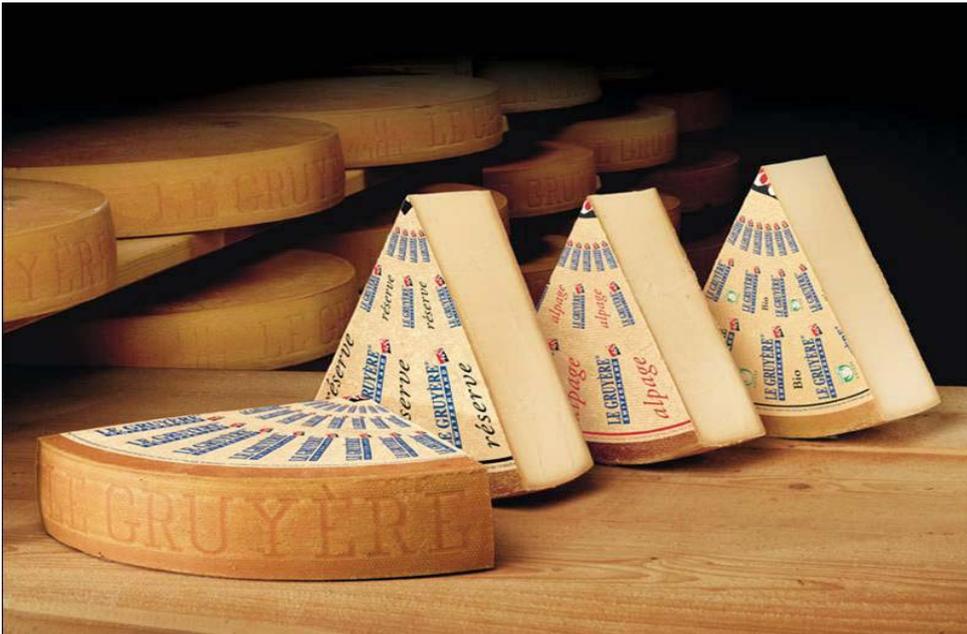


LA QUALITÉ DE LA PÂTE DU GRUYÈRE AOC

Groupes de discussion Gruyère



Contenu

Editorial	2	5 Facteurs influents détaillés	10
1 Table des matières	3	5.1 Influence du lait mammiteux	10
2 Situation actuelle et évolution	3	5.2 Influence du stade de lactation	13
3 Les défauts les plus pénalisants au moment de la taxation	4	5.3 Qualité microbienne du lait	13
4. Les causes des principaux défauts de la pâte du Gruyère	5	5.4 Les cultures acidifiantes	14
4.1 La pâte sablonneuse	5	5.5 La coagulation	16
- Les causes	5	5.6 Refroidissement et acidification sous presse	17
- Mesures correctives	6	5.7 Le salage	19
4.2 La pâte dure	6	5.8 L'affinage	20
- Les causes	6	6 Conclusions	21
- Effets saisonniers et influence de l'affouagement	6		
- Mesures correctives	8		
4.3 La pâte cassante	9		
- Causes possibles	9		
- Mesures correctives	9		
4.4 La pâte trop fine	9		
- Causes possibles	9		
- Mesures correctives	9		

1 Introduction

La description de la pâte du Gruyère AOC telle qu'elle est définie dans le cahier des charges : « au toucher, la pâte a l'aspect d'une surface fine et faiblement humide. Elle est moelleuse, de fermeté moyenne et de faible friabilité. Elle a une teinte ivoirine qui varie selon les saisons. »

Les objectifs de ce document, respectivement de cette formation continue sont les suivants:

- l'évolution de la qualité de la pâte du Gruyère AOC est connue
- les défauts les plus souvent cités lors des taxations sont traités
- les mesures à prendre pour combattre les principaux défauts de pâte sont connues des fromagers
- la proportion des lots qui obtiennent la note maximale à la pâte arrête de diminuer

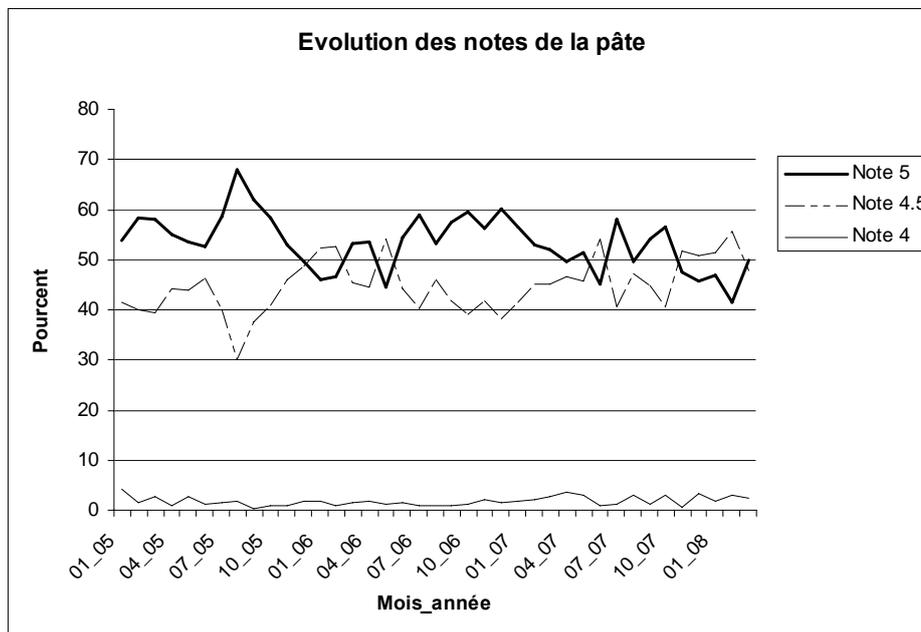
2 Situation actuelle et évolution

Entre 40 et 50% des lots de Gruyère taxés durant la période allant de janvier 05 et décembre 07 ont obtenus la note maximale au critère de la pâte. Durant cette même période, 50 à 60% des lots ont obtenus la note 41/2 et entre 1 et 7% ont obtenu la note 4.

Durant cette période de deux ans, on remarque une tendance peu réjouissante ; la courbe de la note idéale de 5 points est à la baisse, pendant que les deux autres courbes sont à la hausse. Ce qui signifie que la qualité de la pâte tend à se détériorer.

Le graphique ci-dessous illustre cette évolution.

Graphique 1: évolution des notes de taxation de la pâte du Gruyère



3 Les défauts les plus pénalisants au moment de la taxation

Le défaut « sablonneuse » est celui qui est le plus souvent cité lors des taxations, suivi de quatre autres qui sont « trop fine », « cassante », « dure » et « irrégulière ». Ces cinq défauts constituent la très grande part des déductions.

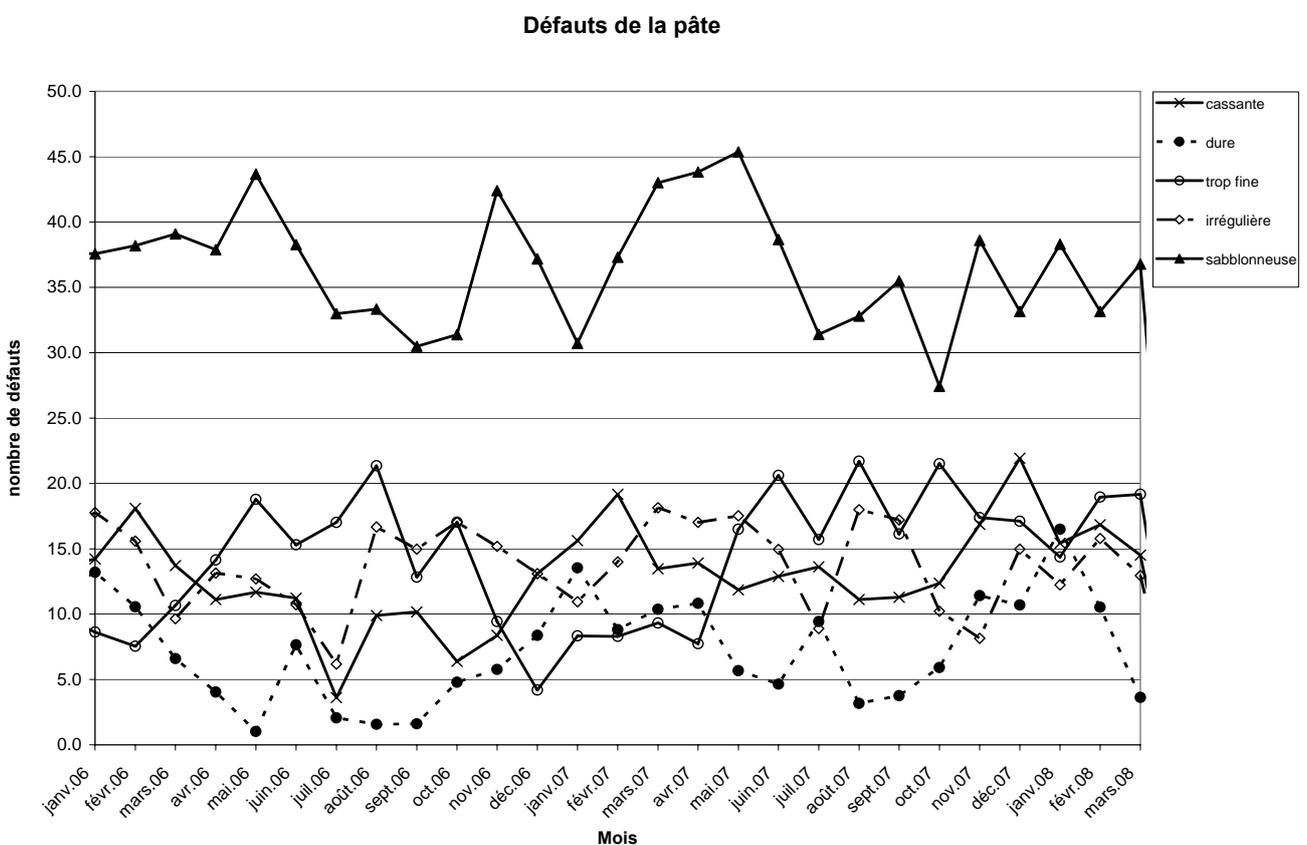
Effet saisonnier

Le défaut « sablonneuse » n'est pas lié à un effet saisonnier puisque les fromages les plus pénalisés pour ce défaut sont fabriqués tant en été (mai 06 et 07) qu'en hiver (mars et avril 07).

Les défauts « dure » et « cassante » sont eux clairement saisonnier. Les fromages les plus pénalisés sont régulièrement ceux de l'hiver.

Inversement, le défaut « trop fine » est le plus souvent identifié sur les productions d'été.

Graphique 2: évolution des défauts les plus pénalisants



4 Les causes des principaux défauts de la pâte du Gruyère

4.1 La pâte sablonneuse

4.1.1 Les causes

Une étude comparative a été effectuée en 2004 pour connaître les facteurs qui provoquent le défaut de pâte sablonneuse du Gruyère. Quarante lots avec et sans défauts de pâte ont été analysés sur 30 paramètres différents.

Tableau 1: résultats significativement différents des analyses comparatives tous fromages confondus

Taxation		Bonne pâte		Pâte défectueuse		Test-t
Nombre d'échantillons		n = 20		n = 20		
		Moyennes	Ec. types.	Moyennes	Ec. types	Probabilité
Teneur en sel	g/kg	13.10	± 1.51	15.79	± 1.42	***
Matière grasse	g/kg	336.05	± 7.84	331.03	± 10.50	+
Mat.sèche dégraissée	g/kg	309.65	± 3.88	315.73	± 9.88	*
Matière grasse/ES	g/kg	520.82	± 8.52	512.16	± 14.40	*
TEFD	g/kg	534.11	± 4.52	528.48	± 11.11	*
Teneur en calcium soluble	mg/kg	4629.93	± 111.55	4710.93	± 81.56	*
Teneur en calcium total	mg/kg	8446.33	± 284.23	8653.10	± 385.62	+
Calcium dans l'ESD	%	1.31	± 0.04	1.34	± 0.05	+

*** = probabilité de 99.9% ** = probabilité de 99% * = probabilité de 95% += tendance non-significative

Les Gruyères avec une pâte défectueuse ont :

- une teneur en sel plus élevée
- des teneurs en matière grasse absolue et rapportée à l'extrait sec plus basses
- une teneur en eau rapportée au fromage dégraissé (tefd) plus basse

Les différences constatées au niveau des teneurs en calcium total et soluble diminuent lorsqu'elles sont rapportées à la matière sèche dégraissée. Ceci indique que ces différences sont dues à la quantité de matière sèche dégraissée présente dans les fromages et non pas à la différence de pâte des deux groupes.

Un essai récent effectué avec des lait de provenances différentes indique que la courbe d'acidification sous presse influence l'apparition du défaut pâte sablonneuse de façon significative.

Tableau 2: corrélation entre l'acidification sous presse et le défaut « sablonneuse »
(Essai ALP No 05-31-01)

Acidification sous presse	Pâte fortement sablonneuse	Pâte légèrement sablonneuse	Pâte sans défauts	Test-t (p)
pH après 2h	6.277	6.29	6.315	*
pH après 4h	6.013	6.053	6.134	*
pH après 24h	5.21	5.216	5.241	+
Longueur de pâte	2.83	2.86	3.401	**

Les résultats du tableau 2 confirment qu'une acidification initiale rapide favorise l'apparition du défaut « pâte sablonneuse » dans le Gruyère

4.1.2 Mesures correctives

La première mesure pour corriger une pâte sablonneuse est d'abaisser, le cas échéant, une teneur en sel trop haute.

Une étude menée en 1997 par la FAM permet d'affirmer qu'en définissant précisément la quantité de sel utilisée pour le salage et les soins des fromages, on ne constatait aucune différence saisonnière de la quantité de sel absorbée par les 18 meules ayant servi à cet essai.

Une teneur en sel déviante des normes peut être corrigée en dosant précisément la quantité de sel ajoutée lors des soins. Utiliser une mesure permet d'éviter une correction exagérée.

Comme mesure parallèle il est indiqué de contrôler la vitesse d'acidification sous presse et, le cas échéant, de privilégier une acidification initiale après 2 et 4h de pressage plutôt lente.

Comme deuxième mesure, on peut préconiser de corriger, le cas échéant, une teneur en matières grasses trop basse et de viser 520 ± 5 g/kg d'extrait sec dans le fromage.

Si les deux premières mesures ne sont pas applicables et que la teneur en eau dans le fromage dégraissé (tefd) est basse, on peut préconiser d'augmenter cette dernière, sans toutefois dépasser les 540 g/kg requis par la législation.

4.2 La pâte dure

4.2.1 Les causes

La composition du fromage joue un rôle clé dans ce défaut. Une teneur en eau trop basse, une teneur en graisse trop basse et une teneur en sel trop élevée contribuent largement à une pâte du Gruyère trop dure.

Comme on peut le voir dans le graphique 2, le défaut « dure » est saisonnier. Il est beaucoup plus fréquent dans les productions d'hiver de Gruyère.

4.2.2 Effets saisonniers et influence de l'affouragement

La graisse laitière est composée de plus de deux-cent acides gras qui se différencient de plusieurs façons. En simplifiant au maximum on peut affirmer que les acides gras saturés sont les durcisseurs de la graisse laitière et que les insaturés en sont les ramollisseurs.

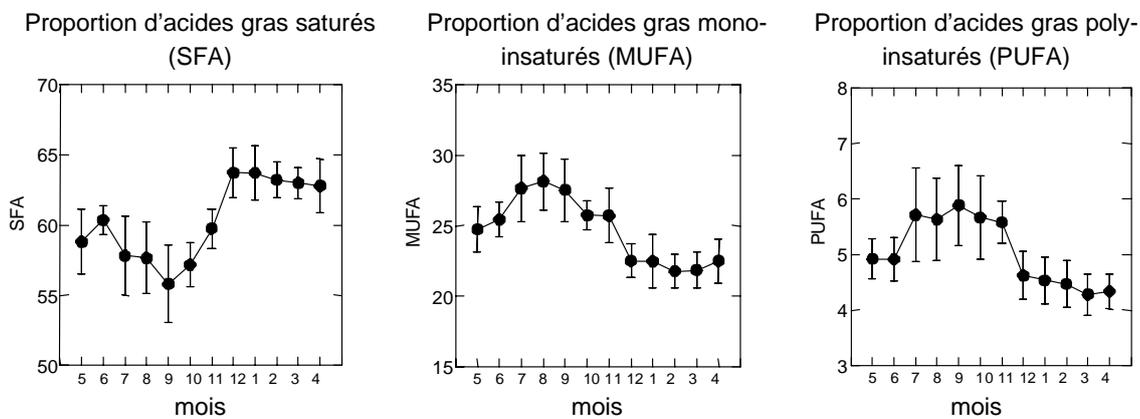
La relation entre les acides gras saturés et les insaturés est fortement dépendante de l'affouragement des vaches laitières. Le lait d'été qui est essentiellement produit à partir d'herbe est très riche en acides gras insaturés et, inversement, le lait d'hiver produit à partir de foin, regain et betterave, est riche en acides gras saturés, D'où la différence de consistance entre les produits laitiers d'été et d'hiver.

Le beurre d'été est plus mou et plus facilement tartinable que le beurre d'hiver.

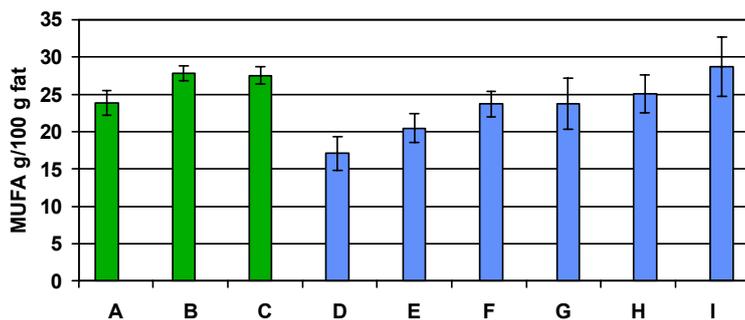
Les fromages d'hiver ont une pâte plus dure que les fromages d'été.

Les graphiques ci-après (Graphique 3) illustrent bien cet état de fait.

Graphique 3: influence de la saison sur la composition en acides gras de la graisse laitière



Graphique 4: influence de l'affouragement sur la composition de la graisse laitière



Légende: A = herbe et complément céréales en plaine F = comme D + 1 kg de graines de colza
 B = exclusivement pâture en zone montagne G = comme D + 1 kg de graines de tournesol
 C = exclusivement pâture en zone préalpine H = comme D + 1.4 kg de graines de lin
 D = foin à volonté et 15kg de betterave I = comme D + 1.4 kg de graines de tournesol
 E = comme D + 1 kg de graines de lin

Le graphique 4 illustre bien l'effet du complément de cérales durant le régime vert (colonne A) et la colonne D illustre bien l'effet betteraves. Les colonnes E à I démontrent que l'effet betterave peut être compensé par des compléments de graines d'oléagineux.

Vu sous un angle exclusivement orienté vers l'influence de la composition du lait, on peut en déduire que la recrudescence saisonnière des défauts « dure » et « cassante » est influencée directement par la composition en acides gras de la graisse laitière d'hiver.

La matière grasse ne participe pas à la formation du caillé; elle s'y trouve emprisonnée de façon inerte. Lorsque le taux de matière grasse du caillé augmente, l'égouttage est ralenti.

La matière grasse exerce donc un triple effet sur la pâte du fromage :

- pâte plus molle due à un égouttage ralenti
- pâte plus fine due à la structure de la matière grasse du lait (variable selon la saison)
- pâte plus cassante due à l'étirement du réseau caséinate de calcium

4.2.3 Mesures correctives

Si la teneur en eau est trop basse, apporter les corrections à la technologie en chaudière, en évaluant les possibilités de changement depuis la prématuration du lait jusqu'au brassage final du caillé.

La courbe d'acidification sous presse devra aussi être évaluée et, le cas échéant, adaptée (voir point 5.6).

La standardisation précise de la matière grasse du lait de chaudière joue un rôle important pour la régularité de la consistance et de la structure de la pâte du Gruyère.

La meilleure formule pour y arriver est la suivante :

Graisse lait de chaudière [%] = 0.7073 x %-protéines lait de chaudière + 0.76 x %-graisse petit-lait + 0.8

ou

Graisse lait de chaudière [%] = 0.9245 x %-caséine lait de chaudière + 0.76 x %-graisse petit-lait + 0.8

La formule peut varier un peu par exploitation. Si les résultats du gras / sec devaient être trop bas, adapter la constante (= 0.8) vers le haut (≤ 0.85). S'ils sont trop hauts, corriger la constante vers le bas (≥ 0.75).

La teneur en caséine du lait fournit théoriquement une base de calcul plus robuste que la teneur en protéines du lait. Ceci en raison du fait que le rapport caséine:protéines peut varier selon la teneur en cellules, le stade de lactation, la saison et la race. Malgré ça nous recommandons d'utiliser les protéines comme base car les appareils de mesure IR utilisés par les laboratoires du CQ mesurent plus précisément les protéines que la caséine.

Concernant une teneur en sel déviante vers le haut, les points cités sous 4.1.2 sont applicables.

4.3 La pâte cassante

4.3.1 Causes possibles

Le défaut « pâte cassante » est lui aussi lié à plusieurs facteurs d'influence. La déminéralisation de la pâte, la teneur en matières grasses, la teneur en eau et la teneur en sel sont les principaux.

La déminéralisation de la pâte est en relation étroite avec la courbe d'acidification. En effet, une acidification initiale rapide provoque une perte de calcium importante par le petit-lait d'égouttage, ce qui conduira à une pâte dure et cassante due à une teneur en eau faible et une déminéralisation importante.

A l'inverse, une acidification initiale lente conduira à une pâte fine et, si elle est trop lente, à une pâte cassante due à une sur-acidification accompagnée d'une solubilisation des ponts calcium. Dans ce cas, c'est la combinaison des facteurs teneur en eau trop élevée et déminéralisation de la pâte qui conduisent au défaut.

La matière grasse peut, si elle est en proportion trop élevée, rendre la pâte du Gruyère cassante. C'est l'effet d'étirement qu'elle opère sur le réseau phospho-caséinate de calcium qui provoque cet état. Il sera plus marqué en hiver, lorsque la consistance de la graisse laitière est plus dure.

Le salage modifie aussi la structure de la pâte du Gruyère. Un fromage très salé aura une pâte plus friable que le même fromage moins salé. Ce phénomène est connu et il est provoqué par un échange d'ions au sein du réseau caséinate de calcium. Ce phénomène est décrit au point 5.7

4.3.2 Mesures correctives

Contrôler et, le cas échéant, modifier la courbe d'acidification sous presse (voir chapitre 5.6).

Standardiser la matière grasse du lait de chaudière en tenant compte du but à atteindre dans le fromage.

Si la teneur en sel dépasse 15 g/kg, diminuer le salage des fromages de façon contrôlée pour éviter de passer d'un extrême à l'autre.

4.4 La pâte trop fine

4.4.1 Causes possibles

La pâte trop fine est souvent en relation avec une teneur en matières grasses élevée, une teneur en eau élevée ou une teneur en sel trop basse. Ce défaut est saisonnier.

La matière grasse intervient, comme déjà traité sous points 4.2 et 4.3, au niveau de la densité du réseau protéique du fromage.

Un excès de graisse, surtout en été lorsque sa consistance est tendre, contribuera à l'obtention d'une pâte trop fine. A noter ici que certains spécialistes de la filière du Gruyère recherchent cette finesse de pâte qu'ils appellent volontiers « pâte beurrée ».

Lorsqu'une pâte est trop fine en raison d'un excès d'eau, elle devient collante et est souvent accompagnée de défauts de goût et de conservabilité.

Le manque de sel peut aussi contribuer à une pâte trop fine. C'est d'ailleurs souvent une combinaison des trois éléments qui conduit au défaut.

4.4.2 Mesures correctives

Standardiser la matière grasse du lait de chaudière en tenant compte du but à atteindre dans le fromage.

Adapter le travail en chaudière et l'acidification sous presse en cas de teneur en eau trop haute.

Si la teneur en sel est inférieure à 13 g/kg, augmenter le salage des fromages de façon contrôlée pour éviter de passer d'un extrême à l'autre.

5 Facteurs influents détaillés

5.1 Influence du lait mammitiqueux

Il est connu que le lait produit par des vaches atteintes de mammites est de composition déviante. La teneur en protéines sériques augmente au détriment de la caséine et son pH augmente. Ces trois éléments cumulés agissent négativement sur son aptitude à la coagulation. Le caillé obtenu à partir d'un tel lait est plus mou, plus friable et sa synérèse est plus faible, ce qui conduit à une formation de poussière de fromage plus importante lors du travail en chaudière et à un égouttage du fromage moins complet. La protéolyse de la beta-caséine se déroule plus rapidement en raison de l'augmentation de l'activité de la plasmine qui augmente avec des teneurs en cellules plus élevées.

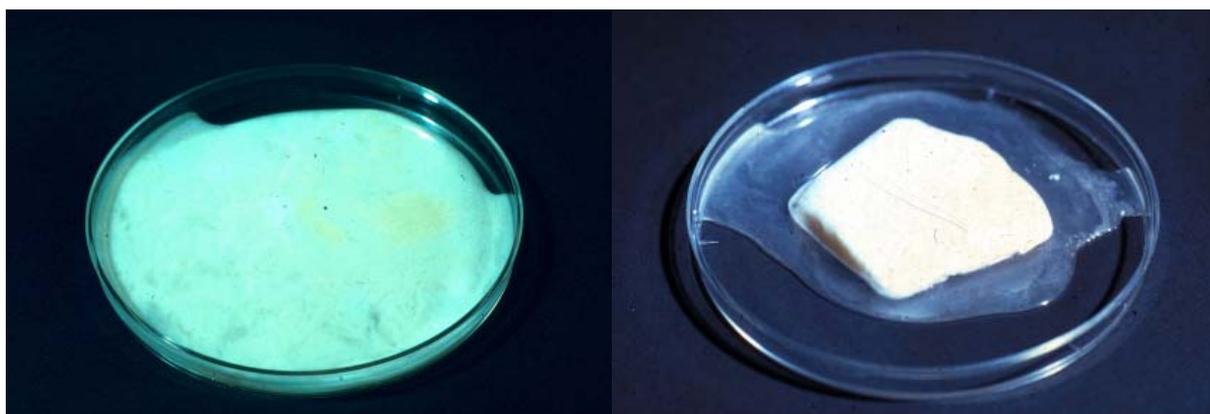
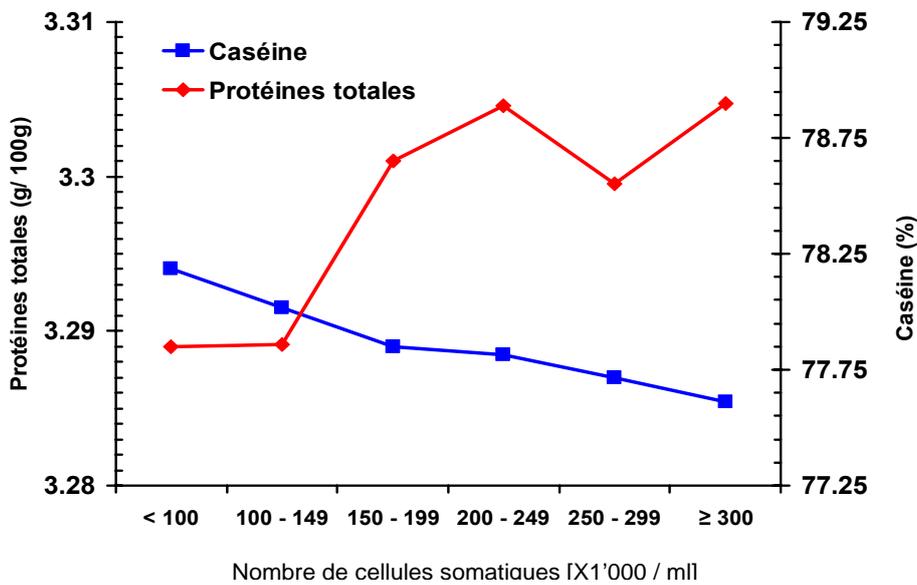
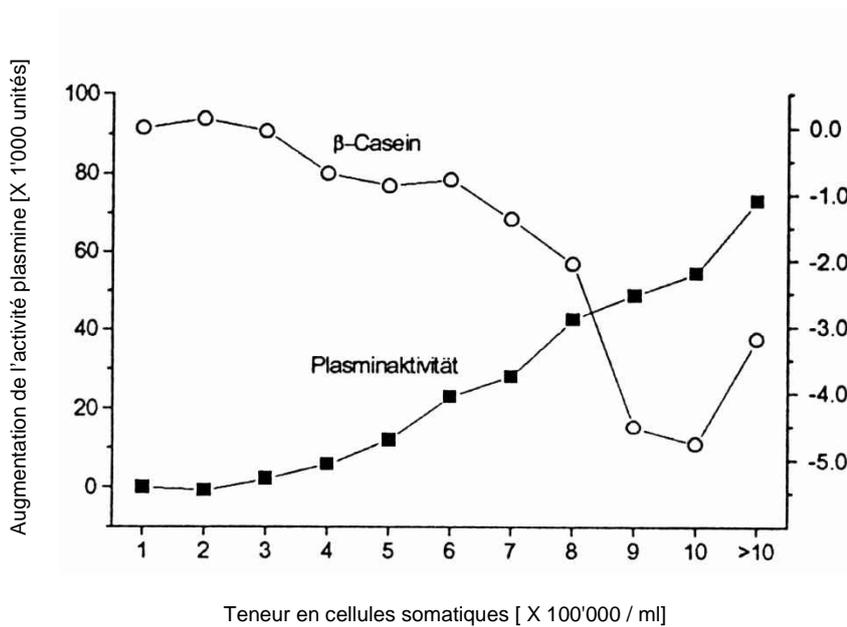


Illustration 1: Influence du nombre de cellules somatiques sur l'aptitude à la coagulation

Ces deux caillés ont été obtenus avec des laits de qualité hygiénique différente. Celui de gauche avait une teneur en cellules somatiques supérieure à 900'000/ml et celui de droite inférieure à 100'000/ml.



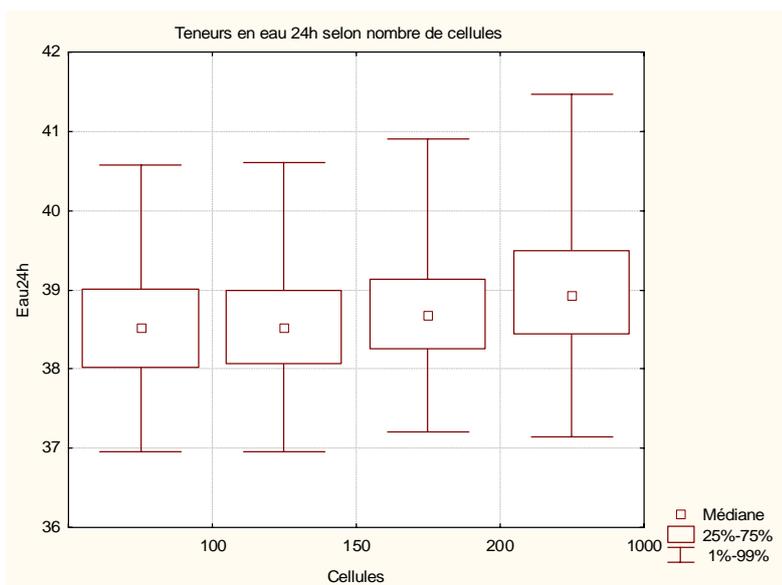
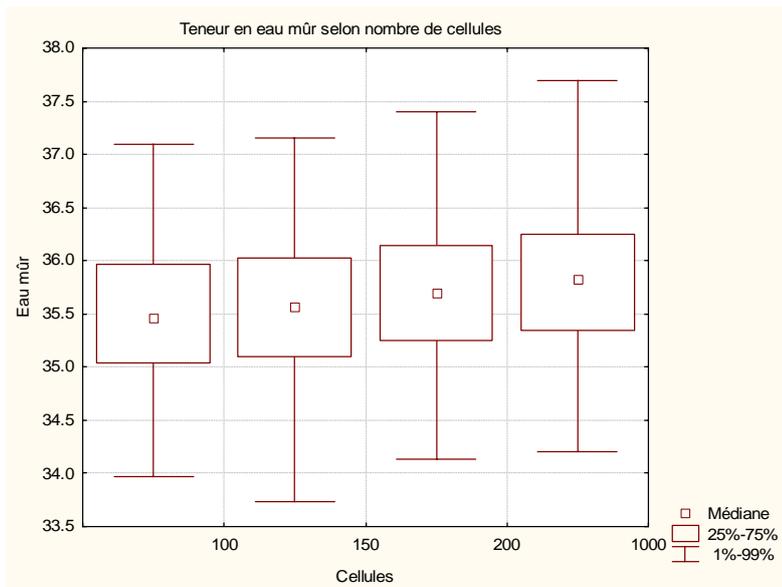
Graphique 5: Influence du nombre de cellules somatiques sur la teneur en protéines du lait et la proportion de la caséine. Laits de 499 producteurs suisses. [F. Taha, Dissertaton ETH Zurich, 1992]



Graphique 6: Relation entre le nombre de cellules, l'activité de la plasmine et la dégradation de la β-caséine (Politis et Ng-Kwai Hang, 1988)

Le résultat des ces états se mesure tant sur les fromages à un jour qu'au moment de la taxation :

- leur teneur en eau est plus élevée
- leur pâte est plus molle et plus cassante
- leur goût peut devenir déviant – activité de la plasmine et de la lipase plus élevée



Graphique 7: relation entre le nombre de cellules du lait de chaudière et la teneur en eau dans le fromage (CASEi)

5.2 Influence du stade de lactation

Les expériences accumulées en technologie fromagère vont dans le sens d'une influence effective du stade de lactation sur la qualité de la pâte des fromages du type Gruyère.

Un essai visant à connaître cette influence a été entrepris à ALP avec un groupe de vaches dont le vêlage a été synchronisé.

Comparativement au lait de mélange (Uettligen), le lait des vaches synchronisées se différenciait aux critères suivants :

- aptitude à la coagulation présure diminuée
- teneur en acide oléique plus élevée en début de lactation

Les fromages d'essais se différenciaient des fromages témoins (Uettligen) aux critères suivants :

- qualité globale moins bonne
- pâte plus cassante et plus dure en début de lactation
- degré de maturité moins avancé

Un essai similaire incluant le mode de production a été entrepris avec le lait de L'Abbaye de Sorens comparé à celui d'une fromagerie Bio d'une part et à celui d'une fromagerie conventionnelle d'autre part. La qualité des fromages d'essais montrait les mêmes tendances. De plus, l'essai a démontré que le risque de déviations de la qualité augmente quand le lait de chaudière n'est composé que du lait d'un seul producteur ou qu'un seul producteur fait la grande majorité du contenu de la chaudière.

5.3 Qualité microbienne du lait

Les bonnes dispositions fermentaires du lait de chaudière contribuent au bon développement des germes acidifiants ajoutés par le biais des cultures et peuvent influencer la courbe d'acidification du fromage sous presse.

Certains germes contaminants, par exemple des protéolytiques, peuvent modifier la structure de la pâte durant l'affinage du fromage.

Tableau 3: valeurs d'expériences pour les germes protéolytiques et les Entérocoques

	Germes protéolytique [ufc/ml]	Entérocoques [ufc/ml]
Lait individuel	< 3'000	< 300
Lait de chaudière	< 1'000	< 100

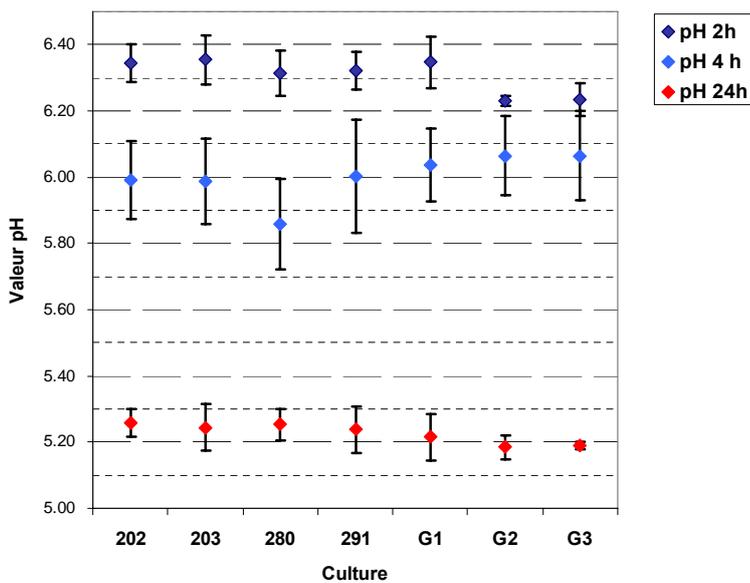
5.4 Les cultures acidifiantes

La quantité de cultures acidifiantes ajoutée au lait, qu'elle soit à base de petit-lait, de lait maigre stérilisé ou d'un mélange des deux est déterminante pour la vitesse à laquelle se déroulera la fermentation lactique dans le fromage. On admet comme règle grossière, qu'un lait de chaudière devrait contenir au moins $1,0 \times 10^6$ bactéries lactiques par ml au moment de l'emprésurage pour que l'acidification puisse se dérouler normalement.

La composition des cultures acidifiantes est en lien direct avec leur activité.

Une culture lactique riche en streptocoques conduira vers une courbe d'acidification rapide et, inversement, une culture riche en lactobacilles donnera une acidification lente. Une acidification rapide favorisera un égouttage poussé du caillé avec, comme résultante, une teneur en eau plus basse qu'en cas d'acidification lente. Si le phénomène est très accentué, par exemple en présence de lait surmaturé, il peut provoquer une teneur en eau trop élevée dans le fromage, par enrobage du caillé.

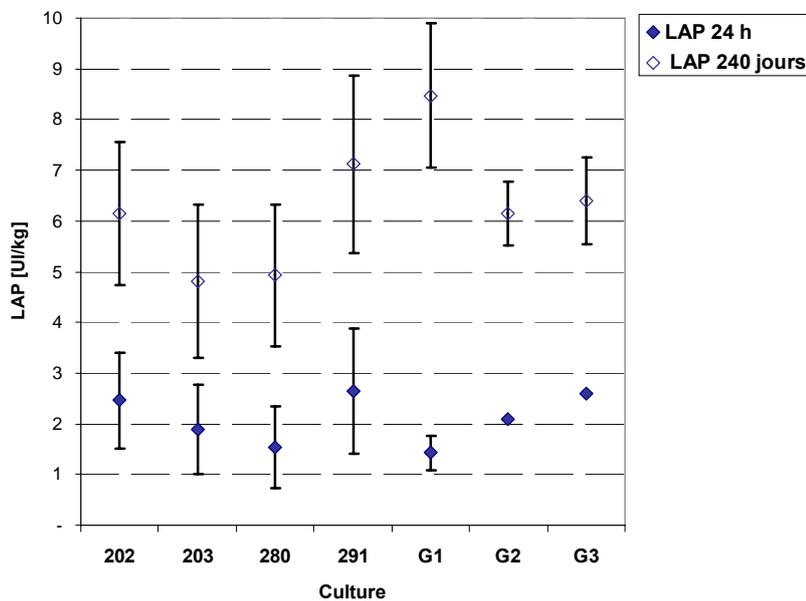
De plus, en présence d'une acidification rapide, la quantité de calcium entraînée par le petit-lait d'égouttage est importante et, la résultante de ces deux phénomènes est une pâte déminéralisée, dure et cassante.



Graphique 8: propriétés acidifiantes des cultures ALP lors des contrôles d'activité internes

Ce graphique illustre les différences d'activité acidifiantes des cultures lorsqu'elles sont utilisées seules, en technologie pâtes dures, en fromagerie expérimentale. À relever ici que le nombre de valeurs disponibles pour les CMB AOC G1, G2 et G3 est très faible comparativement aux autres cultures.

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 moelleuse et faiblement friable, il est judicieux de privilégier des souches avec un potentiel de protéolyse modéré. La valeur LAP mesurée dans le fromage de un jour donne de précieuses informations à ce sujet.



Graphique 9: potentiel de protéolyse des cultures ALP lors des contrôles d'activité internes

Comme pour l'activité acidifiante, le potentiel de protéolyse est également mesuré lors des contrôles périodiques.

5.5 La coagulation

La quantité de présure détermine la vitesse de coagulation et l'intensité de la synérèse. Ces deux éléments vont directement influencer la teneur en eau du caillé dans le sens d'une élévation de la teneur en eau inversement proportionnelle à la quantité de présure.

L'effet inverse peut se produire si une trop grande quantité de présure est ajoutée au lait. La synérèse est tellement forte qu'elle produit un enrobage qui conduit à un caillé mal égoutté riche en eau. Cette technique est utilisée en production de pâtes molles.

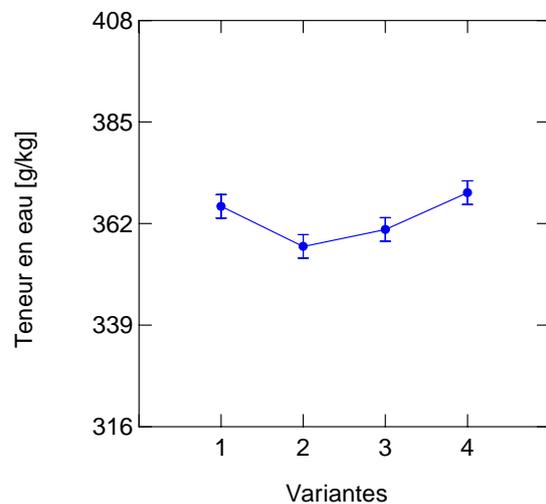
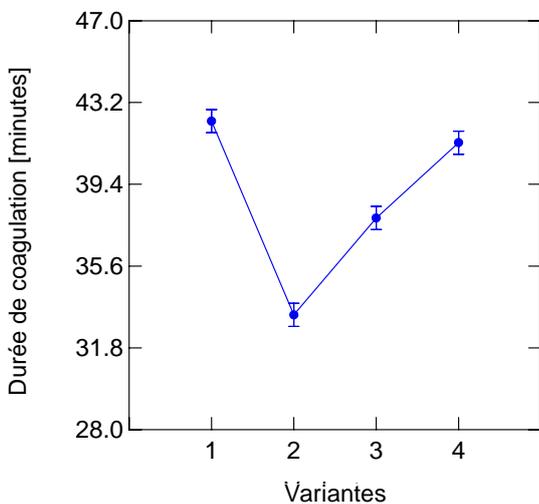
La température de coagulation influence la vitesse de coagulation et la synérèse du caillé dans le sens proportionnel et, de ce fait, la température de coagulation va influencer indirectement la consistance de la pâte (température \uparrow => teneur en eau \downarrow).

Le facteur de durcissement est une unité qui permet d'apprécier, respectivement de calculer le rapport entre point de floculation et temps de prise du caillé. Pour la production de fromage à pâte dure, on peut considérer le facteur 1,1 à 1,2 comme normal. Plus il est proche de 1 et plus la fermeté du caillé sera faible avec, comme conséquence, une tendance à l'augmentation de la teneur en eau dans le fromage et l'obtention d'une pâte plus molle et une augmentation de la teneur en MG dans le petit lait.

La technologie appliquée, respectivement le travail du lait et du caillé en cuve influence principalement la teneur en eau et, indirectement, la consistance et la structure de la pâte du fromage.

Un essai visant à compenser une aptitude à la coagulation déficiente d'un lait a été entrepris en variant les quantités de présure. Ci-après les résultats.

Graphiques 10 et 11: Influence de la quantité de présure sur le temps de coagulation et sur la teneur en eau des fromages à 5 mois



Légende: Variante 1 = contrôle : quantité de présure normale soit 10 ml/100l ; Variante 2 : + 20 % de présure; Variante 3 : + 10 % de présure ; Variante 4 : quantité de présure normale +1 ‰ LC 17

Les graphiques 10 et 11 illustrent l'effet de la quantité de présure sur la vitesse de coagulation et sur la teneur en eau des fromages. En production de Gruyère, une synérèse forte conduit à une teneur en eau plus faible.

5.6 Refroidissement et acidification sous presse

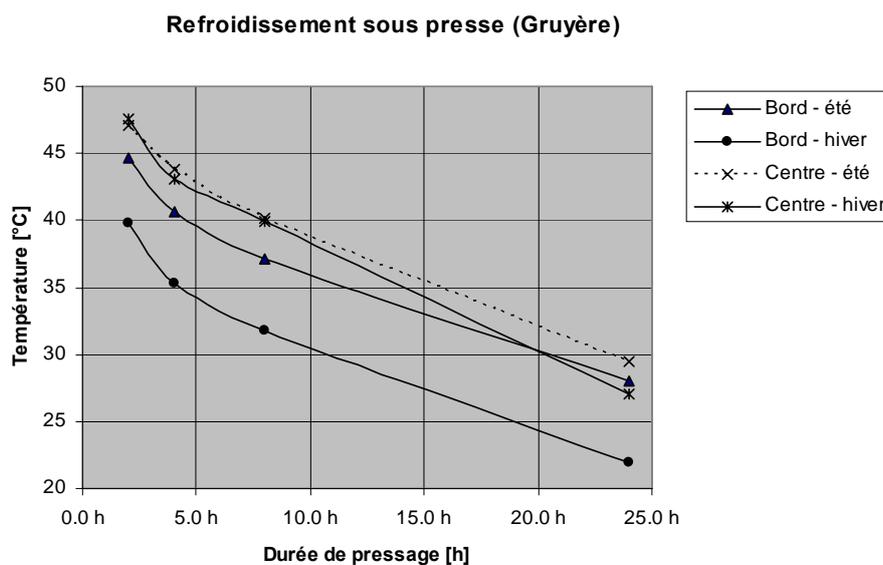
Il est connu depuis longtemps que la structure et la consistance de la pâte du Gruyère sont influencées par la vitesse d'acidification sous presse.

Une acidification initiale rapide conduira généralement à une pâte dure et cassante en raison de ses effets sur l'égouttage et la décalcification du caillé. En effet, une acidification rapide durant les 4 heures qui suivent le moulage du caillé favorise l'égouttage. Ceci conduira à l'obtention d'un fromage avec une teneur en eau basse. De plus, cette acidification provoquera une solubilisation importante du calcium lié au complexe phospho-caséinate de calcium, qui rendra la pâte plus cassante.

A l'inverse, une acidification trop lente conduira généralement à l'obtention d'une pâte trop tendre en raison d'un égouttage insuffisant, respectivement d'une teneur en eau trop élevée.

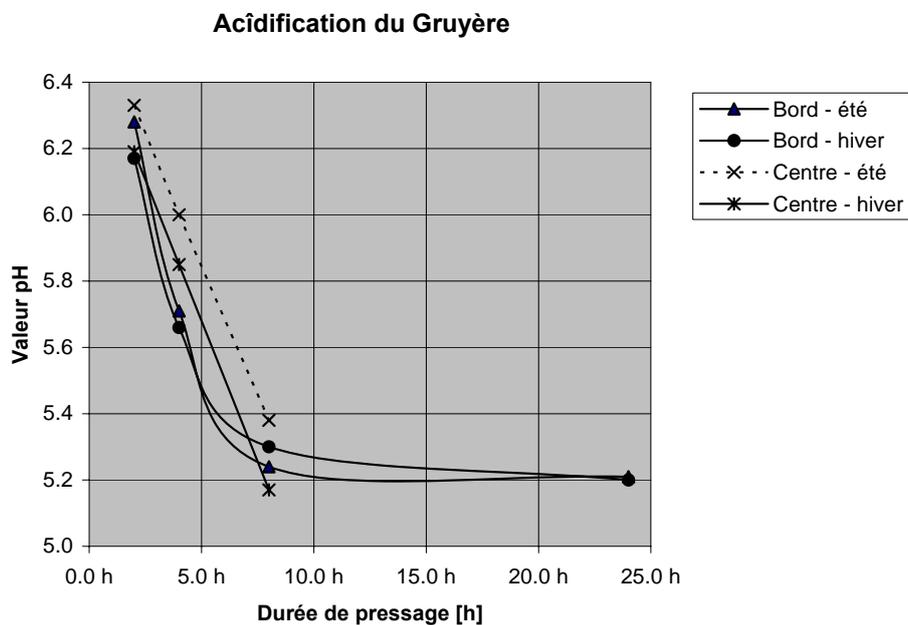
Les graphiques 8a et 8b contiennent les résultats d'une enquête réalisée dans six fromageries artisanales produisant du Gruyère.

Graphique 12a: courbes de refroidissement obtenues dans six fromageries artisanales produisant du Gruyère (moyennes)



Le graphique 12a montre que les bords du fromage se refroidissent beaucoup plus vite en hiver qu'en été alors qu'au centre, les différences sont minimales entre l'été et l'hiver durant les huit premières heures.

Graphique 12b: courbes d'acidification obtenues dans six fromageries artisanales produisant du Gruyère (moyennes)



Comme on peut le voir sur le graphique 12b, l'acidification du bord est relativement semblable au cours des saisons. Au centre, l'acidification est plus lente de manière générale et spécialement plus lente en été. Cette observation joue probablement un rôle important sur les différences saisonnières de la pâte du Gruyère.

5.7 Le salage

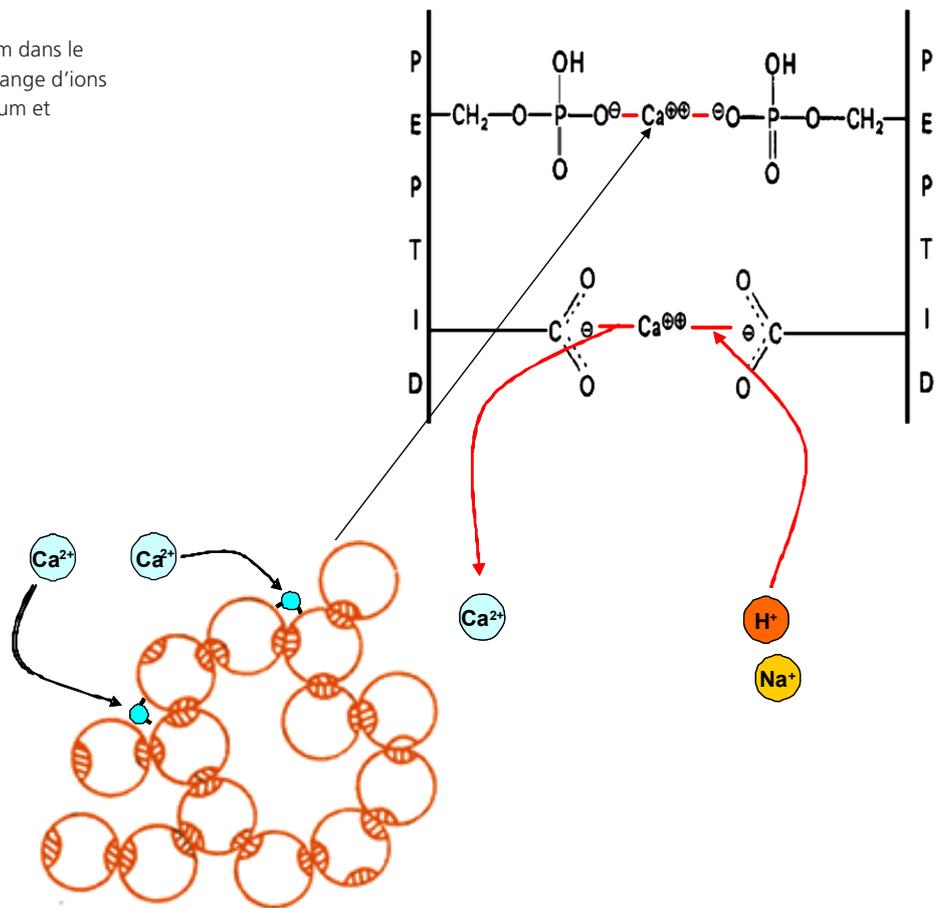
Pendant l'absorption du sel par le fromage a lieu, en plus du transport de substances par diffusion, un échange d'ions entre la caséine et la phase aqueuse. Les cations suivants jouent un rôle important dans cet échange: Ca^{++} , H^+ et Na^+ .

La structure de la caséine dans le jeune fromage se présente sous la forme d'un réseau étendu de micelles de caséine coagulées, liées entre elles par des ions calcium (Ca^{++}), eux-mêmes reliés à la caséine par les groupes phosphates négatifs qui la composent.

Les ions monovalents tels que H^+ et Na^+ peuvent contraindre les ions Ca^{++} à se libérer des groupes de phosphate de la caséine et prendre leur place (échange d'ions) sans cependant reprendre leur fonction (liaisons). Plus la concentration en ions H^+ et Na^+ est élevée, c'est-à-dire plus le pH est bas ou la teneur en sel de la saumure élevée, plus le calcium sera solubilisé hors de la matrice de caséine par échange d'ions et passera donc dans la saumure. En conséquence, la structure de la caséine se relâche, elle devient plus cassante.

Le schéma ci-après illustre le phénomène de l'échange d'ions

Graphique 13: solubilisation du calcium dans le fromage comme conséquence de l'échange d'ions (et son remplacement par les ions sodium et hydrogène)



Signification pour la pratique: les fromages avec une teneur en sel élevée présentent effectivement plus souvent des défauts de pâte comme sablonneuse, cassante ou dure.

5.8 L'affinage

Les expériences pratiques nous enseignent que les conditions d'affinage jouent un rôle très important pour la qualité du Gruyère. Des fromages issus de la même cuve, affinés dans des caves différentes, « finissent » de façon très variable à plusieurs niveaux :

- consistance et structure de la pâte
- degré de maturité
- conservabilité

La température d'affinage influence les propriétés de la pâte du Gruyère au travers de la vitesse de protéolyse de la caséine et de l'activité fermentaire dans la meule.

Une température d'affinage basse conduira à une pâte plus protéolysée en profondeur et de structure moelleuse. A l'inverse, une température d'affinage élevée favorisera une protéolyse en largeur et donnera une pâte plus élastique.

L'humidité relative des caves influence directement la perte de poids des fromages et par là, la teneur en eau du fromage, ce qui va modifier la consistance de la pâte. Plus un fromage perdra d'eau et plus sa pâte se raffermira durant l'affinage.

Les courants d'air dans les caves favorisent les pertes de poids et agissent de manière similaire à l'humidité relative sur la qualité de la pâte des fromages. Plus la vitesse de l'air d'une cave est grande et plus les fromages qui y séjournent perdront de l'eau.

La teneur en ammoniac dans les caves influence la vitesse d'affinage des fromages. Les essais effectués démontrent que plus la teneur en ammoniac dans une cave est élevée et plus la proportion d'azote non-protéique (NPN) rapportée à l'azote total (TN) augmente.

Comme la protéolyse modifie la structure de la pâte, les fromages affinés dans une cave chargée en ammoniac auront, à âge égal, une pâte plus fine et plus cassante que les mêmes fromages qui auraient été affinés dans une cave pauvre en ammoniac.

6 Conclusions

- La qualité de la pâte est en lien direct avec la qualité sensorielle du Gruyère. Le nombre de lots de Gruyère qui obtient la note idéale de 5 points à la taxation est malheureusement en régression.
- Le défaut le plus souvent cité est « pâte sablonneuse ». Les études et les expériences faites dans le domaine indiquent que la teneur en sel trop haute, la tefd trop basse et le lait issu de troupeaux en début de lactation – en cas de synchronisation des vêlages - favorisent l'apparition de ce défaut. De plus il est avéré qu'une vitesse d'acidification initiale rapide favorisait la pâte sablonneuse.
- En été, le deuxième défaut le plus souvent cité est la pâte trop fine. Comme il est très saisonnier, il est à mettre sur le compte d'un excès de matières grasses dans le fromage d'été, souvent combiné avec une teneur en eau élevée et une teneur en sel basse.
- En hiver, c'est le défaut « pâte cassante » qui arrive en deuxième position. Il est plus fréquemment constaté sur les productions d'hiver que sur celles de l'été, ce qui indique que la composition de la graisse laitière d'hiver favorise son apparition. De plus, une courbe d'acidification rapide sous presse et, notamment la déminéralisation de la pâte qui s'ensuit, favorisent l'apparition de la pâte cassante dans le Gruyère.
- Le troisième défaut le plus souvent cité est « pâte dure ». Il est beaucoup plus fréquent sur les fromages d'hiver, ce qui démontre l'influence de l'affouragement et son effet sur la composition en acides gras de la graisse laitière. En outre, c'est avant tout la composition du fromage qui est en cause. Des teneurs en eau et en graisse trop basses ainsi que des teneurs en sel trop hautes favorisent l'obtention d'une pâte trop dure.

L'amélioration de la qualité de la pâte passe par une meilleure maîtrise des éléments suivants :

- qualité du lait, notamment une bonne aptitude à la coagulation et de bonnes dispositions fermentaires
- une standardisation de la matière grasse du lait de chaudière précise
- une technologie en chaudière adaptée aux variations saisonnières
- une courbe de refroidissement et d'acidification sous presse bien conduite
- un salage précis
- des conditions d'affinage adaptées aux exigences du produit

