

FROMAGES FERMIERS LACTIQUES

Croûtage « bleu » souhaité (*Penicillium*)

**Apport du programme LACTAFF, d'après outil ORQUAL
(Outil d'amélioration technologique et sensorielle des produits laitiers fermiers)**



Source : G. Allut, Centre Fromager de Bourgogne

Cette fiche a pour objectif de faire le point sur la maîtrise du croûtage « bleu » des fromages à pâte molle lactique. Elle complète les fiches « Couleur croûte des fromages lactiques – Fromages bleus secs » et « Couleur croûte des fromages lactiques – Fromages bleus crémeux » présentés dans l'outil ORQUAL* (Collectif, 2012).

* L'outil ORQUAL s'adresse aux techniciens accompagnant les producteurs laitiers fermiers. Il a pour but de donner les éléments nécessaires pour améliorer, sur une exploitation, la qualité et la régularité technologique, sensorielle des principaux produits laitiers fermiers. Une partie de cet outil est consacrée aux fromages lactiques avec des fiches spécifiques sur le croûtage.

Les données présentées dans cette fiche sont issues du programme de recherche LACTAFF, où des enquêtes et suivi d'affinage ont été conduits dans 49 fermes dans les 6 grandes régions françaises produisant des fromages fermiers lactiques au lait de chèvre. Ces enquêtes étaient ciblées sur des fromages de type palet de taille intermédiaire (de 0,5 à 1,2 litres de lait par fromage). Des expérimentations au laboratoire et en ferme expérimentale ont permis de compléter les données issues des enquêtes.

La présente fiche contient des conseils généraux qui sont à adapter en fonction des objectifs de chaque producteur et en fonction de chaque situation. En complément de cette fiche, il est nécessaire de se référer aux fiches « Les micro-organismes intervenant dans l'affinage des fromages à pâte lactique », « L'affinage : généralités » et « Les équipements de climatisation des locaux d'affinage ».

Le terme « bleu » est employé dans cette fiche pour désigner des fromages dont la flore de surface recherchée est du *Penicillium* bleu.

Contexte, objectifs et organisation de la fiche

L'aspect de la croûte, en particulier sa couleur liée à l'implantation de flores de surface spécifiques, revêt un caractère très important pour le consommateur. Dans la famille des fromages lactiques à croûte fleurie, schématiquement, on recherche soit une couleur « bleue » due à l'implantation des *Penicillium* bleu en surface, soit une couverture « blanche-ivoire » liée aux *Geotrichum* présents. Cette fiche traite de la couverture « bleue » souhaitée. Elle se focalise sur les leviers de maîtrise de ce type de croûtage uniquement au niveau des étapes d'affinage. Dans cette fiche, sont décrits les leviers possibles à la fois pour la gestion du croûtage « bleu », mais également certains éléments pour la gestion de la texture des fromages souhaitée. Une distinction sera faite entre les textures « moelleuses » et « sèches » qui se différencient principalement par le moment d'implantation du *Penicillium* : l'implantation du *Penicillium* est précoce pour les fromages « bleus » secs, alors qu'elle est tardive et précédé par l'implantation de *Geotrichum* pour les fromages « bleus » moelleux.



Photos 1 et 2 : Fromages 14 jours après démoulage, bleus secs (à gauche) et bleu moelleux (à droite)
Source : G. Allut, CFB et S. Morge, PEP caprins Rhône-Alpes

Le « bleu » recherché est un « bon bleu », c'est-à-dire qu'il donnera au fromage une odeur de champignon alors qu'un « bleu » non recherché va avoir une odeur de terre, de renfermé, de moisi humide et froid (les tâches ou spots sont souvent plus sombres voire vertes). Pour plus de précisions sur les différents « bleus » qui existent, se référer à la fiche sur les microbiologies et au guide d'appui technique sur l'accident du bleu en cas de présence de « mauvais bleu » (Collectif, 2007). À noter qu'on ne sait pas favoriser le « bon bleu » par rapport à l'indésirable. Cette fiche oriente le producteur dans la gestion de l'affinage en fonction de la problématique à laquelle il est confronté : bleu pas assez développé par rapport à ses objectifs ou développement en excès et donc croûte cartonneuse. Les étapes qui précèdent l'affinage sont également importantes pour la maîtrise de l'ensemencement et de la multiplication du *Penicillium*, mais aussi pour la maîtrise générale du produit souhaité. Pour plus de détails sur ces étapes dans l'objectif d'un croûtage « bleu », se référer aux étapes amont décrites dans les fiches ORQUAL « Couleur croûte des fromages lactiques – Fromages bleus secs » et « Couleur croûte des fromages lactiques – Fromages bleus crémeux » (Collectif, 2012).

La présente fiche est organisée par étape d'affinage. Elle fait un point sur le rôle de chaque étape, détaille par étape d'affinage les leviers d'action possibles pour obtenir des fromages « bleus » moelleux ou secs et fait un point sur les moyens de maîtrise de ces leviers. Cette fiche s'appuie sur les observations et les données du programme LACTAFF qui ont été recueillies sur ces types de fromages. À noter que les fromages « bleus » suivis étaient très diverses (photos 1 à 5).



Photos 3 à 5 : Grande diversité des fromages « bleus » observés dans les fermes 14 jours après démoulage lors des enquêtes LACTAFF – Source : G. Allut, CFB ; M. Pétrier, CTFC et S. Morge, PEP caprins Rhône-Alpes

Préalable

Le *Penicillium* peut être apporté en fabrication par le lait (naturellement présent), le lactosérum ou des souches commerciales. Le *Penicillium* va également être naturellement présent dans les ambiances au niveau de l'élevage et de la fromagerie et ensemercer ainsi le lait et les fromages. La première étape, avant de mettre en place des leviers d'action au niveau des étapes d'affinage, est d'assurer sa présence en fabrication. Il est possible d'agir au niveau de l'ensemencement du lait et/ou au niveau de l'ensemencement des surfaces des fromages au début de l'affinage, se référer à la fiche « Les micro-organismes intervenant dans l'affinage des fromages à pâte lactique ».

Évaluer la contamination de l'ambiance

Si des problèmes de flore de surface sont observés (*Mucor*, bleu non voulu), il est possible de faire une évaluation de l'ambiance des salles de la fromagerie avec la méthode « Saint Moret® » (cf. fiche complémentaire du PEP Caprins Rhône-Alpes D110901 et photo 6). Demander plus d'informations à votre technicien fromager sur ces méthodes.

Le tableau 1 présente les conditions optimales de développement du *Penicillium* qu'il importe d'avoir bien en mémoire.



Photo 6 : Evaluation de la mycologie de l'ambiance dans un hâloir par la méthode « Saint Moret® » : présence de *Geotrichum*, *Penicillium* et *Mucor* après incubation
Source : G. Allut, CFB

Tableau 1 : Conditions optimales de développement du *Penicillium* et du *Geotrichum*

Paramètre	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Penicillium camemberti</i> (ce n'est pas celui qui est présent sur les fromages lactiques, mais c'est le plus proche parmi ceux qui ont été beaucoup étudiés au laboratoire)
Température	Optimum : 25-30°C Minimum 4 à 8°C selon souches et autres conditions du milieu	Optimum : 20-22°C Minimum : 6°C
pH	Optimum : 5,5- 7 Tolérance jusqu'à 5,3 et forte inhibition à 4,6	Optimum : 5,1 à 7 Inhibé à 4,8
a_w	Optimum : 0,95-1 Tolérance jusqu'à 0,90	Optimum 0,95-1 Tolérance jusqu'à 0,90
Oxygénation	Besoin d'oxygénation, aime peu le confinement	Besoin d'oxygénation, tolérance au confinement

Pour la maîtrise de la qualité de ses produits, il est indispensable, de façon générale, de faire des observations quotidiennes des fabrications. Il est important de garder une trace écrite des observations et mesures réalisées d'une fabrication de « référence » pour laquelle le producteur estime que la fabrication s'est bien déroulée et que le produit obtenu correspond à ses attentes. Si des modifications sont apportées à la fabrication, cela permettra d'avoir des éléments de comparaison et de mieux comprendre l'incidence de nouveaux paramètres. Garder une trace écrite permettra également de corriger plus facilement une dérive, de pouvoir anticiper une période critique et de mieux pouvoir dialoguer avec le technicien fromager ou un autre interlocuteur technique.



Photos 7 à 10 : Photos d'un fromage de type Mâconnais à différents stades d'implantation de la flore de surface
Source : G. Allut, CFB

Salage

Sera abordé ici uniquement la technique de salage à sec en surface, technique la plus couramment utilisée en transformation lactique fermière.

Rôle du salage

Le salage permet :

- de compléter et de relancer l'égouttage et de former la croûte,
- de gérer et d'orienter les flores de surface,
- de jouer sur le goût des fromages.



Photo 11 : Exemple de salière
Source : G. Allut, CFB

Leviers de maîtrise possibles au salage pour favoriser un croûtage « bleu »

Dose de sel

Le premier levier pour jouer sur l'implantation des flores de surface est la quantité de sel. La dose de sel est, en effet, un levier décisif pour sélectionner la flore de surface recherchée et sera le levier le plus « efficace ». Le sel va modifier l'activité de l'eau (a_w), paramètre influençant la croissance microbienne. Lors du salage, l' a_w de surface des fromages va diminuer, ce qui va limiter le développement des flores de surface, de façon sélective. Le *Penicillium* tolérant des doses de sel supérieures au *Geotrichum*, des doses de sel « élevées » favoriseront un croûtage « bleu ». Une dose de sel plus élevée va ralentir le développement du *Geotrichum* qui s'implante habituellement plus précocement et permettre au *Penicillium*, plus long à s'implanter, de se développer. Dans le cas qui nous intéresse, où il s'agit de favoriser le *Penicillium* plutôt que le *Geotrichum*, il faudra donc bien veiller à régler la dose de sel.

L' a_w ou le taux de sel sont de manière générale non limitants pour le développement des *Penicillium* dans les conditions habituellement observées en fromages lactiques. Pour gérer la dose de sel, il faut tenir compte de l'extrait sec des fromages. Dans les enquêtes LACTAFF menées en fermes, les extraits secs totaux des fromages au démoulage étaient en moyenne de 31,3%.

Pour cet extrait sec, les experts recommandent les doses de sel suivantes :

- fromages « bleus » secs : >1,4 g de sel pour 100 g de fromage (> 1,5%), ce qui correspond à 2 g/100g de sel sur eau,
- fromages « bleus » moelleux : < 1,4 g de sel pour 100 g de fromage (< 1,5%).

Lors des suivis en ferme du programme LACTAFF, force est de constater que peu de producteurs connaissent et gèrent leur dose de sel : peu d'entre eux pouvaient donner leur dose de sel et tous géraient de manière empirique le salage. Pour une bonne gestion de la dose de sel, il est recommandé de faire des pesées régulières du sel et des fromages (cf. plus loin) et pouvoir l'adapter si besoin.

Des échantillons ont été prélevés pour faire des analyses du taux de sel au démoulage (après salage) lors des suivis LACTAFF. La dose de sel était en moyenne de 1,2 g de sel pour 100 g de fromage au démoulage, pour un extrait sec moyen de 31,3%, tous types de fromages confondus (analyses réalisées sur un broyage de 5 fromages entiers). Ces analyses ont montré des doses de sel peu différentes d'un type de fromage à l'autre, il semble donc que la dose de sel ne soit pas le levier fréquemment employé pour l'orientation de la flore de surface, pour des raisons organoleptiques, dans un contexte de limitation des quantités de sel à la demande des consommateurs.

Cependant, il est important de saler suffisamment car une dose de sel trop faible va permettre aux contaminants de se développer.



Ces valeurs repères sont à ajuster pour chaque cas particulier et selon le format du fromage.

Moment du salage


De façon générale, un salage plus précoce permet de favoriser le *Penicillium* en défavorisant le *Geotrichum*.


- Pour un fromage « bleu » sec souhaité, le salage peut donc être effectué en moule pour les deux faces (au même moment),
- Pour un fromage « bleu » moelleux souhaité, le salage peut être un peu décalé par rapport à un « bleu » sec pour permettre un léger développement du *Geotrichum* avant l'implantation du *Penicillium*.

Comment maîtriser cette étape ?

Sel utilisé et technique de salage

Les bonnes pratiques pour l'étape de salage :

- Utiliser du sel fin de fromagerie, sec et sain,
- Stocker le sel dans un récipient fermé et dans un endroit propre et sec,
- Réaliser le salage avec des mains et du matériel (salière, sucrière ou autres ustensiles) propres et secs (photo 11),
- Répartir de manière homogène le sel à la surface des fromages,
- Saler les 2 faces de façon homogène,
- Eviter de saler au moulage, du sel peut être perdu dans le lactosérum et s'accumuler sous le fromage dans le moule,
-  Il faut attendre après salage avant de réaliser un retournement pour que le sel ait le temps de pénétrer,
- Pour la maîtrise de la régularité du salage, l'idéal est que ce soit toujours la même personne qui réalise cette tâche.

 Il faut faire attention à ne pas créer d'amas de sel qui conduiront à une couverture irrégulière de la flore de surface (concentration en sel trop importante sur ces zones qui se traduit par des tâches « mousseuses » de couleur plus intense).

Sel utilisé

Le sel à utiliser doit être du sel fin de fromagerie (avec une granulométrie régulière entre 400 et 630 µm), sec et sain. Les recommandations sont les suivantes :

- **Ne pas utiliser de sel de cuisine**, car celui-ci peut être iodé ou fluoré, ce qui peut perturber le développement des flores de surface ou donner des mauvais goûts (goût de médicament).
- **Ne pas utiliser de sel contenant comme additif de l'oxyde de magnésium (E 530)**, car il peut reminéraliser la croûte et conduire à un aspect cartonneux.
- Une attention particulière doit être portée pour certains **sels : la fleur de sel ou le sel de Guérande** vont donner une répartition irrégulière du sel à la surface des fromages (granulométrie des grains de sel hétérogène) et peuvent contenir des flores d'altération.
- Attention aux changements de type de sel : la granulométrie peut être différente et entraîner des différences de salage sur les fromages.

Si nécessaire, le sel peut-être décontaminé par passage au four (120°C, 30 min) ou au micro-ondes (1 à 2 min) (à éviter pour le sel cendré).

Méthodes de contrôle du salage

Exemple de vérification de la dose de sel employée et confrontation de cette dose de sel aux recommandations des experts dans le cas de l'utilisation de ce levier pour favoriser un croûtage « blancivoire » souhaité :

- Si vous avez utilisé 100 g de sel pour 50 fromages sur les 2 **faces**. Vous avez apporté 2 g de sel/fromage.
- Si vos fromages pèsent en moyenne 100 g au démoulage, la dose de sel est de 2 g de sel/100 g de fromage : cette dose est trop élevée.
- Si vos fromages pèsent en moyenne 150 g au démoulage, la dose de sel est de 1,3 g de sel/100 g de fromage : cette dose est correcte.

Il est également possible de réaliser des analyses en laboratoire pour vérifier la dose de sel sur fromage au démoulage (pas plus tard).

Ressuyage

Rôle du ressuyage

Le ressuyage doit surtout permettre de favoriser le développement des levures qui vont remonter le pH de surface et ainsi favoriser la bonne implantation des flores de surface. Il complète aussi l'égouttage des fromages. Cette étape est le plus couramment réalisée en salle de fabrication (dans certains cas dans une pièce dédiée). À noter, le *Geotrichum* ne se développe pas à des pH < 4,6 et a du mal à se développer en dessous d'un pH de 5,3. Ce sont donc les levures qui vont se multiplier en premier lieu au démoulage sur des fromages acides, et ainsi permettre la désacidification et le développement du *Geotrichum*. La désacidification sera également favorable au développement du *Penicillium*, cependant plus tolérant aux variations de pH. Dans le cas de fromages très acides (soit restés longtemps sous acide, soit avec des pH bas), il faudra particulièrement faire attention à favoriser la phase levurienne.

A noter qu'au démoulage la composition physico-chimique des fromages était peu différente dans les 49 fermes étudiées : par exemple l'extrait sec moyen était de 31,3 % ± 2,3 % au démoulage. Seuls certains bleus secs présentent déjà un extrait sec un peu plus élevé au démoulage.

Leviers de maîtrise possibles au ressuyage pour favoriser un croûtage « bleu »

Le ressuyage sera conduit de manière différente en fonction de la texture des fromages « bleus » souhaitée. Pour les fromages secs, on ne souhaite pas trop favoriser le *Geotrichum* au préalable (photo 12), alors que pour les fromages moelleux, on souhaite au préalable démarrer l'implantation du *Geotrichum* avant l'installation du *Penicillium*.



Photo 12 : Fromage en fin de ressuyage avec peu de pousse du *Geotrichum*


Source : S. Morge, PEP caprins Rhône-Alpes

Initier la phase levurienne

Pour le développement des levures puis du *Geotrichum*, une ambiance chaude, humide et oxygénée doit être favorisée. Les recommandations sont donc les suivantes :

- entre 18 et 20°C pour les « bleus » secs,
- jusqu'à 22°C pour les « bleus » moelleux.

Une température élevée (20 à 22°C) sera particulièrement favorable à l'installation du *Geotrichum* à la surface des fromages dont le début d'installation est recherché à cette étape pour les fromages « bleus » moelleux. Dans tous les cas, la température au cœur des fromages ne devra pas être inférieure à 18°C.

 La température doit être adaptée. Trop haute, il y aura un risque de jaunissement précoce des surfaces (séchage précoce des surfaces). Trop faible (ou des coups de froid sur les fromages), cela va bloquer la désacidification (développement des levures ralenti et remontée de pH insuffisante). Ceci sera favorable au développement du *Penicillium*, mais si le pH n'est pas suffisamment remonté, le *Penicillium* aura quand même du mal à se développer.

Pour gérer la texture recherchée des fromages, il faut gérer parallèlement la durée de l'étape de ressuyage. Dans le cas de fromages « bleus » secs souhaités, la durée du ressuyage doit être limitée : 0 à 24 h. Le développement des levures est recherché, mais on veut limiter la durée de cette étape pour limiter le développement du *Geotrichum*. Dans le cas de fromages « bleus » moelleux souhaités, la durée du ressuyage doit être plus longue pour favoriser le développement du *Geotrichum*, mais ne doit pas dépasser 1 à 2 jours.

Il est recommandé de réaliser le ressuyage sur grille avec des retournements au minimum quotidiens pour permettre la bonne oxygénation des surfaces de fromage.

Pour favoriser l'implantation du *Penicillium* à la surface des fromages, il est possible de pulvériser une solution contenant du *Penicillium* au début de cette étape d'affinage (voir fiche « Microbiologie »). Il faut noter que le *Penicillium* est naturellement présent dans l'ambiance. L'apport de bleu peut donc se faire « naturellement » par l'aérocontamination ou via le matériel (grilles).

Gérer la perte de poids

Quand le ressuyage a lieu en salle de fabrication, les paramètres d'ambiance sont adaptés aux objectifs de fabrication pour le caillage et l'égouttage en moule notamment, donc la gestion des pertes de poids en jouant sur les paramètres d'ambiance (température, hygrométrie et vitesse d'air) sera moins facile (voir paragraphe suivant). Reste la possibilité d'adapter si besoin la durée du ressuyage si l'on dispose de suffisamment de place.

Dans les enquêtes LACTAFF réalisées en ferme, les pertes de poids du démoulage à la fin du ressuyage, pour les fermes pratiquant une étape de ressuyage étaient, pour la majorité des fermes de 4 à 13% pour les bleus secs¹ (moyenne 10%) et 7 à 27% pour les bleus moelleux¹ (moyenne 16%). La perte de poids moyenne des bleus moelleux est significativement différente de la moyenne des 49 fermes (plus élevée). À cette étape, la perte de poids correspond souvent à un complément d'égouttage subit ou naturel. Aucune action n'est généralement mise en place pour jouer sur cette perte de poids (les conditions d'ambiance en salle de fabrication répondent à d'autres objectifs), mais il est important de la connaître pour la maîtrise générale de l'affinage. Pour vérifier la bonne gestion de la perte de poids, il est conseillé de régulièrement mesurer la perte de poids des fromages au ressuyage : faire des pesées (voir en annexe fiche pesée des fromages lactiques lors de l'affinage).

Dans les suivis LACTAFF, la composition physico-chimique des fromages en fin de ressuyage n'a pas été étudiée.

Comment maîtriser cette étape ?

En fin de ressuyage, le *Geotrichum* ne devra pas s'être développé de façon visible pour les fromages « bleus » secs, et de façon limitée pour les fromages « bleus » moelleux. La surface des fromages « bleus » moelleux) doit avoir changé d'état : elle doit être mate et non luisante. Ceci indique que la flore de surface a commencé à s'implanter : des levures en grande majorité ou du *Geotrichum*.

Il est conseillé pour le bon déroulement de cette étape de régulièrement observer et toucher les fromages.

Séchage

Cette étape est réalisée généralement dans une pièce dédiée, mais il existe d'autres moyens pour sécher les fromages : ventilateurs en salle de fabrication ou au hâloir, déshumidificateurs, placer les fromages sous l'équipement de climatisation, placer les fromages dans une zone particulière d'un hâloir dynamique... Dans ces différents cas, les objectifs de l'étape de séchage restent les mêmes, même s'ils seront sans doute plus difficiles à atteindre et à obtenir de façon régulière. Ces adaptations ont un impact sur l'organisation et le temps de travail.

¹ Ces chiffres correspondent à la perte de poids observée dans 80% des fermes (c'est-à-dire exclu les extrêmes)

Rôle du séchage

Le séchage va continuer « l'égouttage » en évacuant une partie de l'eau des fromages par évaporation. Il va donc avoir une incidence sur l'humidité des fromages et ainsi orienter le développement des flores et les mécanismes d'affinage à l'étape d'affinage proprement dite. La perte en eau va également avoir un rôle sur la texture des fromages : en fonction de la quantité d'eau évacuée, la texture sera ferme à moelleuse.

D'autre part, le séchage doit être favorable à la désacidification des fromages, particulièrement si l'étape de ressuyage est courte ou absente. Il faudra alors favoriser la phase levurienne durant laquelle le développement des levures permettra de remonter le pH de surface, favorisant ainsi le développement des flores de surface (des explications plus détaillées sont données dans la partie ressuyage). La phase levurienne peut être favorisée par exemple en appliquant une température de séchage plus haute.

Leviers de maîtrise possibles au séchage pour favoriser un croûtage « bleu »

La maîtrise du séchage passe par la maîtrise d'un objectif de perte de poids des fromages entre la fin du ressuyage et la fin du séchage. Le producteur doit établir son référentiel en pesant les fromages : par exemple, 30 à 45% de perte de poids par rapport à la fin du ressuyage, nécessite 48 h de séchage au minimum.

Dans les enquêtes LACTAFF, les pertes de poids observées pour les fromages « bleus » sont les suivantes :

- fromages « bleus » secs : perte de poids de 29 à 45%² (moyenne 37%), et une durée de séchage plus longue,
- fromages « bleus » moelleux : perte de poids de 5 à 35%² (moyenne 22%) (voir plus bas).

La perte de poids moyenne des bleus secs est significativement différente de la moyenne des 49 fermes (plus élevée).

La composition physico-chimique des fromages est différente selon les types de fromages dès la fin du séchage : l'extrait sec total des bleus secs atteint 47,8%, alors que les bleus moelleux restent proches de la moyenne des 49 fermes avec 42,7% (42,2% pour la moyenne des 49 fermes). Le rapport sel sur eau des fromages bleus secs est déjà plus élevé que celui de la moyenne, alors que celui des bleus moelleux est inférieur à la moyenne. Les fromages bleus secs sont moins protéolysés que la moyenne à la fin du séchage (rapport azote soluble sur azote total), ce qui est sans doute lié au fait qu'ils soient plus secs et salés.


Les résultats de perte de poids sont distincts en fonction de la texture du fromage. Cette étape sera, en effet, à adapter en fonction de la texture souhaitée.

Les leviers pour agir sur la perte de poids (expérimentation LACTAFF) sont :

- la vitesse d'air (sur laquelle il n'est pas facile de jouer),
- la durée du séchage,
- l'hygrométrie
- la température.

La durée du séchage recommandée est d'au moins 48 h, voire même jusqu'à 4 à 5 jours observés dans les enquêtes LACTAFF.

L'objectif de perte de poids doit tout de même être atteint rapidement. De plus, la vitesse de séchage joue sur la concentration du sel et sa migration vers le cœur. Un séchage rapide favorisera le développement du *Penicillium*, car le sel reste plus longtemps en surface.

D'autres leviers peuvent être employés : vitesse d'air, hygrométrie et température.  Il est conseillé, avant de faire varier ces paramètres, d'avoir une bonne connaissance de la gestion de ces paramètres

² Ces chiffres correspondent à la perte de poids observée dans 80% des fermes (c'est-à-dire exclu les extrêmes)

et de leurs incidences sur la conduite du séchage (cf. fiche « Les équipements de climatisation des locaux d'affinage »).

Le séchage peut être réalisé entre 12 et 18°C avec une hygrométrie comprise entre 65 et 75% (source : outil ORQUAL).

Comment maîtriser de cette étape ?

Pour la bonne maîtrise du séchage, il est conseillé :

- de régulièrement mesurer les pertes de poids au séchage en réalisant des pesées des fromages à la fin du ressuyage et à la fin du séchage (cf. fiche « Pesée des fromages lactiques lors de l'affinage »),
- de régulièrement observer, toucher et goûter les fromages,
- de maîtriser en premier lieu, la durée du séchage, mais également la température, l'hygrométrie et la vitesse d'air pour évacuer en temps voulu la quantité d'eau souhaitée (il est possible aussi de mettre un déshumidificateur supplémentaire dans le séchoir pour améliorer le séchage : voir la fiche sur la climatisation).

Dans le cas où l'ambiance du séchoir est hétérogène, réaliser des mouvements des piles pour améliorer l'homogénéité du séchage (circuit défini et fixe des piles de l'entrée à la sortie du séchoir). Pour favoriser un séchage homogène des fromages, des retournements réguliers doivent être réalisés.

À la fin du séchage, la flore de surface doit s'être développée : le *Geotrichum* doit être dominant (aspect mat) sur les fromages « bleus » moelleux et quelques points bleus peuvent apparaître à la surface des fromages « bleus » secs avec du *Geotrichum* plus ou moins ras (photo 13).



Photo 13 : Fromages de type « bleu sec » en fin de séchage. A noter que le *Penicillium* ne s'est pas encore développé à ce stade
Source : G. Allut, CFB

Affinage

L'affinage *stricto sensu* dans le hâloir sera ici considéré.

Rôle de l'affinage

L'affinage développe les caractéristiques organoleptiques des fromages. Des phénomènes complexes (glycolyse, lipolyse, protéolyse) conduisent à modifier l'aspect, la texture et le goût des fromages (cf. fiche « L'affinage : généralités »). Ces phénomènes vont dépendre de la composition physico-chimique (a_w , pH, etc.) et microbiologique des fromages, de l'ambiance (température, hygrométrie, composition chimique de l'air, taux de chargement, etc.), ainsi que des soins apportés lors de cette étape.

Pour ce qui concerne le croûtage, cette étape doit permettre aux flores de surface de se développer de manière homogène à la surface des fromages en évitant la contamination par des flores de surface non recherchées.

La perte de poids des fromages lors de l'affinage est inévitable pour les fromages lactiques, et ce d'autant plus si des phases de séchage et/ou ressuyage n'ont pas eu lieu préalablement dans d'autres pièces. Les pertes de poids importantes sont cependant à éviter, particulièrement dans le cas où une texture



Photo 14 : Exemple de fromages bleu moelleux (à gauche) et bleu sec (à droite)
Source : S. Morge, PEP caprins Rhône-Alpes

moelleuse est recherchée. Pour des fromages « bleus », une poursuite de la perte de poids lors de l'affinage est recherchée et doit être maîtrisée.

Leviers de maîtrise possibles à l'affinage pour favoriser un croûtage « bleu »

Gestion de la perte de poids

Les enquêtes LACTAFF montrent les pertes de poids suivantes des fromages pendant l'affinage (données sur des pesées entre la fin du séchage et 14 jours après démoulage) :

- Bleus secs : de 5 à 47% du poids d'entrée au hâloir³ (fin de séchage ou fin de ressuyage ou même démoulage selon les cas), (plutôt moins de 25% si séchage préalable important, plus de 25% en l'absence de séchage ou dans des cas de pertes de poids très importantes) (moyenne 26%) ;
- Bleus moelleux : 12 à 40%³ (plutôt moins de 25% si séchage préalable) (moyenne 24%).

Ces pertes de poids ne sont pas significativement différentes de celles observées dans la moyenne des 49 fermes enquêtées.

Le fait que les fromages bleus moelleux aient un croûtage plus développé contribue sans doute à limiter leur perte de poids en affinage. La perte de poids peut être gérée par l'hygrométrie, la température (voir résultats expérimentation LACTAFF) et la vitesse d'air.

La composition physico-chimique des fromages est différente selon les types de fromages à la fin des 14 jours d'affinage étudiés dans les enquêtes LACTAFF :

	Extrait sec total (%)	Humidité du Fromage dégraissé (HFD) (%)	Rapport sel sur eau (%)	Protéolyse (rapport azote soluble sur azote total) (%)	Indice de lipolyse
Moyenne des 49 fermes	53,2	64,3	3,6	16,3	13
Bleus secs	59,7	57,8	4,8	12,3	10,8
Bleus moelleux	54,1	63,8	3,6	14,9	13,5

Les fromages bleu moelleux ont une composition proche des valeurs moyenne, alors que les fromages bleus secs sont plus secs, plus salés et moins lipolysés et protéolysés.

Gestion des paramètres d'ambiance et soins apportés

Les principaux leviers qui pourront être utilisés pour favoriser un croûtage « bleu » sont :

- les paramètres d'ambiance (température, hygrométrie, vitesse d'air, durée, etc.)
- les soins apportés.

Au hâloir, le *Penicillium*, une fois bien développé, n'est pas affecté par une limitation d'oxygène (confinement), à la différence de *Geotrichum*. Si le séchage a été violent, il faudra au contraire avoir une humidité et une température plus élevées pour favoriser le « bleu ».


³ Ces chiffres correspondent à la perte de poids observée dans 80% des fermes (c'est-à-dire exclu les extrêmes)

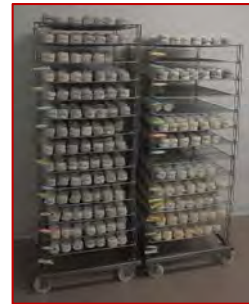
Comment maîtriser cette étape ?

Pour bien maîtriser l'étape d'affinage, il est recommandé :

- de bien gérer les paramètres d'ambiance : température, hygrométrie, vitesse d'air, renouvellement de l'air,
- de régulièrement observer, toucher et goûter les fromages,
- d'adapter la durée en fonction du produit souhaité,
- d'effectuer des retournements réguliers (quotidiens au début de l'affinage),
- de ne pas surcharger le hâloir ou de ne pas avoir un hâloir vide,
- de peser les fromages régulièrement pour vérifier la perte de poids des fromages entre la fin du séchage et une durée fixe d'affinage et mieux la maîtriser,
- Vérifier le pH à cœur si l'on possède un pH-mètre, celui-ci doit peu varier sur des fromages bleus secs, au moins sur les 14j suivant le démoulage (pH<5,00),

Il est possible de bloquer les fromages au froid (chambre froide) une fois que la flore souhaitée est développée pour éviter le « sur-développement » de la flore de surface.


 Cette technique ne peut pas être employée s'il s'agit de fromages AOP où la réglementation précise une durée minimum d'affinage à une température donnée.



Photos 15 à 18 : Resserrement de fromages, couverture des piles, mises en caisse... : différentes astuces pour favoriser le développement du *Penicillium* sur les fromages
Source : S. Morge, PEP caprins Rhône-Alpes et G. Allut, CFB

Dans les suivis d'exploitations, différentes solutions étaient mises en place par les producteurs pour favoriser le développement du « bleu » sur les fromages, dès l'entrée au hâloir ou au bout de quelques jours (photos 15 à 18) :

- resserrage simple des fromages sur grilles ou resserrage par mise sur la tranche des fromages ou empilement des fromages sur 2 rangées,
- drap recouvrant les piles de fromages pour limiter l'air en surface et confiner les fromages,
- mises en caisses des fromages sur champ (quand ils sont suffisamment secs) : resserrage et papier sur le dessus de la caisse et empilement des caisses,
- mise des fromages en rouleau sous papier peu perméable, attention de bien séparer les fromages avec un papier entre chaque fromage pour éviter qu'ils ne collent,
- stockage en chambre froide en caisses.

 Pour l'emploi de ces techniques, il faut penser que les fromages évoluent et il faut donc prévoir un retournement régulier ou un décollage des fromages régulier (au moins 1 fois par semaine).

PERTE DE POIDS GLOBALE SUR LES 14 JOURS APRES DEMOULAGE

La perte de poids totale des fromages au cours de l'affinage (entre le démoulage et 14 jours après démoulage) dans les enquêtes LACTAFF ressort comme un élément qui permet de discriminer certains types de fromages, c'est-à-dire les groupes de fromages de texture et croûtage différents entre eux (la perte de poids moyenne de quatre des cinq classes de fromage est significativement différente de la moyenne des pertes de poids des fromages des 49 fermes enquêtées). Les pertes de poids totales des fromages bleus secs et bleus moelleux s'établissent respectivement autour de 43-61% (moyennes 52%) et 34-56% (moyenne 45%) (figure 1).

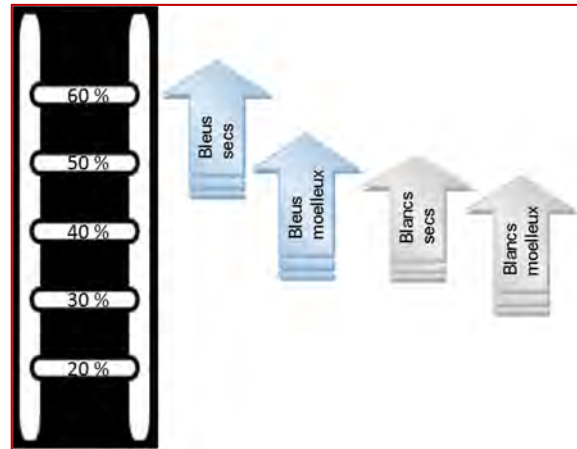
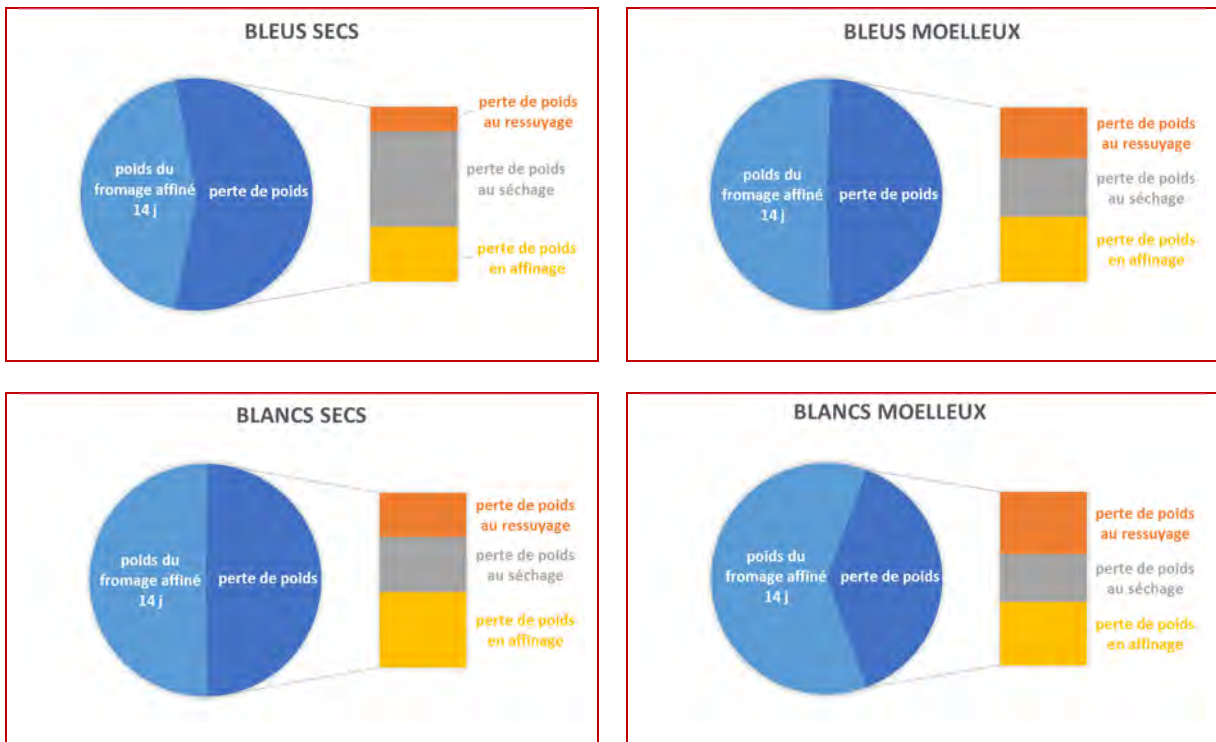


Figure 1 : pertes de poids totales 14 jours après démoulage selon le type de fromage obtenu (enquêtes LACTAFF)

Au-delà de la perte de poids totale, les pertes de poids par étape sont aussi caractéristiques des types de fromages observés dans les enquêtes LACTAFF (figure 2).





Cercle : poids du fromage au démoulage

Figure 2 : pertes de poids moyennes aux différentes étapes de l'affinage 14 jours après démoulage selon le type de fromage obtenu (enquêtes LACTAFF)

ANNEXES

Poster « Croûtage des fromages lactiques »

Croûtage des fromages lactiques

BLANC-IVOIRE (*Geotrichum*)

Lait
Lactosérum, ferments
Ambiance traite
et fromagerie

Geotrichum +++ X Penicillium

Geotrichum pour
bleu moelleux

FABRICATION

- Si **Geo** non présent : ensemencement (« vieux » lactosérum à 20°C, croûte, glaçon de croûte ou souche commerciale), à renouveler
- Egouttage à 20-22°C avec retournement (une vaporisation peut être faite sur les fromages à ce stade)
- Sel sec, sain et réparti de façon homogène : <1,5% sur un fromage avec 30% ES au démoulage ; **salage plutôt tardif** au démoulage ou pendant le ressuyage pour favoriser le **Geo**

RESSUYAGE en salle de fabrication

- Durée de 24 à 48h, voire plus long
- T° de 20°C dans les fromages, rechercher chaleur et humidité pour la phase levurienne
- Pertes de 10 à 13% du poids au démoulage (pesée des fromages)
- Avoir un bon développement de la flore de surface en fin de ressuyage (couverture mate).

SECHAGE


- Court ou absent

	Blanc moelleux	Blanc sec
Observé dans les enquêtes	Pertes de 10 à 20% du poids de fin de ressuyage (moyenne 15%)	Pertes de 15 à 20% du poids de fin de ressuyage en 48 h ou plus (moyenne 17%)

AFFINAGE

	Blanc moelleux	Blanc sec
Observé dans les enquêtes à D + 14 j	Pertes de 10 à 25% du poids de fin de séchage (moyenne 18%) Limiter la ventilation Hygrométrie > 95%	Pertes de 30 à 40% du poids de fin de séchage (moyenne 31%) Hygrométrie < 85-95%

- Eviter le confinement des fromages (ouvrir la porte)
- **Blanc moelleux** - Attention, fromages fragiles, temps de conservation faible ; ne pas mettre en péril les produits avec coulage sous croûte ou perte de fromage liquide. Problème d'amertume possible.
- **Blanc secs** - Attention, si non protéolyse : goût de savon



BLEU (*Penicillium*)

Lait
Lactosérum, ferments
Ambiance traite
et fromagerie

Penicillium +++ X Geotrichum

Geotrichum pour
bleu moelleux

FABRICATION

- Egouttage 18-22°C avec retournement
- Salage possible dès le 1^{er} retournement pour diminuer l'humidité en surface et favoriser le bleu / défavoriser le **Geo**
- Sel sec, sain et réparti de façon homogène : jusqu'à 2% pour un fromage avec 30% d'ES au démoulage

RESSUYAGE en salle de fabrication

- Durée de 0 à 12-24h maximum
- Perte de poids de 0 à 10% du poids au démoulage (pesée des fromages) - Moyenne 16% pour les bleus moelleux
- Peu de développement de la flore de surface en fin de ressuyage (absence de flore pour le bleu sec)

SECHAGE


- Long, en recherchant une bonne ventilation

	Bleu moelleux	Bleu sec
Observé dans les enquêtes	Pertes de 5 à 35% du poids de fin de ressuyage (moyenne 22%)	Pertes de 30 à 45% du poids de fin de ressuyage en 48 h ou plus (moyenne 37%)

AFFINAGE

	Bleu moelleux	Bleu sec
Observé dans les enquêtes à D + 14 j	Pertes de 10 à 40% du poids de fin de séchage (moyenne 24%) Hygrométrie > 95%	Pertes de 5 à 45% du poids de fin de séchage (moyenne 26%) Hygrométrie < 85-95%

- Eviter trop de *Penicillium* sinon aspect cartonneux-mousseux (compromis hygrométrie et pertes en eau)
- Les fromages peuvent être stoppés en chambre froide quand le fromage recherché est atteint
- Attention aux goûts de champignon trop prononcés.



Perte de poids entre le démoulage (D) et D+14jours

Blanc sec :
34-48%
moyenne 42%


Blanc moelleux :
28-46%
moyenne 38%

Bleu sec :
43-61%
moyenne 52%

Bleu moelleux :
34-56%
moyenne 45%

Credit photos : S. Morge, A. Chabanon, G. Allier, A. Michot - Brie en page : Isabelle Guiguer (Institut de l'Elevage)

Auteurs : Sylvie MORGE, PEP caprin Rhône-Alpes – Sabrina RAYNAUD, Institut de l'Elevage d'après CASDAR LACTAFF



Poster « Pesée des fromages lactiques lors de l'affinage »



Une étude a mis en évidence un lien entre la perte de poids des fromages lors des étapes de ressuyage, séchage, affinage et le type de couverture de surface.



3 utilisations possibles des balances professionnelles

Comment peser ?

	Avec un pèse-personne	Avec une balance ménagère	Avec une balance professionnelle
Méthode	<ul style="list-style-type: none"> Se peser, puis se peser avec une grille dans les mains ; déduire son poids et celui de la grille du poids obtenu 	<ul style="list-style-type: none"> Peser directement quelques fromages Déduire le poids des moules si utilisés pour peser 	<ul style="list-style-type: none"> Peser une ou plusieurs grilles ; déduire le poids de la ou des grilles du poids obtenu
Avantage	<ul style="list-style-type: none"> Rapide et peu coûteux Représentatif car pèse de nombreux fromages 	<ul style="list-style-type: none"> Peu coûteux 	<ul style="list-style-type: none"> Précis si bonne gamme de poids de la balance (choisir une portée adaptée) Représentatif car pèse de nombreux fromages
Inconvénient	<ul style="list-style-type: none"> Peu précis 	<ul style="list-style-type: none"> Poids total limité Pèse peu de fromages ; peu représentatif 	<ul style="list-style-type: none"> Balance plus chère

A quel moment peser ?

- Au moment du salage pour doser le sel.
- Au démoulage après salage.
- En fin de ressuyage juste avant passage au séchoir.
- En fin de séchage juste avant passage au hâloir.
- A un stade donné dans le hâloir (dans l'étude 14 jours après le démoulage).



Important aussi de peser le sel au moment du salage !

Calculer le poids moyen d'un fromage

- Diviser le poids total en fromage obtenu par le nombre de fromages.

Calculer un pourcentage moyen de perte de poids par étape

- % de perte de poids au ressuyage = $\frac{\text{poids moyen d'un fromage fin ressuyage} - \text{poids moyen d'un fromage au démoulage}}{\text{poids moyen d'un fromage au démoulage}} \times 100$
- % de perte de poids au séchage = $\frac{\text{poids moyen d'un fromage fin séchage} - \text{poids moyen d'un fromage fin ressuyage}}{\text{poids moyen d'un fromage fin ressuyage}} \times 100$
- % de perte de poids en affinage = $\frac{\text{poids moyen d'un fromage stade affinage} - \text{poids moyen d'un fromage fin séchage}}{\text{poids moyen d'un fromage fin séchage}} \times 100$
- % de perte de poids totale = $\frac{\text{poids moyen d'un fromage stade affinage} - \text{poids moyen d'un fromage au démoulage}}{\text{poids moyen d'un fromage au démoulage}} \times 100$

Auteurs : Sylvie MORGE, PEP caprin Rhône-Alpes – Sabrina RAYNAUD, Institut de l'Élevage – Guillemette ALLUT, Centre Fromager de Bourgogne d'après CASDAR LACTAFF



Mise en page : Isabelle Dougal (Institut de l'Élevage) - Christophe Pichon - Sylvie Morge

Pour en savoir plus

- Collectif, 2012. Outil d'amélioration technologique et sensorielle des produits laitiers fermiers (ORQUAL). Coord. Cécile Laithier et Agathe Bonnes (Institut de l'Élevage) sous l'égide de la FNEC/FNPL, clé USB, édition Institut de l'Élevage.
- Collectif, 2007. Guide d'appui technique pour l'accident de fromagerie à la ferme « Accident du bleu en technologie lactique et pâtes molles ». Institut de l'Élevage, Fédération Nationale des Eleveurs de Chèvres, PEP Caprin Rhône-Alpes, Centre Fromager de Carmejane, GDS 41, Fédération des Chevriers bourguignons, Centre Technique Fromager Caprin de la région Centre, Association du munster fermier, ENILBIO Poligny, Université Claude Bernard Lyon 1. In CD rom Guide d'appui technique sur les accidents de fromagerie à la ferme, 2ème version. Edition Technipel, Paris.
- Laithier C, Raynaud S, Bonnes A, Doutart E, Lopez C, Dumonthier P, Morge S, Barral J, Reynaud C, Lefrileux Y, Gaüzère Y, Rossignol L, Allut G, Pétrier M, Leroux V, Demarigny Y, Tormo H, Lefier D, Beuvier E, Callon C, Montel MC, Lesty M, Anglade P, Durand G, Ray JC, Chabanon A, Blanchard F, Lesty M, Le Ravallec P. 2011. Maîtrise de l'acidification en technologie lactique fermière. Guide d'appui technique, fiches techniques, synthèses des études et kit de formation producteurs. Clé USB Institut de l'Élevage. Edition Technipel, Paris.
- Lefrileux Y., Picque D., Mirade P.S., Gaüzere Y., Leclerq-Perlat M.N., Guillemin H., Saint-Eve A., Auberger J.M., Le Jan E., Dorléac A., Morge S., Pradal M.J., Oliveira E., Birkner J., Doutart E., Alaoui-Sosse L., Lopez C., Raynaud S., 2016. Expérimentations sur l'affinage de fromages lactiques fermiers au lait de chèvre. Action 2 du projet QUALITE DES FROMAGES FERMIERS LACTIQUES : LOCAUX ET MAITRISE DE L'AFFINAGE (LACTAFF). Rapport de fin d'étude collection résultats de l'Institut de l'Élevage. *En cours de publication*.
- PEP Caprins Rhône Alpes, 2011. Évaluer l'ambiance des locaux et définir l'origine des contaminations avec le test St Môret®, disponible à l'adresse suivante visitée le 9 janvier 2012 : http://www.pep.chambagri.fr/mydms/pep_caprins/file_4e92ec6af0e91.pdf.
- Raynaud S., Morge S., Pétrier M., Allut G., Barral J., Enjalbert V., Reynaud C., Michel A., Fatet E., Chabanon A., Teinturier M., Gaüzere Y., Picque D., Guillemin H., Doutart E., Alaoui-Sosse L., Mirade P.S., Jean P., Lopez C., Blanchin J.Y., Laithier C., Leroux V., Aumasson A., Montoya P., 2016. Caractérisation des conduites d'affinage à la ferme et étude des liens avec les paramètres d'ambiance des locaux et la qualité des fromages. Action 1 du projet QUALITE DES FROMAGES FERMIERS LACTIQUES : LOCAUX ET MAITRISE DE L'AFFINAGE (LACTAFF). Rapport de fin d'étude collection résultats de l'Institut de l'Élevage. *En cours de publication*.

Collection : L'Essentiel

Equipe de rédaction : Coralys ROBERT (Institut de l'Élevage), Yves GAÜZERE (ENILBIO Poligny), Patrick ANGLADE (CFF Patrick Anglade), Guillemette ALLUT (CRAB-Centre Fromager de Bourgogne), Julie BARRAL (Languedoc Roussillon Elevage puis CA 34), Claire BÄRTSCHI

Relecteurs : Marie-Noëlle LECLERQ-PERLAT et Daniel PICQUE (INRA), Patrick JEAN (ENILIA ENSMIC), Antoine MICHEL, Catherine REYNAUD (ACTALIA Centre de Carmejane), Agnès CHABANON, Mélissa TEINTURIER (FRESYCA), Nicolas ENJALBERT (Air Quality Process), Jean-Yves BLANCHIN, Jacques CAPDEVILLE, Cécile LAITHIER, Yves LEFRILEUX (Institut de l'Élevage), Alexane DORLÉAC (station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA)

Responsables professionnels du programme : Frédéric BLANCHARD et Marc LESTY (FNEC), Eric CORNILLON (PEP Caprins Rhône-Alpes), Marc DONNEAUD (MRE PACA)

Coordination et rédaction : Marion PETRIER (CA 18 – CTFC), Sylvie MORGE (PEP Caprins Rhône-Alpes), Sabrina RAYNAUD (Institut de l'Élevage)

Mise en page : Isabelle GUIGUE (Institut de l'Élevage)

Avril 2016 - Réf. Idele : 00 16 403 009

Dépôt légal : 2^{ème} trimestre 2016 © Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage

