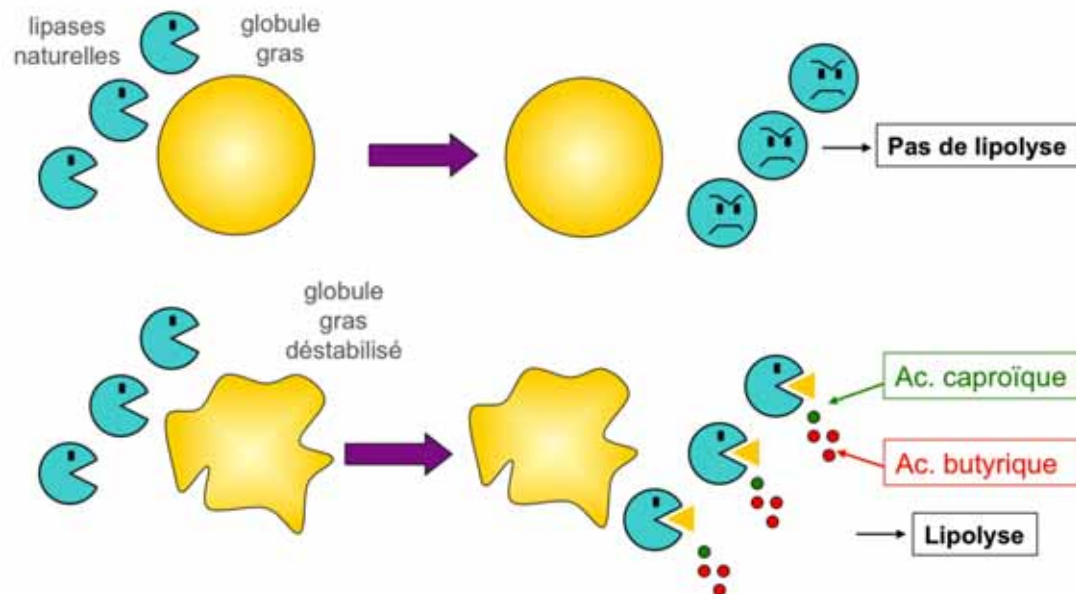




ORIGINE DU GOÛT DE RANCE DANS LE FROMAGE

Groupes de discussion

Auteurs

Daniel Goy, Ernst Jakob, John Haldemann
Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
CH-3003 Berne, john.haldemann@alp.admin.ch





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral
de l'économie DFE
Station de recherche
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

ALP fait partie de l'unité ALP-Haras

Impressum

ISSN	1661-0814 (online) / 05.05.2011
Editeur	Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP Schwarzenburgstrasse 161, CH-3003 Berne Tél. +41 (0)31 323 84 18, Fax +41 (0)31 323 82 27 info@alp.admin.ch, www.agroscope.ch
Photos	ALP
Mise en page	RMG Design, CH-1700 Fribourg
Copyright	© 2011 ALP Reproduction autorisée sous condition d'indication de la source et de l'envoi d'une épreuve à l'éditeur.

Table des matières

1	Introduction	3
2	La lipolyse	4
2.1	La lipolyse dans le lait	4
2.2	La lipolyse dans le fromage à pâte dure	4
3	Origine et propriétés des lipases	5
3.1	Les lipases natives	5
3.2	Les lipases microbiennes	5
3.3	Les lipases microbiennes des cultures	6
4	Facteurs influençant le rancissement	7
4.1	Importance du système de traite	7
4.2	Importance de la vache et de l'intervalle de traite	8
4.3	La technologie fromagère et la composition du fromage	9
5	Moyens pour évaluer les risques de rancissement du fromage	10
5.1	Test à la crème	10
5.2	Activité lipasique	10
5.3	Dénombrement des germes psychrotrophes	10
5.4	Chromatographie directe sur lait	10
5.5	Spectrométrie infrarouge	11
6	Détermination du rancissement	12
6.1	Appréciation sensorielle des meules	12
6.2	Mesure de l'acide caproïque par chromatographie en phase gazeuse	12
7	Cas pratique dans un Gruyère	13
8	Origines possibles du défaut rance	14
8.1	Production laitière	14
8.2	Fromagerie	14
9	Comment procéder pour prévenir le risque de rancissement ?	15
10	Résumé	16
11	Littérature	17
	Annexe	18

1. Introduction

Le goût de rance dans un fromage est redouté. Cette anomalie de maturation se produit souvent de manière sporadique, mais elle engendre des dommages importants. Ce défaut laisse en bouche un goût astringent, savonneux, métallique et piquant. Il provient de l'hydrolyse enzymatique de la matière grasse du lait provoquée par des enzymes, les lipases.

Si l'odeur et le goût d'un produit gênent le consommateur, celui-ci s'en détournera. C'est la raison pour laquelle les responsables de la qualité (taxateurs) sont très attentifs à ce défaut et déclassent en 3^{ème} choix (qualité non commercialisable) les fromages qualifiés de rance.

Le présent ALP forum a pour but de réactualiser les sources et les facteurs les plus importants pouvant favoriser l'apparition de ce défaut.

Il faut préciser qu'ALP effectue actuellement deux essais. Le premier pour mieux connaître l'importance de la vache (effet de la génétique et du stade de lactation) sur l'activité lipasique dans le lait; le second pour mettre en relation des analyses indicatrices du rancissement sur le lait de chaudière en rapport avec la qualité du Gruyère à l'âge de cinq mois, ceci en prenant en compte les analyses sensorielles et chimiques des fromages examinés.

2. La lipolyse

2.1 La lipolyse dans le lait

La lipolyse est une hydrolyse enzymatique de la matière grasse (triglycéride) du lait au travers de laquelle sont formés des acides gras libres ainsi que des mono- et diglycérides (figure 1). Ce processus de saponification de la matière grasse contribue à la flaveur du fromage, mais peut aussi causer un mauvais goût tel que le rancissement (rance). L'influence négative de la flaveur repose sur la libération excessive des acides gras volatils butyrique (C4) et caproïque (C6). Dans le beurre, à partir d'une concentration de 4 mg/kg (0.05 mmol/kg) d'acide butyrique, l'odeur spécifique du rance est perceptible !

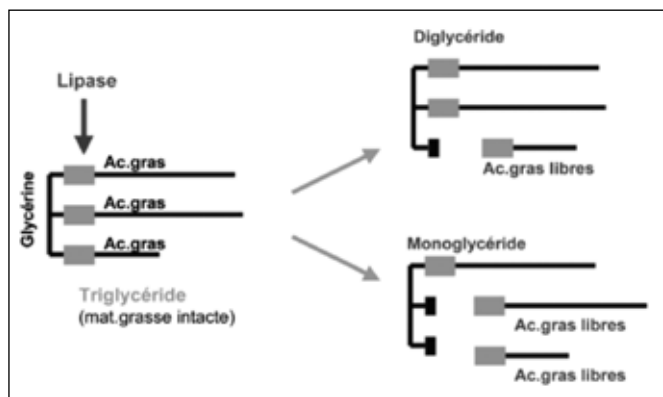


Figure 1: Représentation schématique de l'hydrolyse de la matière grasse (lipolyse)

2.2 La lipolyse dans le fromage à pâte dure

Des examens microscopiques effectués sur des fromages à pâte dure après pressage ont montré qu'une partie importante de la matière grasse se trouve à l'état libre (Lopez et al., 2006). On pourrait en conclure qu'il y a suffisamment d'acides gras libres et que l'endommagement de la matière grasse du lait ne joue aucun rôle par rapport à l'apparition du goût rance.

Cependant, cette conclusion ne concorde pas avec les résultats des essais d'ALP. En effet, ceux-ci ont montré que non seulement l'état de la graisse jouaient un rôle important, mais également l'activité lipasique.

Des essais d'ALP effectués sur des fabrications de fromages du type Gruyère confirment qu'une teneur élevée en acides gras libres dans le lait de chaudière ne donne pas nécessairement un goût de rance au fromage (voir chapitre 7). L'acide butyrique, qui produit un arôme désagréable, est très soluble dans l'eau et reste dans le lactosérum, il est donc difficilement détectable dans le fromage jeune. Par contre, des quantités moins importantes d'acide caproïque (C6) (rapport C4:C6 dans la matière grasse du lait $\approx$ 3:1) peuvent être mesurées dans un jeune fromage, l'acide caproïque étant moins soluble dans l'eau que l'acide butyrique. L'acide caproïque devient sensoriellement perceptible et donne une flaveur désagréable à partir d'environ 0,2 mmol/kg.

Pour les fromages à pâte dure, le point important est la libération d'acides gras au cours de l'affinage.

Des études ont également montré que l'activité de la lipase dans le fromage à pâte dure à 24 heures est généralement très faible. Il y a deux raisons à cela :

- Le traitement thermique : le couple temps-température ($>50^\circ\text{C}$) infligé au caillé lors de la fabrication et sous presse inactive une grande partie des lipases du lait.
- Le pH : les lipases ne sont pas détruites, mais elles sont peu actives à un pH voisin de 5,20 à 24 h (pH optimum = 8,5).

Cependant, au cours de la maturation, la lipolyse est à nouveau activée en raison de l'augmentation du pH. De ce fait, la durée de maturation est un facteur déterminant : même une faible activité de la lipase peut avoir un effet négatif sur le goût lors d'une longue période d'affinage.

Avec un pH élevé ($\text{pH} > 6,5$), l'odeur de rance est moins bien perceptible sensoriellement, car les acides gras libres se lient à des sels et deviennent non-volatils. Cela se confirme avec les fromages bleus, malgré une activité intense des lipases et une teneur en n-caproïque avoisinant les 5 mmol/kg (Gruyère 6 mois : 0.1-0.2 mmol/kg), le goût de ce fromage n'est pas perçu comme rance.

Conclusion

La lipolyse dans le fromage ne dépend pas seulement des acides gras libres, mais aussi de l'activité de la lipase résiduelle, de la durée d'affinage et du gradient de pH.

3. Origine et propriétés des lipases

3.1 Les lipases natives

L'activité de la lipase dans le lait frais (lipase native) est en grande partie -voire entièrement- due à la présence de la lipoprotéine lipase (LPL). La LPL est présente dans les tissus qui utilisent les acides gras des triglycérides sanguins (tissus adipeux, musculaires, mammaires...). Cette enzyme permet le prélèvement des lipides sanguins par les cellules mammaires. Normalement, l'activité de la lipase dans le lait cru frais n'est pas assez élevée pour produire une hydrolyse de la matière grasse du lait. Dans des conditions normales, la membrane du globule gras empêche la lipase de rentrer en contact avec les globules gras et de les découper. Ce n'est que lors d'une lésion mécanique de la membrane des globules gras que la lipolyse est initiée. Les chocs thermiques peuvent également fissurer la membrane des globules gras (comme par exemple un brusque refroidissement à une température inférieure à 5 °C juste après la traite).

Dans le lait frais, la LPL est principalement liée aux micelles de caséine. En fonction des variations de température, la lipase peut migrer vers les membranes des globules gras. Un brusque réchauffement de la température à environ 20 °C favorise également la friabilité de la membrane des globules gras.

La lipase native du lait provient du tissu de l'animal. Son activité dans le lait est influencée par l'intervalle de traite, l'alimentation, le stade de lactation et la santé de la mamelle. A l'intérieur d'un troupeau, on trouve des vaches avec des sensibilités très différentes. La lipase native est présente en plus grande quantité dans les derniers jets de la traite. Mais la lipase native est thermosensible (voir tableau 1).

3.2 Les lipases microbiennes

Les lipases microbiennes proviennent essentiellement des germes psychrotrophes. Certaines lipases produites par les pseudomonas, diverses entérobactéries, des bacilles et des levures sont fortement lipolytiques. Dans le lait, l'action des lipases microbiennes sur la matière grasse est d'autant plus marquée que la membrane cellulaire a été endommagée. Ces germes forment généralement peu d'acidité et montrent une réaction souvent faible au test de réductase. En raison de leur stabilité à la chaleur (voir tableau 1), les lipases microbiennes représentent un risque non négligeable dans la fabrication de fromages à pâte dure.

Les mesures les plus importantes pour minimiser la contamination du lait par des lipases microbiennes sont :

- Nettoyage et désinfection de la machine à traire, des tuyaux, des pompes, des boilles et des tanks;
- Nettoyage et désinfection des surfaces de contact avec le lait;
- Entretien régulier (points critiques de l'équipement, vérification des joints...);
- Refroidissement rapide du lait après la traite à des températures < 10° C (13 °C Gruyère) si le lait doit être stocké (lait du soir par exemple).

	Lipoprotéine-lipase (Lipase originaire du lait)	Lipases microbiennes
Température optimale	33°C	40 - 50°C
pH optimal	pH 8.5	pH 7 – 9
Résistance à la chaleur	Faible activité résiduelle après 72°C/15 s Désactivé après 85°C/10 s	Activité résiduelle même à 135°C
Activation de l'enzyme	certaines composants du sang	2 -7 % NaCl / 100g d' eau (Lc cremoris, Str. thermophilus)
Inhibition de l'enzyme	- Par protéose-peptones (produits lors de la dégradation de la caséine β par la plasmine) - Par les acides gras à longues chaînes	

Tableau 1: Propriétés des lipases

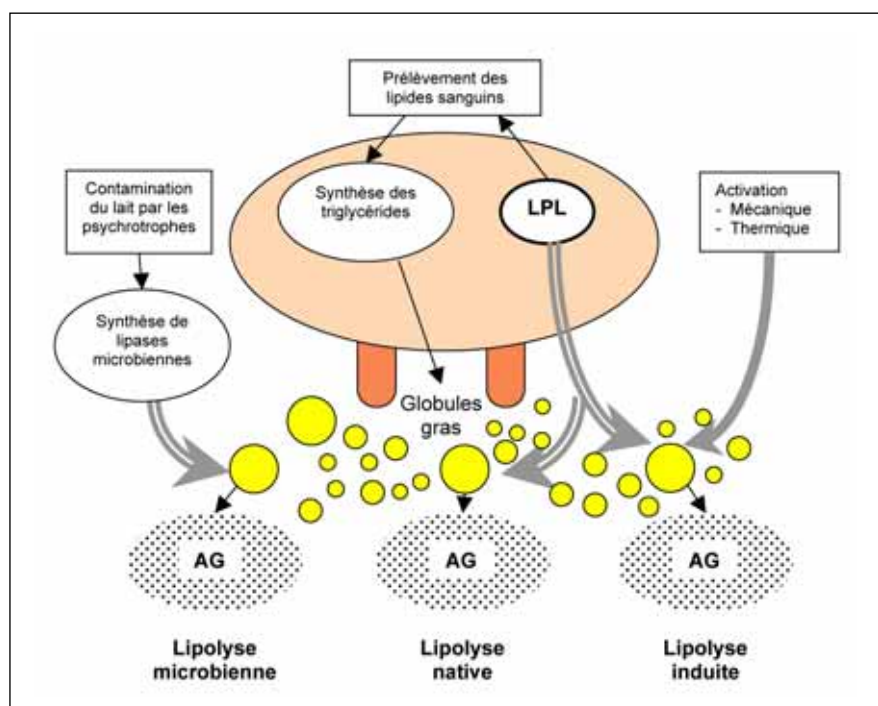


Figure 2: Schéma des trois sources de la lipolyse

3.3 Les lipases microbiennes des cultures

Les bactéries lactiques employées lors de la fabrication du fromage montrent une activité lipasique très faible, mais elles contribuent à la lipolyse dans les fromages affinés à pâte dure et mi-dure. Malgré le fait que les bactéries propioniques (Emmentaler) sont 10 à 100 fois plus lipolytiques que les bactéries lactiques, leur contribution à la lipolyse reste quand même modeste.

Les microorganismes les plus lipolytiques sont les moisissures (*P. roqueforti*, *P. candidum* et *Geotrichum candidum*). Il faut cependant bien signaler que la croissance de *Geotrichum* à la surface du Gruyère n'a aucune influence sur la lipolyse à l'intérieur du fromage, du fait que les enzymes ne peuvent pas pénétrer dans la pâte.

4. Facteurs influençant le rancissement

4.1 Importance du système de traite

ALP a étudié l'importance du système de traite sur la fromageabilité du lait pour la fabrication du Gruyère AOC. Trois systèmes de traite ont été comparés soit les traites aux robots, en salles de traite et en traites directes. Huit critères ont été analysés, dont deux en relation directe avec le défaut du rancissement.

Le nombre de germes lipolytiques était significativement plus élevé dans le lait des traites directes (tableau 2). Ceci peut être dû à la difficulté d'obtenir une bonne efficacité de nettoyage et de désinfection en raison de la longueur des lactoducs, du nombre élevé de raccords et de joints d'étanchéité. Les laits des deux autres systèmes donnent des résultats semblables.

	Robots (RO)	Salles de traite (ST)	Traites directes (TD)
Nombre	65	72	58
Moyenne [log cfu/g]	2.80	2.71	3.18
Ecart type [log cfu/g]	0.86	0.77	0.95
Différence	** B	** B	** A

Tableau 2: Résultats du dénombrement des germes lipolytiques

Les germes lipolytiques sont indésirables dans le lait de fromagerie en raison de leur fort potentiel de produire des lipases microbiennes. Ces lipases sont thermorésistantes et susceptibles de rancir la matière grasse du lait.

	Robots (RO)	Salles de traite (ST)	Traites directes (TD)
Nombre	65	72	58
Moyenne [log cfu/g]	4.08	0.90	2.23
Ecart type [log cfu/g]	3.12	1.41	2.23
Différence	*** A	*** C	*** B

Tableau 3: Résultats de l'acide butyrique des 3 systèmes de traite

Le graphique (figure 3) montre l'influence du système de traite sur la lipolyse dans le lait. Plus le trajet du lait est complexe, plus le risque de détérioration de la matière grasse est important. Le lait de robot donne des résultats significativement plus élevés que le lait des traites directes, mais celui-ci donne des résultats plus élevés que le lait des salles de traite.

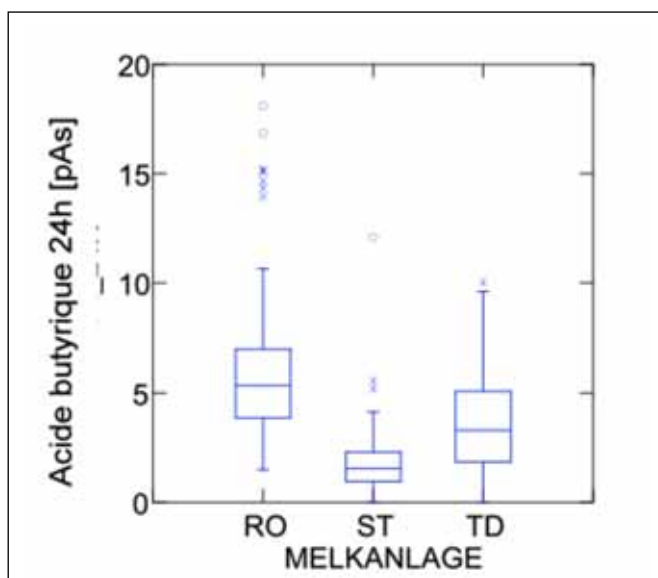


Figure 3 : Comparaison des différents systèmes de traite par rapport à l'acide butyrique

4.2 Importance de la vache et de l'intervalle de traite

On sait depuis longtemps que la lipolyse est dépendante des intervalles de traite. Lors d'une étude suédoise (Wiking, 2005), la moitié de la mamelle des vaches a été traitée deux fois par jour et l'autre moitié quatre fois par jour. Il en est résulté une augmentation d'environ 30 % des valeurs en acides gras libres des laits obtenus sur les deux quartiers, traités quatre fois durant la journée.

ALP a réalisé un essai dans une exploitation avec un robot de traite. Elle a examiné l'activité lipolytique d'environ 100 vaches. Les intervalles de traite s'étaient entre 3h40 min et 25 heures. En fait, les vaches pouvaient passer librement aux robots. En général, le lait des vaches traitées avec un intervalle de traite inférieur à 7 heures présentait des valeurs en acides butyriques élevées. Lors d'un deuxième essai, les vaches reconnues comme robustes ont été traitées avec un intervalle de traite maximum de 7h30, alors que les vaches sensibles ont été traitées une fois avec un intervalle de traite de 5h et une fois avec un intervalle de traite de 11h.

La figure 4 montre que la lipolyse dans le lait des vaches robustes est très faible, malgré les intervalles de traite inférieurs à 7h30. En revanche, les vaches sensibles ont montré une dépendance très forte à la lipolyse en prenant en compte le facteur « intervalles de traite ». ALP propose, lorsque le lait est transformé en fromage au lait cru, que les intervalles de traite soient supérieurs à 7h30 (idéalement >9 h) dans les systèmes de traite automatisés (robot de traite).

Lors de l'étude précitée réalisée en Suède (Wiking, 2005), on a conclu que la lipolyse dans le lait est liée à la taille des globules gras. Les gros globules gras sont moins stables et montrent une lipolyse plus forte même lorsque le lait n'a pas été soumis à des influences mécaniques comme des pompages. Wiking a également pu démontrer que la taille des globules gras est dépendante de l'animal et de la race et qu'elle augmente lorsque les intervalles de traite sont courts.

L'étude d'ALP sur un robot de traite montre qu'il n'y a pas d'augmentation significative de l'activité lipasique pour des vaches sensibles à la lipolyse lorsque l'intervalle de traite est court. Par contre, la scission des globules gras est nettement plus importante (tableau 4). L'activité lipasique est différente selon le type de vaches et les vaches sensibles montrent une activité lipasique deux fois plus élevée que les vaches robustes.

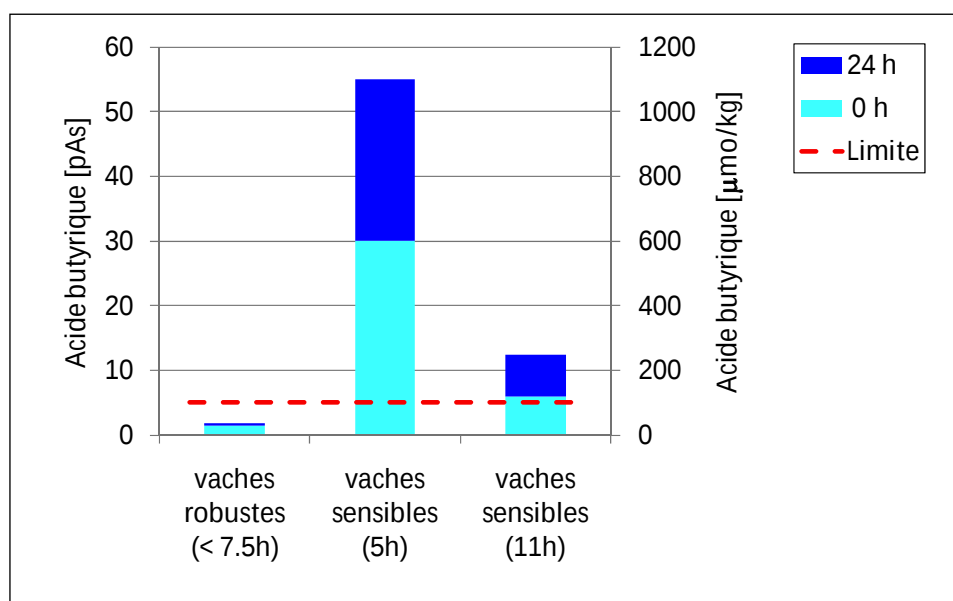


Figure 4 : Lipolyse dans le lait de vaches robustes et de vaches sensibles en relation avec l'intervalle de traite. Valeurs en acide butyrique [pAs] dans le lait frais (0h) et augmentation durant les premières 24 heures.

groupe	activité lipasique [UI/L]	acide butyrique libre [μmol/L]
contrôle (vaches „robustes“) intervalle de traite < 7.5 h)	73 ^a	24 ^a
vaches sensibles intervalle de traite 5h	156 ^{b *}	461 ^{b ****}
vaches sensibles intervalle de traite 11h	131 ^{ab}	85 ^a

* significativement différent au niveau P=5%

**** significativement différent au niveau P=0.01%

Tableau 4: Influence de la vache et de l'intervalle de traite sur l'activité lipasique et la lipolyse dans le lait (traite au robot)

Le lait récolté lors de l'essai ci-dessus a été transformé en fromage (type Gruyère). La lipolyse a été analysée dans les différents fromages durant la maturation. Les résultats sont présentés dans la figure 5.

Conclusions :

- Les vaches « sensibles » montrent une activité lipasique nettement plus forte que les vaches « robustes ».
- Le lait des vaches « sensibles » dont l'intervalle de traite est supérieur à 9h n'a pas d'effet négatif sur la qualité du fromage pour autant qu'il soit ménagé.
- Le lait de vaches « sensibles » dont l'intervalle de traite est court (5h) a un effet négatif net sur la qualité du fromage.
- Selon Wiking, un intervalle de traite court augmente surtout la grosseur des globules gras, ce qui les rend plus sensibles aux effets mécaniques. L'état de la graisse du lait joue un rôle important sur la formation du goût de rance. Notre essai (figure 5) montre que les deux facteurs, l'activité lipasique et l'état des globules, sont déterminants.

4.3 La technologie fromagère et la composition du fromage

Des tests pratiques nous ont montré que le cuivre de la chaudière à fromage ou un apport de sulfate de cuivre abaisse (interdit dans la pratique !) les valeurs en acides butyrique et caproïque d'environ 20 %.

En comparant les appréciations sensorielles et les valeurs chimiques du fromage, on constate que le sel et les sous-produits de la fermentation propionique (présence élevée d'acide propionique) masquent le goût de rance.

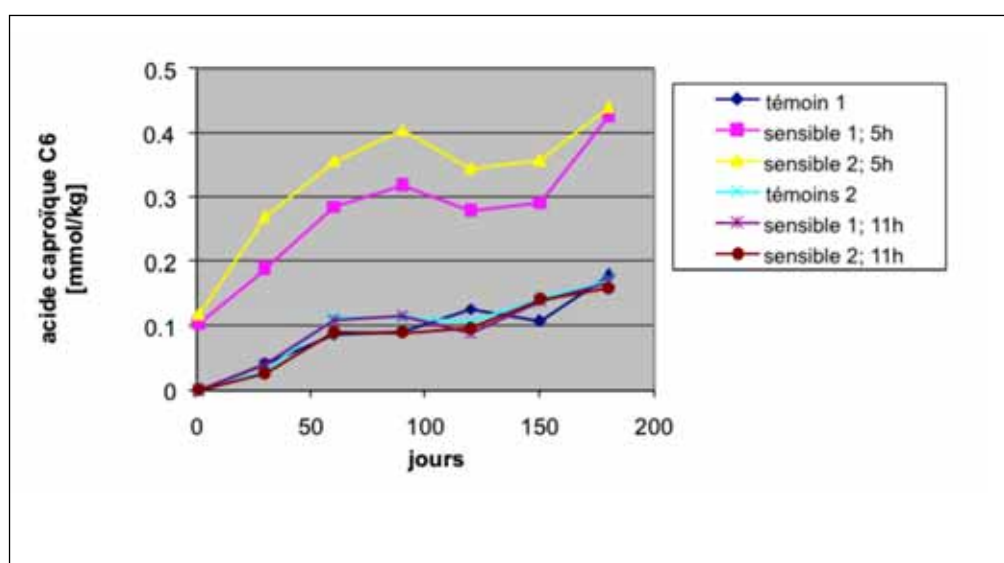


Figure 5 : Lipolyse dans des fromages fabriqués à partir de lait de vaches robustes et de vaches sensibles en relation avec l'intervalle de traite.

5. Moyens pour évaluer les risques de rancissement du fromage

Dans le commerce, plusieurs analyses sont proposées pour la recherche de l'activité des lipases. Actuellement, aucune ne permet de mesurer toutes les lipases présentes dans le lait. Chacune nous informe sur un type d'activité. Elles sont décrites ci-dessous.

5.1 Test à la crème

Ce test simple permet de détecter des défauts tels que goût rance, mur-étouffé, odeur d'étable ou de fourrage. Il est pratique et nécessite peu de moyens ; il permet d'informer directement les producteurs livrant un lait douteux.

Mode opératoire

- prélever les échantillons dans des béchers ou des verres à yogourt (1 à 2 dl).
- placer les échantillons durant 12 heures à la température ambiante (~ 20 °C à l'abri de la lumière et des odeurs).
- apprécier l'odeur et le goût de la crème qui s'est formée sur les échantillons (analyse sensorielle).
--> la crème doit avoir une odeur et un goût pur et franc.
- interprétation des résultats.

Les échantillons qui présentent des défauts d'odeur et de goût nettement perceptibles peuvent compromettre la qualité des fromages.

5.2 Activité lipasique

Cette analyse est effectuée à partir d'un test du commerce (Merck AG, Darmstadt). L'expérience montre que les résultats de l'activité lipasique obtenus avec ce test n'ont aucune corrélation avec les valeurs mesurées par chromatographie. Ce test n'est pas recommandé pour les analyses de routine des fromageries.

5.3 Dénombrement des germes psychrotrophes

Le dénombrement des colonies se fait avec le milieu Standard-Agar avec 0,1 % de lait écrémé en poudre après 10 jours d'incubation à 6,5 °C. Un dénombrement plus spécifique des pseudomonas peut également s'effectuer sur un milieu approprié. Le nombre de germes psychrotrophes doit être inférieur à 3'000 ufc/ml dans un lait de producteur et inférieur à 5'000 ufc/ml dans un lait de chaudière.

Selon quelques informations tirées des dernières expériences enregistrées dans le domaine du rancissement, un lait de producteur doit contenir < de 50 ufc/ml de germes pseudomonas. L'eau entrant directement (emprésurage, dé lactosage) ou indirectement avec le lait (eau de rinçage par exemple) ne devrait pas en contenir. La pratique nous

a cependant montré que de l'eau de source privée en contenait quelquefois plus de 150 ufc/ml.

Durant le stockage du lait du soir en chaudière à environ 16 °C, les germes psychrotrophes se développent particulièrement bien. On peut évaluer un développement de 6 à 8 générations durant les 11 heures de stockage à environ 16 °C soit :

Exemple

Lait de chaudière du soir 1:		
le soir	150 ufc/ml	
-> le lendemain matin		9'600 ufc/ml
Lait de chaudière du soir 2:		
le soir	3500 ufc/ml	
-> le lendemain matin		225'000 ufc/ml

5.4 Chromatographie directe sur lait

On mesure la quantité d'acide butyrique présente à 0 heure et à 24 heures et on calcule l'augmentation en 24 heures. ALP dispose de valeurs de tolérance et de valeurs de référence (voir tableau 4 et 5).

	acide butyrique libre [µmol/kg]		
	0 heure	24 heures	augmentation
Valeur de tolérance	70	105	26
Valeur médiane*	50	65	15

*Valeur provenant de la médiane de plus de 600 analyses

Tableau 5: Valeurs limite pour l'acide butyrique dans le lait de producteur

	acide butyrique libre [µmol/kg]		
	0 heure	24 heures	augmentation
Valeur de tolérance	61	75	18
Valeur médiane*	43	52	9

*Valeur provenant de la médiane de plus de 350 analyses

Tableau 6: Valeurs limites pour l'acide butyrique dans le lait de chaudière

Actuellement, cette double analyse (0 et 24 heures) est effectuée seulement par ALP. Pour la réaliser, une quantité de 10 ml de lait suffit. Attention, pour une bonne interprétation des résultats, il est impératif de congeler immédiatement l'échantillon et d'assurer le suivi de la congélation jusqu'à l'analyse.

5.5 Spectrométrie infrarouge

Les nouveaux appareils Combifoss FC permettent de quantifier la teneur en acides gras libres dans le lait en parallèle avec la teneur en matière grasse, protéine, caséine et lactose. Cette méthode par spectrométrie infrarouge est utilisée dans le laboratoire du contrôle du lait (CL) de Suisse-lab à Zollikofen. Un des appareils Combifoss de Suisselab est équipé du module « acides gras libres ».

Actuellement, la méthode n'est pas encore opérationnelle. L'objectif est de l'introduire en 2011. Cependant, avant sa mise à disposition pour la pratique, il est encore nécessaire de clarifier le mode d'échantillonnage et l'interprétation des résultats. Le coût de cette analyse sera bien inférieur au coût de la méthode par chromatographie.



Figure 6: Analyse du lait par spectrométrie infrarouge (appareil Combifoss FC) chez Suisselab, Zollikofen BE

6. Détermination du rancissement

6.1 Appréciation sensorielle des meules

La saveur désagréable est facilement détectable. Ce défaut dégage un goût piquant, brûlant, métallique, savonneux et piquant au fond de la bouche. Ce goût est persistant. L'appréciation sensorielle permet de détecter ce défaut sur les fromages à pâte dure dès l'âge de 4 mois environ. A cet âge, le défaut est souvent peu marqué et doit être confirmé par 3 personnes. En mûrissant, ce goût désagréable devient dominant, remplit totalement la bouche et devient très persistant. Les fromages douteux doivent être rapidement commercialisés.

6.2 Mesure de l'acide caproïque par chromatographie en phase gazeuse

ALP fait couramment cette analyse. Elle mesure tous les acides carboxyliques volatils libérés durant l'affinage du fromage. Le tableau ci-dessous montre quelques valeurs limites.

	Âge	Acide butyrique [mmol/kg]	Acide caproïque [mmol/kg]
Emmentaler	4 mois	< 1.5	< 0.3
Gruyère	4 mois	< 1.5	< 0.3
Raclette past		< 1.0	< 0.2
Sbrinz	18 mois	< 1.5	< 0.3
Berner Alpkäse	13 mois	2.0 – 3.0	0.5 – 0.8
Fromage bleu		15.0	5.0

Tableau 7: Valeurs limites d'acides butyrique et caproïque dans différentes sortes de fromage

Le rancissement peut se **confirmer** par une présence d'acide caproïque supérieure à 0,2 mmol par kg (selon sorte de fromage). La lipase produit également de l'acide butyrique. La part d'acide butyrique produite par la lipolyse peut être estimée à partir de la quantité d'acide n-caproïque présente. En effet, la graisse de lait contient de l'acide butyrique et caproïque en proportion molaire de 2 :1. Dans un fromage rance, cette proportion avoisine 3 :1 car il semble que l'acide butyrique soit libéré plus facilement que les autres acides gras.

La quantité d'acide butyrique volatile présente dans le fromage est le résultat approximatif de l'équation suivante :

C4 fermentaire = nC4 – (3 x nC6)

Dans le tableau 8, le fromage âgé de 8 mois avec 0,3 mmol/kg n'est pas rance. En cours d'affinage, il est normal que les valeurs en acide caproïque augmentent. La valeur limite de 0,2 mmol/kg est pour un fromage âgé d'environ 5 mois. Le fromage âgé de 6,5 mois est fortement rance.

Age [Mois]		4.0	8.0	6.5	3	3.4
Acide gras volatils totaux		13.3	32.5	23.7	29.2	12.1
Acide formique	C1	1.6	1.9	2.0	0.6	0.5
Acide acétique	C2	9.5	25.4	13.9	6.9	6.7
Acide propionique	C3	0.7	1.4	1.4	2.6	0.7
Acide butyrique	nC4	0.8	1.7	4.6	18.8	3.1
Acide caproïque	nC6	0.2	0.3	1.3	0.1	0.8
Acide butyrique fermentaire	C4 ferm.	0.2	0.2	0.7	18.5	0.6
Interprétation		N	N	R	FB	R

Légende:
N = bonne qualité R = fromages rance FB = fromages avec fermentation butyrique

Tableau 8: Chromatographie en phase gazeuse (GC) de différents fromages

7. Cas pratique dans un Gruyère

L'analyse chromatographique d'un lait de chaudière a donné des résultats hors normes (tableau 9). Ce lait a été transformé en Gruyère. Durant sa maturation, il a été analysé chaque mois au niveau de sa teneur en acide caproïque. L'évolution imagée par la figure 7 montre l'augmentation de l'acide caproïque durant l'affinage du fromage. Malgré une teneur en acide caproïque supérieur à 0.3 mmol/kg après le 5e mois d'affinage, ce fromage n'a pas été identifié comme rance et a pu être commercialisé normalement. Dans un Gruyère, d'autres facteurs tels que le pH, l'acide propionique et la teneur en sel peuvent masquer le goût de rance.

	acide butyrique [$\mu\text{mol/kg}$]			acide caproïque [$\mu\text{mol/kg}$]		
	0 heure	24 heures	augmentation	0 heure	24 heures	augmentation
CH 1	89	107	18	26	33	7
Valeurs de tolérance	61	75	18	20	24	9

Tableau 9: Résultat de la chromatographie d'un lait de chaudière

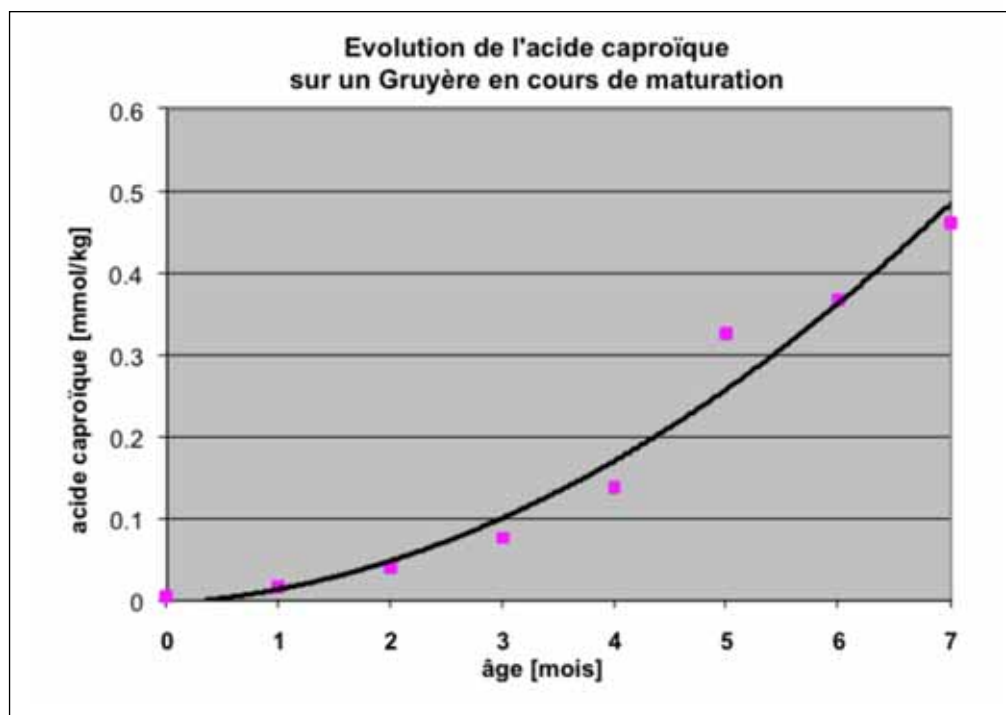


Figure 7: Evolution de la teneur en acide caproïque durant la maturation d'un Gruyère

8. Origines possibles du défaut rance

8.1 Production laitière

Les sources du défaut sont nombreuses. En cas d'incident, il est souhaitable de vérifier tous les facteurs pouvant favoriser ce défaut.

- Vache : présentant des troubles hormonaux, ayant une période de lactation supérieure à 14 mois ou souffrant de mammites.
- Installations de traite : sous dimensionnées, mal réglées, qui injectent trop d'air dans le lait (formation de mousse). Exemple : une installation de traite directe prévue pour l'utilisation de 3 agrégats de traite avec des vaches produisant environ 5'000 kg par périodes de lactation. Quelques années plus tard, cette même installation doit contenir le lait provenant de 6 agrégats avec des vaches produisant plus de 9'000 l de lait par période de lactation. Une telle quantité de lait trait dans un laps de temps court provoque un matraquage du lait !
- Transformation non respectueuse des normes professionnelles d'une installation de traite.
- Retour de l'eau de condensat de la conduite à vide dans le circuit « lait ». Chaque point bas de la conduite à air doit disposer d'une purge, celle-ci doit être ouverte après chaque utilisation de la machine à traire.
- Conduite à lait comprenant des angles droits.
- Technique de traite inadaptée (appels d'air).
- Intervalle de traite trop court. L'intervalle de traite idéal se situe aux environs de 11 heures. Même avec un robot produisant du lait transformé en fromage, cet intervalle ne doit pas être inférieur à 7h30 (idéal >9h). La fréquence ne devrait pas être supérieure à 2,2 traites/jour.
- Pompes à lait défectueuses, pas étanches (présence de mousse).
- Hauteur de chute du lait dans le tank à lait trop importante.
- Installation de refroidissement inadaptée ou mal utilisée (agitation trop violente ou un refroidissement à détente directe mis en route avant l'arrivée du lait provoque une congélation partielle du lait).
- Présence cachée de germes psychrotrophes très lipolytiques comme des pseudomonas.
- Emploi d'une éponge pour pousser le lait ou sécher les conduites. L'emploi de l'éponge est interdit aussi bien pour pousser le lait que pour sécher les conduites à la fin du nettoyage. Ces éponges même nettoyées contiennent énormément de germes.

8.2 Fromagerie

- Pompage avec une distance trop longue.
- Pompage inadapté pour récupérer quelques ml de lait.
- Pression d'air trop élevée pour pousser le lait. Attention, certaines personnes augmentent la pression d'air pour raccourcir le temps de vidange du tank à lait !
- Etat de propreté et d'usure des agrégats de purification d'air.
- Pompes à lait défectueuses ou qui tournent à vide.
- Tuyau souple fissuré à l'intérieur.
- Conduites à lait présentant des diamètres variables, des soudures mal faites, des raccords mal serrés, des joints défectueux, des réducteurs de débits.
- Centrifugation du lait froid.
- Lait de report.

9. Comment procéder pour prévenir le risque de rancissement ?

Informez vos producteurs lors d'une séance ou lors d'une inspection d'étable. Les conseillers en fromagerie et de traite sont à votre disposition pour vous fournir un support ou participer à une inspection d'étables.

Rappelez à vos producteurs que l'emploi d'une éponge est interdit aussi bien pour pousser le lait que pour sécher les conduites à lait.

Remédier aux déviations constatées tels que des pompes plus étanches, des tuyaux souples en mauvais état, un barbotage du lait lors du pompage, un refroidissement du lait inapproprié ou insuffisant.

Prélever et examiner ponctuellement les laits de producteurs au travers du test à la crème.

Prélever des échantillons par étapes à la fromagerie pour le test à la crème ou une chromatographie sur lait.

Prélever des échantillons pour effectuer la recherche de germes psychrotrophes et une chromatographie sur lait. Congeler systématiquement des échantillons des laits de producteurs et de chaudière. Attention: les échantillons doivent être mis au congélateur dans un délai maximum de 2 heures après le prélèvement.

Pour une bonne interprétation des résultats, la chaîne du froid (min -18 °C) doit être garantie jusqu'à l'analyse. Après décongélation, l'analyse doit s'effectuer dans les 120 min.

Comment agir en cas de problème?

Contactez votre conseiller. Il choisira en accord avec vous une procédure adéquate.

10. Résumé

Mesures visant à minimiser le risque du rancissement du fromage :

Au niveau de la production laitière

- Assurer une alimentation équilibrée aux vaches laitières.
- Proscrire l'alimentation riche en protéines et en acides gras saturés.
- Éviter des intervalles de traite inférieurs à 7h30.
- Éliminer le lait de vaches positives au test de Schalm et produisant moins de 3 litres par jour.
- Interdire l'emploi de l'éponge en fin de traite et pour sécher les conduites après lavage.
- Refroidir le lait le plus rapidement possible après la traite à une température inférieure à 10 °C.
- Surveiller l'efficacité du nettoyage de la machine à traire et de toute la vaisselle de traite.
- Contrôler la qualité de l'eau de rinçage.

Au niveau de la fromagerie

- Refroidir rapidement le lait du soir afin de minimiser la croissance des bactéries (les germes psychrotrophes sont très lipolytiques).
- Centrifuger le lait du matin à une température supérieure à 25 °C.
- Analyser régulièrement les AGL des fournisseurs dans le lait (Suisselab Zollikofen ; dès que disponible).
- Vérifier régulièrement le fonctionnement et l'efficacité du nettoyage de la centrifugeuse.

11. Littérature

Lopez C, Maillard M-B, Briard-Bion V, Camier B, and Hannon JA. 2006. Lipolysis during Ripening of Emmental Cheese Considering Organization of Fat and Preferential Localization of Bacteria. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, 54 (16), pp 5855–5867

Wiking L. 2005. Milk Fat Globule Stability – Lipolysis with Special Reference to Automatic Milking Systems. Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala

Dubois K. 2003. La lipase dans le lait de vache. Dissertation 2003, Katholieke Hogeschool Kempen, Belgique

Annexe

Instruction de travail pour le prélèvement d'échantillons de laits de producteurs et de chaudière

1. But

Traçabilité de la provenance de lait à qualité fromagère insuffisante (ex. : lait contenant des substances inhibitrices, lait avec une activité lipasique trop importante, contamination en sporulés anaérobies, contamination en bactéries propioniques).

2. Principe

Il est recommandé de prélever des échantillons de lait des producteurs et de les congeler jusqu'à la taxation des fromages ou selon les directives du contrat d'achat. En cas de défaut de fermentation ou d'autres défauts, les échantillons sont analysés au laboratoire afin de mettre en évidence les causes, respectivement les sources de contamination.

3. Matériel

- Doseur de 10 ml
- Tubes en plastique de 10 ml avec bouchon
- Support adapté pour les tubes
- Étui en plastique pour les tubes ou sac plastique (à mettre sous vide)
- Marqueur indélébile (résistant à l'eau)
- Congélateur ($\leq -18^{\circ}\text{C}$)

4. Prélèvement des échantillons

- Identifier chaque tube, au moyen d'un marqueur indélébile, avec le numéro du producteur de lait.
- Lors de chaque réception du lait, un échantillon de 10 ml de lait est prélevé, dans la seille ou le tank de pesage, puis versé dans le tube correspondant au numéro de producteur.
- En cas de réception du lait une fois par jour, prélever 20 ml de lait par réception.
- Le doseur est rincé à l'eau entre chaque producteur de lait.
- A la fin de la réception, les tubes sont rassemblés dans un étui ou dans un sac en plastique (la mise sous vide d'air du sac en plastique diminue l'espace occupé dans le congélateur).
- Ceux-ci sont identifiés avec la date de la traite correspondante et placés au congélateur à -18°C le plus rapidement possible (maximum 2h après le premier prélèvement).

5. Analyses

Les échantillons peuvent être utilisés lorsqu'un défaut constaté dans le fromage peut mettre en cause la qualité du lait de producteur. Après avoir identifié le défaut du fromage (pH, GC, analyse sensorielle,...), le type d'analyse et la manutention des échantillons sont définis. Les échantillons doivent être acheminés au laboratoire sous forme congelée ou à l'état frais directement après la traite du matin. Le laboratoire peut éventuellement mélanger les échantillons de plusieurs traites d'un même producteur de lait.

