

# Guide d'appui technique pour l'accident de fromagerie à la ferme

## « Les Trous Tardifs » dans les Pâtes Pressées non Cuites

*Septembre 2004*



**Responsable de la partie « Les trous tardifs » :**

Jacky Mège (Coopérative Centre Départemental de l'Élevage Ovin)

**Coordination des travaux de l'ensemble du guide :**

Cécile Laithier et Paul Le Mens (Institut de l'Élevage)

**Techniciens ayant participé aux travaux du groupe :**

Philippe Dumas (Chambre d'Agriculture de Savoie), Thierry Jouvét (ITFF), Cédric Pédeboy (Coopérative Les Fermiers Basco-Béarnais), Dominique Reyrolles (Syndicat du Saint Nectaire)

**Spécialiste du sujet ayant apporté son expertise :** Yves Gaüzère (ENILbio de Poligny)

## **Préambule : champ d'application et utilisation du guide**

### **1. Champ d'application du guide :**

Ce guide traite des trous tardifs en production fermière.

Ce guide est ciblé sur les technologies pâtes pressées non cuites.

### **2. Comment utiliser ce guide ?**

*La première partie du guide (pages 4 à 7) présente ce qu'il faut savoir avant d'intervenir, en donnant des informations sur ce que sont les trous, en particulier tardifs, les origines des trous, des informations visuelles...*

*La deuxième partie du guide (pages 7 à 17) permet à l'aide de l'observation de supposer l'origine de l'accident (microorganisme responsable ou lainures, trous mécaniques).*

*La troisième partie du guide (page 17) mentionne l'utilisation d'analyses permettant de confirmer le diagnostic obtenu par description ou de déterminer l'origine lorsque la description seule ne le permet pas. Ceci est repris dans chaque fiche « origine supposée » de la partie suivante.*

*La quatrième partie du guide (pages 18 à 34) donne face à chaque origine supposée de l'accident les caractéristiques des microorganismes (si un microorganisme est responsable), les **moyens de détection, les origines de contamination, la prévention et les remèdes.***

En annexe, on trouvera les moyens d'interpréter les résultats d'analyse des acides gras volatils à chaîne courte sur les fromages.

## **Sommaire :**

<b>I. Ce qu'il faut savoir avant d'intervenir</b>	<b>p 4</b>
A. Définition des pâtes pressées non cuites	p 4
B. Que sont les trous ?	p 4
C. Qu'appelle t'on les « trous tardifs » ?	p 4
D. Les origines des trous tardifs	p 4
<b>II. Aide au diagnostic par description : déterminer l'origine des trous tardifs</b>	<b>p 7</b>
A. Identifier la fiche fromage à investiguer	p 7
B. Les fiches « fromages »	p 8
<b>III. Confirmer le diagnostic par des analyses</b>	<b>p 17</b>
<b>IV. Détection, causes de contamination, facteurs favorisants et remèdes face à l'origine supposée</b>	<b>p 18</b>
A. Origine n°1 : Les Coliformes	p 18
B. Origine n°2 : Les Levures	p 22
C. Origine n°3 : Les Leuconostocs	p 23
D. Origine n°4 : Les Butyriques	p 24
E. Origine n°5 : Les Propioniques	p 28
F. Origine n°6 : Les Lactobacilles	p 30
G. Origine n°7 : Les Lainures	p 32
H. Origine n°8 : Les Trous Mécaniques	p 33
I. Origine n°9 : Les Hétérofermentaires	p 34
<b>V. Annexe : Interprétation des résultats d'analyse : Dosage des acides gras volatils à chaînes courtes sur fromages</b>	<b>p 35</b>

## **I. CE QU'IL FAUT SAVOIR AVANT D'INTERVENIR :**

### **A. Définition des pâtes pressées non cuites :**

Le guide s'adresse en priorité à cette technologie.

Les fromages sont à pâte pressée non cuite si le chauffage du caillé se fait à une température inférieure à 50°C.

On peut citer : la Tomme de Savoie, le Reblochon, le Salers, le Cantal, le St Nectaire, l'Abondance, la Fourme de Rochefort, l'Ossau-Iraty, la Tomme des Pyrénées, la Tomme de chèvre, la Raclette ...

### **B. Que sont les trous ?**

Les synonymes possibles sont les ouvertures, les yeux, cuite...

Ce sont des cavités plus ou moins grandes et plus ou moins nombreuses ; visibles sur la tranche du fromage coupé.

Lorsque l'on frappe la surface du fromage, on peut percevoir un son creux (le fromage « sonne »), sauf dans le cas des lainures fermées. Dans ce dernier cas, à la coupe, le morceau de fromage s'ouvre en deux ou plusieurs parties.

Les fromages peuvent présenter une déformation plus ou moins importante : si la face est convexe, le fromage est dit gonflé.

La texture de la pâte peut conditionner la forme des trous.

A titre d'exemple :

- Dans les fromages à pâte souple (humide, molle, fondante, collante ...), les trous ne conservent pas longtemps la forme d'origine, ils s'aplatissent et peuvent même disparaître.
- Dans un fromage à pâte ferme (dure, élastique, caoutchouc...), les trous gardent leur forme d'origine.

### **C. Qu'appelle t'on les « trous tardifs » ?**

Les trous sont dits « tardifs » lorsque ceux-ci apparaissent après l'entrée des fromages en affinage. Auparavant, les fromages ne présentaient pas ce défaut.

### **D. Les origines des trous tardifs :**

On distingue 2 types de trous : les trous d'origine mécanique et les trous d'origine microbienne.

#### **1. Les trous d'origine mécanique :**

On les appelle aussi trous de moulage. Ils sont formés au moment de la fabrication par les grains de caillé qui ne se sont pas soudés. Généralement, ces ouvertures sont de forme irrégulières. Lorsqu'elles sont de taille importante, on peut parfois distinguer sur leur paroi les grains de caillé.

[La photo](#) situé en page 6 permet de visualiser ce type de trous.

#### **2. Les trous d'origine microbienne :**

##### **a) Définition :**

Ils sont aussi appelés trous de fermentation. Ils sont formés par l'accumulation de gaz produit par certains microorganismes. Ces gaz se trouvent sous forme de bulles qui sont qualifiées de trous après la coupe du fromage ou vont se loger dans des zones de rupture de la pâte sous forme de fentes appelées **lainures**. Ces lainures sont dans ce cas ouvertes.

[La photo](#) situé en page 6 permet de visualiser les trous d'origine microbienne, avec le cas particulier des lainures.

#### **b) Les germes responsables :**

Les trous sont produits soit par :

- des bactéries lactiques hétérofermentaires : elles se distinguent des bactéries lactiques homofermentaires qui transforment le lactose uniquement en acide lactique.

Les bactéries lactiques hétérofermentaires pouvant être responsables des trous tardifs sont les [leuconostocs](#) et certains [lactobacilles](#).

- [des levures](#),

- des [coliformes](#),

- [des bactéries propioniques](#),

- [des butyriques](#).

Pour mieux connaître leurs caractéristiques, vous pouvez consulter les fiches par clic sur le microorganisme concerné.

On parlera dans ce guide des microorganismes hétérofermentaires nommés ici « hétérofermentaires ». Ils regroupent les coliformes, les leuconostocs, certains lactobacilles et des levures. Ils sont révélés par un type d'analyses particulières : ils transforment le lactose en acide lactique et d'autres éléments tels que du gaz (dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> ou hydrogène H<sub>2</sub>) et / ou des arômes.

#### **c) La production de gaz :**

- **Le CO<sub>2</sub>** : Le dioxyde de carbone est soluble dans l'eau = la pâte du fromage peut en absorber une partie, mais au-delà d'un seuil d'absorption, le gaz s'y accumule.

Il y a équilibre entre la teneur en CO<sub>2</sub> de la cave et celle du fromage : une cave chargée en CO<sub>2</sub> favorise les gonflements.

Le type de croûte influence la diffusion du gaz et les ouvertures dans la pâte : les croûtes sèches sont une barrière au dégagement gazeux. Les ouvertures sont alors plus importantes qu'en croûtes humides.

En pâte souple et après le gonflement, on peut observer une diffusion progressive du CO<sub>2</sub> dans la pâte qui induit une diminution de pression et donc un affaissement des ouvertures. Celles-ci deviennent alors de formes ovoïdes, aplaties et pouvant aller jusqu'à la disparition visuelle des trous.

- **H<sub>2</sub> (hydrogène)** : L'hydrogène est un gaz insoluble et ne diffuse donc pas dans la pâte = le gonflement se déclare simultanément à la production du gaz.

C'est un gaz inflammable : il produit une flamme bleue lors du [« test de la flamme »](#).

### ***3. Le cas particulier des lainures :***

Les lainures sont des fentes dans la pâte.

Les lainures fermées ou fils de lainure sont des fentes très fines sans gaz. Le fromage ne sonne pas, mais à la coupe, le morceau de fromage s'ouvre en deux ou plusieurs parties.

Les lainures ouvertes sont accompagnées quant à elles d'une production de gaz de fermentation : le fromage sonne.

[La photo](#) en page 6 permet de distinguer les fils de lainures et les lainures ouvertes.

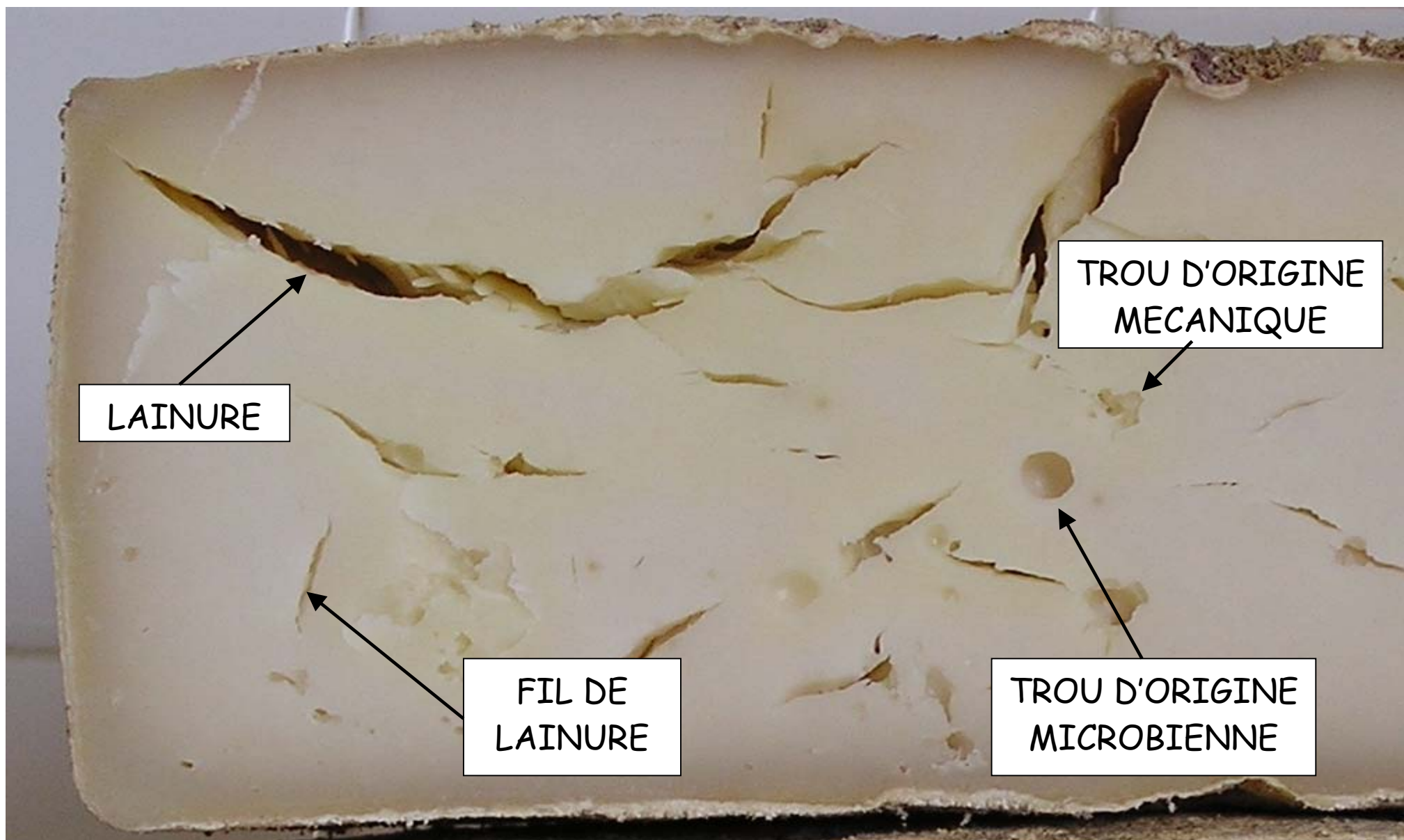


Photo représentant les trous tardifs

## II. AIDE AU DIAGNOSTIC PAR DESCRIPTION : DETERMINER L'ORIGINE DES TROUS TARDIFS

### A. Identifier la fiche fromage à investiguer :

La clé d'identification est basée sur les réponses apportées aux questions suivantes, liées à l'observation des fromages

**Question n°1** Le défaut de trous est-il apparu après l'entrée des fromages en affinage ? :

Confirmation de l'utilisation de ce guide « trous tardifs »

Réponse NON : consulter le [guide « trous précoces »](#).

Réponse OUI : [Aller à la question n°2](#) .

**Question n°2** Le défaut concerne quel type de technologie ? :

Fromages à pâtes pressées non cuites dont le caillé au cours de la fabrication ne subit pas un chauffage supérieur à 50°C : [Aller à la question n°3](#).

Pour les autres technologies :

En pâtes lactiques et en pâtes molles, le défaut n'a pas été observé.

En pâtes persillées, la production fermière est limitée il est conseillé de faire appel à un expert.

En pâtes pressées cuites, la production fermière est très limitée. Il est possible d'utiliser ce guide en faisant des adaptations.

**Après avoir posé les 3 questions suivantes, consulter le tableau et se reporter à la fiche «fromage n° » correspondante en cliquant dessus :**

**Question n°3** Quel est le poids des fromages concernés ?

Les fromages pèsent moins de 1 kg : [Petit format](#).

Les fromages pèsent plus de 5 kg : [Gros format](#).

Pour les poids intermédiaires, on se reportera aux poids les plus proches.

**Question n°4** Quel est l'âge du fromage à l'apparition du défaut ?

Les fromages sont [jeunes](#) (moins de 30 jours).

Les fromages sont [vieux](#) (plus de 30 jours).

**Question n°5** Quelle est l'importance de la déformation des faces des fromages ?

La face supérieure est convexe : Les fromages sont [gonflés](#).

Les fromages ne sont pas déformés : il sont qualifiés « [non gonflés](#) ».

**Tableau 1 : Clé d'identification de la fiche fromage à investiguer**

		PETITS formats : moins de 1 kg	GROS format : plus de 5 kg
JEUNES : moins de 30 jours	GONFLES	<a href="#">Fiche FROMAGE N°1</a>	<a href="#">Fiche FROMAGE N°5</a>
	NON GONFLES	<a href="#">Fiche FROMAGE N°2</a>	<a href="#">Fiche FROMAGE N°6</a>
VIEUX : plus de 30 jours	GONFLES	<a href="#">Fiche FROMAGE N°3</a>	<a href="#">Fiche FROMAGE N°7</a>
	NON GONFLES	<a href="#">Fiche FROMAGE N°4</a>	<a href="#">Fiche FROMAGE N°8</a>

## **B. Les fiches « fromages » :**

Dans les fiches « **fromages** » correspondantes, on va continuer à caractériser le défaut :

**Question n°6** Quelle est la taille des trous ?

**Question n°7** Quelles sont les autres caractéristiques ? : L'odeur de la pâte (appréciée en sentant tout de suite le fromage après l'avoir coupé), le type d'ouvertures, la texture de la pâte ...

*Les germes responsables du défaut sont alors supposés et l'on se reportera à la fiche « origine n° » correspondante pour approfondir l'investigation.*

Pour les germes sont indiqués :

- les caractéristiques
- les analyses permettant une identification plus précise
- l'origine
- les scénarios de contamination
- les méthodes de prévention
- les remèdes



## FROMAGE 1

**Pâte Pressée Non Cuite - PETIT FORMAT : <1Kg - JEUNE:<30 Jours - GONFLÉ**

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'ÉPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	ET Sans odeur particulière	HETERO ou LEVURES	<b>9 et 2</b>	Exclure BUTYRIQUES et PROPIONIQUES
	ET Odeur d'ALCOOL OU POMME	LEVURES	<b>2</b>	
	ET Odeur FECALE	COLIFORMES	<b>1</b>	
	ET Odeur LACTIQUE, CREME	LEUCONOSTOCS	<b>3</b>	
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	TRES NOMBREUX	COLIFORMES	<b>1</b>	
	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	<b>3</b>	
	BRILLANTS	LEVURES	<b>2</b>	
		ou HETEROFERMENTAIRES	<b>9</b>	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	ET Odeur de CHAUSSETTES ET Goût PIQUANT ET SUCRÉ	BUTYRIQUES	<b>4</b>	Ouvertures plutôt déchiquetées
	ET Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE PROPIONIQUES et Goût de NOISETTE		<b>5</b>	Ouvertures plutôt rondes
	ET Goût de GRUYERE ET	PROPIONIQUES	<b>5</b>	
	TEXTURE CAOUTCHOUC	ET LACTOBACILLES	<b>6</b>	
FENTES	FENTES OUVERTES	LAINURES ET TOUS GERMES	<b>7</b> <b>1 à 6</b>	

## FROMAGE 2

### Pâte Pressée de PETIT FORMAT : <1Kg , JEUNE:<30 Jours et NON GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'ÉPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	ET Sans odeur particulière	HETERO ou LEVURES	<b>9 et 2</b>	Exclure BUTYRIQUES et PROPIONIQUES
	ET Odeur d'ALCOOL OU POMME	LEVURES	<b>2</b>	
	ET Odeur FECALE	COLIFORMES	<b>1</b>	
	ET Odeur LACTIQUE, CREME	LEUCONOSTOCS	<b>3</b>	
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	TRES NOMBREUX	COLIFORMES	<b>1</b>	
	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	<b>3</b>	
	BRILLANTS	LEVURES	<b>2</b>	
		ou HETEROFERMENTAIRES	<b>9</b>	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	NON OBSERVÉ			
FENTES	FENTES FERMEES	LAINURES	<b>7</b>	
TROUS IRREGULIERS		TROUS MECANIQUES	<b>8</b>	

### FROMAGE 3

#### Pâte Pressée de PETIT FORMAT : <1Kg , VIEUX:>30 Jours et GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'EPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	NON OBSERVÉ			
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	3	
	RONDS	PROPIONIQUES	5	
	BRILLANTS	HETEROFERMENTAIRES	9	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	Odeur de CHAUSSETTES ET Goût PIQUANT ET SUCRÉ	BUTYRIQUES	4	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE et Goût de NOISETTE	PROPIONIQUES	5	Ouvertures plutôt rondes
	Goût de GRUYERE ET	PROPIONIQUES	5	
	TEXTURE CAOUTCHOUC	ET LACTOBACILLES	4	
FENTES	FENTES OUVERTES	LAINURES ET TOUS GERMES	7 1 à 6	

## FROMAGE 4

### Pâte Pressée de PETIT FORMAT : <1Kg , VIEUX: >30 Jours et NON GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'ÉPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	NON OBSERVÉ			
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	<u>QUELQUES UNS</u>	<u>LEUCONOSTOCS</u>	<b>3</b>	Les ouvertures sont peu nombreuses et la pâte est très proteolysée (très affinée)
	<u>RONDS</u>	<u>PROPIONIQUES</u>	<b>5</b>	
	<u>BRILLANTS</u>	<u>HETEROFERMENTAIRES</u>	<b>9</b>	
	<u>BRILLANTS</u>	<u>LACTOBACILLES</u>	<b>6</b>	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	NON OBSERVÉ			
FENTES	FENTES FERMEES	LAINURES	<b>7</b>	
TROUS IRREGULIERS		TROUS MECANIQUES	<b>8</b>	

## FROMAGE 5

### Pâte Pressée de GROS FORMAT : >5 Kg , JEUNE: <30 Jours et GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'ÉPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	ET Sans odeur particulière	HETEROFERMENTAIRES	9	Exclure BUTYRIQUES et PROPIONIQUES
	ET Odeur d'ALCOOL OU POMME	LEVURES	2	
	ET Odeur FECALE	COLIFORMES	1	
	ET Odeur LACTIQUE, CREME	LEUCONOSTOCS	3	
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	TRES NOMBREUX	COLIFORMES	1	
	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	3	
	BRILLANTS	LEVURES ou HETEROFERMENTAIRES	2 9	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	Odeur de CHAUSSETTES ET Goût PIQUANT ET SUCRÉ	BUTYRIQUES	4	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE et Goût de NOISETTE	PROPIONIQUES	5	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Goût de GRUYERE ET	PROPIONIQUES	5	
	TEXTURE CAOUTCHOUC	ET LACTOBACILLES	6	
	Odeur SANS CARACTERE	HETEROFERMENTAIRES	9	Ouvertures plutôt déchiquetées
FENTES	FENTES OUVERTES	LAINURES ET TOUS GERMES	7 1 à 6	

## FROMAGE 6

Pâte Pressée de GROS FORMAT : >5 Kg , JEUNE: <30 Jours et NON GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'ÉPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	ET Sans odeur particulière	HETEROFERMENTAIRES	9	Exclure BUTYRIQUES et PROPIONIQUES
	ET Odeur d'ALCOOL OU POMME	LEVURES	2	
	ET Odeur FECALE	COLIFORMES	1	
	ET Odeur LACTIQUE, CREME	LEUCONOSTOCS	3	
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	TRES NOMBREUX	COLIFORMES	1	
	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	3	
	BRILLANTS	LEVURES ou HETEROFERMENTAIRES	2	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE et Goût de NOISETTE	PROPIONIQUES	5	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Odeur SANS CARACTERE	HETEROFERMENTAIRES	9	Ouvertures plutôt déchiquetées
FENTES	FENTES FERMEES	LAINURES	7	
TROUS IRREGULIERS		TROUS MECANIKES	8	

## FROMAGE 7

### Pâte Pressée de GROS FORMAT : >5 Kg , VIEUX: >30 Jours et GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N°"	OBSERVATIONS
TÊTE D'EPINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	NON OBSERVE			
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	3	
	RONDS	PROPIONIQUES	5	
	BRILLANTS	HETEROFERMENTAIRES	9	
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8mm)	Odeur de CHAUSSETTES ET Goût PIQUANT ET SUCRÉ	BUTYRIQUES	4	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE et Goût de NOISETTE	PROPIONIQUES	5	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Goût de GRUYERE ET	PROPIONIQUES	5	
	TEXTURE CAOUTCHOUC	ET LACTOBACILLES	6	
	Odeur SANS CARACTERE	HETEROFERMENTAIRES	9	Ouvertures plutôt déchiquetées
FENTES	FENTES OUVERTES	LAINURES	7	
		ET TOUS GERMES	1 à 6	
		PROPIONIQUES	5	

## FROMAGE 8

Pâte Pressée de GROS FORMAT : >5 Kg , VIEUX: >30 Jours et NON GONFLÉ

TYPE DE TROUS :	CARACTERISTIQUES	ORIGINE SUPPOSÉE	SE REPORTER A LA FICHE "ORIGINE N"	OBSERVATIONS
TÊTE DE PINGLE OU MILLE TROUS = (1 à 2 mm)	NON OBSERVE			
PETIT - POIS (3 à 7 mm)	QUELQUES UNS	LEUCONOSTOCS	3	
	RONDS	PROPIONIQUES	5	
	BRILLANTS	HETEROFERMENTAIRES	9	
	BRILLANTS	LACTOBACILLES	6	Les ouvertures sont peu nombreuses et la pâte est très proteolysée (très affinée)
NOISETTE ET PLUS GROS (plus de 8 mm)	Odeur PIQUANTE et Goût ACIDE et Goût de NOISETTE	PROPIONIQUES	5	Ouvertures plutôt déchiquetées
	Odeur SANS CARACTERE	HETEROFERMENTAIRES	9	Ouvertures plutôt déchiquetées
FENTES	FENTES FERMEES	LAINURES	7	
TROUS IRRÉGULIERS		TROUS MECANIQUES	8	



### III. CONFIRMER LE DIAGNOSTIC PAR DES ANALYSES :

Trois types d'analyses peuvent être mises en œuvre pour déterminer l'origine du défaut (en particulier si la description n'a pas permis d'identifier le germe à l'origine de la contamination – cas des hétérofermentaires-) ou pour confirmer le diagnostic obtenu par description. Les analyses à faire par type de germe sont indiquées dans chaque fiche correspondante.

- **Analyses directes :**

La recherche du germe responsable de l'accident par les méthodes microbiologiques de recherche et dénombrement classiques peut être envisagée dès l'apparition du défaut. Le germe pouvant disparaître après la production de gaz, les résultats deviennent rapidement impossible à interpréter.

- **Analyses indirectes :**

Il s'agit de mesurer les sous produits de transformation accompagnant la production de gaz et permettant d'identifier la cause comme :

Les Acides Gras Volatils (AGV) acide acétique, propionique, butyrique, caproïque....

L'Ethanol : produit par les Levures.

L'Ammoniac (NH<sub>3</sub>) indiquant la décarboxylation (augmente au cours de l'affinage).

Le Citrate caractéristique des *Leuconostocs* (diminue au cours de l'affinage).

*L'interprétation du résultat se fera toujours en comparaison avec un témoin de même catégorie sans défaut. Cela signifie qu'à l'intérieur d'une cave où il y a un problème de trous tardifs, on prélèvera au même moment un fromage « normal » et un fromage présentant des trous tardifs d'un même producteur, si possible de même âge.*

- **Tests de terrain :**

Test de la flamme : pour identifier la nature du gaz présent dans les grosses ouvertures, il faut prévoir une sonde, un briquet et de l'obscurité. Sonder le fromage jusqu'à l'ouverture, retirer délicatement la carotte et présenter la flamme à proximité du trou de la sonde en pressant le fromage pour en expulser le gaz. L'hydrogène produit une flamme bleue, le CO<sub>2</sub> éteint la flamme.

Lactofermentation : Ce test permet de visualiser l'équilibre de flore dans le lait, en particulier les dégradations dues à la flore gazogène (trous, odeur...). La durée de gélification donne une idée de l'activité de la flore acidifiante. Pour mettre en œuvre ce test, consultez la fiche « [lactofermentation](#) » en annexe générale (clic sur le mot).

Plaques gélosées : à utiliser pour les coliformes et les germes totaux, plus délicat et donc non recommandé pour les autres germes.

pH : A l'entrée en cave, la mesure donne une indication sur le niveau de concurrence de la flore acidifiante vis-à-vis des flores gazogènes. En cours d'affinage, la remontée de pH peut favoriser le développement de flores sensibles comme les butyriques par exemple.

Drager : Ce sont des ampoules à lecture directe après aspiration. Cela permet de mesurer les quantités de gaz en cave. Le CO<sub>2</sub> conditionne l'apparition des ouvertures. Le dioxyde de carbone est soluble dans l'eau = la pâte du fromage peut en absorber une partie, mais au-delà d'un seuil d'absorption, le gaz s'y accumule. Il y a équilibre entre la teneur en CO<sub>2</sub> de la cave et celle du fromage : une cave chargée en CO<sub>2</sub> favorise les gonflements. Le type de croûte influence la diffusion du gaz et les ouvertures dans la pâte : les croûtes sèches sont une barrière au dégagement gazeux. Les ouvertures sont alors plus importantes qu'en croûtes humides. L'ammoniac NH<sub>3</sub> en cave conditionne l'évolution des flores de surface en affinage et favorise l'ouverture à niveau élevé dans certaines technologies (Comté).

N.B : On peut se procurer les ampoules Drager à l'adresse suivante : 3, route de la fédération- BP141- 67025 Strasbourg Cedex 1-tel 03 88 40 76 76.

*Les valeurs repères doivent être établies par technologie en comparant les charges de gaz dans les caves saines et les caves à défauts (en prenant si possible des caves voisines).*

## IV. DETECTION, CAUSES DE CONTAMINATION, FACTEURS FAVORISANTS ET REMEDES FACE A L'ORIGINE SUPPOSEE :

### A. Origine n°1 : Les Coliformes :

#### 1. Caractéristiques :

Ce sont des bactéries à croissance très rapide (temps de génération de 20 à 30 minutes à 25°C) produisant dans le lait ou le fromage par fermentation du lactose :

- du CO<sub>2</sub> et de l'H<sub>2</sub> en quantités égales mais souvent restreintes, ce qui provoque des ouvertures plutôt petites.

- de l'acide acétique (C2) et des alcools produisant des arômes.

- de l'acide lactique (en petites quantités).

Certaines souches de coliformes ne produisent que très peu ou pas de gaz, comme par exemple *E.coli*.

Plus la contamination est massive, plus le gonflement sera précoce : les gonflements tardifs (après l'entrée en cave) se déclarent lorsque la contamination est moindre, et qu'elle est associée à un défaut d'acidification (exemple : pour un pH normalement correct à 5,3 12 heures après moulage, le défaut peut apparaître à pH 6.3 au même moment). Les coliformes s'expriment alors par manque de concurrence de bactéries utiles.

Selon la définition ISO, les coliformes sont des bactéries gram -, non sporulées, oxydase -, aérobies ou anaérobies facultatives, et qui peuvent se multiplier sur sels biliaires.

Le groupe des bactéries coliformes comprend plusieurs espèces dont *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ...

Par exemple, parmi les principales souches des camemberts au lait cru, on retrouve *Hafnia alvei*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* et *Serratia liquefaciens*.

#### 2. Identification :

Ceci permet de confirmer le diagnostic, de déterminer la cause si la description ne l'a pas permis (fiche hétérofermentaire).

- A la ferme : Lame gélosée spécifique trempée dans du lait et incubée à température ambiante : réponse en 12H.
- [Lactofermentation](#) : présence de bulles, caillé digéré, odeur fécale.
- En laboratoire : Coliformes totaux.

#### **Pour interpréter les résultats sur du lait :**

On considère que l'on a un bon lait si on a 1 coli pour 1000 germes totaux.

Le lait est à risque si il présente au moins 1 coli pour 100 germes totaux.

#### **Pour interpréter les résultats sur les fromages :**

En gonflements tardifs, il peut être difficile de revivifier les bactéries responsables par méthode de microbiologie classique. En analyse d'Acides Gras Volatils, un niveau de C2 > 100 mg/100g peut être un indicateur d'origine, mais les coliformes ne sont pas les seuls germes à produire de l'acide acétique ([cf tableau en annexe](#)).

#### 3. Origines :

Comme tout accident d'origine microbienne, il faut rechercher les points de contamination ET les facteurs favorisant le développement.

##### a) La contamination :

D'origine intestinale et donc fécale, on retrouve les coliformes sur toutes surfaces souillées ou ayant été en contact avec les excréments : muqueuses, peau, matériel puis le lait.

Du fait de leur facilité d'adaptation et de leur vitesse de croissance, quelques bactéries peuvent créer en quelques jours une population dominante.

La population peut être régulièrement dispersée sur toutes les surfaces, ou bien être concentrée dans un endroit caché sous forme de « nid » ayant l'apparence de lait caillé de couleur blanc à jaune.

On peut déterminer l'origine de contamination par analyse en laboratoire de coliformes totaux et *Escherichia coli* sur le lait :

Coli. Totaux - et E.coli + = contamination fécale

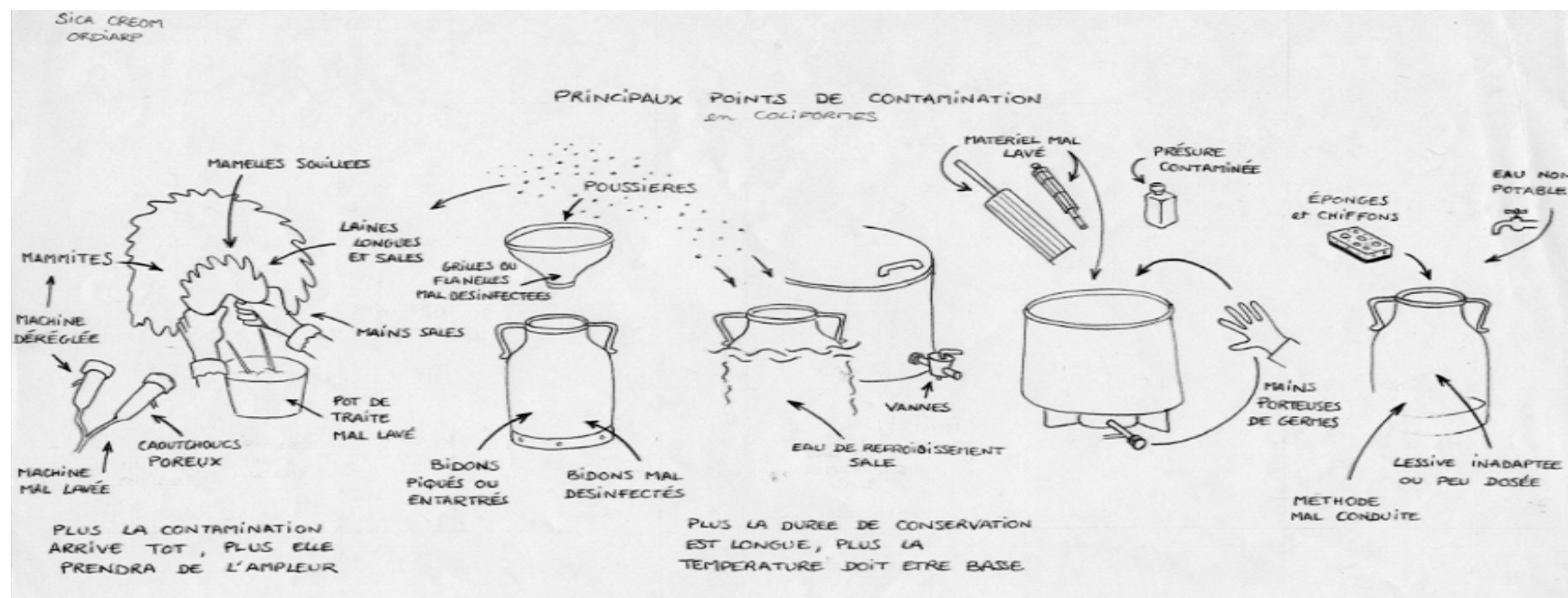
Coli. Totaux + et E.coli - = contamination par le matériel, les mauvaises procédures de lavage...

Certaines précautions sont à prendre lors d'analyses microbiologiques sur le lait : consultez pour cela la [fiche « prélèvements de lait »](#) en annexe générale du guide.

#### **b) Facteurs favorisants :**

- **Températures douces ou élevées (10 à 30°C) associées à une durée suffisante**, de la traite à la fin de l'acidification : conservation du lait, maturation, phases de fabrication comme l'égouttage à température élevée (>25°C). Tous les couples temps/température susceptibles de favoriser les bactéries lactiques vont aussi favoriser les coliformes.
- **Concurrence microbienne défaillante**, en particulier des bactéries lactiques, due à des conditions qui leur sont défavorables : laits anormaux (mammites, colostrum...), présence de substances inhibitrices (bactériophages par ex). Pour plus d'informations, se référer au [guide « défauts d'acidification »](#).
- **Remontée rapide du pH sous croûte au cours de l'affinage**, en particulier sur planches anciennes couvertes de salpêtre (pâte jaune à marron).

#### 4. Scénario de contamination :



#### 5. Prévention :

Les coliformes sont des traceurs d'hygiène : le suivi régulier de la propreté visuelle et des conditions de développement sont la base de la prévention.

- Observation régulière de la propreté à chaque étape du circuit du lait : animaux, trayons, matériel de traite, de stockage et de fabrication, mains et vêtements des manipulateurs...
- Conserver en réserve un renouvellement de flore lactique de manière à couper le cycle de contamination dans le cas où l'on utilise une culture de repiquage, ou bien redémarrer avec une flore acidifiante active après une désinfection générale.
- S'assurer de la qualité de l'eau utilisée pour les nettoyages.
- Limiter l'entrée de poussières dans le lait : réduire les aspirations d'air par la machine ou en traite manuelle, protection du filtre à lait par un couvercle par exemple.
- Vérifier l'absence de mammites, de colostrum qui favorisent l'apparition de gonflements.

## 6. Remèdes :

- Recherche des nids de contamination sur tout le circuit du lait (voir scénario de contamination).
- Réduction du nombre de coliformes par des mesures d'hygiène adaptées : les coliformes sont très sensibles aux désinfectants classiques.
- Augmentation des effets positifs de concurrence par ensemencement efficace (attention : les coliformes sont très rapides donc très concurrentiels).
- Une augmentation raisonnée de l'extrait sec du fromage par un égouttage plus poussé du caillé peut limiter le développement des coliformes, sans toutefois empêcher l'apparition de défaut d'aspect ou d'arôme.
- En période chaude ou en l'absence de refroidissement immédiat, mettre le lait en fabrication au plus tard 3 heures après la traite.

Se référer aux fiches situées en annexes générales :

- [« efficacité du nettoyage de la MAT »](#).
- [« contrôle des paramètres de la MAT »](#).
- [Schéma de Nettoyage / Désinfection](#) ;
- Fiches [« Nettoyage »](#) et [« Désinfection »](#) du GBPH.

## B. Origine n°2 : Les Levures

### 1. *Caractéristiques :*

Ce sont des champignons unicellulaires de 600 espèces regroupées en 90 genres.

Les espèces les plus importantes rencontrées dans les produits laitiers sont : *Kluyveromyces*, *Debaromyces* *Saccharomyces*, *Candida*...

- Température optimale : 25°C.
- Croissance ralentie sous + 4°C et stoppée au dessus de 40°C.
- Destruction au dessus de 60°C.
- Caractère acidophile marqué : pH optimal de 4 à 6.5 (minimum 2, maximum 10).
- Métabolisme :

Dans les produits laitiers, 4 espèces (*K. lactis*, *K. marxianus*, *Candida famata* et *C. versatilis*) sont capables de fermenter le lactose avec production de CO<sub>2</sub> (=trous) et d'éthanol (odeurs d'alcool ou de pomme).

- Temps de génération : 1 à 3 heures selon les souches et le milieu. La population peut atteindre 10<sup>6</sup> à 10<sup>8</sup>/g de fromage.

### 2. *Identification :*

Ceci permet de confirmer le diagnostic, de déterminer la cause si la description ne l'a pas permis (fiche hétérofermentaire).

- **Analyses sur le lait :** risque au-delà de 100 UFC/ml
- **Analyses sur le fromage :** teneur en éthanol (le seuil est déterminé par comparaison avec un fromage témoin non gonflé et de même famille).

### 3. *Origines :*

Le sol, les végétaux surtout fermentés sont à l'origine de la contamination. Véhiculées par l'eau, elles contaminent la peau des mamelles et envahissent la vaisselle laitière (surtout le matériel plastique tel que les moules, les bassines à cailler).

### 4. *Remèdes :*

Les levures ont les mêmes caractéristiques que les coliformes dans leurs points de contamination, leur sensibilité aux désinfectants, leur développement. Les moyens de lutte de ces deux germes seront donc identiques (voir [remèdes coliformes](#)).

## C. Origine n° 3 : Les Leuconostocs

### 1. Caractéristiques :

- Ce sont des bactéries mésophiles :  
T° optimale : 18° à 30°C, mini : 5°C, maxi : 40°C. Ne se développe pas à 45°C.
- Espèces : *Ln mesenteroides*, *Ln dextranicum*, *Ln lactis*, *Ln cremoris*.
- Métabolisme : production de CO<sub>2</sub>, éthanol, acide lactique (D-).  
Dégradation du lactose par *Ln* : 1 molécule de lactose = 2 molécules d'acide lactique + CO<sub>2</sub> + éthanol + acide acétique.
- pH optimal de 6,3 à 6,5.  
Ne sont pas capables d'acidifier en culture pure en dessous de pH = 5 et de produire du gaz.
- Production de gaz au-delà de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> UFC/g.
- Possèdent une grande aptitude à fabriquer des biofilms avec substances gélatineuses.
- Production de bactériocines actives contre certains pathogènes.

### 2. Identification :

L'identification en laboratoire est délicate.

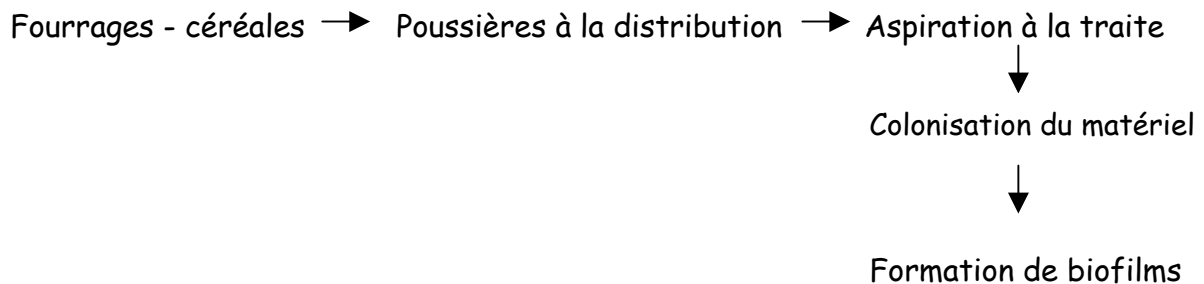
Sur le fromage au moment de l'accident, la responsabilité du gonflement peut être attribuée aux Leuconostocs si le dénombrement atteint 10<sup>6</sup> /g (1 million/g).

Sur les fromages après le gonflement : la teneur en citrates diminue au cours de l'affinage pour atteindre 0 en fin d'affinage.

### 3. Origines :

- Fourrages verts ou secs, végétaux divers, céréales (jusqu'à 10.6 /g d'herbe fraîche).
- Poussières.
- Matériel de traite et de fromagerie (biofilms).

### 4. Scénario de contamination :



### 5. Remèdes :

- Vérifier l'absence de Leuconostocs dans la composition des ferments lactiques utilisés.
- Vérifier l'absence de poussières d'aliment ou de fourrages à la traite par observation en rayon lumineux ou par aspiration au biocollecteur.
- Désinfection du matériel de traite et de fabrication après identification du germe.

## D. Origine n°4 : Les Butyriques

### 1. Caractéristiques :

Ce sont des bactéries du genre *Clostridium*.

Les espèces provoquant les défauts sont: *butyricum*, *tyrobutyricum* et *beijerinckii*.

Ces bactéries sont capables de sporuler. Elles ont la capacité de produire à partir des lactates (après acidification complète du fromage) :

- de grosses quantités de gaz (CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub> insoluble) donc formation d'ouvertures de taille importante : bulles ou fentes pouvant aller jusqu'à l'éclatement.
- de l'acide butyrique (C4), dégageant dans le fromage des arômes souvent désagréables et des goûts piquants.
- de l'acide acétique (C2) en faible quantité.

La cellule végétative (cf schéma page suivante) a la capacité de produire une spore (coquille). La forme sporulée est très résistante aux agents physiques et chimiques comme la chaleur, l'oxygène, l'acidité. A ce stade, elle est en état de dormance.

Elle a ensuite la capacité de germer lorsque les conditions redeviennent favorables. Dans le lait, les butyriques se trouvent sous forme de spores (qui sont seules comptées à l'analyse). Au cours de la fabrication, l'acidité va empêcher la germination des spores qui ne pourra se faire que lorsque le pH remontera au cours de l'affinage (pH 5.4 -5.6).

Le passage de la forme sporulée à l'état de cellule végétative est assez lent, même en conditions très favorables comme lors de l'analyse (milieu, température ...). La production de gaz peut prendre plusieurs jours.

#### **Facteurs favorisant la germination :**

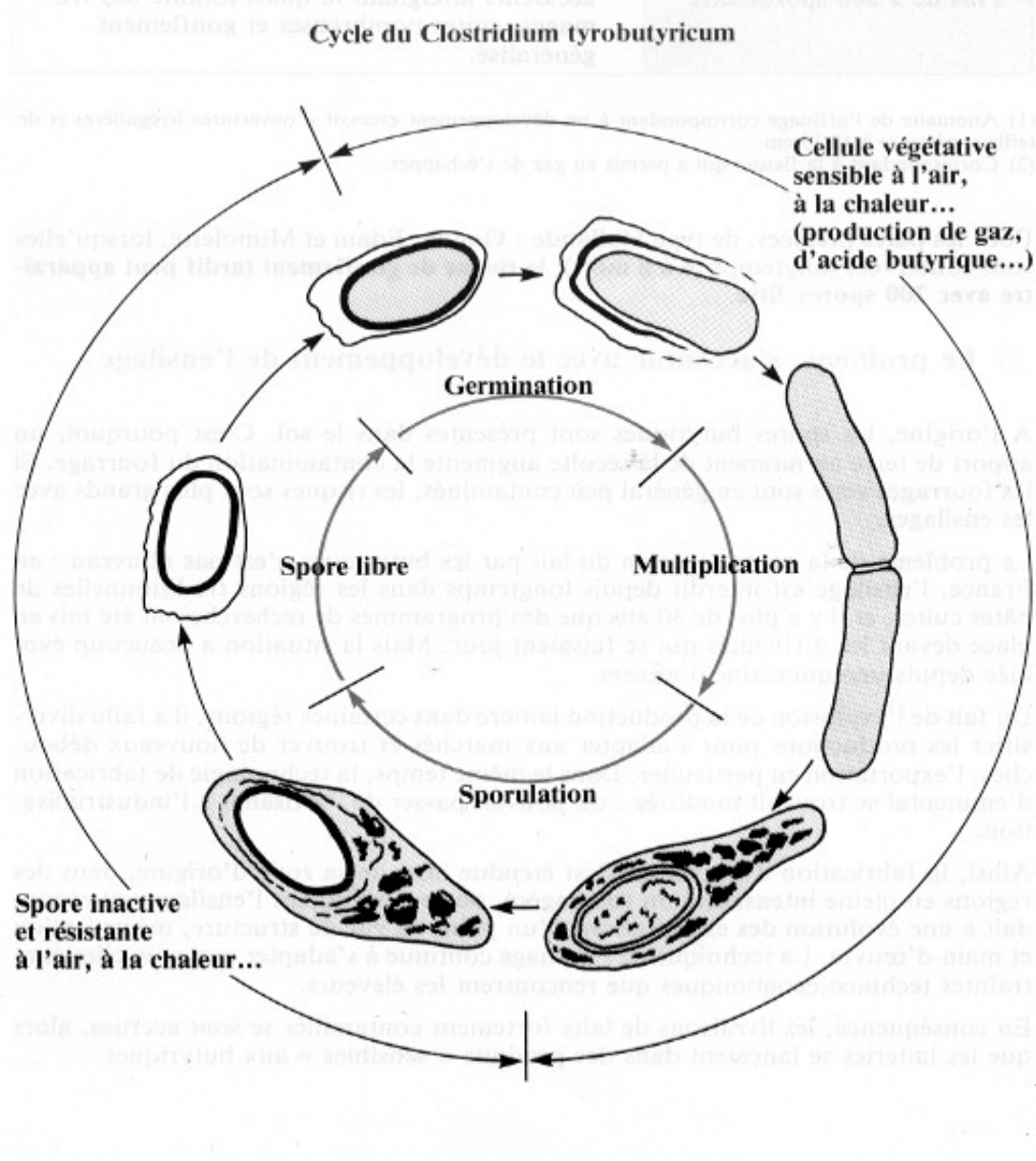
- Le pH élevé : la remontée du pH au cours de l'affinage des fromages est plus ou moins rapide selon les technologies.
- Le taux de sel faible: les fromages peu salés sont plus sensibles, ce qui est le cas du cœur des fromages de gros format.
- La température d'affinage élevée va favoriser le gonflement.
- L'activité de l'eau du fromage élevée.
- L'absence d'oxygène.

#### **Facteurs favorisant la multiplication :**

- Le pH élevé, mais *C. tyrobutyricum* peut se développer à pH 4.5 avec un optimum de 5.8.
- La présence de bactéries ne consommant pas le galactose favorisent le développement des *Clostridium*.
- La présence d'acétate et de sucres (galactose) conditionne la fermentation des lactates produisant le gaz.

Le gonflement sera plus intense avec un nombre plus important de spores dans le lait.





## 2. Identification de la bactérie et seuils :

Ceci permet de confirmer le diagnostic obtenu par description.

### a) Dans le fromage :

En pâte pressée, le dosage des AGV est une analyse de laboratoire qui permet d'identifier le germe responsable des gonflements. Pour l'acide butyrique (C4), les valeurs inférieures à 10 mg/ 100g de fromage sont considérées comme normales. On peut soupçonner un gonflement d'origine butyrique au-delà de 20 mg/100g, si le rapport C4 / C6 est supérieur à 3. En deçà de cette valeur, le C4 peut être issu de lipolyse (voir [tableau en annexe](#)).

### b) Dénombrement sur le lait

Le résultat d'analyse est exprimé en nombre le plus probable (NPP) car on doit être 1000 fois plus précis que pour les autres germes : l'analyse dénombre des spores/L et non des UFC/ml. Le NPP ne dénombre que les spores : la population est donc sous estimée. On analyse avec un milieu de culture un peu sélectif : *Cl.butyricum* s'y développe un peu.

Le résultat est exprimé avec un intervalle de confiance de 95% (95% de la population) : indiquer le NPP ne suffit pas, il faut aussi indiquer le nombre maximum.

Pour les laits à moins de 1000 spores, il serait souhaitable d'effectuer l'analyse sur 2x10 tubes (ou 3x5 tubes) plutôt que la méthode de routine à 2x5 tubes. De plus, il faut raisonner l'interprétation sur des séries de résultats car la contamination est instable et les problèmes d'analyse sont fréquents.

De nouvelles méthodes d'analyse sont en cours d'étude :

- la filtration sur membrane puis identification semble prometteuse.
- les anticorps de spores sont d'utilisation difficile (interactions avec des antigènes parasites).
- l'incubation puis recherche d'anticorps nécessite 2 à 5 jours.
- l'incubation sur milieu avec traceur coloré donne de bons résultats.

Ces analyses sont dépendantes de la germination comme pour le NPP, donc longues.

La recherche se fait en laboratoire par la méthode du « nombre le plus probable » qui est assez imprécise : il peut être nécessaire de tenir compte du nombre maximal (NM) en plus du NPP. La précision de la méthode est améliorée par une analyse à 3x5 tubes.

En pâte pressée, le lait ne doit pas être chargé à plus de 500 spores / Litre, parfois 200 sp/L pour des technologies assez sensibles.

### ***3. Origines de la contamination du lait :***

Le réservoir principal est le sol, la terre. On retrouvera ainsi des butyriques sur tout ce qui peut être souillé directement par la boue ou la poussière (comme les trayons ou la machine à traire), ou sur ce qui est contaminé tout en laissant la possibilité à ce germe de se développer (comme les aliments fermentés : ensilage ou foin mal conservés).

Une concentration se produit dans l'appareil digestif et l'on retrouve 10 fois plus de spores dans les fécès que dans l'aliment. Le passage dans le lait se fait au moment de la traite : l'hygiène de traite est donc un point de maîtrise essentiel.

L'ambiance de traite poussiéreuse peut aussi contaminer le lait.

Pour limiter la contamination liée aux trayons souillés :

- Limiter la poussière pendant la traite : distribution d'aliment contaminé, balayages, courant d'air... (observation à la lumière).
- Eviter le passage des animaux en production dans les zones boueuses, sur les écoulements de silos ou de fumière.
- Vérifier la propreté de la machine à traire : lactoduc + circuit de vide + efficacité du lavage (température, dose de produits, durée, turbulence).
- Arrêter la distribution d'aliment à risque : ensilages, enrubbés, foin poussiéreux ...
- S'assurer de la qualité de l'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux et pour les nettoyages du matériel (analyse).

Une étude a montré qu'il existe un coefficient multiplicateur pour un lait chargé à 1700 spores par litre :

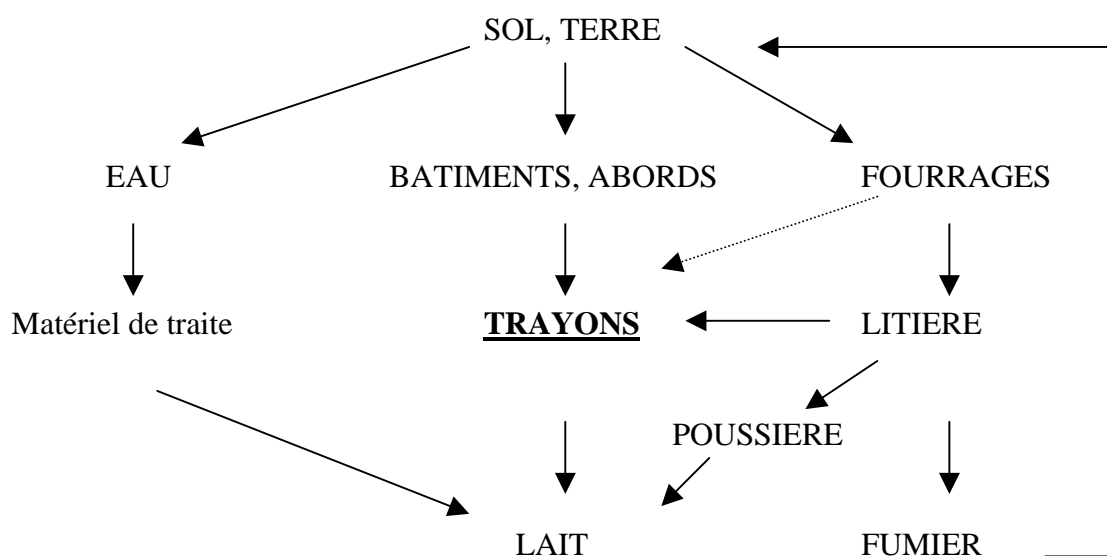
- Ensilage = x 1.5
- Boue = x 1.7
- Propreté des animaux = x 0.8
- Hygiène de traite = x 0.5

Les actions menées à ces 2 derniers niveaux permettent donc de diminuer la contamination du lait (source : ITFF Rennes).

Une recherche régulière des spores dans le lait en routine est à réaliser, il n'y a pas de test à la ferme pour ce germe.

En fabrication : S'assurer du bon niveau final du pH ou de l'acidité, ainsi que du salage.

#### 4. Scénario de contamination :



#### 5. Remèdes :

En curatif, peu de choses sont envisageables :

- En affinage, un abaissement de la température entre 8 et 10°C permet de limiter l'importance du gonflement.
- La tentation de percer les fromages pour les dégonfler présente le risque de développement de moisissures internes (bleu) et n'a aucune action sur les mauvais goûts.

#### 6. Prévention :

Après avoir déterminé et combattu l'origine de la contamination, en fabrication et affinage, la combinaison de plusieurs facteurs peut être efficace, bien que limitée.

En fabrication, et selon les possibilités technologiques par exemple :

- Consommation complète du galactose par des bactéries spécifiques.
- Acidification conduite sur des niveaux assez bas.
- Crémage du lait.
- Pénétration rapide et suffisante de sel.
- Utilisation des ferments anti-butyriques en complément d'ensemencement.
- Hors AOC : utilisation de lysozyme.

## E. Origine n°5 : Les Propioniques

### 1. Caractéristiques :

- Ce sont des bactéries mésophiles (optimum : 25 – 35°C). Certaines souches sont psychrotrophes et capables de produire du CO<sub>2</sub> tardivement à 4°C (ex : report au froid).
- Thermorésistants (abondant en PPC)
- Classification :  
Genre : *Propionibacterium*  
4 espèces fromagères :
  - *P.freudenreichii subsp freudenreichii*  
*subsp shermanii*
  - *P.jensenii*
  - *P. theonii*
  - *P.acidipropionici*Il y a en plus quelques espèces parfois pathogènes pour l'homme comme *P.acnes*
- **Pour provoquer la production de gaz :**
  - Il faut 1 million d' UFC/g.
  - La température d'affinage doit être supérieure à 14 à 16°C.Il n'y a pas de production de gaz en dessous de 8°C.
- Le temps de génération est élevé : 4 à 10 heures.
- Les propioniques fermentent le lactate avec :
  - Production d'Acides Gras Volatils C2 (acétique) et C3 (propionique)
  - Production de CO<sub>2</sub> qui résulte de l'action conjuguée des propioniques (à 40 %) et d'autres hétérofermentaires.  
3 lactates = 2 propionates + 1 acétate + 1 CO<sub>2</sub> + 1 H<sub>2</sub>OIls sont peu lipolytiques et peu protéolytiques.
- Les yeux : La qualité des yeux dépend de la texture, donc du degré de protéolyse et de lipolyse, donc de l'activité des bactéries lactiques. Dans l'emmental, le CO<sub>2</sub> se répartit ainsi : 20% forment les yeux, 48% sont dissous dans la pâte, 32% s'échappent dans l'atmosphère.  
En fabrication, une activité lactique insuffisante conjuguée à un égouttage mécanique trop poussé donne une pâte dure, élastique et imperméable = le fromage présente alors des gros yeux et un goût piquant.
- Ils ont peu de phages spécifiques.

### 2. Identification :

Ceci permet de confirmer le diagnostic obtenu par description.

- **Sur fromage** : Après analyse des Acides Gras Volatils, un taux de C3 supérieur à 20mg / 100g permet d'orienter le diagnostic vers un gonflement propionique. ([cf annexe](#)).
- **Sur lait** : L'analyse peut être effectuée par un laboratoire spécialisé dans les analyses laitières. Généralement, on considère que le risque de gonflement peut apparaître à partir de 10<sup>2</sup> UFC/ml (100/ml).

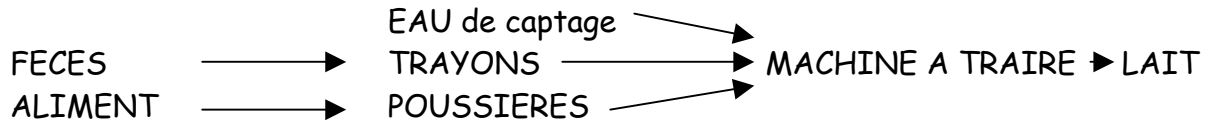
### 3. Origine :

- Habitat principal : la panse des ruminants, fèces, litières, l'eau de captage, le sol, mais aussi les caillettes de veaux (2.10<sup>6</sup> ufc/g en moyenne).

La contamination provient essentiellement de la machine à traire par les fèces, l'eau ou de nettoyages insuffisants.

Il semblerait qu'une autre entrée se situe au niveau des poussières d'aliments aspirées au cours de la traite.

#### 4. *Scénario de contamination :*



#### 5. *Prévention :*

- Hygiène de traite : nettoyage des trayons entre autres.
- Contrôle régulier de la machine à traire (dose, température, durée, action mécanique).  
Se référer aux fiches situées en annexes générales :
  - [« efficacité du nettoyage de la MAT »](#).
  - [« contrôle des paramètres de la MAT »](#).
  - [Schéma de Nettoyage / Désinfection](#) ;
  - Fiches [« Nettoyage »](#) et [« Désinfection »](#) du GBPH.
- Contrôle de l'ambiance en salle de traite.
- Contrôle de la potabilité des eaux de captage utilisées en fromagerie. Exemple : analyse spécifique sur l'eau au robinet ou à la purge de la machine dans les élevages sensibles.

#### 6. *Remèdes :*

- Maintenir une température d'affinage suffisamment basse : 10°C

## F. Origine n°6 : Les Lactobacilles

### 1. Caractéristiques :

- Un des plus importants genres des bactéries lactiques.
- Classification : 3 groupes.  
Groupe 1 : Lb homofermentaires stricts : pas de production de gaz, mais production d'acide lactique.  
Groupe 2 : Lb hétérofermentaires facultatifs : production d'acide lactique ou production d'acide lactique et d'acide acétique.  
*Lb casei*, *Lb rhamnosus*.  
Groupe 3 : Lb hétérofermentaires stricts : production d'acide lactique, d'acide acétique ou d'éthanol et de CO<sub>2</sub>.  
*Lb fermentum*, *Lb buchnirii*.
- **Dégradation du lactose :**  
Lb hétérofermentaires :  
1 molécule de lactose = 2 molécules d'acide lactique + CO<sub>2</sub> + éthanol + acide acétique (C2).  
Lb homofermentaires :  
1 molécule de lactose = 4 molécules d'acide lactique
- Les thermophiles peuvent se développer en cave à 10-12°C et provoquer des ouvertures (taille petit pois) comme par exemple : *Lb delbrukii* qui est très protéolytique : la décarboxylation est accompagnée d'un dégagement de CO<sub>2</sub>.

### 2. Identification :

Ceci permet de confirmer le diagnostic, de déterminer la cause si la description ne l'a pas permis (fiche hétérofermentaire).

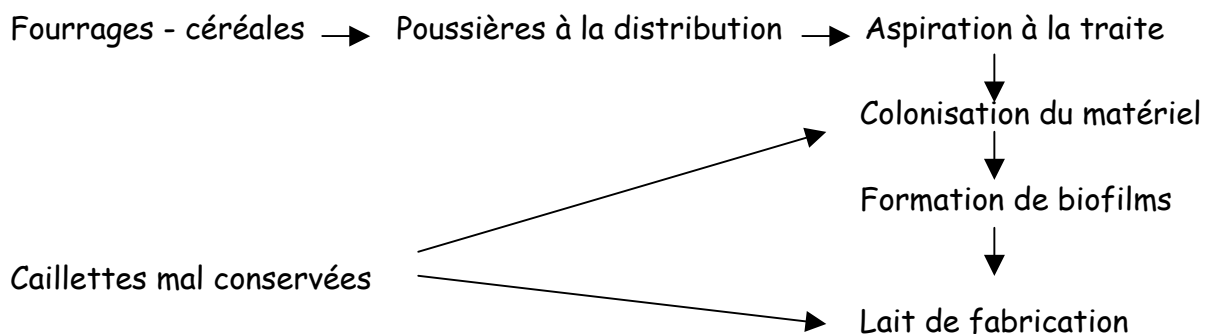
Une analyse spécifique est à réaliser : Lactobacilles hétérofermentaires.

- **Sur le lait** : risque au-delà de 100 UFC/ml.
- **Sur le fromage au moment de l'accident** : la responsabilité du gonflement peut être attribuée aux Lb hétérofermentaires si le dénombrement atteint 10<sup>6</sup> /g (1 million/g).
- **Sur le fromage après l'accident** : le taux de NH<sub>3</sub> (ammoniac) permet de soupçonner les Lb s'il est très élevé : le taux augmente naturellement au cours de l'affinage avec la protéolyse, en particulier en croûte humide. Le seuil doit être établi en comparaison avec un témoin non gonflé issu de la même technologie et de la même cave.

### 3. Origine :

Présents dans l'herbe et les fourrages, mais aussi dans les caillettes mal conservées, les lactobacilles sont susceptibles de coloniser le matériel de fromagerie en formant des biofilms.

### 4. Scénario de contamination :



### **5. Prévention :**

- Maîtrise de l'ambiance de traite.
- Hygiène du matériel.

### **6. Remèdes :**

- Maîtrise de l'ambiance de traite.
- Contrôle de la qualité des caillettes (changement de lots).
- Vérification de la composition des ferments lactiques.
- Eventuellement, désinfection du matériel après identification précise de l'origine.

## **G. Origine n°7 : Les Lainures**

### **1. Définition, identification**

Les lainures sont des fentes dans la pâte. On distingue deux sortes de lainure :

- **Lainure fermée ou fil de lainure** : fente très fine sans gaz. Le fromage ne sonne pas mais à la coupe, le morceau de fromage s'ouvre en deux ou plusieurs parties...
- **Lainure ouverte** : accompagnée d'une production de gaz de fermentation : le fromage sonne.

### **2. Facteurs favorisant leur apparition :**

- Laits de fin de lactation lorsque le TB est élevé et le TP faible: les laits à MG élevée provoquent des difficultés d'égouttage pouvant entraîner une déminéralisation excessive : les fromages ont alors un Gras / Sec élevé.
- Acidité du lait en cuve trop élevée : déminéralisation trop poussée.
- Elimination du calcium = pâte insuffisamment tamponnée= acidification importante = protéolyse primaire insuffisante.
- Suracidification = pH final trop bas : inférieur à 5 à 20 heures après fabrication : déminéralisation de la pâte (en lien avec le type d'acidifiants et la dose utilisée).
- Acidification très rapide sous pressage trop puissant.
- Excès de pression au pré pressage ou en début de presse.
- Manipulations du caillé ou du fromage provoquant des déchirures au sein de la pâte.
- Cave sèche et chaude ou avec des variations importantes.
- Variations de température en cave supérieure à 2-3°C.
- Croûte sèche, donc imperméable.
- Texture fragile et production de gaz.

*Remarque* : Les lainures sont rares en pâtes souples.

### **3. Contrôles et remèdes :**

- Mesures de pH : sous presse ou en cours d'égouttage pour déterminer la cinétique d'acidification (à effectuer par technologie).
- Mesures de pH final en phase basse : détection de problèmes liés à une suracidification ou à une post-acidification.
- Niveau de Calcium / Extrait Sec Dégraissé faible : identification de déminéralisation : références à créer par technologie.
- Gras / sec élevé.
- Surveillance des taux TB, TP du lait.



## H. Origine n° 8 : Les Trous Mécaniques

**Les trous mécaniques sont formés au cours de la fabrication, mais ils peuvent être décelés tardivement à la coupe du fromage.**

Généralement, ces ouvertures n'ont aucune influence sur le goût mais peuvent, dans certaines technologies, déprécier l'aspect visuel du produit.

- Les ouvertures sont créées dans la plupart des cas au cours de la phase de mise en moules ou de pressage : les grains de caillé ne se soudent pas et laissent un espace plus ou moins important (1 à 5 mm ou plus pour les gros formats).
- « Cuites » : grains de caillé trop chauffés s'agglomérant en formant une poche près de la surface du fromage.
- Ouvertures créées au cours d'une opération de collage ou de rajout de caillé au moment du moulage (caillé trop ferme ou trop froid).
- Le pressage n'est pas suffisamment efficace pour rapprocher les grains de caillé et expulser le sérum intergranulaire. La pâte peut alors présenter une couleur différente autour des trous par rapport au reste de la masse.
- Lorsque le moulage est effectué hors sérum, il peut y avoir emprisonnement de petites bulles d'air rendant l'aspect des fromages comparables à un accident de mille trous d'origine microbienne.

## **I. Origine n°9 : Les hétérofermentaires**

Dans tous les cas, on veillera en curatif à désinfecter le matériel de traite et de fabrication. Pour identifier le germe responsable et donc mieux orienter le diagnostic, il faudra réaliser des analyses en se référant aux fiches « [coliformes](#) », « [levures](#) », « [leuconostocs](#) » et « [lactobacilles](#) ».

## V. ANNEXE : INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSE

### Dosage des Acides Gras Volatils à chaînes courtes sur Fromages :

Acides Gras Volatils		Valeurs repères normales * en mg / 100 g	Origines
C 2	Acide acétique	50 à 100	Hétérofermentaires, Lactobacilles...
C 3	Acide propionique	5 à 10	Bactéries propioniques
I C 4	Acide iso-butyrrique	0	Affinage (décarboxylation)
C 4	Acide butyrrique	5 à 10	Bactéries Butyriques
I C 5	Acide iso-valérique	0 à 5	Affinage (décarboxylation)
C 6	Acide caproïque	0 à 5	Lipolyse

(\*) à confirmer en comparaison avec un témoin sans défaut (dans une même cave, fromage du même producteur sans défaut, si possible du même âge que celui présentant l'accident).

#### Laboratoires :

- Laboratoire d'Analyses Alimentaires et de Recherche Fromagères**  
 BP 19  
 25620 MAMIROLLE  
 tel : 03.81.55.92.91
- Laboratoire Départemental d'Analyses du Jura**  
 BP 135  
 39602 POLIGNY Cedex  
 tel : 03.84.37.12.14