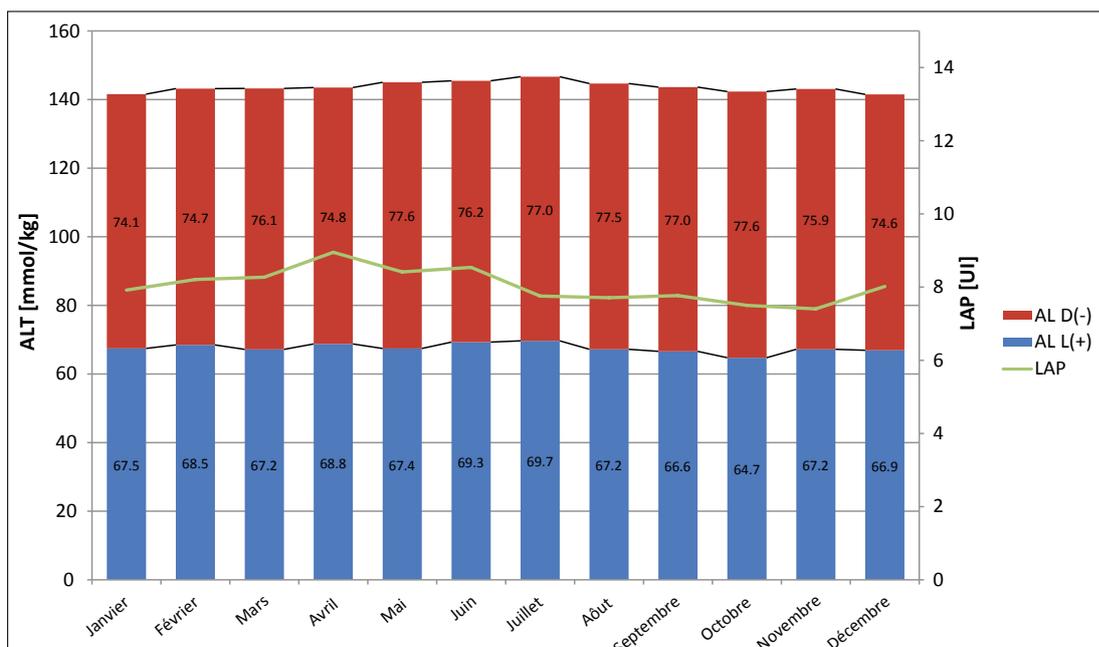
## 11. Statistiques des résultats des laboratoires de Romandie

Les graphiques suivants proviennent des résultats d'analyses transmis par le Laboratoire d'analyses agro-alimentaire fribourgeois (LAAF) et le Laboratoire de l'Agence régionale pour la qualité et l'hygiène alimentaire (ARQHA). Ils sont la compilation de plus de 7'000 analyses. Les valeurs moyennes de l'acide lactique total sont relativement stables. Par contre, on observe au cours des années des variations au niveau des proportions de lactate L(+) et D(-).

On remarque des différences saisonnières. La teneur en acide lactique est légèrement plus élevée en été. La valeur LAP est plus élevée durant les mois de mars, avril et mai.



Graphique 5: évolution de 2006 à 2011 des proportions de lactates L(+) et D (-) dans le Gruyère à 24 heures



Graphique 6: variations mensuelles de la configuration des valeurs des lactate L(+) et lactate D(-) (moyenne 2006 à 2011) dans le Gruyère à 24 heures

## 12. La valeur LAP

Il s'agit d'une mesure de l'activité d'une enzyme protéolytique: la leucine-aminopeptidase (LAP). La valeur LAP nous renseigne sur l'activité protéolytique des bactéries lactiques.

Le potentiel de protéolyse des souches de bactéries lactiques présentes dans les cultures influencera également la structure de la pâte. En effet, celui-ci déterminera l'ampleur et la profondeur de la protéolyse que subira le fromage durant son affinage. Pour obtenir un fromage de bonne conservation, avec une pâte optimale et faiblement friable, il est judicieux de privilégier des souches avec un potentiel de protéolyse modéré. La valeur LAP mesurée dans le fromage à un jour donne de précieuses informations à ce sujet.

Une valeur LAP élevée signale souvent la présence de *Lb helveticus* dans la culture.

### 12.1 Normes pour un Gruyère de 24 heures

Une proportion élevée de culture au petit-lait mûri (PLM) peut faire augmenter la valeur LAP dans le fromage à 1 jour. Celle-ci devrait se situer entre 1 et 10 UI/kg.

### 12.2 Recommandations si les valeurs LAP sont trop élevées

- Nettoyage et désinfection
- Contrôle par étapes
- Contrôle bactériologique des cultures

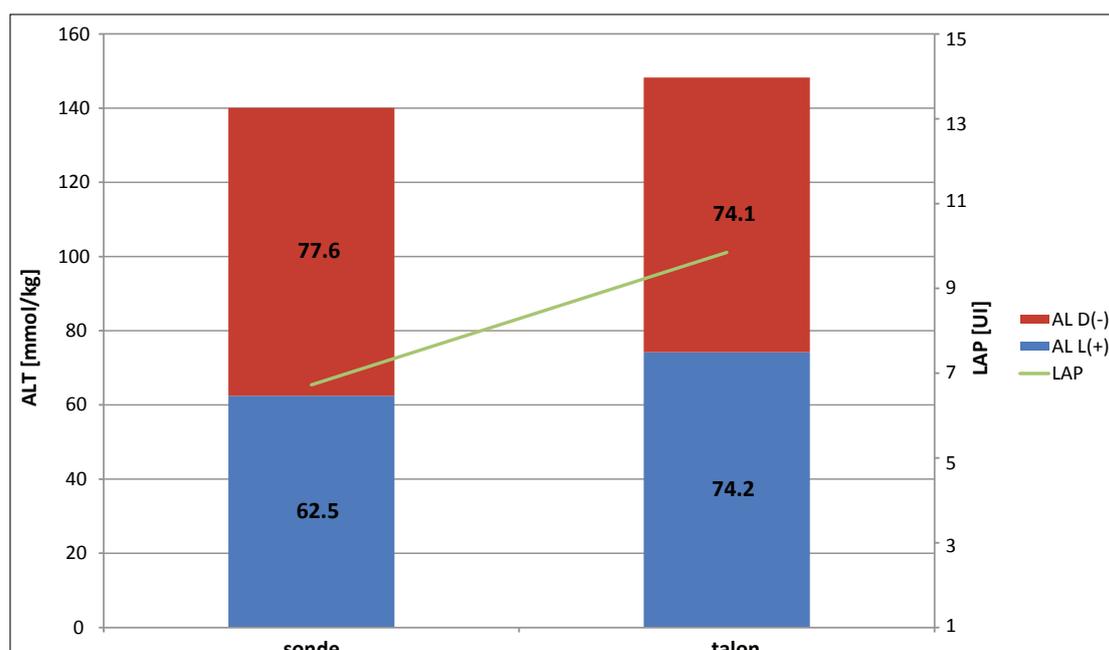
## 13. Influence du type de prélèvement sur les valeurs en acide lactique et LAP

Le mode de prélèvement influence le résultat de l'analyse. Pour une interprétation correcte des résultats, Agroscope a préparé un mode opératoire avec une nomenclature:

- HMi = horizontal au milieu, prélèvement à partir du talon horizontal au milieu en direction du centre, sans la croûte.
- V2St = vertical à 0.5 cm du bord (échantillon prélevé avec l'appareil prévu à cet effet).

On constate des différences selon le mode de prélèvement. En talon, la valeur en lactate D-(-) est environ 12 mmol plus élevée et celle de LAP 4 IU plus élevée.

Le graphique suivant est également tiré des résultats d'analyses transmis par le Laboratoire d'analyses agroalimentaire fribourgeois (LAAF) et le Laboratoire de l'Agence régionale pour la qualité et l'hygiène alimentaire (ARQHA).



Graphique 7: variation des valeurs et des teneurs en acide lactique et LAP selon le mode de prélèvement (données LAAF et ARQHA)

## 14. Résumé

Les bactéries lactiques utilisent le sucre du lait (lactose) comme source d'énergie et le convertisse en acide lactique (lactate).

Le lactose est transformé en acide lactique par l'intermédiaire d'enzymes spécifiques aux bactéries lactiques. Cette production d'acide lactique joue un rôle primordial en industrie laitière car elle permet une conservation naturelle des produits laitiers.

Pour chaque type de fromage on dispose de valeurs de référence. Il est important de contrôler régulièrement si ces valeurs sont obtenues et vérifier la proportion de L+ et D-. Ces proportions nous renseignent sur la croissance des différents groupes de bactéries lactiques.

C'est un facteur important pour une bonne maturation du fromage.