

# Rendement des fromages lactiques

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. 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. On distingue le rendement technologique et le rendement économique. Le rendement technologique se calcule au démoulage. Le rendement économique se calcule, soit au stade de vente si la vente des fromages est au kg, soit au démoulage si la vente est à la pièce. Le rendement brut est généralement exprimé en poids de fromages obtenu (kg) si la vente est au poids ou en nombre de fromages par litre de lait mis en œuvre si la vente est à la pièce. Il peut s'exprimer aussi en litres de lait par fromage (vente à la pièce) ou en litres de lait par poids (kg) de fromage (vente au poids).

Alimentation des animaux



## Taux protéique du lait et MG/MP

- Plus le taux protéique est élevé (et de façon beaucoup moins importante le taux butyreux), plus on améliore le rendement. Plus précisément, c'est la teneur en caséines (protéines coagulables) qui favorise le rendement. De plus, si le rapport MG/MP est trop faible, l'égouttage sera plus important, réduisant le rendement. L'équilibre de la ration alimentaire joue sur la MG, MP du lait.



Contrôler le taux protéique (bon indicateur de la teneur en caséines en absence de mammites) et butyreux du lait utilisé (qualité du lait laiterie pour ceux concernés) : maintenir un TP  $\geq 31$  g/l et un TB  $\geq 39$  g/l en lait de vache. En lait de chèvre, le TP doit être supérieur à 28 g/l. Pour juger de l'équilibre de la ration, mesurer le rapport MG/MP : En lait de vache, les valeurs extrêmes sont 1,1 et 1,25 avec un optimum de 1,15 à 1,20. En lait de chèvre, les valeurs extrêmes sont 1,1 et 1,3 avec un optimum de 1,10 à 1,15.

- Equilibrer la ration alimentaire des animaux en apport protéinique et en énergie notamment. Contrôler les performances en taux de chaque animal afin d'adapter au mieux la ration, si besoin avec son technicien d'élevage. Etaler les mise-bas pour homogénéiser les taux et garder un rapport MG/MP stable. A plus long terme, il est possible d'adopter un schéma de sélection génétique des animaux sur les taux et les variants de caséines (notamment, les chèvres avec les variants forts de la caséine alpha s1 produisent plus de caséines par litre que celles aux variants faibles).

## Equilibre des sels minéraux

- Une augmentation de la teneur en sels structurants (phosphore, calcium) a pour effet de réduire le temps de coagulation et d'accroître la fermeté du gel, d'où une limitation de pertes en fines et donc un meilleur rendement.

- Il est difficile d'agir directement sur ces teneurs dans le lait. En ce qui concerne le calcium, les animaux sont capables de mobiliser leurs réserves corporelles ce qui a pour résultat de maintenir un taux stable de calcium dans le lait. Il peut être ajouté du chlorure de calcium avant emprésurage (plutôt le matin, quelques heures avant emprésurage avec une dose maximum de 2 à 4 ml pour 10l de lait pour une solution mère à 510 g/l) mais celui-ci est interdit pour certaines fabrications sous signe de qualité et il peut entraîner l'apparition de défaut d'amertume et un goût métallique.

## Taux d'urée dans le lait

- Un excès d'urée dans le lait, souvent dû à un excès d'azote dans la ration, engendre des caillés plus mous et plus humides du fait de la diminution en proportion des caséines fromageables. Il en résulte une chute de rendement.



Mesure du taux d'urée dans le lait : pas supérieure à 600 mg/l en lait de chèvre mais à interpréter en fonction du potentiel du troupeau ; pas supérieure à 450 mg/l en lait de vache.

- Equilibrer la ration alimentaire des animaux en apport azoté. Contrôler les performances en taux de chaque animal afin d'adapter au mieux la ration. Faire appel en cas de besoin à un conseiller pour rééquilibrer la ration.

Gestion sanitaire du troupeau



## Gestion des mammites

- Les laits mammitieux ont un pH plus élevé ce qui entraîne un allongement du temps de coagulation et des problèmes de fermeté du caillé, avec des risques de pertes de fines dans le lactosérum, d'où une chute de rendement. De plus, en cas d'infection mammaire, le taux de protéines solubles augmente au détriment de la production des caséines.



Contrôler les taux cellulaires individuels des animaux ou réaliser des CMT pour repérer les animaux infectés. Chez la chèvre, un animal est présumé infecté dès lors que deux comptages cellulaires au moins sont supérieurs à 750 000 cellules par ml sur l'ensemble de sa lactation (entre 20 et 250 jours de lactation). Si 3 comptages au moins sont supérieurs à 2 millions de cellules par ml, une infection à pathogène majeur peut être suspectée. La comparaison des résultats de deux campagnes successives associée à l'observation de la mamelle (palpation) et de l'animal (repérage des mammites cliniques) permettent de repérer les chèvres à risque, incurables ou qui récidivent. Chez la vache, sur les CCI de la campagne de traite, on considère qu'une vache est saine si tous les CCI d'une campagne de traite sont < 300 000 cellules / ml (ou tous les CMT négatifs), qu'une vache est infectée si 2 CCI sont > 800 000 cellules / ml et qu'elle est douteuse dans tous les autres cas.

► Maintenir les animaux en bon état sanitaire, prévenir les infections mammaires (**cf. en bovins «Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers» et en caprins «Éléments de maîtrise de la santé mammaire»**) : hygiène de traite rigoureuse (**cf. GBPH**), soin des lésions et infections cutanées de la mamelle et des trayons, et protection des plaies du trayeur ; maintenir le sphincter en bon état : veiller au contrôle et à l'entretien de la MAT, technique de traite adaptée ; traite séparée des animaux présentant une mammité clinique, mise en place si possible d'un ordre de traite avec passage des animaux infectés en dernier. Éliminer les infections dans le troupeau : en lactation, détection précoce et traitement antibiotique adapté des mammites cliniques. Au tarissement, mettre en place une stratégie de traitement antibiotique adaptée. Réformer les animaux incurables. Faire appel à un vétérinaire ou à un technicien spécialisé en cas de problèmes sanitaires détectés sur le troupeau.

Traite et stockage éventuel du lait



## Hygiène lors de la traite et du stockage du lait

- Une mauvaise hygiène générale lors de la traite et/ou du stockage du lait favorise la présence de germes d'altération (psychrotrophes, notamment *Pseudomonas*) susceptibles d'induire de la lipolyse et de la protéolyse, d'où des problèmes d'aptitude à la coagulation et donc de rendement (pertes en fines).



Analyse bactériologique du lait utilisé pour la transformation en fromage blanc : germes totaux (< 50 000 germes/ ml) et coliformes (< 100 germes/ ml) comme indicateur d'hygiène. Analyse du lait par dénombrement ou test au bleu de méthylène (**cf. fiche dans le recueil des outils de surveillance**) ou à la résazurine (**cf. ouvrage Microflore du lait cru**) pour évaluer sa charge microbienne. Test de lactofermentation du lait à 37°C permettant de détecter la présence en excès de bactéries psychrotrophes (**cf. fiche dans le recueil des outils de surveillance**).

► Traire et stocker le lait dans de bonnes conditions d'hygiène (**se référer au GBPH**). En cas de problème, revoir les mesures d'hygiène avec un conseiller technique. Veiller au respect des bonnes pratiques de nettoyage et d'entretien de la MAT par rapport à la formation de biofilms (plus particulièrement pour *Pseudomonas*, germe très colonisateur). En cas de biofilms à *Pseudomonas*, un nettoyage/désinfection drastique, surtout un détartage sont à envisager au niveau de la machine à traire. La qualité de l'eau utilisée est primordiale pour maîtriser les contaminations liées à *Pseudomonas* (**cf guide sur la maîtrise des Pseudomonas du pôle AOC Massif Central**), le traitement de l'eau est à envisager en cas de problème liée à ce germe (**cf guide sur le traitement de l'eau du pôle AOC Massif Central**).



### Chocs mécaniques et thermiques, mouillage lors de la traite et du stockage du lait

- Les chocs mécaniques (agitation, moussage) et thermiques (congélation), le mouillage, altèrent les globules gras avec une augmentation des matières grasses libres qui ne sont pas récupérées dans la matrice fromagère d'où une diminution des rendements.



Au niveau du refroidissement du lait, surveiller la formation de cristaux dans le tank, l'agitation. L'augmentation de température doit être inférieure de 6 à 10°C lors de l'ajout d'une nouvelle traite. La descente en température du lait doit être rapide (en moins de 2 heures après la traite) mais le refroidissement ne doit pas être brutal. Le lait ne doit pas descendre en dessous de 2°C. Veiller au réglage de la température d'agitation et de la hauteur de l'agitateur.

- Eviter tout ce qui peut fragiliser le globule gras : éviter les prises d'air au niveau des pompes, favoriser une arrivée de lait tangentielle dans le tank, éviter les chutes de lait trop importantes dans le circuit, utiliser au maximum la gravité, éviter les lactoducs trop hauts, attention au réglage et au contrôle de la MAT (**Cf. fiche outils/surveillance**). Dans les systèmes équipés de robot de traite, s'assurer que le tank atteint rapidement un niveau de remplissage suffisant afin de ne pas brasser le lait trop violemment ou de le congeler dans le fond du tank. Le volume du tank doit être adapté à la quantité de lait produite. En cas de production saisonnée, en fin de lactation, prévoir de préparer le lait ailleurs que dans le tank (ex : bacs de caillage ou bidons) à T°C adaptée.

### Refroidissement et maintien au froid des laits

- Le maintien au froid du lait (<4°C) solubilise le phosphate de calcium colloïdal et la caséine bêta ce qui entraîne une diminution de rendement mais ces phénomènes sont réversibles grâce à une maturation chaude (ex 30°C, 2 heures). Il est donc conseillé de préférer une maturation longue à un maintien au froid des laits. De plus, la maturation est un bon moyen d'induire une légère acidification pour améliorer le rendement ultérieur. Une température mal maîtrisée et/ou non adaptée peut engendrer le développement trop important de flores d'altération. En cas de conservation au froid, le lait doit être conservé à une T°C ≤ 4°C pour éviter le développement des psychrotrophes (cf ci-dessus).



T°C ≤ 4°C en cas de conservation au froid. Vitesse de refroidissement : atteindre la T°C objectif en moins de deux heures.

- Veillez au dimensionnement du tank adapté en fonction du volume de lait transformé, et à son entretien. Veiller au respect des paramètres T°C, durée.

Préparation du lait

Traitement thermique

### Dénaturation des protéines sériques lors du traitement thermique

- Le traitement thermique des laits au-delà de la pasteurisation permet une dénaturation des protéines sériques (solubles). De fait, elles sont mieux retenues dans le caillé, car fixées sur les micelles de caséines et elles participent alors à la rétention d'eau. Ceci entraîne une augmentation de rendement.



Contrôle et maîtrise des barèmes de traitement thermique (couple temps/température).

- Contrôler la température et la durée en fonction du barème choisi et l'adapter si nécessaire.

Ensemencement-maturation



### Conditions de préparation du lait pour régler le pH<sub>E</sub>

- La maîtrise de la préparation du lait permet de régler le pH<sub>E</sub> (acidité) qui conditionne la fermeté des gels au moment du moulage. Si le pH<sub>E</sub> est trop haut, le gel au moment du moulage sera moins ferme, plus floconneux avec une augmentation des pertes en fines. Si le pH<sub>E</sub> est trop bas, on aura des gels plus fermes qui s'égouttent moins bien ce qui augmente le rendement apparent mais ces fromages sècheront de façon plus importante.



Viser un pH supérieur à 6,2 – 6,3 en lait de chèvre et supérieur à 6,1 en lait de vache.

- Adapter les conditions (T°C, temps, dose de ferments) pour obtenir le pH<sub>E</sub> souhaité.

### T°C lors de l'ensemencement-maturation

- Une température mal maîtrisée et/ou non adaptée peut engendrer le développement trop important de flores d'altération.



La température est à surveiller tout au long de la phase de report et/ou de préparation du lait (y compris la cinétique de refroidissement : T°C objectif en moins de 2 heures) pour s'assurer que celle visée est bien appliquée pendant toute la durée de l'étape du procédé. Analyse du lait par dénombrement ou test au bleu de méthylène (cf. **fiche dans le recueil des outils de surveillance**) ou à la résazurine (cf. **ouvrage Microflore du lait cru**) pour évaluer sa charge microbienne.

- Concernant la prématuration, pour éviter le développement de flores indésirables et permettre l'activité des bactéries lactiques, il est conseillé de se placer à 12°C+/-1°C mais en cas de laits chargés notamment en *Pseudomonas*, il est plutôt conseillé de se placer à 8°C avec une dose de 2% en lactosérum par exemple. Le simple report à 8°C est plus à risque par rapport aux *Pseudomonas* que s'il y a un ensemencement en bactéries lactiques à cette même température.

### Emprésurage et caillage



### Conditions d'empresurage et de caillage

- Un schéma technologique dit trop présure (empresurage à pH et/ou à température trop élevés ou dose de présure excessive) risque de donner des caillés élastiques avec grumeaux (caillés floconneux), engendrant une évacuation excessive de matière utile dans le sérum, d'où une perte de rendement. Au contraire, un schéma technologique dit trop lactique (trop faible dose de présure, empresurage à pH trop bas) risque de donner des caillés friables (démérialisation trop importante), responsables de pertes de fines d'où une diminution du rendement. La T°C de caillage va jouer sur la vitesse d'acidification. Elle doit être constante et homogène dans le caillé et la pièce de caillage tout au long du temps de caillage.



Dose de présure entre 1 à 3 ml/100L de lait d'extrait de présure à 520mg/l de chymosine dans le cas de fromages frais lissés, un peu supérieur : 5 à 9 ml (pour que le caillé se tienne au moulage à la louche) dans le cas de fromages frais ou campagne et de 6 à 12 ml en fromages affinés. T°C à l'empresurage entre 18 et 22 °C en fromages affinés avec utilisation de LS, 20 à 23°C en fromages frais avec ferments du commerce et 22-25°C en fromages affinés avec ferments du commerce. pH à l'empresurage entre 6,1 (en vache) ou 6,2-6,3 (chèvre) et 6,5. Contrôler et maîtriser la T°C de caillage, via la T°C du local. Suivi de l'acidification au cours de la fabrication. Pour les fromages frais, le pH moulage objectif est de 4,5-4,6 et de 4,45-4,55 pour les fromages affinés ; acidité de 50-65°D en période normale (adapter l'objectif d'acidité en fonction du TP du lait).

- Contrôler et maîtriser la dose de présure, la température et le pH à l'empresurage. Adapter si besoin la dose de présure (attention à la concentration en chymosine pour ajuster la dose ; à noter que la présure moins concentrée est plus facile à doser), la température et le pH à l'empresurage. Avoir une température constante tout au long du caillage : veiller à ne poser les bacs de caillage à même le sol et couvrir les bacs si nécessaire. Réajuster la température si nécessaire.

### Moulage





### Type de matériel et technique de moulage

- Selon le type de matériel (moule et ustensile de moulage) jouant sur la surface d'égouttage et la technique de moulage employée jouant sur le niveau de brisures obtenu, le rendement apparent au démoulage pourra être affecté.

 /  ES, visuel.



- ▶ Adapter la technique de moulage et le matériel utilisé pour éviter de briser le caillé. Gérer le temps et la température d'égouttage en fonction de l'objectif d'ES au démoulage et en fonction du matériel employé.

### Egouttage



### Conditions d'égouttage en fromages frais faisselles



- La durée et T°C d'égouttage influent directement sur le rendement des fromages frais. Tout en respectant la réglementation, l'objet est de limiter l'égouttage au maximum.

 /  Contrôle de la T°C. Contrôler la quantité de sérum obtenu en fonction du litrage. Cela dépend des taux mais on peut donner à titre indicatif : pour 10 litres de lait entier, on récupère environ 4,5 à 5,5 kg de caillé gras (45 à 55% de rendement).

- ▶ Se placer directement à une température de 4°C.

### Conditions d'égouttage en fromages blancs lissés



- La durée et T°C d'égouttage influent directement sur le rendement des fromages frais.

 /  Contrôle de la T°C. Egouttage d'une à deux heures. Cela dépend des taux mais on peut donner à titre indicatif : pour 10 litres de lait entier, on récupère environ 3 à 3,5 kg de caillé gras (30 à 35% de rendement) et pour 10 litres de lait écrémé, 2,5 à 3 kg de caillé maigre (25 à 30% de rendement).

- ▶ Se placer à une température de 20°C.

### Conditions d'égouttage en fromages frais démolés (égouttage de 12 à 24 heures)



- La durée et T°C d'égouttage influent directement sur le rendement des fromages frais.

 /  Contrôle de la T°C. Contrôler la quantité de sérum obtenu en fonction du litrage. Cela dépend des taux mais on peut donner à titre indicatif : pour 10 litres de lait entier, on récupère environ 3 à 3,5 kg de caillé gras (30 à 35% de rendement) et pour 10 litres de lait écrémé, 2,5 à 3 kg de caillé maigre (25 à 30% de rendement).

- ▶ Se placer directement à une température plus élevée que 4°C, jusqu'à 20°C. Adapter la durée et la température d'égouttage en fonction du rendement et du produit recherché.

### Conditions d'égouttage en fromages affinés

- La durée et T°C d'égouttage influent directement sur le rendement des fromages affinés mais l'égouttage est nécessaire pour la bonne conduite de l'affinage et l'expression de la qualité souhaitée du fromage (un tiers du volume du fromage perdu dans les 2 premières heures).

 /  Contrôle de la T°C. Contrôler la quantité de sérum obtenu en fonction du litrage. Cela dépend des taux mais on peut donner à titre indicatif : pour 10 litres de lait entier, on récupère environ 2 kg de caillé gras (18 à 25% de rendement) en lait de chèvre.

- ▶ La température du fromage doit être supérieure à 18°C et celle du local entre 18 et 22°C. Adapter la durée et la température d'égouttage en fonction du rendement et du produit recherché.

### Lissage

Conditionnement

Stockage au froid

Stockage au froid

Ingrédients

Ressuyage



### Perte en eau au ressuyage pour les fromages affinés

- La perte en eau nécessaire pour l'affinage peut nuire notamment au rendement si elle est trop importante.



Temps et T°C de ressuyage (18-22°C, de 12 heures à 3 jours). HR de 80 à 85%.

- ▶ Revoir les conditions de ressuyage (T°C, temps, HR) si nécessaire.

Séchage

### Perte en eau au séchage pour les fromages affinés

- La perte en eau nécessaire pour l'affinage peut nuire notamment au rendement si elle est trop importante.



Temps et T°C de séchage (14(voire 12°C en séchoir naturel) à 18°C de 12 à 48 heures, voire 3-4 jours). Pesée des fromages pour atteindre l'objectif souhaité en terme de perte de poids (20 à 50% en général mais 0 pour le rocamadour où on a 10% de perte au ressuyage uniquement). HR de 65 à 75% minimum.

- ▶ Revoir les conditions de séchage (T°C, temps, HR) si nécessaire.

Affinage



### Conditions d'ambiance lors de l'affinage

- Si les conditions d'ambiance sont trop sèches ou trop froides (sollicitant l'évaporateur plus longtemps donc asséchant), les freintes (pertes d'eau et de matière) peuvent être importantes, entraînant une diminution de rendement. Ces pertes de matière sont alors dues à de la protéolyse excessive (production d'ammoniac) et de la lipolyse excessive (production de gaz carbonique... et d'arômes).



Conditions d'affinage : T°C entre 8 et 16°C, 80 à 95% d'HR.

- ▶ Conditions d'affinage : T°C entre 8 et 16°C, 80 à 95% d'HR.

#### Pour en savoir plus :

- Collectif, 2002. Surveiller la fabrication des fromages fermiers. Edition Institut de l'Élevage, Paris, 143 pages.
- Collectif, 2007. Guide d'appui technique pour l'accident de fromagerie à la ferme « *Pseudomonas fluorescens* ». FNEC, Institut de l'Élevage, Centre Fromager de Carmejane, Syndicat du Saint Nectaire, Union des Producteurs Fermiers 64, Association du Pérail, ENITA de Clermont Ferrand. In CD rom Guide d'appui technique sur les accidents de fromagerie à la ferme, 2<sup>e</sup> version. Edition Technipel, Paris. Disponible à l'adresse suivante, visitée le 9 janvier 2012 : <http://www.accident-fromagerie.fr/s...>
- Collectif, 2008. Guide des Bonnes Pratiques d'Hygiène pour les fabrications de produits laitiers et fromages fermiers. 3<sup>e</sup> édition. Edité par l'Institut de l'Élevage, la FNEC, FNPL, Paris.
- Cuvillier D, 2005. Fiche « Le rendement fromager des fromages lactiques, comprendre et améliorer » et fiche « mesurer votre rendement fromager (lactique) ». Centre Fromager de Bourgogne. Disponibles aux adresses suivantes : <http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/...> et <http://cfbourgogne.free.fr/IMG/pdf/...>
- De Crémoux R., 2012. Mammites caprines : Éléments de maîtrise de la santé mammaire. Disponible à l'adresse suivante, visitée le 24 mai 2012 <http://idele.fr/filieres/caprins/pu...>

- Leriche F et Fayolle K (ENITA Clermont Ferrand), décembre 2008. Guide méthodologique pour la recherche des sources et vecteurs de contamination des fromages fermiers par les Pseudomonas. Coordination et édition Pôle Fromager AOC Massif Central, 45 pages.
- Leriche F et Fayolle K (VetAgroSup), janvier 2010. Guide méthodologique et technique Installation-Entretien-Maintenance des Installations Ultraviolet (UV-C) pour le traitement de l'eau en atelier de production fromagère fermière et artisanale. Coordination et édition Pôle Fromager AOC Massif Central, 68 pages.
- Microflore du lait cru -vers une meilleure connaissance des écosystèmes microbiens du lait et de leurs facteurs de variation, 2011. Ouvrage collectif coordonné par Cécile Laithier (Institut de l'Élevage). Edition RMT Fromages de terroirs, 130 pages. Disponible à l'adresse suivante visitée le 10 janvier 2012 : <http://www.rmtfromagesdeterroirs.co...>
- Roussel P, Seegers H, Sérieyss F, 2011. Guide d'intervention pour la maîtrise des mammites dans les troupeaux laitiers. UMT Maîtrise de la Santé des troupeaux bovins. à l'adresse suivante, visitée le 7 mars 2012 <http://idele.fr/recherche/publicati...>

