



HAL
open science

Contribuer à la performance technico-économique des exploitations fromagères fermières en améliorant la maîtrise technologique et la qualité des fromages

Cécile Laithier, S. Raynaud, A. Bonnes, E. Doutart, C. Lopez, P. Dumonthier, S. Morge, J. Barral, C. Reynaud, Y. Lefrileux, et al.

► To cite this version:

Cécile Laithier, S. Raynaud, A. Bonnes, E. Doutart, C. Lopez, et al.. Contribuer à la performance technico-économique des exploitations fromagères fermières en améliorant la maîtrise technologique et la qualité des fromages. *Innovations Agronomiques*, 2012, 25, pp.269-282. 10.17180/tr84-ng64 . hal-02653117

HAL Id: hal-02653117

<https://hal.inrae.fr/hal-02653117v1>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Contribuer à la performance technico-économique des exploitations fromagères fermières en améliorant la maîtrise technologique et la qualité des fromages

Laithier C.¹, Raynaud S.¹, Bonnes A.¹, Doutart E.², Lopez C.², Dumonthier P.², Morge S.³, Barral J.⁴, Reynaud C.⁴, Lefrileux Y.⁵, Gaüzère Y.⁶, Rossignol L.⁷, Allut G.^{7,8}, Pétrier M.⁹, Leroux V.⁹, Demarigny Y.¹⁰, Tormo H.¹¹, Lefier D.¹², Beuvier E.¹², Callon C.¹³, Montel M.C.¹³, Lesty M.¹⁴, Anglade P.¹⁵, Durand G.¹⁶, Ray J.C.¹⁷, Chabanon A.¹⁸, Le Ravallec P.³, Lesty M.¹⁹, Blanchard B.¹⁹

¹ Institut de l'Élevage, Agrapole, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex 07

² Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

³ PEP caprins Rhône-Alpes, Le Pradel, 07170 Mirabel

⁴ Actilait Centre de Carmejane, Le Château, 04510 Le Chaffaut Saint Jurson

⁵ Station expérimentale caprine du Pradel EPLEFPA – Institut de l'Élevage, Le Pradel, 07170 - Mirabel

⁶ ENILBIO Poligny, place du Champ de Foire, BP 49, 39801 Poligny Cedex

⁷ Centre Fromager de Bourgogne, en Poncetys, 71960 Davayé

⁸ Languedoc Roussillon Elevage, Mas de Saporta-Agriculteurs B, CS 40022, 34875 Lattes Cedex

⁹ Centre Technique Fromager Caprin de la région Centre, 2701 route d'Orléans, BP 10, 18230 Saint Douillard

¹⁰ ISARA-Lyon, Agrapole, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex 07

¹¹ Université de Toulouse, Ecole d'Ingénieurs de Purpan, 75 voie du TOEC, BP 57611, 31076 Toulouse cedex 3

¹² INRA, UR342 Technologie et Analyses Laitières, F-39801 Poligny, France

¹³ Unité de Recherches Fromagères INRA, 20 côte de Reyne, 15000 Aurillac

¹⁴ Coryent Conseil, 28 rue Sainte Adélaïde, 78000 Versailles

¹⁵ Conseil et Formation en Fromagerie Patrick Anglade, Bonac sur Lez, 09800 Bonac Irazein

¹⁶ Chambre d'Agriculture du Lot, 430 Avenue Jean Jaurès, BP 199, 46004 Cahors cedex

¹⁷ Etablissement Régional de l'Élevage, 418 rue Aristide Briand, 77350 Le Mée sur Seine

¹⁸ ENILIA, Avenue François Mitterand, BP 49, 17700 Surgères

¹⁹ FNEC, Maison du Lait, 42 rue de Châteaudun, 75314 Paris cedex 9

Correspondance : cecile.laithier@idele.fr

Résumé

La pratique consistant à utiliser des ferments indigènes, en particulier l'utilisation de lactosérum en technologie lactique (repiquage), est garante de la spécificité des produits de la ferme et est donc considérée par les éleveurs transformateurs comme essentielle à maintenir. Or, sa maîtrise, de nature multifactorielle et reposant sur des pratiques empiriques, est difficile, incitant parfois les producteurs à abandonner cette pratique. Les références acquises dans ce projet ont permis d'aboutir à une démarche de diagnostic et de conseil visant à pérenniser l'utilisation du lactosérum. Les enquêtes et expérimentations de ce programme ont montré le rôle essentiel de la conduite de l'acidification face à ces problèmes de repiquage. Elles ont aussi révélé l'importance déterminante qu'ont la diversité microbienne des laits et la gestion des équilibres microbiens. Une clé USB regroupe les documents issus de ce programme en 3 parties opérationnelles pour les techniciens : réaliser un appui technique, former les producteurs, et une partie « pour aller plus loin » qui regroupe des synthèses bibliographiques mais surtout les synthèses des résultats obtenus dans les différentes actions du projet.

Mots-clés : Technologie lactique, production fermière, levains (ou ferments) lactiques, lactosérum, lait, repiquage, facteurs de maîtrise

Abstract: Contribution to technical and economic performance of dairy farms by improving technological management and quality of cheese

The practice of using native ferments, in particular the use of whey in lactic technology (transplanting), is a guarantee of the specificity of the products of the farm and is therefore considered by transformers producers as essential to be maintained. But, multifactorial management relying upon empirical practices, is difficult, and sometimes encourages producers to give up this practice. The references acquired in this project resulted in an approach of diagnosis and advice to perpetuate the use of whey. Investigations and experiments of this program showed the essential role of acidification to these problems of transplanting. They also revealed the crucial importance of milk microbial diversity and of microbial balance management. A USB key contains all documents from this program in three operational parts for technicians: providing a technical support, training producers and some "to go further" which include literature syntheses but above all the syntheses of the results obtained in the different actions of the project.

Keywords: Lactic technology, productive farming, yeast (or enzymes) lactic acid, whey, milk, transplanting, control factors

Introduction

La technologie fromagère de type lactique concerne plus de la moitié des fabrications fromagères fermières et en premier lieu les éleveurs transformateurs caprins qui représentent la moitié des éleveurs de chèvre. Pour ces exploitations fermières, la quasi-totalité du revenu est constituée de la vente de fromages. Cette fabrication réalisée de manière traditionnelle à partir de lait cru se différencie en bien des points de la transformation industrielle. Parmi ses spécificités, une des pratiques discriminantes est l'utilisation de ferments sauvages (constitués de flores indigènes de l'exploitation). Le ferment sauvage le plus couramment utilisé est le lactosérum (petit lait prélevé sur la transformation de la veille) pour ensemençer le lait du jour. Cette technique appelée repiquage est garante de la spécificité des produits de la ferme et est donc considérée par les éleveurs transformateurs comme essentielle à maintenir. Or, sa maîtrise, de nature multifactorielle et reposant sur des pratiques empiriques, est difficile. Par ailleurs, les systèmes d'exploitation ont évolué, faisant apparaître de nouvelles situations de production et les circuits de distribution sont de plus en plus exigeants sur la régularité de la qualité des produits. Ainsi, des cas de problèmes récurrents de repiquage sont observés sur le terrain. Ces problèmes génèrent des difficultés économiques, des modifications dans l'organisation et la durée du travail voire l'abandon de cette pratique qui peut conduire à une perte de typicité des produits. Un certain nombre d'études de la filière ont déjà porté sur l'acidification mais seuls les problèmes ponctuels ont été traités. Dans le cas de problèmes de pérennité de l'utilisation du lactosérum, il semble que l'on arrive à résoudre les problèmes de repiquage à court terme, mais pas de façon durable. Si jusqu'à présent, les études et le conseil se sont focalisés sur la transformation fromagère, il semblait que cela ne suffisait plus à expliquer certains problèmes récurrents de repiquage observés sur le terrain. Cette problématique est complexe car de nombreux facteurs sont impliqués dans la conduite du repiquage. La réussite de celui-ci va dépendre en premier lieu de la réussite de l'acidification : en effet, les enquêtes préalables effectuées puis l'étude présentée ici ont confirmé que les éleveurs changeaient leur lactosérum essentiellement quand ils rencontrent des problèmes d'aspect de caillé et/ou d'acidification. La conduite de cette étape d'acidification dépend de la qualité du lait (physico-chimique et microbiologique), du

lactosérum de la veille, du schéma technologique et d'autres paramètres comme l'ambiance de la fromagerie, le matériel et la main d'œuvre.

C'est pourquoi, ce programme piloté par l'Institut de l'Élevage en 2008-2010, sous l'égide de la FNEC (Fédération nationale des éleveurs de chèvres) réunissant les partenaires suivants : Actilait Centre de Carmejane, Centre fromager de Bourgogne, Centre technique fromager caprin de la région Centre (CTFC), Ecole d'ingénieurs de Purpan (EI-Purpan), ISARA-Lyon, ISBA - ENILbio de Poligny, INRA - URTAL de Poligny, INRA Aurillac, Languedoc-Roussillon Elevage (LRE), Pôle d'expérimentation et de progrès caprins de la région Rhône-Alpes (PEP Caprins Rhône-Alpes) et les prestataires suivants : Maison de l'élevage Ile-de-France, Chambre d'agriculture du Lot, ENILIA-ENSMIC, Conseil et formation en fromagerie Patrick Anglade, Coryent Conseil avait pour finalité de développer une méthodologie de diagnostic et de conseil visant à pérenniser l'utilisation du lactosérum (pratique la plus répandue) en intégrant à la fois le volet conduite du troupeau, production du lait et le volet transformation fromagère. Il s'est déroulé en cinq étapes. Les quatre premières visaient à identifier les facteurs de risque et les moyens de maîtrise et à développer des outils pour évaluer l'aptitude acidifiante des laits et des lactosérums. La cinquième était axée sur la valorisation et la diffusion des résultats.

1. Matériels et méthodes

1.1 Identification et hiérarchisation des facteurs de risque liés aux problèmes récurrents de repiquage du lactosérum

L'objectif de cette action devait être atteint en deux étapes : une étude cas/témoin qui visait à identifier les facteurs discriminant les élevages cas des élevages témoins et des suivis plus approfondis, sur un nombre limité d'exploitations, qui devaient permettre une approche plus dynamique des problèmes.

Le recrutement des élevages a été réalisé par enquêtes téléphoniques en Rhône-Alpes et Bourgogne. Sur la base de ces enquêtes, ont été définies les exploitations a priori « cas » et a priori « témoins » en fonction de la fréquence de renouvellement du lactosérum et de la durée des problèmes rencontrés sur plusieurs années précédant l'enquête, sachant que ceux-ci devaient s'observer au plus tard au moulage et non par exemple au moment de l'implantation des microflores de surface. Un appariement cas/témoins a alors été réalisé, tenant compte des critères de taille et de zone géographique. Les couples d'exploitations « cas/témoins » étaient alors suivis sur une même semaine en période dite « stable », c'est à dire 10 jours minimum après le dernier renouvellement de lactosérum chez les « cas ». Les suivis consistaient en une enquête approfondie sur les pratiques d'élevage et de fromagerie avec un suivi complet de la traite, du nettoyage des équipements de traite et d'une fabrication sur 24 heures de caillage. De plus, des prélèvements de lait, de caillé et de lactosérum étaient effectués en vue de tests et d'analyses microbiologiques et physico-chimiques.

Les variables décrivant les facteurs de risque potentiels ont été traitées à l'aide de modèles logistiques conditionnels unifactoriels, permettant d'identifier les facteurs dits de « risque », discriminants les élevages « cas » des élevages « témoins ». Enfin, les autres variables (conséquences des problèmes et/ou ne reflétant que la situation le jour J) ont été étudiées par des analyses de variance unifactorielles.

Les suivis approfondis ont été réalisés durant un mois dans 4 élevages cas et 4 élevages témoins. Les pratiques en élevage et en fromagerie ont été enregistrées quotidiennement, avec notamment un suivi des cinétiques d'acidification. Deux fois par semaine et, en cas d'accident de fabrication, des analyses ont été réalisées sur les laits et les lactosérums de ces fermes : dénombrements microbiens, analyses physico-chimiques, rhéologie, recherche indirecte de phages et d'inhibiteurs chimiques et naturels, évaluation de l'aptitude acidifiante des laits et des lactosérums. Les résultats ont été traités afin d'établir des liens entre d'une part les pratiques, les enregistrements et différentes mesures et résultats d'analyses, et d'autre part des variables d'intérêt : le statut cas ou témoin de l'élevage, l'aspect du caillé

(correct, fissuré, anormal), le fait de changer le lactosérum pour la fabrication suivante. Sur deux fermes (un cas et un témoin), l'analyse des dynamiques de microflore dans les substrats lait et lactosérum a été réalisée grâce à la méthode SSCP (Single Strand Conformation Polymorphisme). De plus, dans ces mêmes fermes, pour mieux appréhender la diversité en microflore et comprendre les phénomènes microbiologiques à l'origine des accidents, des souches issues de la microflore acidifiante ont été identifiées et caractérisées selon diverses méthodes : tests phénotypiques, profils de protéines (SDS Page) et REP-PCR et PCR spécifique.

1.2 Valider l'intérêt de tests de terrain pour évaluer l'aptitude acidifiante des laits, des lactosérums

L'action 2, réalisée en fait en termes de tâches en même temps que l'action 1 et l'action 4 visait à valider l'intérêt de tests de terrain pour évaluer l'aptitude acidifiante des laits, des lactosérums, des couples laits/lactosérums, notamment dans le cadre d'un diagnostic et de la résolution de problèmes de non-pérennité du repiquage du lactosérum. L'objet a été d'étudier si ces tests permettent de discriminer les exploitations « cas » et les exploitations « témoin », constituant par là même un indicateur de risque de problèmes de repiquage du lactosérum. Un autre objectif a été de simplifier la réalisation pratique du test. Un lien a été recherché entre composition microbiologique du lait et les résultats du test de lactofermentation à 24h.

1.3 Améliorer la maîtrise de l'aptitude acidifiante des laits en orientant leur composition physico-chimique et microbiologique :

1.3.1. Amélioration de l'aptitude acidifiante des laits par leur composition physico-chimique

Ce travail avait pour objet d'étudier l'incidence de la variation en composés azotés du lait (teneurs différentes en urée, azote non protéique...) due à des régimes alimentaires différents sur l'aptitude acidifiante du lait, sur la pérennité de l'utilisation du lactosérum, sur l'évolution des dynamiques d'acidification et au final sur la fabrication des fromages.

L'expérimentation a eu lieu à la station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA, qui produit du Picodon AOC à partir du lait de 120 chèvres de race alpine, fortes productrices conduites en monotraite. Deux lots de 60 chèvres ont été conduits à la station, l'un avec un haut niveau d'azote dans la ration (en chèvrerie, foin de luzerne + concentré riche en azote) et l'autre avec un bas niveau d'azote (pâturage+céréales) sur une durée de 2 mois. Chaque jour, le lait de chaque lot a fait l'objet d'une fabrication différenciée avec repiquage du lactosérum issu de ce même lot. Les données zootechniques individuelles ont été mesurées toutes les semaines (production laitière, taux butyreux (TB), taux protéique (TP)). La quantité et la composition du lait de chaque lot (physico-chimie, rhéologie et microbiologie) ont été suivies deux fois par semaine. Les paramètres de fabrication ont été suivis tous les jours et les aptitudes acidifiantes des laits et des lactosérums ont été évaluées une fois par semaine. Par ailleurs, un jour par semaine, au sein de chaque lot, 3 sous-lots de chèvres ont été constitués afin d'obtenir la variabilité nécessaire à la réalisation d'un traitement statistique visant à comparer les 2 régimes. Les laits de chacun de ces sous-lots ont été analysés, ainsi que les lactosérums qui en étaient issus, et ont fait l'objet d'un suivi de fabrication durant le caillage.

1.3.2. Amélioration de l'aptitude acidifiante des laits par leur composition microbiologique

Partant de l'hypothèse que la qualité du lactosérum pour le repiquage dépend de la qualité microbiologique du lait mis en fabrication, et donc de son ensemencement en microflore depuis la traite jusqu'au stockage, l'étude a porté plus spécifiquement sur les réservoirs de microflore en exploitations, c'est-à-dire les éléments en contact direct avec le lait.

Les trois réservoirs d'ensemencement direct potentiel ont été examinés : la machine à traire (MAT), l'air du lieu de traite et la surface des trayons. Pour évaluer à la fois le niveau et l'activité des microflore collectées dans ces réservoirs, deux approches ont été associées : des dénombrements sur milieux de

culture, et des lactofermentations d'échantillons de lait stérile mis au contact des microflores des réservoirs. Ce travail a été réalisé dans 20 exploitations fromagères fermières caprines de la région Rhône-Alpes qui avaient participé au volet 1 du même projet.

Deux visites ont été réalisées, entre mars et mai 2009, à six semaines d'intervalle. Lors de la visite, un questionnaire exhaustif sur les pratiques d'élevage a été réalisé et des échantillons ont été prélevés pour chaque réservoir. Les microflores de la machine à traire ont été prélevées par circulation de lait UHT dans la MAT, celles de l'air par impaction sur boîte de Petri à l'aide d'un biocollecteur et celles des trayons par frottis à l'aide de chiffonnette stérile. Le lait de traite a été collecté dans le tank après la traite et avant ensemencement.

La méthode statistique utilisée était la MBPLS (Multi Blocks Partial Least Square) programmée dans le logiciel Scilab® (INRIA, France). Cette méthode permet l'explication d'un bloc de données par plusieurs autres blocs, en tenant compte de la structuration en blocs des données étudiées. La MBPLS a permis d'étudier d'une part le lien entre les caractéristiques des réservoirs et du lait de traite (microflores et aptitudes acidifiantes), et, d'autre part, entre les pratiques d'élevage et les caractéristiques des réservoirs.

1.4. Test de pratiques technologiques pour maîtriser l'étape d'acidification

1.4.1. Techniques de préparation des laits

Il s'agissait de pouvoir formuler des conseils mieux adaptés aux producteurs, en termes de pratique de prématuration grâce à la prise en compte du profil microbiologique de leur lait. Il s'agissait aussi d'évaluer dans quelle mesure les profils microbiologiques de lait sont stables au cours du temps, et de proposer aux fromagers des tests prédictifs des profils de lait, simples à mettre en œuvre et peu coûteux. Enfin, cette étude devait donner lieu à la rédaction d'une fiche technique sur les équipements permettant le maintien en température du lait (stockage et report) et du caillé.

Le travail a été réalisé en conditions expérimentales afin de tester, sur plusieurs types de lait, l'effet de différents barèmes de prématuration du lait en termes de température (8, 12, 16°C) sur l'évolution des microflores du lait, de l'acidification et la qualité des fromages en tenant compte du profil microbiologique du lait (sélection des laits au départ). Les premières expérimentations ont été effectuées avec du ferment du commerce puis avec du lactosérum pour se rapprocher des conditions de terrain et une modalité report sans ensemencement a été introduite. Plusieurs exploitations ont été suivies pour étudier la stabilité microbiologique des laits et la faisabilité de mise en place de tests de détection de leur qualité microbiologique.

Grâce à des enquêtes et suivis en fermes, une fiche technique a été rédigée sur les systèmes de maintien de la température en fromagerie.

1.4.2. Culture de ferments indigènes

Ce travail avait pour objectif de développer une méthode de culture de ferments indigènes utilisables en technologie lactique, qui, sous certaines conditions, pourrait se substituer au lactosérum en cas de défaillance de ce dernier ou pour permettre de reprendre la production avec des microflores indigènes après un accident ou une période d'arrêt d'activité. L'idée est de fabriquer soi-même un ferment avec les microflores spécifiques de la ferme, pour éviter d'utiliser les microflores « standardisées » des ferments du commerce. Les ferments indigènes étudiés étaient basés sur la mise en fermentation à température contrôlée de lait soit issu de la traite manuelle de plusieurs chèvres (présumées saines), soit de lait stérile laissé 3h à l'air libre en salle de fabrication (« aérocontamination »). Après fermentation, l'objectif est que ces ferments aient atteint une acidité de 75°Dornic¹, qu'ils se présentent

¹ Un degré Dornic, °D, correspond à 0.10 g d'acide lactique par litre de lait.

sous forme d'un gel d'aspect et d'odeur comparable à un bon caillé de fabrication, et que les niveaux de bactéries indésirables soient acceptables (coliformes, *Pseudomonas*, staphylocoques à coagulase positive, ...).

La première partie de l'étude qui portait sur les laits fermentés issus de traite manuelle a été réalisée à la station caprine expérimentale du Pradel EPLEFPA à partir de laits collectés dans 12 exploitations.

Une étude expérimentale complémentaire a porté sur la récupération de microflores d'intérêt en s'affranchissant de l'animal, c'est-à-dire en testant la récupération de microflores par aérocontamination de lait UHT (stérile) en salle de fabrication durant 3 heures. Ces laits aérocontaminés provenant de 8 fermes ont ensuite été mis en lactofermentation à différentes températures (22 et 25°C) dans la fromagerie expérimentale d'Actilait Carmejjane.

1.5. Valorisation et transfert des résultats

Le réseau des techniciens fromagers fermiers animé par l'Institut de l'Élevage réalise depuis plusieurs années un travail de formalisation de ses savoirs et savoir-faire dans des guides pratiques pour la maîtrise des accidents de fromagerie à la ferme. Parmi ces accidents de fromagerie, les problèmes d'acidification avaient fait l'objet d'un premier guide en 2004. L'ensemble des enseignements issus de ce projet devait donc être intégré dans ce guide sous forme de fiches techniques et par la mise à jour, voire la refonte des outils de diagnostic existants. Pour garantir l'appropriation de ces nouvelles références, ce travail de mise à jour s'est fait en collaboration étroite avec des techniciens du réseau et des experts en technologie fromagère lactique. Par ailleurs, pour garantir une homogénéité et une cohérence des messages auprès des producteurs, un kit de formation a été réalisé à l'intention des techniciens réalisant des formations auprès des producteurs.

Un groupe de travail « méthode » constitué de l'Institut de l'Élevage et des structures coresponsables de la rédaction des deux types de supports était chargé de réfléchir à la méthodologie et au contenu souhaité pour chacun des deux supports. Il permettait également d'assurer le lien et la cohérence entre les deux sous-groupes suivants : un groupe de travail constitué pour la mise à jour du guide d'appui technique et un autre pour la réalisation du kit de formation producteurs. Tout au long du travail réalisé, la cohérence entre les deux volets a par ailleurs été assurée par un binôme impliqué dans les deux volets. Les groupes de travail étaient constitués des animateurs, de l'Institut de l'Élevage, de techniciens fromagers du réseau « Produits laitiers fermiers » et d'experts sur le sujet.

2. Résultats obtenus

2.1 Éviter les profils d'acidification trop rapides et précoces

La conduite d'acidification semble être le facteur discriminant le plus important entre les « cas » confrontés à des problèmes récurrents de repiquage et les « témoins », n'ayant pas ou peu de problème de repiquage (Laithier *et al.*, 2011a). Les résultats montrent qu'il faut éviter des profils d'acidification précoces et rapides tels que les profils 5 et 6 présentés par la Figure 1 qui se rencontrent beaucoup plus souvent chez les élevages « cas » que chez les élevages « témoins ».

Ces deux profils présentent une acidification précoce : la diminution de pH est linéaire dès l'emprésurage. Cette diminution est accentuée pour le profil 6 où le pH à l'emprésurage est inférieur à 6. Ces deux profils sont dits rapides (pH < 5, 10 heures après emprésurage) mais ils correspondent à deux situations différentes :

- le profil 5 se caractérise par un ralentissement de l'acidification (pente de la courbe (V_{max}) faible) après l'emprésurage, ce qui induit des temps longs entre pH 5,5 et 4,8 pouvant potentiellement favoriser le développement des hétérofermentaires (Mietton *et al.*, 1994).

• le profil 6 ne présente pas de ralentissement de courbe (V_{max} dans la moyenne) mais comme la durée de caillage n'est pas raccourcie, le caillé reste longtemps sous acide. Ceci pourrait appauvrir le lactosérum issu de telles acidifications (sélection de souches) et le rendre moins performant face aux attaques de phages et à la compétition vis-à-vis des microorganismes indésirables (Dalmasso, 2009).

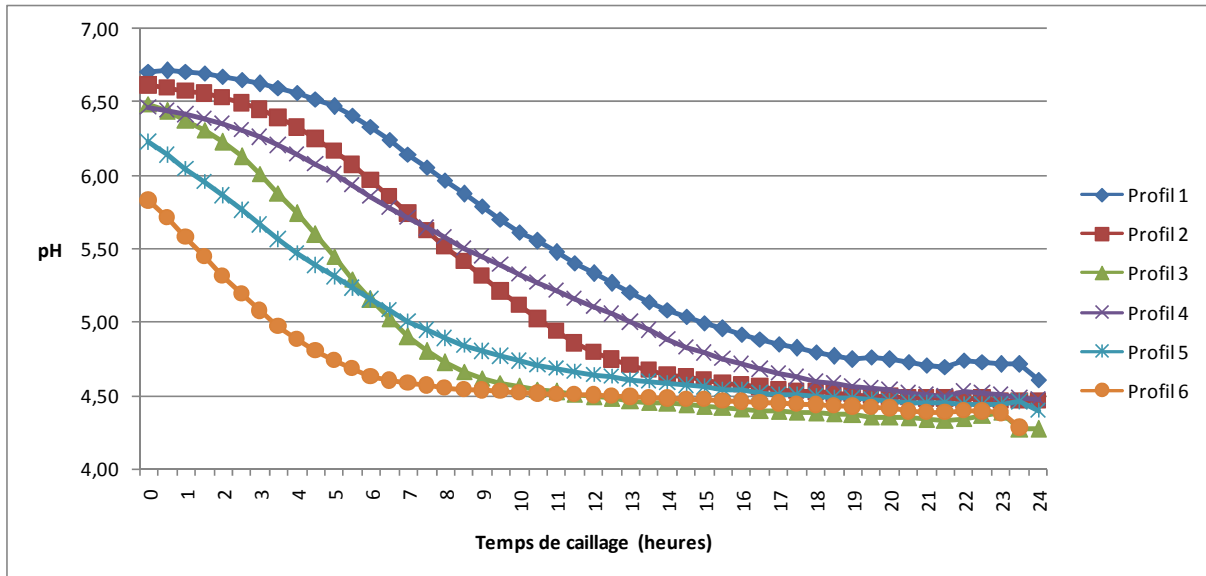


Figure 1 : Profils de courbes d'acidification moyennes obtenus par typologie (SPAD) lors de l'étude cas-témoins (n=48). Le point noté 0 correspond à l'emprésurage.

2.2 Pas de prématuration trop chaude

Les profils précoces rencontrés s'expliquent par les conditions de préparation du lait qui conduisent à une acidification excessive avant emprésurage. Ainsi, le moment d'ensemencement est déterminant par rapport à cette acidification avant emprésurage. L'ensemencement du lait des « cas » a eu lieu plus souvent en début ou en cours de traite et donc sur du lait non refroidi. En tendance, les températures de préparation et les doses d'ensemencement (en quantité réelle de bactéries apportées) sont plus importantes chez les « cas ». On peut noter par ailleurs qu'il y a concordance entre un lait qui a du mal à acidifier et la technologie mise en œuvre. En effet, les élevages « cas » préparent de façon importante les laits, certainement pour pallier leur moindre aptitude acidifiante mais il semble que cette conduite soit trop poussée.

Ces préparations trop « poussées » avant emprésurage peuvent engendrer un manque de cohésion du caillé (lorsque le pH à l'emprésurage est trop bas) mais également des risques de développement de microorganismes indésirables, comme l'a montré l'action 4 (Barral *et al.*, 2010) et d'autres travaux (Lane *et al.*, 2001). Les températures élevées (16°C) sont à proscrire car à risques vis-à-vis des coliformes et *Escherichia coli*. Il semblerait qu'une température de 12°C (+1°C éventuellement) soit la plus pertinente, tout en restant vigilant vis-à-vis de la maîtrise des coliformes et des *Pseudomonas*. Il est conseillé de faire une analyse microbiologique préalable sur ces deux microflores afin de vérifier que leur niveau n'est déjà pas élevé dans le lait de départ. Dans le cadre de cette étude, les laits « peu chargés » qui gardaient des niveaux acceptables après prématuration à 12 °C étaient initialement chargés à moins de 100 *Pseudomonas* par ml et moins de 500 coliformes par ml.

Des températures plus basses (8°C) ne présentent pas d'intérêt, l'acidité ne se développant quasiment pas tout comme l'ont montré d'autres études sur le report sans ensemencement (Desmasures *et al.*, 1995). Néanmoins, avec une préparation du lait du soir (objectif organisationnel et de régularité des

fabrications) et en cas de problèmes de fabrication liés à la prématuration, il est conseillé de se placer à cette température et d'ensemencer un peu en lactosérum, plutôt que de faire un simple report.

Il n'y a pas non plus de dose de lactosérum à préconiser, sachant que le démarrage peut se faire avec 1% de lactosérum, et que cette dose sera revue en fonction des gains d'acidité obtenus. Dans certains cas, lorsque certains problèmes sont récurrents et n'arrivent pas à être résolus par le producteur ou le technicien (problème de repiquage du lactosérum, faible acidification, caillé mou, caillé gonflé ou au contraire acidification trop forte, caillé friable), l'abandon de la prématuration ou la neutralisation de son effet sont peut-être à envisager.

2.3 Préserver l'aptitude acidifiante des laits

2.3.1 Mise au point d'un test d'évaluation

Le programme de recherche a permis de mettre au point un test pour évaluer l'aptitude à l'acidification d'un lait et d'un lactosérum. Ce test est par exemple utile pour savoir si un problème d'acidification est dû au lait et/ou au ferment indigène, voire à une mauvaise adéquation entre les deux, en évaluant séparément leurs aptitudes acidifiantes et leur interaction. 20 ml des laits à observer (lait cru prélevé en ferme et lait témoin = lait UHT de vache) sont placés dans des tubes en plastique jetables de façon aseptique (travail devant une flamme), ensemencés pour certains par le lactosérum à évaluer et incubés à 22°C (figure 2). Le pH et l'acidité Dornic sont mesurés à 8h pour tous les substrats et à 24 h pour le lait de la ferme. Ces manipulations permettent de connaître la capacité acidifiante du lactosérum, du lait et du couple lait/lactosérum. Par exemple, concernant le lait de la ferme, au-dessus de 65°D ou en dessous d'un pH de 4,6 à 24 heures d'incubation, le lait sera considéré comme très acidifiant. En dessous de 30-35°D ou au-dessus de 5,8 de pH, le lait sera jugé peu acidifiant. En fonction de la capacité acidifiante du lait et de sa charge microbienne, on adaptera la préparation du lait. Par exemple, si le lait a une faible capacité acidifiante, on le préparera davantage en augmentant la dose de lactosérum, le temps de maturation, la température (dans une certaine mesure).

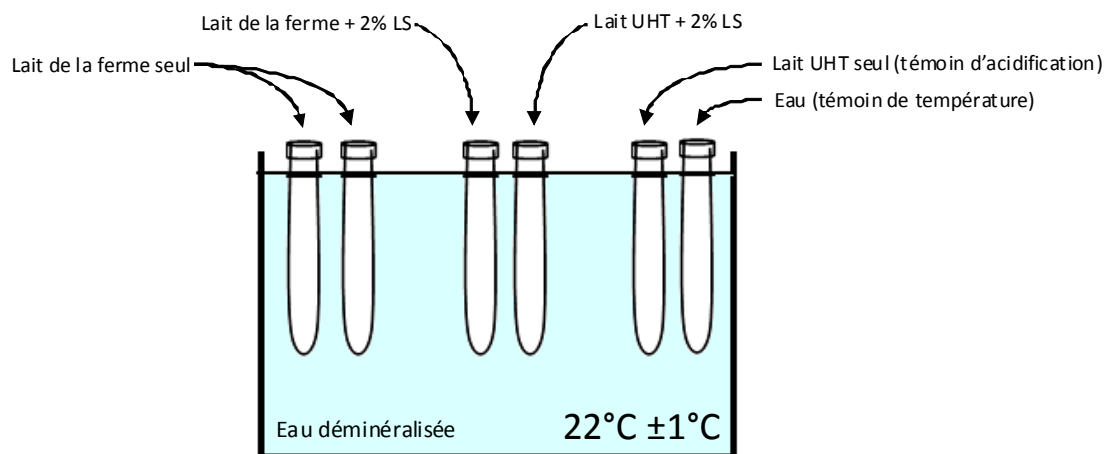


Figure 2 : Schéma de préparation du test d'évaluation de l'aptitude acidifiante des laits (LS : Lactosérum)

Le pouvoir acidifiant global (PAG) mesuré à 8 heures donne une indication de la capacité acidifiante du lait sur le lactosérum de l'exploitation en conditions standardisées (22°C) :

• *Capacité acidifiante du lactosérum = mesure sur lait UHT ensemencé – mesure sur lait UHT (Valeur 1)*

On mesure ici la capacité du lactosérum de la ferme à acidifier un lait initialement stérile. Il est donc important qu'il n'y ait pas eu d'acidification sur le lait UHT.

• *Capacité acidifiante du couple lait/lactosérum = mesure sur lait de la fermeensemencé – mesure sur lait seul (Valeur 2)*

On mesure cette fois le pouvoir acidifiant du lactosérum sur le lait de la ferme, en comparant la valeur de pH/acidité du lait acidifié par le lactosérum à celle du lait acidifié spontanément.

Le pouvoir acidifiant global est donné par le calcul suivant :

Pouvoir acidifiant global = (Valeur 2) – (Valeur 1)

L'observation de l'aspect du gel, trop peu discriminante, ne donne pas d'information pertinente contrairement à la réalisation du test de lactofermentation à d'autres températures, comme cela est pratiqué par exemple en filière Comté, en lien avec des températures technologiques plus élevées (Bérodier *et al.*, 2001).

2.3.2. L'aptitude acidifiante et la diversité microbienne des laits en cause dans les problèmes de repiquage :

L'examen des résultats de l'étude cas/témoins a révélé que le pH du lait de l'exploitation incubé pendant 24 heures à 22°C est en moyenne plus élevé chez les « cas » que chez les « témoins », même si les écarts-type mettent en évidence une grande variabilité (Laithier *et al.*, 2011a). Le pouvoir acidifiant global (PAG) évaluant l'aptitude acidifiante du lactosérum de l'exploitation sur le lait de l'exploitation par rapport à l'aptitude acidifiante du lactosérum de l'exploitation sur du lait UHT est moins important chez les « cas ». Cette moindre aptitude s'explique surtout par la moins bonne aptitude acidifiante des laits chez les « cas ». En effet, aucune différence significative n'a été mise en évidence sur l'aptitude acidifiante des lactosérums entre « cas » et « témoins », même si on observe que les lactosérums des élevages « cas » sont en moyenne légèrement moins acidifiants que les lactosérums des élevages « témoins ». Par ailleurs, une analyse complémentaire a aussi montré que des PAG négatifs étaient caractéristiques de certains élevages « cas » : ce critère pourrait donc être utilisé comme seuil d'alerte.

Si aucune différence en termes de dénombrement microbien n'a été mise en évidence entre les populations « cas » et « témoin » pouvant expliquer ces différences d'aptitude acidifiante, le suivi approfondi d'un cas et d'un témoin a montré que les laits de l'élevage témoin présentaient davantage de diversité microbienne, au niveau des différentes espèces et au sein des lactocoques qui sont les bactéries dominantes dans les lactosérums et responsables de l'acidification en technologie lactique. Il serait intéressant de confirmer ce résultat sur davantage d'élevages.

2.3.3. L'installation de traite, déterminante sur l'aptitude acidifiante des laits

La moindre aptitude acidifiante des laits des élevages « cas » a pu être reliée à des pratiques de nettoyage plus « drastiques », notamment au niveau de l'installation de traite (Laithier *et al.*, 2011a). Le volet sur les réservoirs de microflore a montré la prépondérance de la machine à traire par rapport au réservoir trayons dans l'aptitude acidifiante du lait de traite (Laithier *et al.*, 2012), confirmant le statut de réservoir d'intérêt que constitue la machine à traire dans l'aptitude acidifiante des laits (Laithier et Talon, 2004). La conception et l'entretien de la salle de traite, la conception de la machine à traire (longueur, dénivelé et type de matériaux du lactoduc, type de manchons), son entretien (contrôle de la machine, changement des manchons), et dans une moindre mesure, les pratiques de nettoyage en particulier au niveau du rinçage semblent avoir un rôle déterminant dans l'aptitude acidifiante des laits de traite (tableau 1). Le pouvoir explicatif des facteurs d'influence autour de la traite restant faible, leur effet individuel pouvant être difficile à interpréter rappellent qu'il est nécessaire dans une démarche de conseil d'appréhender globalement les écosystèmes microbiens et les facteurs associés en fonction du contexte de chaque élevage pour la gestion de l'aptitude acidifiante et de la qualité sanitaire du lait (RMT Fromages de terroir, 2011 ; Tormo *et al.*, 2011).

Bloc de pratiques (nombre de variables)	Pratiques significativement plus importantes	VIP* pour l'explication du bloc « pH laits UHT de MAT »	Intervalle de confiance à 95% (%)		Variables corrélées avec l'aptitude acidifiante du lait UHT de MAT
Conception salle de traite (4)	Présence parc attente	8,47%	2,46	14,48	Nature des quais ; présence de parc d'attente
Propreté extérieure de la MAT (1)	Empoussièremement général après la traite	24,00%	9,31	38,69	Empoussièremement à la traite
Conception de la MAT (11)	Pourcentage de plastique/inox lactoduc	5,2%	2,64	7,76	% plastique/inox, longueur et dénivélé du lactoduc (traite, transfert) ; nature des manchons
Entrées d'air à la traite (8)					Entrées d'air dépose
Entretien du matériel de traite (6)	Date dernier changement manchons	7,49%	3,63	11,35	Date du dernier contrôle MAT ; âge des manchons
Efficacité du nettoyage (1)					
Nettoyage de la MAT (18)					Durée, T°C pré-lavage ; Pousse à l'eau ; Delta pH eau fin de rinçage/eau réseau

*VIP : contribution de chaque variable des blocs explicatifs à l'explication du bloc « pH laits UHT de machine à traire (MAT) »

Tableau 1 : Résultats de la MBPLS concernant les pH des laits UHT de MAT et le lien avec les pratiques, données structurelles

2.4. L'alimentation des animaux a un rôle direct limité

L'expérimentation réalisée à la ferme expérimentale du Pradel a montré un effet du niveau d'azote sur la production laitière et le taux butyreux. Il est ainsi possible de faire varier la composition physico-chimique du lait au niveau des fractions azotées par le biais de l'alimentation (Lefrileux *et al.*, 2011), en affectant par ailleurs d'autres composants (citrate, chlorures de sodium, potassium). Mais la façon dont le troupeau est alimenté semble en effet avoir peu d'incidence sur l'acidification, la rhéologie du lait et sur la pérennité de l'utilisation du lactosérum (Lefrileux *et al.*, 2009). Les courbes d'acidification et le repiquage du lactosérum ont été très proches entre les deux lots. Un effet du régime alimentaire a été observé uniquement sur le paramètre exprimant le temps de latence de la courbe d'acidification (Tableau 2) mais cette différence était limitée. Aucun effet du régime n'a pu être mis en évidence sur les autres paramètres caractérisant la courbe d'acidification, même si une différenciation entre les lots a pu être observée de façon transitoire, notamment lorsque les écarts en urée étaient maximum (environ 100 et 700 mg/litre). Les travaux sur le Reblochon avaient montré quant à eux un ralentissement de l'acidification avec des laits plus riches en urée, l'inhibition des activités acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles étant évoquée (Martin *et al.*, 1997). Il semble que le lactosérum s'adapte aux variations de la composition du lait et de l'environnement du fait d'un nombre de souches important (Tormo, 1999 ; Dalmasso, 2009), ce qui confère une certaine robustesse à l'écosystème fermier.

La composition physico-chimique du lait et l'alimentation associée seront donc à prendre en compte en dernier recours lors de problèmes de repiquage, afin d'identifier des compositions du lait physico-

chimique extrêmes dues à des pratiques « atypiques ».

Critère étudié	Lot 1 (n=7)	Lot 2 (n=7)	Effet lot
Amplitude de la courbe	1,99 (0,15)	2,01 (0,23)	ns
Paramètre caractérisant le temps de latence	2,27 (0,21)	2,08 (0,15)	*
Temps pour atteindre la mi-hauteur de la courbe	7,94 (0,95)	7,97 (0,62)	ns
pH à l'emprésurage	6,5 (0,07)	6,5 (0,05)	ns
pH au moulage	4,5 (0,22)	4,5 (0,24)	ns
Vitesse maximum d'acidification (1)	0,20 (0,06)	0,19 (0,04)	ns
Temps mis pour passer du pH 5,5 au pH 4,8	4,83 (2,27)	4,46 (2,62)	ns
Temps nécessaire pour perdre le dernier dixième de pH	7,80 (1,56)	7,21 (1,22)	ns

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ ns non significatif

(1) correspond à la pente de la tangente à la courbe au point où le pH est à mi chemin entre les deux asymptotes.

Tableau 2 Valeurs moyennes et écarts-types par lot et effet de deux lots alimentaires (lot 1 et lot 2) sur les paramètres d'acidification

2.5 L'utilisation de ferments indigènes autres que le lactosérum est difficile

Fabriquer des ferments indigènes avec la microflore spécifique de la ferme pourrait être intéressant pour éviter d'utiliser un ferment « standardisé » du commerce en cas de reprise d'activité ou en cas de problème de repiquage avec le lactosérum. Mais la réalisation de tels ferments est souvent aléatoire (Lefrileux *et al.*, 2010). En laissant du lait stérile pendant trois heures dans la salle de fabrication ou en faisant fermenter du lait traité à la main, les essais menés au Pradel et à Actilait Carmejeane ont montré que les objectifs d'acidification (75°D au niveau du ferment) ont été rarement atteints, même si le lait stérile laissé en salle de fabrication a donné de meilleurs résultats. Par ailleurs, dans les deux cas, les microflores d'affinage sont retrouvées en quantités faibles dans les lactofermentations, nécessitant sans doute le rajout de microflores complémentaires pour une bonne conduite de l'affinage. Ces ferments ont en plus le gros défaut d'être fréquemment chargés en flores bactériennes indésirables (coliformes, *Pseudomonas*...) (Tableau 3).

	Lait traité manuelle (12 exploitations)						Lait UHT (8 exploitations)					
	< 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	> 5	< 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	> 5
Log UFC/ml	< 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	> 5	< 1	1 à 2	2 à 3	3 à 4	4 à 5	> 5
Flore Totale	-	-	3	-	1	96						100
<i>E.Coli</i>	26	4	1	9	12	48	86		2	2		10
<i>S.aureus</i>	66	13	9	1,5	9	1,5	96	2	2			
<i>Pseudomonas</i>	7	2	7	4	9	71	50	17	21	10		2

Tableau 3 : Pourcentage de laits pour chaque niveau de flores (en log d'Unités Formant Colonies (UFC)/ml) pour trois flores indésirables pour des laits de traite manuelle et les laits UHT aérocontaminés en salle de fabrication

3. Valorisation des résultats et perspectives

3.1 La construction et la diffusion de supports opérationnels :

Une clé USB réunit l'ensemble des documents élaborés, destinés en premier lieu aux techniciens accompagnant les producteurs laitiers fermiers (Laithier *et al.*, 2011b).

Cet outil propose aux techniciens accompagnant les producteurs fromagers les éléments nécessaires pour réaliser de l'appui technique et former les producteurs sur la maîtrise de l'acidification en technologie lactique fermière (Figure 3). Il comprend une démarche d'intervention et des supports d'appui technique, un kit de formation (supports de formation et aide à la réalisation pour le formateur), de la documentation (les bases pour intervenir et des informations complémentaires pour aller plus loin). Les fiches techniques élaborées lors des actions de recherche de référence sont intégrées dans cet outil au niveau des fiches « méthode » (test d'évaluation de l'aptitude acidifiante, systèmes de gestion de la température, fiche sur les ferments indigènes).

De nombreuses publications scientifiques et techniques ont été réalisées et une formation spécifique a été proposée aux techniciens du réseau « Produits Laitiers Fermiers » réunissant une trentaine de participants.

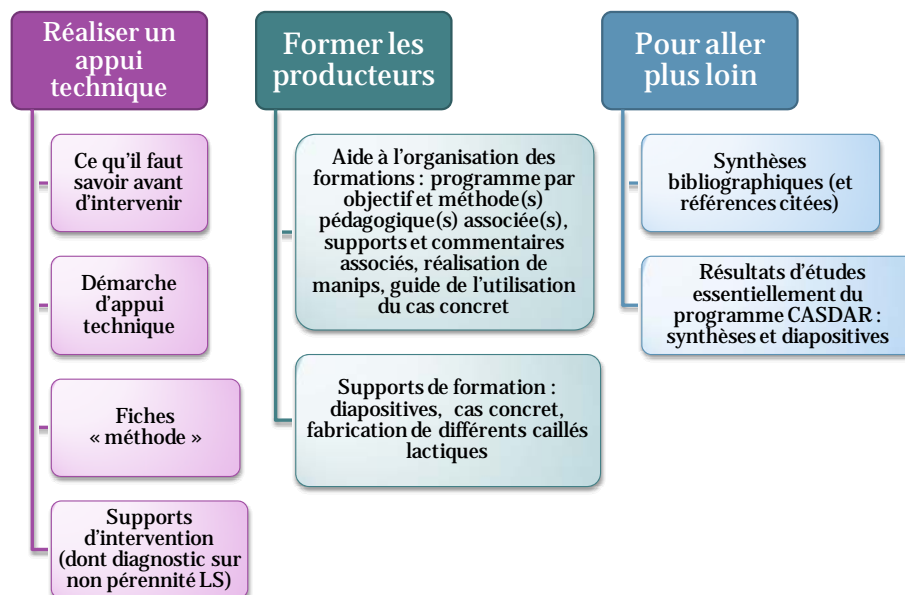


Figure 3 : Contenu de la clé USB

3.2 Perspectives

Les techniciens accompagnant la production laitière fermière ont commencé à s'approprier la démarche de conseil réalisée et à l'intégrer dans leurs interventions. Ils disposent par ailleurs d'un kit de formation à destination des éleveurs ayant des difficultés à pérenniser l'utilisation de leur lactosérum et/ou à maîtriser l'acidification. Même si ce n'est pas son objet principal, ce kit peut être repris pour donner une formation de base, préventive aux producteurs sur la maîtrise de l'acidification en technologie lactique. Les éleveurs peuvent également disposer d'outils permettant de prévenir les problèmes de repiquage de lactosérum.

Les résultats du projet ont permis effectivement d'aboutir à la formalisation d'une démarche de diagnostic face aux problèmes récurrents de repiquage du lactosérum. Si la conduite de l'acidification est essentielle face à ces problèmes de repiquage, la diversité microbienne des laits, la gestion des équilibres microbiens ont un rôle vraisemblablement déterminant. Sur ce point, des travaux de

recherche doivent être poursuivis dans une logique de préservation de la biodiversité microbienne. En technologie lactique fermière, il convient de s'intéresser plus spécifiquement à la machine à traire et à son environnement compte tenu des résultats obtenus. Par ailleurs, les travaux sur la flore microbienne ont porté jusqu'à présent essentiellement sur les bactéries lactiques, microflore utiles pour l'acidification, étape essentielle de la fabrication de ces fromages. Il faudrait désormais s'intéresser davantage aux microflore utiles pour l'affinage pour les caractériser et définir les moyens de maîtrise.

De façon générale, dans la filière laitière fermière, les travaux menés en réseau méritent d'être poursuivis pour capitaliser l'expérience et les références acquises. Ainsi, un projet se termine pour élaborer des fiches techniques et des supports de diagnostic sur la maîtrise de la qualité technologique et organoleptique des produits laitiers fermiers où des éléments du présent dossier sont d'ores-et-déjà intégrés.

Conclusion

Les références acquises ont permis d'aboutir à une démarche de diagnostic et de conseil visant à pérenniser l'utilisation du lactosérum en technologie lactique fermière. Des supports opérationnels ont pu être délivrés à l'issue du projet. Une clé USB regroupe ces documents en 3 parties opérationnelles pour les techniciens : réaliser un appui technique, former les producteurs, et une partie « pour aller plus loin » qui regroupe des synthèses bibliographiques mais surtout les synthèses des résultats obtenus dans les différentes actions d'acquisition de références du projet.

Remerciements :

Ce projet a été mené avec le concours financier du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire (Compte d'Affectation Spéciale développement Agricole et Rural, appel à projet Innovation et Partenariat, Dossier n° 7027) ; de FranceAgriMer et des financements européens, régionaux et départementaux des partenaires.

Les auteurs remercient tous les éleveurs et stagiaires ayant participé au projet.

Références bibliographiques

Barral J., Doutart E., Laithier C., 2010. Effet de la prématuration du lait cru de chèvre sur sa microflore et sur l'acidification en fabrication lactique fermière. 17^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris. INRA, Institut de l'Elevage, 377-380.

Bérodier A., Parguel P., Dasen A., Duboz G., Renaud J.P., Billot M., Bérodier F., Ducret J.B., Marguet B., 2001. Validation du test de lactofermentation en filière Comté (1999-2000). Comité Technique du Comté, Poligny, 90 p.

Dalmasso M., 2009. Etude de l'influence du repiquage sur la complexité des lactosérums levains. Application aux modèles fromagers de type pâte pressée non cuite et de type mixte à dominante lactique. Thèse de doctorat de biologie appliquée, Université de Savoie, 219 p.

Desmasures N., Radiguet S., Lejeune J., Guéguen M., 1995. Effect of ripening on the microbiological profile of high quality raw milk for cheese-making. *Milchwissenschaft* 50, 193-195.

Laithier C., Bonnes A., Doutart E., Barbeau L., Tormo H., Pétrier M., David V., 2012. Implication of farm environment microflora and milk production practices in raw goat milk acidifying ability in lactic cheese-making. In Special Issue of the International Dairy Federation, 1201, symposium « IDF International Symposium on Sheep, Goat and other non-Cow Milk » 16-18 May 2011, Athens, Greece, 126-128.

Laithier C., Doutart E., Raynaud S., Morge S., Rossignol L., Gaüzere Y., Lefier D., Barral J., Demarigny Y., David V., 2011a. Identification des facteurs de risque conduisant à la non pérennité de l'utilisation du lactosérum en technologie lactique fermière. 3R, INRA-Institut de l'Elevage, 18, 189-192.

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 M.C., Lesty M., Anglade P., Durand G., Ray J.C., Chabanon A., Blanchard F., Lesty M., Le Ravallec P., 2011b. 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 Technipiel, Paris.

Laithier C., Talon R., 2004. Biofilms present in farms producing goat cheese and development of targeted disinfection procedures. Actes du deuxième colloque Food Factory, 7 octobre, Laval.

Lane C.N., Sousa M.J., McSweeney P.L.H., 2001. Effect of prematuration conditions on the proteolytic and rheological properties of cheesemilk. *Lait* 81, 415-427.

Lefrileux Y., Raynaud S., Morge S., Barral J., Gaüzère Y., Doutart E., Laithier C., 2012. Effects of two diets on milk production and milk composition of high producing dairy goats milked once a day. In Special Issue of the International Dairy Federation, 1201, symposium « IDF International Symposium on Sheep, Goat and other non-Cow Milk » 16-18 May 2011, Athens, Greece, 47-50.

Lefrileux Y., Raynaud S., Barral J., Morge S., Laithier C., 2010. Mise au point à la ferme d'une culture de ferments indigènes à partir de lait de chèvre en technologie lactique. 17^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris. INRA, Institut de l'Élevage, 393.

Lefrileux Y., Raynaud S., Morge S., Barral J., Gaüzère Y., Doutart E., Laithier C., 2009. Influence de deux systèmes d'alimentation sur la production et la composition du lait de chèvres hautes productrices et incidences technologiques en fabrication fermière lactique. 16^{èmes} Rencontres Recherches Ruminants, Paris. INRA, Institut de l'Élevage, 139-142.

Martin B., Coulon J.B., Chamba J.F., Bugaud C., 1997. Effect of milk urea content on characteristics of matured Reblochon cheeses. *Lait* 77, 505-514.

Mietton B., Desmazeaud M., de Roissart H., Weber F., 1994. Transformation du lait en fromage. In : de Roissart H.K., Luquet F.M. (Eds), Bactéries lactiques, volume 2, Lorica, 55-133.

RMT Fromages de Terroir, 2011. Coord. C. Laithier, Institut de l'Élevage, Ed. CNAOL-Réseau Fromages de Terroir, Paris, 129 p.

Tormo H., 1999. Le lactosérum, levain naturel en technologie lactique au lait de chèvre : fonctionnalité, spécificité de la flore microbienne, identification et biodiversité de la flore lactique. Université Claude Bernard Lyon 1 et ENV de Lyon. Rapport de DEA Ecologie microbienne.

Tormo H., Agabriel C., Lopez C., Ali Haimoud Lekhal C., Roques C., 2011. Relationship between the production conditions of goat's milk and the microbial profiles of milk. *Int. J. Dairy Science* 6, 13-28.