

# Le rendement fromager

## Comprendre et améliorer

La valorisation du lait par les fromagers fermiers passe par la production de produits de qualité mais aussi par une optimisation de la quantité de fromage produite à partir du lait. L'amélioration du rendement est, ou devrait donc être une préoccupation quotidienne des fromagers. En effet, la perte de quelques grammes de fromage par jour peut sembler insignifiante sur la production journalière. Mais rapportées à l'année et sur l'ensemble des fromages, les pertes économiques peuvent vite prendre une plus grande ampleur.

Le but de cette fiche est de présenter et d'expliquer les points à améliorer au niveau de la ferme et de la fromagerie pour augmenter le rendement des **fromages lactiques**.

## Rappel sur la composition du lait

Pour bien comprendre les phénomènes qui influencent le rendement, il est au préalable nécessaire de faire un rappel sur la structure du lait. Le lait frais contient des protéines sous forme soluble (qui seront éliminées avec le lactosérum (= petit lait)) et des protéines non solubles : les caséines. Ces caséines sont liées entre elles par un « ciment » de liaisons phospho-calciques, pour former des micelles.

## Calcul du rendement

Le rendement est généralement exprimé en kg de fromage obtenu à partir de 100 litres de lait. (voir la formule ci-contre et la fiche « Mesurez votre rendement fromager »).

$$\text{Rendement (kg/100L)} = \frac{\text{poids de fromages obtenu}}{\text{nombre de litres de lait mis en œuvre}} \times 100 \quad (1)$$

Pour pouvoir suivre l'évolution du rendement, il est nécessaire de toujours peser les fromages au même stade et de comparer les fromages issus de la même espèce et de la même technologie. Les valeurs obtenues en fromage lactique frais sont **en moyenne** de 18 à 20 kg / 100 litres de lait de chèvre et de 19 à 22 kg / 100 litres de lait de vache.

## Comprendre : rendement et composition du lait

Toute augmentation du **taux protéique** (TP) est favorable au rendement. On estime qu'un point de TP gagné correspond à une hausse de 330 à 590 g de fromage pour 100 litres de lait. Plus précisément, c'est la **teneur en caséines** (protéines coagulables) qui favorise le rendement. En pratique, la mesure du TP du lait, chez les animaux indemnes de mammites, reste un très bon indicateur du taux de caséines, dont il explique à lui seul 93% des variations.

**Au niveau de la ferme, améliorer son rendement fromager commence donc tout simplement par une surveillance et une amélioration du TP.**

Le rendement augmente aussi avec la **teneur en matières grasses**, mais de façon beaucoup moins importante que la teneur en protéines. En effet, les caséines, quand elles coagulent, forment un réseau protéique qui emprisonne les autres constituants, et en

particulier la matière grasse présente sous forme de globules gras. Un point de taux butyreux (TB) supplémentaire ferait ainsi gagner entre 90 et 165 g de fromage pour 100 litres de lait.

*Par contre, une trop forte teneur en matière grasse peut entraîner des problèmes d'égouttage et de coagulation.*

Un caillé insuffisamment acidifié ou emprésuré trop tôt risque d'avoir des micelles très minéralisées (le caillé est ferme, caoutchouteux avec un aspect de flan) ; il contient moins d'eau, car le calcium et le phosphore occupent les sites de fixation de l'eau. Il y a donc plus de lactosérum égoutté.

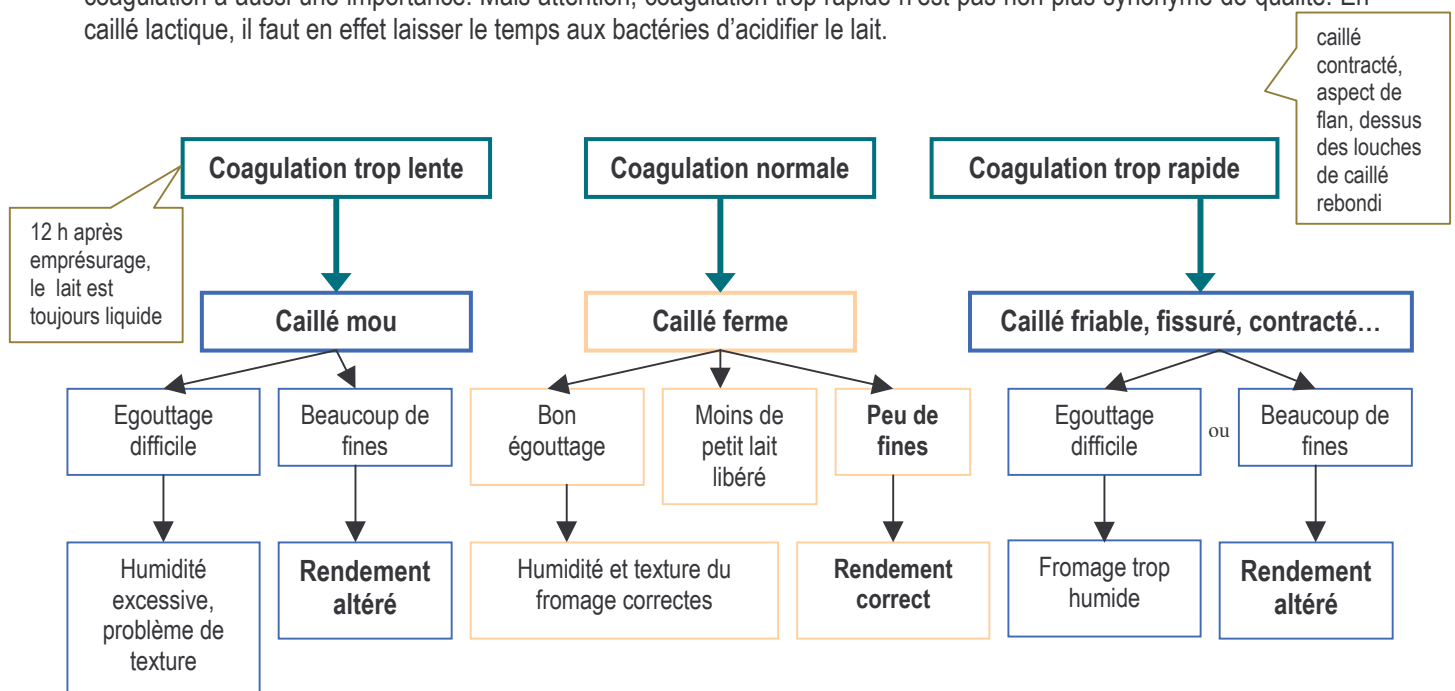
*Les laits de chèvre ont un plus faible rendement fromager (en comparaison aux vaches) à cause d'une plus faible teneur en protéines, à des proportions de caséines différentes et à la taille des micelles qui sont plus grosses (et qui se lient plus difficilement).*

En fabrication fromagère, le rendement est étroitement lié à la composition du lait. Les méthodes qui viseront à l'améliorer auront donc toujours comme principe d'augmenter la teneur du TB et surtout du TP ou de s'assurer de leur préservation.

## Comprendre : rendement et paramètres de caillage

La fermeté du caillé (aussi appelé gel ou coagulum) et les temps de raffermissement et de coagulation sont des facteurs très importants pour expliquer les différences de rendement que l'on peut obtenir.

Il est connu que les gels fermes donnent de meilleurs rendements que les gels mous ou friables. La vitesse de coagulation a aussi une importance. Mais attention, coagulation trop rapide n'est pas non plus synonyme de qualité. En caillé lactique, il faut en effet laisser le temps aux bactéries d'acidifier le lait.



## Améliorer le rendement par les pratiques d'élevage

### Les critères de la sélection génétique

Les pourcentages de protéines, caséines et matières grasses dans le lait sont des caractères relativement héréditaires<sup>1</sup>.

**Sélectionner le troupeau sur le TP et le TB reste une bonne méthode d'amélioration du rendement.**

<sup>1</sup> **Hérédité** : part des variations d'un caractère qui est due aux facteurs d'hérédité et non pas aux facteurs du milieu. Plus elle est proche de 1, plus ce caractère est lié à l'héritage génétique de l'individu.

D'autre part, il est possible de jouer sur les différents variants pour certains types de caséines, l'expression d'un variant dépendant du gène porté par l'animal.

Ainsi, les chèvres avec les **variants forts de la caséine alpha S1** peuvent produire jusqu'à 6 g de caséines par litre de plus comparé aux variants faibles. Le rendement est alors supérieur de 15%. Sélectionner la totalité du troupeau de chèvres sur les variants forts de la caséine alpha S1 est très bénéfique pour l'aptitude fromagère des laits de mélange, avec néanmoins le risque de perdre un peu du goût « chèvre ». En pratique, la présence d'un variant fort de la caséine alpha S1 est un des critères de sélection des reproducteurs de Caprigène.

Pour les bovins, sélectionner les troupeaux sur le critère du variant B de la caséine Kappa (gain d'aptitude fromagère atteignant 20%) donne de bons espoirs d'amélioration, mais n'est pas encore communément pratiqué.

**La sélection de variants forts de la caséine alpha S1 lors d'insémination artificielle ou d'achat des boucs issus d'IA permet d'améliorer le rendement.**

## Ration équilibrée = gain de rendement

C'est beaucoup plus le niveau énergétique que la nature de l'aliment qui conditionne la composition du lait et son aptitude à la coagulation. Un **apport d'énergie et de protéines adapté** au niveau de production de l'animal permet d'améliorer le TP donc le rendement. Reste à vérifier jusqu'à quel niveau le gain économique apporté par cette amélioration permet au moins de compenser les dépenses alimentaires supplémentaires. Par contre, apporter des protéines en excès n'améliore pas le rendement mais au contraire entraîne une augmentation de l'azote non protéique dans le lait (notamment urée), et une diminution de son aptitude à la coagulation, des difficultés d'acidification, il y aura aussi une baisse du TB, qui provoque également une diminution du rendement.

Contrôler l'équilibre en acides aminés (AA) de la ration limite également les pertes de taux protéique.

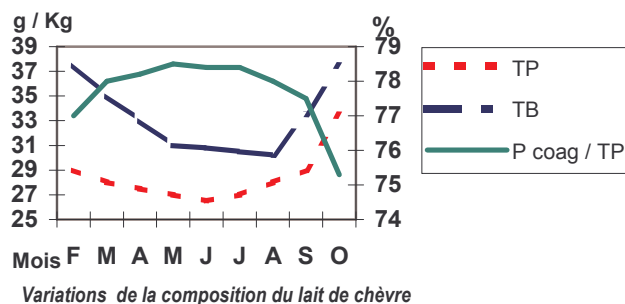
Une **supplémentation en certains AA** limitants peut même bien améliorer la teneur en caséines du lait, notamment des vaches hautes productrices. Ainsi, une supplémentation en lysine ou en leucine peut faire gagner jusqu'à 4 points de TP aux vaches. Mais le coup associé implique de bien réfléchir au gain économique réel.

A même niveau énergétique, le rapport **fouillage / concentré** n'a pas d'influence significative sur la production de lait ni sur sa composition en protéines mais joue sur le TB. Il est toutefois conseillé de se situer aux alentours d'un rapport 60/40 pour éviter les problèmes au niveau des maladies nutritionnelles et du TB. Par contre, donner un **fouillage de bonne qualité** favorise le TP donc le rendement (un mauvais foin peut être à l'origine d'une perte d'1 point de TP).

Il semble enfin que le **pâturage**, s'il est de bonne qualité, soit très favorable aux animaux. Les laits d'été, même à taux protéique égal, donnent des gels plus fermes et un rendement supérieur aux laits d'hiver. L'écart de fermeté observé correspond à la différence provoquée par 1 g / kg de TP supplémentaire. Chaque type de pâturage peut également donner un lait différent, les meilleurs pâturages étant ceux où le stade de l'herbe est peu avancé.

## Le stade physiologique

Les variations de composition du lait expliquées par le stade de lactation entraînent des modifications de rendement, essentiellement une hausse en fin de lactation.



Chez les vaches, les mises-bas en période estivale risquent de limiter la production annuelle en caséines, d'où des pertes de rendement à l'échelle de l'année. Chez les chèvres, les mises bas de mars avril sont de même défavorables aux taux, car la période de forte production est alors aussi celle qui est la moins adaptée au niveau des températures et du photopériodisme.

Un **renouvellement régulier du troupeau** est nécessaire pour s'assurer du maintien d'un bon rendement pour prévenir la baisse de production de caséines, liées à celles du lait (commence à décroître chez les vaches dès la 5<sup>ème</sup> lactation).

## L'état sanitaire de la mamelle

Des laits issus d'animaux mammites ont un **pH plus élevé** ce qui entraîne un allongement du temps de coagulation et des problèmes de fermeté du caillé. Et moins le caillé est ferme, plus il y a de risques de pertes de fines dans le lactosérum, d'où une chute du rendement. Si le lait de mélange contient trop de lait issu de mammites, le problème peut même aller jusqu'à avoir un lait incoagulable.

D'autre part, en cas d'infection mammaire, la production de protéines solubles pour la réponse immunitaire entraîne une **chute de la production de caséines** par rapport aux protéines totales, qui est perceptible dès 200 000 cellules / ml (en vache).

Ces modifications de la composition du lait en cas de mammites ont pour conséquence une baisse de rendement qui peut être très importante, elle est de plus associée à l'obtention de fromage de moindre qualité. La **réduction du rendement** devient particulièrement sensible lorsque le lait de mélange atteint **un million de cellules somatiques** par ml.

Une fromagerie qui réceptionne 10% de lait de vaches atteintes de mammites subcliniques connaît une perte de rendement dépassant 1% du tonnage fabriqué.

## L'ambiance des bâtiments

Des animaux placés dans des étables peu ventilées produisent moins de lait et des laits à moins bon rendement, car contenant moins de caséines, que ceux placés dans de bonnes conditions de renouvellement d'air.

Au niveau de votre élevage, les principaux leviers pour optimiser votre rendement fromager sont donc :

- la sélection des reproducteurs,
- une ration équilibrée pour se rapprocher au plus juste des besoins protéiques des animaux et éventuellement vérifier qu'il n'y ait pas de carence en acides aminés limitants,
- la distribution des fourrages de qualité et une préférence pour le pâturage dans la mesure du possible,
- une amélioration ou un maintien de l'état sanitaire de la mamelle.

## Conséquences d'une traite par jour

La monotraite entraîne une baisse du rendement laitier mais une hausse des teneurs en caséines et en matières grasses.

Chez les vaches, la chute de production est de l'ordre de 25% avec une augmentation de la teneur des laits en matières grasses (+3 à 5 g/kg) et en protéines (+2 à 3 g/kg). Au niveau du rendement fromager, l'augmentation est de 450 g de fromage affiné pour 100 litres de lait (essais faits sur une pâte pressée).

Chez les chèvres, des études moins nombreuses donnent des résultats très comparables aux vaches mais toutefois assez hétérogènes : chute de la production de lait de 15 à 18% selon les études les plus récentes, TB sensiblement égal ou supérieur et TP égal ou supérieur (+1.3 à 1.9 g/kg).

Au final, sans altérer la qualité sanitaire du lait et de la mamelle (attention néanmoins aux primipares), on aboutit à une légère baisse de la quantité de fromage produite. Aux producteurs de faire la balance entre cette perte de fromage et le temps gagné en passant à une seule traite par jour.

## Améliorer le rendement par la technologie fromagère

### Le transport du lait

Le lait est une matière fragile. Ses composants, notamment les matières grasses sont sensibles aux chocs et sujet à la lipolyse. Il faut donc **éviter de brusquer le lait** lors des manipulations : remplir les récipients en faisant couler le lait le long des parois, éviter les pompes centrifuges, limiter les turbulences dans la machine à traire...

### Le refroidissement

Le maintien au froid du lait déstabilise les composants (solubilisation du calcium et des protéines, qui peuvent alors être évacuées dans le lactosérum) ce qui entraîne une chute de rendement. Il a été mesuré que les pertes de fines étaient supérieures de 8 % après une conservation à 3°C pendant 20 heures et de 20% après 48 heures (en comparaison à un lait frais à 20°C).

Il est donc conseillé de **préférer une maturation longue à un maintien au froid des laits**. La maturation est aussi un bon moyen d'induire une légère acidification pour améliorer le rendement ultérieur.

Par contre, dans le cas où le lait est conservé au froid, il est impératif de vérifier que la température du tank est bien inférieure ou égale à 4°C afin d'éviter tout développement de bactéries psychrotrophes (comme *Pseudomonas*) qui peuvent irréversiblement dégrader les protéines (protéolyse). Il faut aussi dans ce cas

limiter au minimum le temps de conservation pour réduire ses effets négatifs.

### La protéolyse

La dégradation des protéines peut également se produire sans qu'il n'y ait de maintien à 4°C des laits. Elle aboutit, si elle est prononcée, à l'obtention d'un **caillé digéré** qui se caractérise par un volume qui ne représente que moins de 50% du volume initial et qui présente des filaments avec une odeur assez forte, une texture plutôt ferme et souvent une acidité de sérum faible (entre 35 et 40°D).

Les pertes sont alors importantes : dans le doute, le caillé est souvent jeté ; et même s'il est moulé, le rendement sera très affecté. Les agents responsables peuvent être les bactéries psychrotrophes mais aussi des bactéries lactiques à forte activité protéasique. Dans le cas d'un accident avec caillé digéré, les premières choses à conseiller sont d'essayer de déterminer la source de contamination, d'effectuer un nettoyage drastique du matériel et de changer de sérum.

### La gestion de l'acidification

L'acidification du lait entraîne des modifications des propriétés du lait puis du gel. Elle permet de raccourcir le temps de prise et d'augmenter la vitesse de

raffermissement. Elle permet également d'obtenir une fermeté de gel accrue de part une solubilisation du calcium et du phosphore qui deviennent alors disponibles pour créer des liaisons entre les micelles lors de la phase enzymatique de la coagulation.

Si l'intensité de l'acidification est mal gérée, les conséquences sont toujours négatives, que ce soit au niveau technologique qu'au niveau du rendement. Une acidification excessive entraîne une déminéralisation trop forte qui rend le caillé friable et fait baisser le rendement. A l'opposé, une acidification insuffisante entraîne une déminéralisation trop faible qui rend le caillé fragile et très sensible au moulage et fait également chuter le rendement. Il est donc nécessaire de **contrôler régulièrement les paramètres d'acidification**, ce qui permet de mieux prévenir les pertes de rendement dues à des problèmes d'acidité du caillé.

## Modification de la teneur en calcium

Pour compenser les effets de la conservation au froid du lait ou pour s'assurer de la fermeté du gel, il peut être ajouté du chlorure de calcium au lait. Cette addition a pour effet de réduire le temps de coagulation et d'accroître la fermeté du gel, d'où une limitation des pertes de fines. Cependant, la maîtrise de l'acidification et du refroidissement par la maturation restent les moyens les plus simples de contrôler la minéralisation des micelles. Et il est indispensable de rappeler que l'utilisation de chlorure de calcium est interdite pour certaines fabrications sous signe de qualité. D'autre part, ajouté en excès, il peut entraîner l'apparition de défaut d'amertume et un goût métallique.

## L'emprésurage

Une trop faible dose de présure aboutit à une déminéralisation trop importante qui donne un caillé friable responsable de pertes de fines. Au contraire, un emprésurage à pH ou à température trop élevés ou avec une dose de présure excessive peut entraîner la formation d'un **caillé floconneux**, avec le même résultat : évacuation excessive de matière utile dans le sérum.

Commencer l'acidification avant l'emprésurage par une maturation (**gain de 6°D** environ), contrôler la température (**20°C** environ) et la dose (**5 à 10 ml de présure 1/10 000ème** (520 mg de chymosine) **pour 100 L**) permet de mieux s'assurer de la qualité du caillé, en équilibrant la part de la coagulation lactique et

enzymatique du lait. Il faut également bien sûr éviter tout mouvement du lait après emprésurage.

## Le moulage

Certaines précautions sont à prendre lors du moulage sans préégouttage, quelles que soient les qualités du caillé.

Il faut veiller à préserver au maximum la structure que le caillé avait dans la bassine ou le bac de caillage. En effet, le caillé lactique est un gel fragile avec peu de cohésion. Il convient donc de le manipuler avec douceur dans l'objectif de faire le moins possible de brisures. Pour cela, il est conseillé de le prélever d'abord sur toute la surface du bac, de l'extérieur vers l'intérieur. Cette technique permet de déposer au fond des moules, donc au contact des perforations, un caillé qui a été peu brisé. Il faut évidemment éviter de laisser tomber le caillé de trop haut. Le fond des bassines devra être partagé sur un maximum de moules afin d'éviter une hétérogénéité dans la taille des fromages une fois égouttés.

Il est ensuite possible d'apprécier la qualité du moulage par la couleur du sérum : un sérum sera d'autant plus trouble qu'il contient de fines.

Concernant le choix de **l'outil de moulage**, la louche est l'instrument idéal car elle limite les pertes au moulage et brise peu le caillé. L'écumoire ou la pelle à brie permettent de mouler plus rapidement mais elles brisent plus le caillé, augmentant les pertes et donnant une texture de pâte plus grossière.

Pour ce qui est de l'utilisation du **répartiteur**, il semble qu'il puisse altérer la texture des fromages. Par contre, il n'est pas prouvé qu'il casse plus le caillé, d'autant plus lorsqu'une couche de caillé est versée à la louche au fond du moule. Il permet par ailleurs d'obtenir des fromages plus homogènes et supprime les pertes de caillé entre les moules.

Une étude actuellement en cours à la ferme expérimentale du Pradel fournira certainement des informations complémentaires sur le moulage et l'utilisation du répartiteur d'ici fin 2006.

Mais il faut garder à l'esprit, qu'au-delà du matériel utilisé, l'expérience et l'application du fromager sont des paramètres importants pour l'optimisation du rendement au moulage.

**Au niveau de la fromagerie, l'amélioration de votre rendement fromager passe essentiellement par**

- **une manipulation précautionneuse du lait,**
- **une maturation longue plutôt qu'un refroidissement à 4°C,**
- **une acidification bien maîtrisée,**
- **un moulage appliqué.**

- **Sélectionner le troupeau** sur le TB et le TP
- **Renouveler** les chèvres ayant fait plus de 5 lactations

Apporter une **ration adaptée** au niveau de production et assurer un **rapport fourrage / concentré** de 60/40

S'assurer de l'état sanitaire des mamelles

## Améliorer le rendement fromager

Eviter de brusquer le lait

Eviter de briser le caillé

Préférer la maturation longue au stockage à 4°C

### Obtenir un caillé ferme :

- s'assurer de la dose de présure utilisée
- Contrôler les paramètres d'acidification : à 24 h après emprésurage, l'acidité doit se situer entre 55 et 65°D

Delphine CUVILLIER  
Centre Fromager de Bourgogne  
août 2005

**Une synthèse plus détaillée est disponible au Centre Fromager de Bourgogne**

Pour plus d'information, contactez votre technicienne fromagère régionale ou votre technicien d'élevage.  
Rédigé avec le concours financier de

