

VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2011 - Thèse n°

LE MONT D'OR FERMIER

THESE

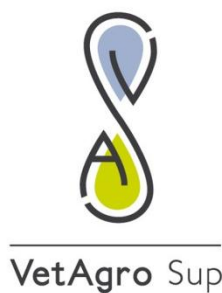
Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 20 décembre 2011
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Béatrice Sélika COULON

Né (e) le 11/12/1986

à Lons-le-Saunier



ENSEIGNANTS CAMPUS VETERINAIRE DE VETAGROSUP

liste au 04-04-2011

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
ALOGNINOUBA	Théodore	Professeur 1ere cl	Pathologie du bétail
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
ARTOIS	Marc	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BECKER	Claire	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
BELLI	Patrick	Maître de conférences associé	Pathologie morphologique et clinique
BELLUCO	Sara	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences cl normale	Equine
BENOIT	Etienne	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BERNY	Philippe	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
BOULOCHER	Caroline	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
BOURDOISEAU	Gilles	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
BRUYERE	Pierre	Maître de conférences Contractuel	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BUFF	Samuel	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BURONFOSSE	Thierry	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
CACHON	Thibaut	Maître de conférences Contractuel	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CADORE	Jean-Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
CAROZZO	Claude	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CHABANNE	Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CHALVET-MONFRAY	Karine	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
COMMUN	Loic	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
DEMONT	Pierre	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
DESJARDINS PESSON	Isabelle	Maître de conférences Contractuel	Equine
DJELOUADJI	Zorée	Maître de conférences stagiaire	Santé Publique et Vétérinaire
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
FAU	Didier	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
FOURNEL	Corinne	Professeur 1ere cl	Pathologie morphologique et clinique
FRANCK	Michel	Professeur 1ere cl	Gestion des élevages
FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
GANGL	Monika	Maître de conférences Contractuel	Equine
GARNIER	François	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
GENEVOIS	Jean-Pierre	Professeur cl ex	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur 2eme cl	Biologie Fonctionnelle
GONTHIER	Alain	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GRAIN	Françoise	Professeur 2eme cl	Gestion des élevages
GRANCHER	Denis	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages

GREZEL	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GUERIN	Pierre	Professeur 2eme cl	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
GUERIN-FAUBLEE	Véronique	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
JUNOT	Stéphane	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
KECK	Gérard	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
KODJO	Angeli	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LACHERETZ	Antoine	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
LAMBERT	Véronique	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
LE-GRAND	Dominique	Maître de conférences hors cl	Pathologie du bétail
LEBLOND	Agnes	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
LEPAGE	Olivier	Professeur 1ere cl	Equine
LOUZIER	Vanessa	Maître de conférences cl normale	Biologie Fonctionnelle
MARCHAL	Thierry	Maître de conférences hors cl	Pathologie morphologique et clinique
MIALET	Sylvie	Inspecteur de la santé publique vétérinaire (ISPV) faisant fonction de MC	Santé Publique et Vétérinaire
MOUNIER	Luc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
PEPIN	Michel	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
PIN	Didier	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
PONCE	Frédérique	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
PORTIER	Karine	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
PROUILLAC	Caroline	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
REMY	Denise	Professeur 2eme cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
ROGER	Thierry	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SABATIER	Philippe	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
SAWAYA	Serge	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SERGEANTET	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
THIEBAULT	Jean-Jacques	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
VIGUIER	Eric	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Maître de conférences Contractuel	Pathologie morphologique et clinique
ZENNER	Lionel	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire

Remerciements

A Monsieur le Professeur Philippe Moulin,

De la Faculté de Médecine de Lyon,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,

Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Pierre Demont,

De VETAGROSUP Campus Vétérinaire de Lyon,

Pour m'avoir encadré tout au long de ce travail, et lors de la dernière ligne droite,

Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude.

A Madame Sylvie Mialet,

De VETAGROSUP Campus Vétérinaire de Lyon,

Qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury de thèse,

Sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Ambroise Martin,

De la Faculté de Médecine de Lyon,

Qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury de thèse,

Sincères remerciements.

A la famille Mamet,

Sans eux, cette thèse n'aurait pas vu le jour.

A mon Papi,

A sa fièvre grise et ses autres feintes,

A mes Parents,

Toujours présents, parfois inquiets, mais indispensables,

A mes Frères,

Mes supports techniques préférés, et à leurs petites phrases bien placées,

A Alicia,

Pour ses encouragements et ses conseils,

Aux Gonz,

Qui se reconnaîtront,

A tous mes amis...

Table des matières

Introduction	- 13 -
I. Le Mont d'Or ou vacherin du Haut-Doubs	- 15 -
A. Terroir et histoire.....	- 15 -
1. Le Haut-Doubs.....	- 15 -
2. Le Mont d'Or au fil du temps [11].....	- 18 -
3. Un fromage AOC	- 19 -
B. La filière actuelle.....	- 25 -
1. Les différents ateliers [125]	- 25 -
2. Le marché et l'évolution des ventes	- 25 -
C. Modalités de fabrication	- 27 -
1. Le lait et ses aptitudes à la fabrication.....	- 27 -
2. Les étapes de fabrication [12]	- 36 -
3. Accidents de fromagerie [9]	- 52 -
D. Mont d'Or et nutrition [110; 3]	- 57 -
1. Les minéraux.....	- 57 -
2. Les protéines [35].....	- 59 -
II. La ferme Mamet.....	- 59 -
A. Présentation	- 59 -
1. Situation géographique et organisation.....	- 59 -
2. Historique	- 60 -
B. Conduite du troupeau.....	- 60 -
1. Reproduction	- 60 -
2. Alimentation	- 61 -
3. Hébergement	- 61 -
C. Une double production	- 62 -
1. Lait à Comté	- 62 -
2. Mont d'Or Fermier	- 62 -
III. Hygiène de la production	- 65 -
A. La réglementation sanitaire	- 65 -
1. Le paquet hygiène [102]	- 65 -
2. Le guide de bonnes pratiques d'hygiène [101].....	- 69 -

B.	Les dangers	- 71 -
1.	Dangers physiques	- 71 -
2.	Dangers chimiques	- 71 -
3.	Dangers microbiologiques	- 76 -
C.	Nettoyage et désinfection [26; 39]	- 119 -
1.	Le nettoyage	- 120 -
2.	La désinfection	- 122 -
D.	Hygiène du personnel	- 123 -
E.	Lutte contre les nuisibles	- 123 -
F.	Applications en production fermière	- 124 -
IV.	La mise en place d'une production fermière	- 125 -
A.	Motivations	- 125 -
1.	Une tendance générale de consommation	- 125 -
2.	Des motivations personnelles et familiales	- 126 -
B.	Réglementation	- 126 -
1.	L'agrément sanitaire européen	- 127 -
2.	La législation ICPE	- 141 -
C.	Démarches auprès de l'INAO	- 142 -
1.	Démarches auprès du Syndicat Interprofessionnel de Défense du Mont d'Or .	- 142 -
2.	Procédure d'attribution de l'appellation	- 142 -
D.	Investissements et travaux	- 143 -
E.	La vente	- 143 -
1.	La clientèle	- 143 -
2.	Tarifs et positionnement	- 143 -
3.	Communication autour du fromage	- 143 -
F.	Résultats et difficultés	- 144 -
1.	Une bonne valorisation	- 144 -
2.	Un succès commercial	- 144 -
3.	Une alerte sanitaire	- 144 -
V.	Rôle du vétérinaire praticien	- 145 -
A.	De la médecine individuelle à la médecine des populations	- 145 -
B.	Conseils en matière de qualité	- 146 -
C.	Usage du médicament vétérinaire	- 147 -
1.	Les règles de prescription et de délivrance	- 147 -

2.	L'enregistrement dans le carnet sanitaire [64].....	- 148 -
VI.	CONCLUSION	- 149 -

Table des illustrations

FIGURES

Figure 1: Carte physique du Doubs- GEOATLAS®	- 15 -
Figure 2: Fromages AOC en France - GEOATLAS®	- 20 -
Figure 3 : Aire géographique de production du Mont d'Or AOC [56]	- 22 -
Figure 4 : Evolution des ventes de Mont d'Or [125]	- 26 -
Figure 5 : Structure d'un globule gras [1]	- 28 -
Figure 6 : Structure d'une micelle de caséine [1]	- 30 -
Figure 7: Fermentation du lactose [1]	- 31 -
Figure 8: Exemple de diagramme de fabrication [12]	- 37 -
Figure 9: Phases de la coagulation enzymatique [123]	- 40 -
Figure 10: Exemple d'évolution du pH au cours de l'affinage [12]	- 49 -
Figure 11 : Architecture des textes communautaires [102]	- 65 -
Figure 12 : Protocole de validation d'un Guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène [101]	- 70 -
Figure 13 : Schéma de nettoyage et de désinfection du GBPH [41]	- 120 -
Figure 14: Procédure d'obtention de l'agrément sanitaire [67]	- 128 -
Figure 15: Extrait du dossier d'Agrément - diagramme de fabrication [95]	- 131 -
Figure 16 : Extrait du dossier d'agrément - Plan de la fromagerie au 1/100 [95]	- 133 -

PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : Boîte de Mont d'Or [125]	- 21 -
Photo 2: Tranches-caillés (Ferme Mamet)	- 42 -
Photo 3: Moules en plastiques alimentaires (Ferme Mamet)	- 43 -
Photo 4: Fabrication de la sangle	- 44 -
Photo 5 : Emprésurage	- 64 -
Photo 6 : Brassage	- 64 -
Photo 7 : Moulage	- 64 -
Photo 8 : Egouttage en moules	- 64 -
Photo 9 : Après retournement	- 64 -
Photo 10 : Sanglage	- 64 -
Photo 11 : Saumurage	- 64 -
Photo 12 : Cave d'affinage	- 64 -
Photo 13 : Soins en cave	- 64 -

TABLEAUX

Tableau 1: Liste des ateliers producteurs [125]	- 25 -
Tableau 2 : Production de quelques fromages [25]	- 25 -
Tableau 3: Composition du lait en minéraux [1]	- 31 -
Tableau 4: Teneur moyenne des principales vitamines du lait [1]	- 32 -
Tableau 5: Flore indigène du lait cru [87]	- 32 -
Tableau 6: Classification des micro-organismes selon leur température de croissance [87]	- 33 -
Tableau 7: Principaux micro-organismes psychrotrophes du lait [87]	- 33 -
Tableau 8: Classification des principaux micro-organismes du lait selon leur besoin en oxygène [87]	- 34 -
Tableau 9: Principales activités métaboliques microbiennes dans les produits laitiers [87]	- 35 -

Tableau 10: Comparaison entre un caillé lactique et un caillé enzymatique [1].....	- 40 -
Tableau 11 : Intensité du traitement appliqué lors de l'égouttage [113]	- 42 -
Tableau 12: Table de composition nutritionnelle CIQUAL 2008 – Mont d'Or [3; 27].....	- 58 -
Tableau 13: Quantité de fromage nécessaire pour couvrir les besoins en acides aminés essentiels de l'adulte [35]	- 59 -
Tableau 14 : Critères applicables au lait cru [76]	- 67 -
Tableau 15 : Plan de surveillance radionucléides (Doubs) [107]	- 72 -
Tableau 16: Survie des <i>Listeria</i> dans l'environnement [88]	- 78 -
Tableau 17: Épidémies de listériose rapportées en Europe jusqu'en 2001 [8; 94]	- 81 -
Tableau 18: Aliments mis en cause par les études de type "cas/témoin" sur les facteurs de risque des listérioses sporadiques [8].....	- 81 -
Tableau 19 : Autocontrôles <i>Listeria</i> [124]	- 84 -
Tableau 20: Conditions de croissance des salmonelles [24]	- 87 -
Tableau 21: Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des salmonelloses non-typhiques dans les années 1990 [126].....	- 88 -
Tableau 22: Nombre de foyers de Salmonelloses déclarés en France en 2009 selon le type d'aliment incriminé ou suspecté [62]	- 90 -
Tableau 23: Épidémies communautaires de salmonelloses liées à des produits laitiers au lait cru recensées de 1995 à 2003 [32]	- 90 -
Tableau 24 : Autocontrôles Salmonelles [124]	- 93 -
Tableau 25: Facteurs de croissance et de toxinogénèse chez <i>S.aureus</i> [33]	- 94 -
Tableau 26: Portage asymptomatique à <i>S.aureus</i> chez l'homme [33]	- 95 -
Tableau 27: Estimations de morbidité et mortalité annuelles des TIAC à <i>Staphylococcus aureus</i> de 1997 à 1999 [126].....	- 95 -
Tableau 28: Nombre de foyers déclarés en 2009 de TIAC liés à <i>S.aureus</i> [62]	- 97 -
Tableau 29: Critères de sécurité et d'hygiène des procédés liés aux staphylocoques [79].....	- 99 -
Tableau 30 : Autocontrôles Staphylocoques à coagulase positive [124]	- 100 -
Tableau 31: Conditions de développement d' <i>E. coli</i> O157:H7 étudiées en laboratoire [128]	- 102 -
Tableau 32 : Estimations de la morbidité et de la mortalité annuelles chez les enfants de moins de 15 ans des infections à STEC dans les années 1990 [126].....	- 103 -
Tableau 33 : Critères d'hygiène des procédés liés à <i>E. coli</i> [79]	- 105 -
Tableau 34 : Autocontrôles coliformes et <i>E. coli</i> [124]	- 106 -
Tableau 35 : Conditions de croissance de <i>Campylobacter</i> sp [23]	- 107 -
Tableau 36 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des infections à <i>Campylobacter</i> spp. dans les années 1990 [126].....	- 107 -
Tableau 37 : Conditions de développement de <i>Yersinia enterocolitica</i> [93; 89]	- 108 -
Tableau 38 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des infections à <i>Yersinia enterocolitica</i> dans les années 1990 [126].....	- 108 -
Tableau 39 : Conditions de développement de <i>Bacillus cereus</i> [93].....	- 109 -
Tableau 40 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des intoxications à <i>Bacillus cereus</i> dans les années 1990 [126].....	- 110 -
Tableau 41: Réservoirs et pathogénicité pour l'homme des brucelles [127].....	- 111 -
Tableau 42: Mesures de police sanitaire vis-à-vis de la brucellose [70].....	- 114 -
Tableau 43: Durée de survie des brucelles dans quelques produits laitiers [127]	- 115 -
Tableau 44: Mesures de police sanitaire vis à vis de la tuberculose	- 117 -
Tableau 45 : Caractéristiques des différents résidus alimentaires en fromagerie [39]	- 120 -
Tableau 46: Extrait du dossier d'agrément - diagramme de fabrication [95].....	- 130 -
Tableau 47: exemple de présentation de l'analyse des dangers	- 138 -
Tableau 48: Obligations réglementaires en matière de traçabilité [48]	- 139 -

ENCADRES

<i>Encadré 1 : Extrait du dossier d'agrément – présentation de l'entreprise [95].....</i>	<i>- 129 -</i>
<i>Encadré 2 : Extrait du dossier d'agrément – description du produit [95].....</i>	<i>- 129 -</i>
<i>Encadré 3 : Extrait du dossier d'agrément – matières premières [95]</i>	<i>- 130 -</i>
<i>Encadré 4 : Extrait du dossier d'agrément – déchets et stockage [95]</i>	<i>- 132 -</i>
<i>Encadré 5 : Extrait du dossier d'agrément – locaux et matériel [95]</i>	<i>- 134 -</i>
<i>Encadré 6 : Extrait du dossier d'agrément - personnel et maintenance [95]</i>	<i>- 135 -</i>
<i>Encadré 7 : Extrait du dossier d'agrément - plan de nettoyage et désinfection [95]</i>	<i>- 136 -</i>
<i>Encadré 8 : Extrait du dossier d'agrément- eau & température [95].....</i>	<i>- 137 -</i>
<i>Encadré 9 : Extrait du dossier d'agrément-Traçabilité [95].....</i>	<i>- 139 -</i>
<i>Encadré 10 : Extrait du dossier d'agrément - démarche HACCP [95].....</i>	<i>- 140 -</i>
<i>Encadré 11 : Contenu du dossier de déclaration IPCE [103].....</i>	<i>- 141 -</i>

Introduction

En réaction à des années d'intensification de l'agriculture, à des crises sanitaires comme celle de la « vache folle », à des pratiques parfois opaques des industries agroalimentaires, notamment en matière d'additifs, et au sentiment de dérive de la grande distribution, un nombre croissant de consommateurs se tournent vers des pratiques alternatives d'alimentation : ils sont à la recherche de produits plus sains, de saveurs plus typiques, et parfois de proximité géographique...

On assiste ainsi au développement des filières biologiques, des critères de qualité, et à un retour des produits de terroirs, vendus sur les marchés, dans des boutiques spécialisées, ou directement dans les exploitations productrices.

Le marché des produits fermiers est donc en plein développement, et nombreux sont les exploitants agricoles à tenter l'aventure, dans toutes les régions françaises, et dans de nombreuses filières. Les productions de viandes et de produits laitiers sont particulièrement concernées.

La production d'aliments de bonne qualité sanitaire est cependant un défi permanent. Cette étude s'intéresse à l'hygiène alimentaire dans les ateliers fabriquant des produits laitiers fermiers, et à leur mise en fonctionnement, à travers l'exemple du Mont d'Or Fermier.

Le Mont d'Or est un fromage à pâte molle et à croûte lavée typique de ce terroir franc-comtois qu'est le Haut-Doubs. C'est un fromage saisonnier, fabriqué en période froide, du 15 août au 15 mars, et consommé le plus souvent en période de fêtes, en « boîte chaude », ou simplement sur du pain.

Nous nous intéresserons tout d'abord au Mont d'Or en général, son terroir, son histoire et sa fabrication. Nous présenterons ensuite le GAEC Mamet, seul producteur de Mont d'Or Fermier. Les règles d'hygiène et les risques alimentaires liés au fromage seront étudiés par la suite. Une partie s'attardera sur la mise en fonctionnement de l'atelier fermier. Enfin, nous verrons quel peut être le rôle du vétérinaire sanitaire de l'élevage dans le développement et le fonctionnement d'un atelier fermier.

I. Le Mont d'Or ou vacherin du Haut-Doubs

A. Terroir et histoire

1. Le Haut-Doubs

a) Géographie et climat

Le Haut-Doubs se situe au cœur du massif jurassien, adossé à la frontière suisse. Il fait partie du département du Doubs, formant ainsi avec le Jura, la Haute Saône et le Territoire de Belfort la région Franche Comté. Le département du Doubs compte environ 500 000 habitants sur une surface de 5234 km², et sa préfecture est Besançon. [83] Le territoire du Haut-Doubs compte quant à lui environ 60000 habitants pour 1142 km². Il regroupe 4 cantons, correspondant au bassin d'emploi de Pontarlier, une des deux sous-préfectures. [5]



Figure 1: Carte physique du Doubs- GEOATLAS®

Il s'agit d'un territoire de moyenne montagne, d'altitude comprise entre 700 m à l'ouest et 1461 m à l'est (Crêt du Mont d'Or). Le relief est complexe, fait de déformations et de fractures, travaillées par l'érosion et les glaciations ; on retrouve à l'ouest un plateau légèrement ondulé, avec des dépressions humides, des moraines ou des dolines, le reste du territoire est formé de chaînons calcaires plissés parallèles, orientés nord-est sud-ouest. Ces chaînes sont recouvertes de forêts, principalement de conifères comme le sapin ou l'épicéa, et dominent les zones défrichées en contrebas qui concentrent l'habitat et les voies de communication. Les plis s'élèvent progressivement en direction de l'est jusqu'au Mont Risoux, barrière naturelle culminant à 1461 mètres au crêt du Mont d'Or. Ainsi le territoire est séparé en plusieurs vallées parallèles, dont le val de Malbuisson, occupé par deux lacs d'origine glaciaire, la vallée de Mouthe, où se situe la source du Doubs, mais aussi la vallée du Doubs, plus au Nord. [5]

Le climat du Haut-Doubs est rude : les effets du relief s'associent au climat continental et donnent des températures basses (7°5 de moyenne annuelle à Pontarlier), avec parfois pendant l'hiver des records de température négative dans la région de Mouthe. Les précipitations sont abondantes (environ 1400 mm). L'hiver est long, avec un printemps tardif, court et souvent humide, les étés sont ensoleillés mais souvent orageux. Ce climat permet le développement de la forêt, essentiellement formée de résineux (sapins et épicéas). Elle recouvre 216000 ha sur l'ensemble du département, et son exploitation représente une source de revenus pour les habitants : construction, ameublement, menuiserie et productions traditionnelles, en particulier la sangle d'épicéa, caractéristique du Mont d'Or. [19]

b) Contexte socio-économique [58; 10; 19; 5]

La population active du Doubs représente 342991 personnes selon les chiffres du recensement de 2008 : elle comprend environ 4000 agriculteurs exploitants en activité, soit 1.9%, mais aussi 5.4% d'artisans, commerçants et chefs d'entreprise, 12.7% de cadres et professions intellectuelles supérieures, 26% d'employés et 28.7% d'ouvriers. La population active se répartit ainsi :

- 2.5% dans l'agriculture
- 23.5% dans l'industrie
- 6.5% dans la construction
- 36% dans le commerce, les transports et les services divers
- 31.5% dans l'administration publique, l'enseignement, la santé et l'action sociale

Par ailleurs, 7.8% des actifs travaillent en dehors de la France métropolitaine : une grande part d'entre eux est représentée par les frontaliers, qui travaillent en Suisse dans l'industrie horlogère par exemple. [58]

- L'agriculture [19]

Prairies et forêts couvrent une bonne partie de la surface du Doubs.

La surface agricole utilisée (SAU) dans le département du Doubs est d'environ 220000¹ hectares selon le recensement agricole de l'an 2000. Les grandes cultures représentent 6000 ha, les cultures maraîchères, vignobles et vergers représentent 300 ha. La superficie fourragère représente 190000 ha, dont 150000 ha qui sont toujours en herbe. Ce type de surface représente presque la totalité de la SAU du territoire du Haut-Doubs. L'élevage des bovins occupe la superficie la plus importante du département, environ 190000 ha pour 2800 exploitations. L'élevage laitier est le plus important : le cheptel laitier représente 95000 vaches laitières sur un cheptel de 241000 têtes en 2003 ; 75% du cheptel bovin est constitué de bêtes de race Montbéliarde.

La forêt représente 216000 ha, dont 95000 ha sont des forêts privées. La filière bois regroupe les producteurs, les entrepreneurs de travaux forestiers (bûcherons, débardeurs), les scieries (72 dans le département, pour un chiffre d'affaires moyen de 2 millions d'euros), et les transformateurs (ameublement, construction, emballage, menuiserie, objets en bois divers, et productions traditionnelles comme la boîte et la sangle du Mont d'or ou les tavillons, ornant les façades ouest des maisons.)

- L'industrie [10]

L'industrie dans le Doubs et en Franche Comté est un secteur clé. La Franche Comté se caractérise par un tissu de PME au côté de grands groupes. Le secteur de l'automobile est prédominant, très concentré dans la zone de Belfort-Montbéliard, du fait de la présence historique du groupe PSA Peugeot-Citroën. Ce secteur regroupe le constructeur automobile, mais aussi les équipementiers et de nombreux sous-traitants. Les secteurs de la mécanique (usinage, découpage-emboutissage, soudage, tôlerie, décolletage....) et de la microtechnique (horlogerie, lunetterie...) sont aussi très importants. Cependant, ces secteurs sont touchés par la crise économique, et par une tendance à la délocalisation dans des pays à faibles coûts salariaux. La proximité de la Suisse explique la présence de nombreux frontaliers, qui travaillent dans d'importantes zones industrielles spécialisées en microtechnique et horlogerie suisse, notamment au Locle et à La Chaux-de-Fonds, situé à 15 km de Morteau.

L'industrie agro-alimentaire reste de taille modeste, la filière laitière est la branche principale, avec une production fromagère dans un grand nombre de petites entreprises comme les fruitières.

- Le tourisme [5]

Le Haut-Doubs mise de plus en plus sur cette activité, qui s'est développée dès le début du siècle. Le climat et le relief lui offrent des sites naturels superbes, comme par exemple les sources du Doubs à Mouthe, de la Loue à Ouhans et de la source Bleue à Montperreux, le lac de Malbuisson, la forêt de Levier, qui est la plus grande sapinière d'Europe, les tourbières de Frasn... Par ailleurs, les activités de plein air possibles sont variées : en hiver, ski de fond et ski de descente avec la station de Métabief-Mont d'Or (40 km de piste et 25 remontées mécaniques...), randonnées en raquettes, ballades en traîneau, ou saut à ski à Chaux-Neuve

¹ La valeur de SAU du recensement général de l'agriculture de l'an 2000 ne prend pas en compte les « alpages » et terrains exploités collectivement, qui sont souvent la propriété des communes

près de Mouthe ; en été, randonnée à pied ou équestre, VTT, activités nautiques sur le lac de Malbuisson et le Doubs, escalade et spéléologie.... L'hébergement compte 67 hôtels, 24 résidences de tourisme et 28 gîtes d'étape, 33 centres de vacances, 315 gîtes ruraux et 30 chambres d'hôtes et 1041 meublés touristiques, 9 campings... Le tourisme est donc une activité économique à part entière, mais seule l'agriculture, avec l'élevage et l'exploitation forestière, permettent l'entretien du milieu et de ces paysages appréciés des touristes.

2. Le Mont d'Or au fil du temps [11]

Le Mont d'Or ou vacherin du Haut-Doubs tire son nom de la plus haute montagne du département, le Mont d'Or qui culmine à 1461 mètres d'altitude. Son origine est très ancienne, indissociable de son voisin suisse, le Vacherin Mont d'Or. En effet, les deux fromages ont une histoire commune et prendront des chemins différents dans les années 1980.

Les traces écrites de leur histoire sont cependant maigres : dans une lettre adressée à Parmentier en 1800, Eugène Droz fait référence à des fromages « *de boëte, dits gras ou de crème* » dont la fabrication aurait commencé soixante ans plus tôt à Bonnevaux, avant de s'étendre sur la terre de Mouthe et du Mont d'Or. La première trace officielle du fromage français date de 1834, dans une saisie douanière suisse de vacherin de contrebande, très demandé sur les marchés de Lausanne. Du côté suisse, la première trace écrite connue du vacherin date de 1823, dans un livre de comptes de Louis Siméon Rochas.

Les deux fromages évoluent parallèlement des 2 côtés de la frontière, et la filière s'organise : à l'origine, la fabrication avait lieu dans des chalets d'altitude éparpillés, mais elle se regroupe, répartie au sein d'une dizaine d'entreprises et de fruitières du côté français.

Du côté suisse est créée la Centrale du vacherin Mont d'Or en 1951, rassemblant les représentants des professionnels du Vacherin Mont d'Or. En 1980 une association du Vacherin Mont d'Or est créée, avec dépôt de la dénomination commerciale « Vacherin Mont d'Or » auprès de l'Office Fédéral de la Propriété Intellectuelle à Berne. Par ailleurs un accord international franco-suisse sur la protection des appellations d'origine conclu en 1974 cite le « Vacherin Mont d'Or ». [28] Les dénominations « vacherin » et « Mont d'Or » restent utilisables pour les Français. En France, les producteurs comtois sont furieux et certains n'hésitent pas à parler de « malhonnêteté intellectuelle » : le syndicat interprofessionnel du Mont d'Or est créé en 1979, et défend son propre cahier des charges auprès de l'INAO². L'AOC « Mont d'Or ou Vacherin du Haut-Doubs » est obtenue en 1981.

Le Mont d'Or est un fromage humide très fragile, et des problèmes sanitaires se posent dès 1970 en Suisse. Les normes bactériologiques fédérales se révèlent impossibles à tenir. Lors de l'hiver 1985, une alerte sanitaire à la salmonelle chez un affineur de la vallée pousse la profession à thermiser³ à 60°C le lait destiné à la fabrication de vacherin Mont d'Or. La maî-

² Institut National des Appellations d'Origines

³ Action de chauffer légèrement le lait, de 45 °c pendant 30 minutes à 72°C pendant 1 seconde, afin de détruire certains germes pathogènes tout en préservant une partie de la flore bactérienne naturelle et initiale. Ces barèmes sont inférieurs à ceux de la pasteurisation.

trise insuffisante de cette technique ayant un effet négatif sur le goût et la texture, les défenseurs du vacherin traditionnel se sont opposés à son application. Cependant en 1987 éclate une crise sanitaire majeure : des cas mortels de listériose consécutifs à la consommation du fromage suisse sont constatés, ébranlant la filière suisse mais aussi la filière française [4] . Le Conseil d'État vaudois décide d'en interdire la vente et la consommation, la presse s'enflamme et le Mont d'Or gagne en « célébrité » des deux côtés de la frontière : les deux fromages sont moribonds. Les organisations professionnelles réagissent et s'adaptent. Du côté suisse, un nouveau cahier des charges impose la thermisation, avec une meilleure maîtrise du procédé et un ensemencement plus adapté qu'auparavant. Le niveau de qualité est désormais approuvé par le consommateur. Du côté français, le Syndicat Interprofessionnel de défense du Mont d'Or soutient la fabrication traditionnelle au lait cru, et élabore un programme d'analyse des laits avec la collaboration des services vétérinaires du Doubs. Un service technique du Mont d'Or est créé en 1990, avec mise en place d'analyses régulières et d'autocontrôles en entreprise, et la filière se modernise : informatisation et robotisation au sein de certains ateliers, tout en respectant goût et cahier des charges du Mont d'Or au lait cru. La renaissance du Mont d'Or est spectaculaire, sa production est multipliée par quatre en l'espace de 10 ans.

3. Un fromage AOC

a) Évolution des textes

Le Mont d'Or est un fromage protégé par une appellation d'origine contrôlée (AOC) depuis la publication du décret du 24 mars 1981. Celui-ci définit les zones et conditions de production, d'emballage. Ce décret sera abrogé et remplacé par plusieurs autres décrets : celui du 29 décembre 1986 puis celui du 21 juillet 2000 et enfin celui du 16 août 2006 qui est encore en application. De légères modifications apparaissent dans ces textes : par exemple, l'emploi du terme « Mont d'Or » dans les dénominations de vente de fromages fabriqués sur le territoire des communes des cantons de Limonest et de Neuville-sur-Saône était autorisé jusqu'au 20 juin 2001 à condition que ces fromages locaux présentent des caractéristiques différentes de celles du Mont d'Or ou Vacherin du Haut-Doubs. [65] A partir de cette date, le terme Mont d'Or est réservé en France au Vacherin du Haut-Doubs.

La dénomination « Mont d'Or ou Vacherin du Haut-Doubs » est enregistrée en tant qu'appellation d'origine protégée (AOP) depuis le 12 juin 1996. [73] Ainsi, le « Mont d'Or » est protégé au sein de tous les états membres de l'Europe contre toute usurpation, imitation, et pratique susceptible d'induire le public en erreur quant à la véritable origine du produit. [72]

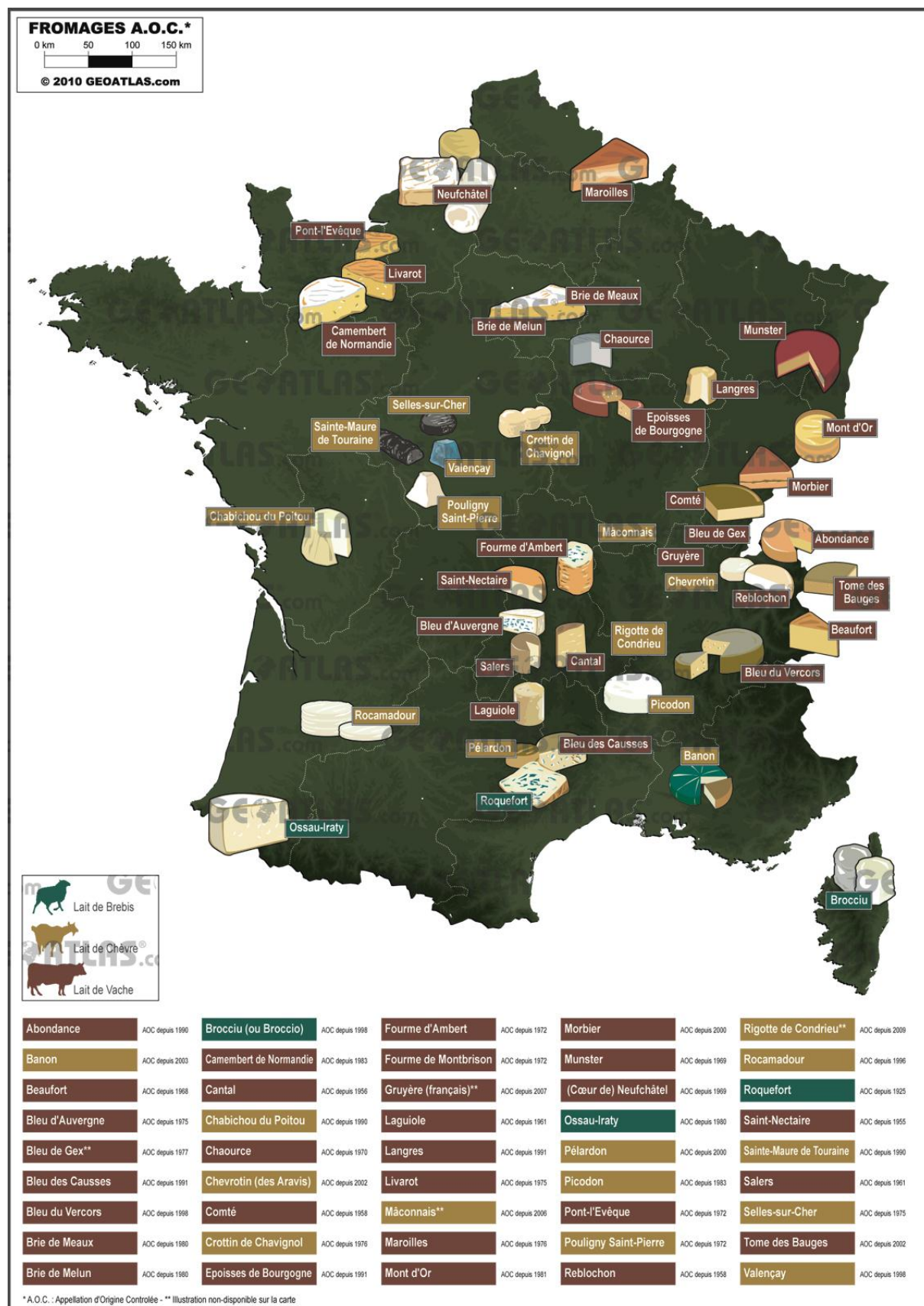


Figure 2: Fromages AOC en France - GEOATLAS®

b) Décret du 17 mai 2006 [68; 55]

Les modalités d'application du décret en vigueur sont précisées dans un règlement technique d'application, homologué par l'arrêté du 16 août 2006 pris par le Ministre de l'Economie, des Finances et de l'Industrie et par le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche, sur proposition du comité national des produits laitiers de l'Institut National des Appellations d'Origine (INAO)

(1) Description

Le Mont d'Or est un fromage à pâte molle non cuite et légèrement pressée, à croûte lavée légèrement refleurie, fabriqué « exclusivement avec du lait de vache entier mis en œuvre à l'état cru et emprésuré ». Il est cerclé d'une sangle en épicéa et inséré dans une boîte en bois d'épicéa, qui font partie intégrante des conditions de production de l'appellation. Il a la forme d'un cylindre plat, pesant de 480g à 3.2 kg boîte comprise. Il doit contenir au minimum 45 grammes de matière grasse pour 100g de matière sèche et au maximum 75% d'humidité dans le fromage dégraissé.



Photo 1 : Boîte de Mont d'Or [125]

(2) Aire géographique

La production du lait, la transformation en fromage et l'affinage doit se faire au sein de la zone de production, à une altitude d'au moins 700 m, visible sur la carte ci-dessous suivante (Figure 3). Cette zone de production regroupe de nombreuses communes : les communes des cantons de Morteau, de Pontarlier, de Mouthe, ainsi que Bians-les-Usiers, Boujailles, Bulle, Chapellez-d'Huin, Couvrières, Dompière-les-Tilleuls, Evillers, Frasne, Goux-les-Usiers, Levier, Septfontaines et Sombacour, Les Alliés, Arc-sous-Cicon, Arçon, Bugny, La Chaux, Gilley, Hauterive-la-Fresse, La Longeville, Maisons-du-Bois-Lièremont, Montbenoît, Montflovion, Saint-Gorgon-Main et Ville-du-Pont, Fournet-Blancheroche et Frambouhans, Le Barbois, Le Bélieu, Le Bizot, Bonnetage, La Bosse, La Chenalotte, Les Fontenelles, Grand'Combe-des-Bois, Le Mémont, Narbief, Noël-Cerneux, Plaimbois-du-Miroir, Le Russey et Saint-Julien-lès-Russey.

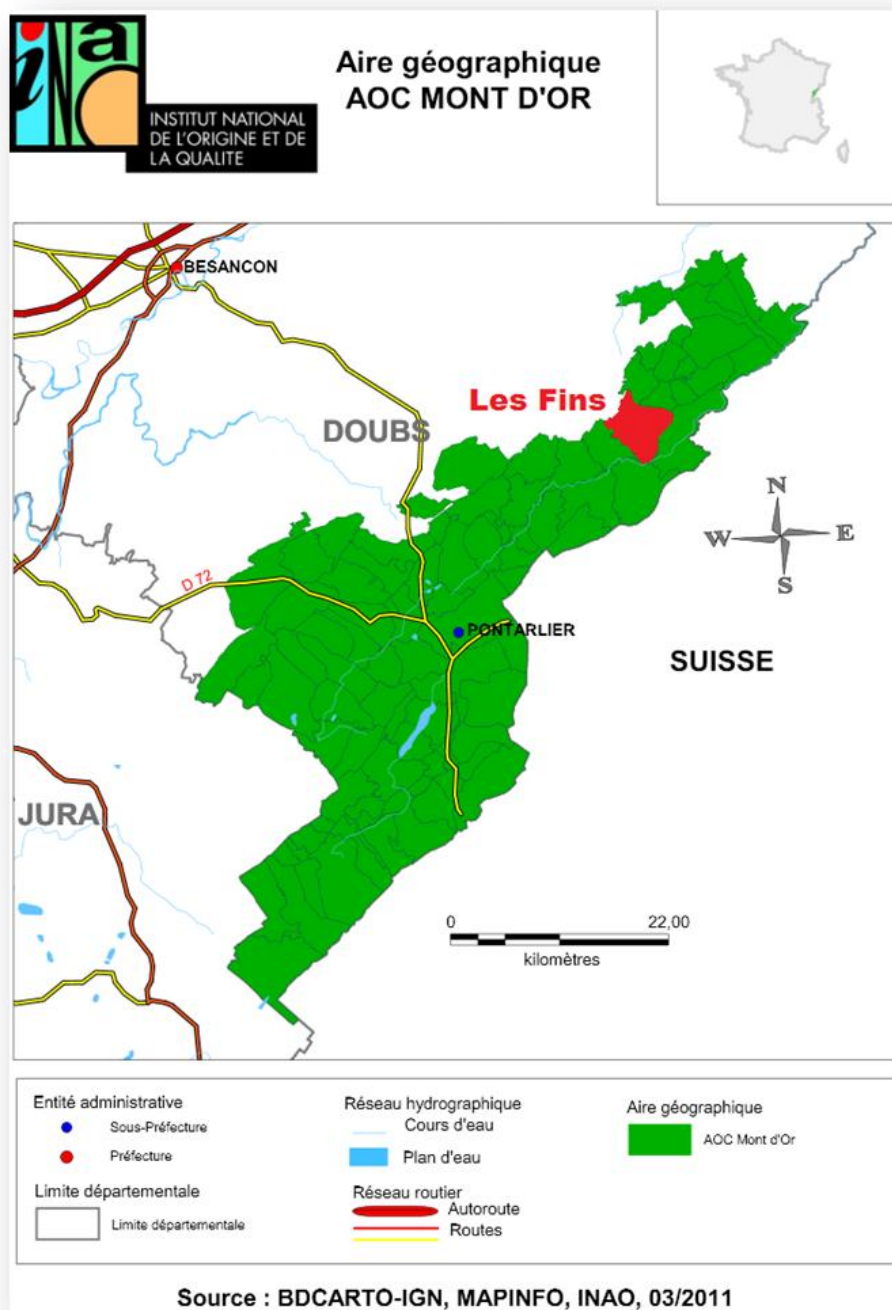


Figure 3 : Aire géographique de production du Mont d'Or AOC [56]

(3) Race et alimentation

Le lait provient de troupeaux composés uniquement de vaches de race Montbéliarde ou Simmental française.

La ration de base est constituée de fourrages issus de prairies situées au sein de la zone de production, les aliments fermentés (ensilage ou enrubannage...), et les OGM⁴ sont proscrits toute l'année sur l'exploitation. Par ailleurs, la surface herbagère effectivement exploitée est d'au moins un hectare par vache laitière.

⁴ Organismes Génétiquement Modifiés

L'apport de concentré est plafonné à 6kg par vache laitière en production par jour, soit 1800kg par lactation. Les concentrés contenant de l'urée, le lactosérum, les pailles traitées à l'ammoniac et les fourrages qui influent sur le goût du lait (choux, colza, raves, navets....) sont interdits.

Les aliments complémentaires autorisés peuvent être composés de céréales ou de leurs sous-produits, de protéagineux et d'oléagineux, de pulpes végétales, de mélasse, de luzerne déshydratée, de produits d'origine laitière et d'un aliment minéral éventuellement supplé-
menté en vitamines.

(4) Traite et livraison du lait

La traite a lieu matin et soir, le lait doit parvenir à l'atelier de fabrication quotidiennement. Si l'emprésurage n'est pas fait dans les deux heures après la traite, le lait est refroidi immédiatement entre 2 et 8°C, et l'emprésurage a alors lieu dans les vingt-quatre heures. Le lait qui ne correspond pas aux conditions du décret doit être collecté séparément (tournée différente ou système de collecte séparé).

Les installations et le matériel de traite doivent être vérifiés au moins tous les ans par un technicien qualifié, les manchons trayeurs et flexibles sont changés tous les ans.

(5) Fabrication

La période de production s'étend du 15 août au 15 mars inclus. La mise en vente au consommateur ne peut se faire que du 10 septembre au 10 mai.

Les seuls auxiliaires de fabrication autorisés sont le sel (NaCl), la présure, issue de la caillette de veau, l'eau potable et les cultures sélectionnées de ferments lactiques et de flores de surface. L'équipement minimum nécessaire se compose de matériels de stockage du lait refroidi, de cuves de fabrication en cuivre, ou inox, ou plastique alimentaire, de moules en inox ou plastique alimentaire, et des équipements permettant la préparation des levains. Le bac à saumurage est en matériau alimentaire. Le lait ne peut être chauffé qu'une fois, au moment de l'emprésurage, à une température inférieure à 40°C. Après le démoulage, le caillé est cerclé dans une sangle d'épicéa. La sangle est auparavant trempée quinze minutes dans une eau à 80°C avant toute utilisation

(6) Affinage

La température de la cave ne doit pas dépasser 15°C et l'hygrométrie est au moins égale à 92%. Le fromage est placé sur une planche d'épicéa, retourné et frotté manuellement à l'eau éventuellement salée. La mise en boîte intervient au minimum après le douzième jour, le diamètre de la boîte est légèrement inférieur à celui du fromage, et ses dimensions sont définies dans le décret. L'affinage dure au minimum vingt-et-un jours

(7) Suivi des produits

Tous les opérateurs de la filière doivent tenir à jour un système d'enregistrement qui permet de retrouver les informations suivantes pour chaque lot de fabrication (en général un jour de fabrication) :

- Numéro de lot
- Date de fabrication
- Quantité de lait collectée par producteur

- Quantité de lait mise en œuvre pour la production
- Nombre de fromages fabriqués par catégorie de format
- Destination des fromages

Chaque lot doit être clairement délimité et identifié dans la cave.

Toutes ces informations sont consignées dans un registre fourni par le Syndicat Interprofessionnel du Mont d'Or, le registre est conservé 3 ans. Par ailleurs, chaque opérateur est tenu de communiquer mensuellement au SIMO les renseignements statistiques relatifs à sa production. Ce dernier adresse annuellement un rapport à l'INAO contenant des données statistiques et économiques.

(8) *Etiquetage et conditionnement*

Chaque fromage est muni d'un étiquetage individuel comportant le nom « Mont d'Or » ou « Vacherin du Haut-Doubs » en caractères de dimensions au moins égale aux deux tiers de celles des caractères les plus grands figurants sur l'étiquetage. La mention « appellation d'origine contrôlée », le sigle « INAO » ainsi que l'identification de l'atelier et autres éléments réglementaires doivent figurer sur la pliure (targe) de la boîte, et être visible jusqu'au stade de la vente au consommateur.

Le Mont d'Or est conditionné dans sa boîte en épicea, munie d'un emballage de protection. L'absence de ce dernier engage la responsabilité du détenteur en matière de respect de la qualité du produit. Le découpage du fromage est interdit, excepté au stade de la vente au consommateur. La congélation du fromage est interdite.

c) Les contrôles de l'AOC

Les produits AOC font l'objet d'une procédure de contrôle par des organismes indépendants des producteurs, agréés par l'INAO, sous l'autorité de ce dernier. Les organismes de contrôles sont soit des organismes d'inspection, c'est-à-dire qu'ils constatent, mais laissent à l'INAO le pouvoir de sanction, ou alors il s'agit d'organismes certificateurs, qui sont responsables du contrôle depuis les constats jusqu'à l'autorisation d'utiliser le sigle AOC ou la prise de sanctions.

Dans le cadre de l'AOC Mont d'Or, l'INAO a délégué une partie de ses pouvoirs d'inspection au Syndicat Interprofessionnel de défense du Mont d'Or (SIMO).

Le SIMO réalise les contrôles périodiques sur les produits finis, prêts à la vente. Ils ont lieu une fois par mois: un fromage est prélevé, et soumis à une commission organoleptique, composée de professionnels compétents et d'experts. Le fromage doit correspondre aux critères de l'AOC (aspect, odeur, goût...). Les sanctions peuvent aller jusqu'au retrait de l'appellation.

L'INAO réalise aussi par l'intermédiaire du SIMO des audits réguliers des conditions de production. Ils sont réalisés en alternance tous les 2 ans, par le SIMO et par un cabinet d'audit qualité extérieur. Ces audits ont pour objectif de vérifier que toutes les prescriptions du décret d'AOC sont suivies, à chaque étape de la production, chez les producteurs de lait et chez les transformateurs. Les auditeurs remplissent des grilles détaillant à chaque étape les points à vérifier.

B. La filière actuelle

1. Les différents ateliers [125]

La filière actuelle est composée de onze ateliers de fabrication de taille variée, qui représentent 480 producteurs de lait. Ces ateliers transforment environ 23.5 millions de litres de lait, ce qui représente 4510 tonnes de fromage commercialisé pour la campagne 2008-2009.

Les transformateurs se composent de quatre coopératives, six industriels et un producteur fermier. La coopérative des Monts de Joux représente environ 30% de la production de Mont d'Or, c'est le premier producteur.

Société de fromagerie de Doubs 25300 - DOUBS Tel : 03.81.39.05.21 Fax : 03.81.46.35.15 coop-fromageriededoubs@orange.fr	SARL Les Longevilles Mont d'or 25370 - LONGEVILLES MONT D'OR Tel : 03.81.49.92.69 Fax : 03.81.49.94.29 fromlongevilles@wanadoo.fr www.fromageries-arnaud-freres.fr	Société de fromagerie des Jarrons 25650 - VILLE DU PONT Tel : 03.81.38.10.19 Fax : 03.81.38.17.35
Fromagerie Philippe Claude 25560 - BANNANS Tel : 03.81.49.85.21 Fax : 03.81.89.71.14 PHILIPPECL@wanadoo.fr	Fromagerie BADOZ 25000 - PONTARLIER Tel : 03.81.39.80.20 Fax : 03.81.39.15.33 fromagerie.badoz@wanadoo.fr	Fromagerie de Clerval Les Fourgs groupe Ermitage à Bulgnéville 25300 - LES FOURGS Tel : 03.29.09.14.33 Fax : 03.29.09.23.57 contact@ermitage.com www.ermitage.com
Fromagerie Napiot 25520 - GOUX LES USIERS Tel : 03.81.38.21.72 Fax : 03.81.38.24.75 E-mail : FROMAGERIE-NAPIOT@wanadoo.fr	Coopérative Les Monts de Joux 25560 - BANNANS Tel : 03.81.89.81.00 Fax : 03.81.89.81.10 LES.MONTS.DE.JOUX@wanadoo.fr	Fromagerie Michelin Fabrice 25160 - SAINT POINT LAC Tel : 03.81.69.61.76 Fax : 03.81.69.66.32 fabrice.michelin@wanadoo.fr
Fromagerie Sancey-Richard 25370 - METABIEF Tel : 03.81.49.02.36 Fax : 03.81.49.25.07 richardsancey@wanadoo.fr www.fromageriedumontdor.fr	GAEC MAMET 19 Les Frenelots 25500 - LES FINS Tel : 03-81-67-31-49 Fax : 03-81-67-31-49 mamet.francois@wanadoo.fr www.fermemamet.com	

Tableau 1: Liste des ateliers producteurs [125]

2. Le marché et l'évolution des ventes

a) Place du Mont d'Or dans le marché des fromages [25]

La collecte de lait de vache en France pour l'année 2010 représente 22,8 milliards de litres, la quantité de fromage fabriquée, toute spécialité confondue, s'élève à 1 831 484 tonnes en 2010. On note une augmentation de la production de l'ordre de 5% par rapport à l'année 2009.

	Type de fromage (année de production)	Production annuelle en tonnes
Pâtes molles	Fromages à pâte molle (2010)	435 377
	Fromages type camembert (2010)	106 129
	Camembert de Normandie AOC (2009)	4 464
	Saint-Marcellin AOC (2009)	4 536
	Reblochon AOC (2009)	15 206
Franche Comté	Mont d'Or AOC (2009)	4 341
	Morbier AOC (2009)	7 638
	Comté AOC (2009)	46 738
	Bleu de Gex (2009)	558

Tableau 2 : Production de quelques fromages [25]

Les fromages à pâte molle représentent 435 377 tonnes. Sur l'année 2009, la production de Mont d'Or s'élève à 4341 tonnes, soit 1% environ de la production de pâtes molles. Comparé à la production de Reblochon AOC, il représente seulement un tiers. Sa production est de même ordre de grandeur que la production du Camembert de Normandie AOC, mais il est à noter que celle-ci représente seulement 5% de l'ensemble de la production de camembert. Comparé aux autres productions régionales en Franche-Comté, il représente la moitié de la production de Morbier, 10% de la production de Comté, mais il est dix fois plus produit que le Bleu de Gex, qui reste encore un fromage consommé localement.

b) Evolution des ventes

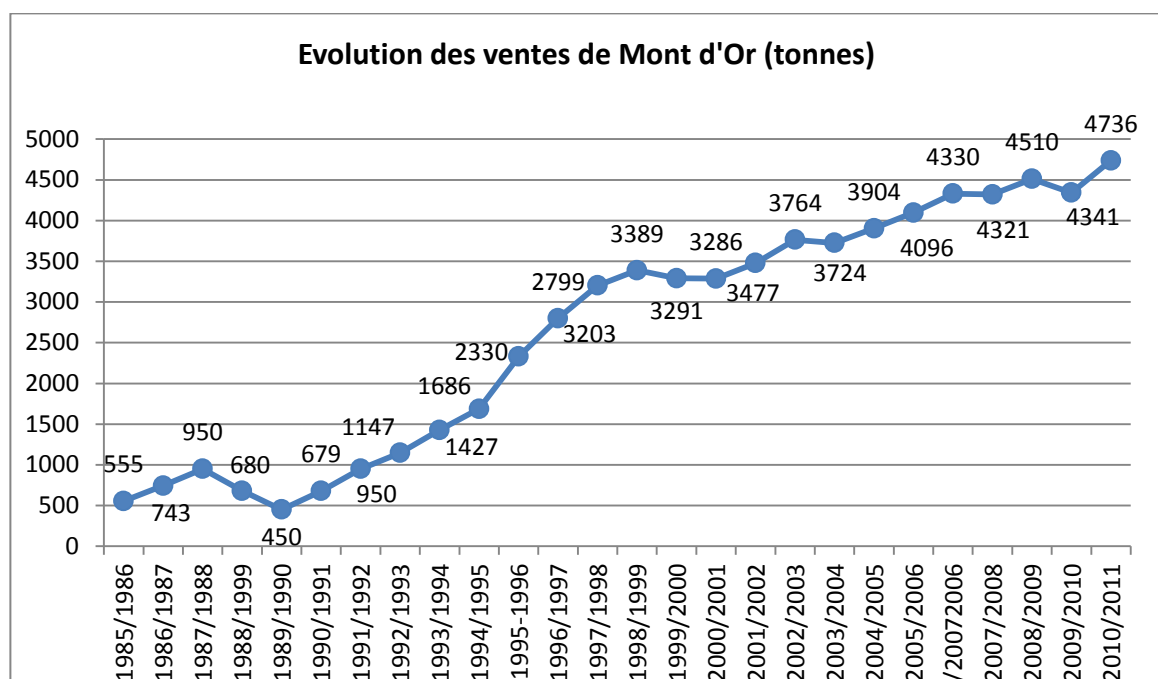


Figure 4 : Evolution des ventes de Mont d'Or [125]

Comme on a pu le voir précédemment, le Mont d'or reste une production de taille réduite, mais qui peut rivaliser avec d'autres fromages de même type. D'après les chiffres recueillis par le SIMO, les ventes augmentent lentement ces dernières années. Le Mont d'Or était d'abord un produit local, avec des ventes de l'ordre de 500 tonnes dans les années 1985-1986, et une progression modérée. Suite à la crise sanitaire en Suisse en 1987, les ventes ont baissé pendant deux saisons : les grandes et moyennes surfaces réalisèrent des analyses microbiologiques, montrant des contaminations parfois importantes en *Listeria*, mais le fromage a fait l'objet d'une médiatisation nouvelle. Suite à la mise en place par le SIMO d'un programme d'analyse et de suivi bactériologique, afin de garantir la qualité sanitaire du fromage, et à une modernisation, ou la fermeture, de certains ateliers, les ventes sont reparties, passant de 450 tonnes en 1989/1990 à environ 3300 tonnes au début de l'an 2000. Le Mont d'Or reste bien sûr consommé localement, mais il s'exporte de plus en plus au-delà des frontières de la Franche-Comté, particulièrement en hiver et en période de fêtes, moment où il est apprécié sous forme de « boîte chaude ».

C. Modalités de fabrication

1. Le lait et ses aptitudes à la fabrication

La dénomination « lait » est définie par la réglementation européenne, qui précise que ce terme « *est réservé exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction* » [71]

a) Composition et propriétés physico chimiques du lait [1; 123]

Le lait est un système complexe, constitué d'une émulsion⁵ de matière grasse dans l'eau, d'une suspension colloïdale⁶ de micelles de caséine, d'une solution colloïdale de protéines de sérum et d'une solution vraie de glucides et de minéraux.

En moyenne, le lait est composé de 87.5% d'eau, de 3.7% de matière grasse, de 3.2% de protéines, de 4.6% de glucides et de 0.8% de minéraux.

Le lait issu de vaches de race Montbéliarde présente en moyenne un taux de matière utile de 72g/kg de lait, avec un taux protéique de 32.8 g/Kg et un taux butyreux (matière grasse) de 39.1 g/kg. [109]

(1) L'eau

L'eau est le principal constituant du lait. La molécule d'eau est un dipôle, avec un caractère polaire, qui lui permet de former une solution vraie avec d'autres substances polaires comme les glucides et les minéraux, une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum. Les matières grasses hydrophobes forment une émulsion. Les micelles de caséines solides forment une suspension colloïdale avec l'eau.

La quantité d'eau contenue dans le caillé a une incidence directe sur la texture du fromage : les pâtes pressées sont plus pauvres en eau et ont donc une texture plus compacte, les pâtes molles sont plus riches en eau, avec une pâte plus souple. Par exemple, un emmental contient 33% d'eau, alors qu'un camembert en contient 52%. Cette eau est essentielle aux micro-organismes, et influence leur croissance, et de ce fait, la vitesse de fermentation et d'affinage : l'affinage est plus rapide, mais la durée de conservation est réduite. Par ailleurs, l'eau contribue au rendement fromager⁷ : on cherche alors à conserver un maximum d'eau pour obtenir un meilleur rendement, tout en respectant les limites imposées pour la fabrication. Le Mont d'Or peut contenir jusqu'à 75 % d'eau.

(2) Les matières grasses

Les matières grasses sont représentées dans les analyses laitières par le taux butyreux (TB). Elles se trouvent sous forme d'une émulsion de globules gras, et se composent principale-

⁵ Une émulsion est un mélange d'une phase dispersée liquide non solubilisée, présente sous forme de très fines gouttelettes, dans une phase dispersante liquide, par exemple de l'huile dans l'eau ou de l'eau dans l'huile (mayonnaise).

⁶ Une suspension colloïdale est un mélange constitué d'une phase dispersée solide non solubilisée, présente sous forme de très fines particules solides dans une phase dispersante liquide ; quand les particules ont une grande affinité pour la phase aqueuse, cela s'appelle une solution colloïdale.

⁷ Rendement fromager : proportion de fromage produit par rapport à la quantité de lait utilisé

ment de triglycérides (98%), de phospholipides et d'une fraction dite insaponifiable constituée de cholestérol en grande partie. La dimension de ces globules est d'environ 0.1 à 20 μm (3 à 4 μm en moyenne).

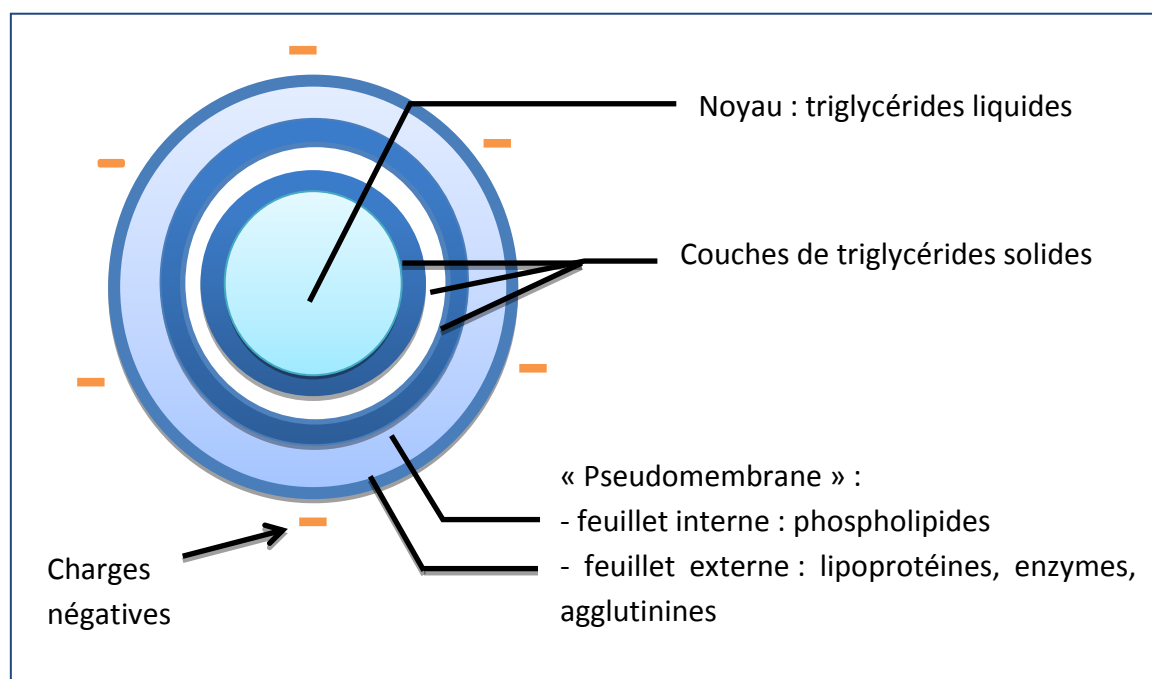


Figure 5 : Structure d'un globule gras [1]

Le noyau central est composé de triglycérides, ceux composés d'acides gras insaturés, liquides, au centre et ceux composés d'acides gras saturés, solides, en périphérie. Les acides gras insaturés étant plus fragiles et se dégradant facilement au contact de l'oxygène dissous dans la phase aqueuse, la structure du globule les protège. La couche périphérique, dite « pseudomembrane », contient des protéines membranaires, des phospholipides, et des insaponifiables (stérols, vitamines liposolubles A, D, K, E...). Cet ensemble donne de la stabilité à la gouttelette. Les charges négatives en périphérie empêchent l'agglomération des globules gras dans les conditions normales de stockage.

Les matières grasses du lait contribuent au développement de l'arôme et de la saveur, et peuvent subir plusieurs transformations chimiques :

- la lipolyse, réaction enzymatique, consiste à briser le lien entre le glycérol et les acides gras, et libère alors des acides gras en nombre plus ou moins grand selon la variété de fromage, participant à la formation des arômes. Cependant, elle peut aussi être à l'origine de saveurs indésirables, comme le goût de rance.
- la saponification est l'action d'un hydroxyde qui brise les liens entre glycérol et acides gras, en formant du savon
- l'oxydation des matières grasses peut donner un goût de suif, l'oxydation des phospholipides provoque un goût métallique.

Les matières grasses servent aussi de véhicule aux composés aromatiques liposolubles et aux vitamines (A, D, K, E...) : lorsqu'elles fondent en bouche, elles libèrent ces composés aromatiques et contribuent à la qualité organoleptique du fromage. Par ailleurs, elles jouent un rôle important dans la structure d'un fromage : emprisonnées dans la structure de ca-

séines et de minéraux, elles jouent un rôle de lubrifiant, et diminuent la fermeté de la pâte. Les matières grasses contribuent aussi au rendement fromager : on cherche à retenir un maximum de gras dans le caillé, mais si la teneur en matière grasse est trop importante par rapport à la teneur en caséines, l'égouttage du caillé devient délicat, et des pertes de gras dans le lactosérum se produisent, avec des effets négatifs sur la qualité organoleptique du fromage.

(3) La matière azotée totale

Les analyses du lait par la méthode Kjeldahl⁸ ont montré que 95% de l'azote contenu dans le lait est présent dans les protéines, dont la quantité moyenne est de 32 g par litre de lait. La matière protéique est appelée taux protéique dans les analyses laitières. L'azote non protéique est présent sous forme d'urée, de protéoses et de peptones. Les protéines du lait sont classées selon leur hydrosolubilité et leur stabilité : les protéines du sérum sont en solution et précipitent sous l'effet de la chaleur ; les caséines sont en suspension dans l'eau, et se regroupent sous forme de micelles, qui précipitent sous l'action de la présure⁹ ou de l'acidification à un pH de l'ordre de 4,6. . Les caséines sont majoritaires et représentent 2,5 à 2,7% du lait.

- Les protéines solubles

Les deux principales protéines du sérum sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine, les autres sont les immunoglobulines, la sérum albumine bovine dite SAB et la lactoferrine, ainsi que différentes enzymes : lipases, phosphatase, protéases (lysozyme et plasmine), déshydrogénase, lactoperoxydase. Leur activité enzymatique est influencée par le pH et la température.

Le lysozyme possède des propriétés antibactériennes, car il hydrolyse les protéines des parois cellulaires des bactéries. La plasmine quant à elle hydrolyse les caséines β , α_{s1} et α_{s2} , ce qui libère des peptides de différentes longueurs, à l'origine des saveurs particulières de fromage comme le gouda.

Les protéines sériques contribuent peu au développement de la structure et de la saveur du fromage. En effet, elles sont hydrosolubles, et sont donc éliminées en grande partie dans le lactosérum.

- Les caséines

Elles forment près de 80% de toutes les protéines du lait, et se regroupent sous forme sphérique appelée micelle, d'une taille de 100 à 500 nm de diamètre. Les micelles sont constituées de 92% de caséines et de 8% de minéraux. Elles sont formées de sous-micelles reliées par des ponts phosphates de calcium. Les sous micelles périphériques sont plus hydrophiles et plus riche en caséine κ . La caséine κ est la plus étudiée ; elle représente 12% des caséines, elle possède une chaîne hydrophobe mais aussi une portion glycomacropeptide (CMP) qui lui confère un caractère hydrophile (en bleu foncé dans la Figure 6). La caséine α_{s1} est la

⁸ Méthode de référence pour le dosage des protéines du lait, en 3 étapes : minéralisation (conversion de l'azote organique en ion NH_4^+ puis en NH_3), distillation puis titrage avec l'acide chlorhydrique [1]

⁹ La présure est un mélange d'enzymes protéolytiques à action coagulante extraite de la caillette de jeunes ruminants non sevrés

plus abondante du lait (40% des caséines), la caséine α_2 représente 10% des caséines. La caséine β représente 35% des caséines, elle est la plus hydrophobe, et se retrouve au centre des sous-micelles.

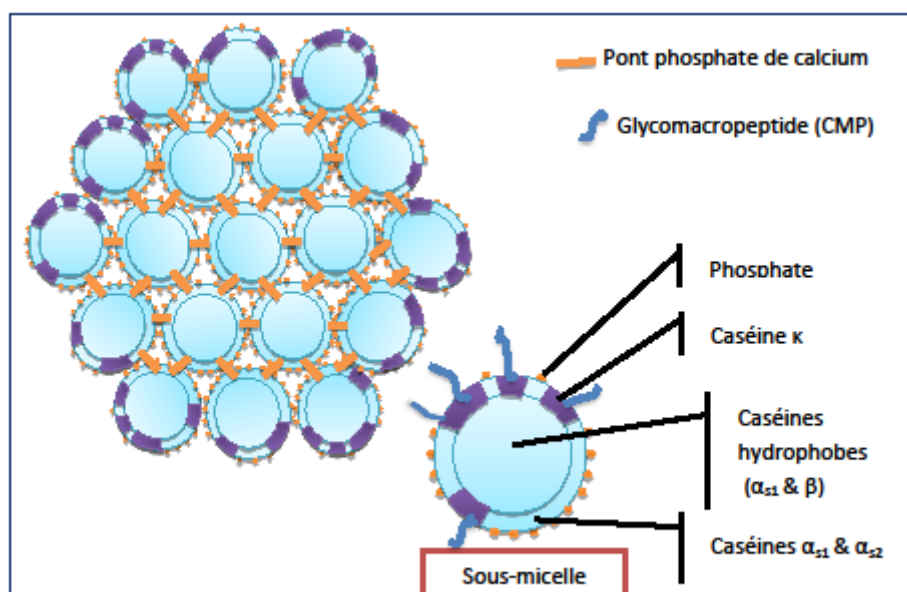


Figure 6 : Structure d'une micelle de caséine [1]

Les caséines ont un rôle essentiel dans la fabrication du fromage. Elles constituent la charpente du fromage. Elles sont sensibles à l'acidification du milieu, qui provoque une fragilisation de la structure des micelles. Elles s'agrègent entre elles. Si l'acidification se poursuit, les micelles sont dénaturées et forment alors un gel lisse et homogène. Elles sont aussi sensibles à la chaleur, et à l'effet de la présure, qui hydrolyse la caséine κ située en périphérie et provoque une coagulation du lait. Le mécanisme détaillé de la coagulation sera vu plus loin dans le chapitre I.C.2.a)(3)

La caséine en coagulant forme le caillé, retient plus ou moins d'eau, de matière grasse de minéraux, et permet d'obtenir la consistance souhaitée de la pâte, qui va encore évoluer au cours de l'affinage suite à la dégradation des protéines. Par ailleurs, elle participe aussi au développement de la saveur du fromage : les caséines sont dégradées en constituants plus petits par des enzymes, responsables de l'apparition de saveurs de fruit, d'amertume et de noisette.

(4) Le lactose

Le lactose est un sucre réducteur formé d'un galactose et d'un glucose. Le lait contient environ 4.8% de lactose, c'est le principal glucide du lait. Il est en solution, et sert de substrat pour les micro-organismes fermentaires, le transformant en acide lactique par la glycolyse anaérobie (Figure 7). Par ailleurs, certaines bactéries hétérofermentaires vont provoquer la formation de gaz carbonique et de substances volatiles, donnant des arômes typiques de certains produits. La formation d'acide lactique dans le lait peut ensuite entraîner en abaissant le pH du lait la coagulation des caséines, et inhibe la croissance de certains micro-organismes indésirables. Une partie importante du lactose est éliminée pendant l'égouttage.

Le suivi de la formation d'acide lactique peut être réalisé par mesure de l'acidité titrable du lait en degré Dornic¹⁰.

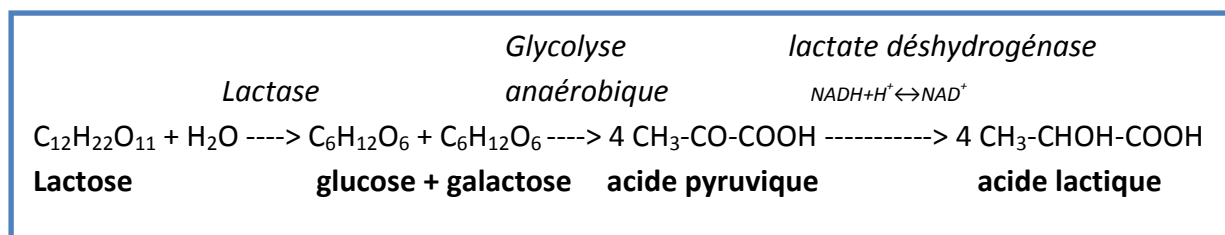


Figure 7: Fermentation du lactose [1]

(5) Les minéraux

La fraction minérale représente entre 0.6 et 0.9% du lait, et est surtout composée de calcium, potassium, magnésium, et sodium (Tableau 3). Ces éléments sont présents sous forme de sels ionisés et solubles dans le sérum, formés avec les éléments acides du lait comme les protéines, les citrates, les phosphates et les chlorures. En outre, le calcium, le magnésium, les citrates et les phosphates se trouvent sous forme colloïdale dans les micelles de caséine. Le phosphate de calcium en particulier joue un rôle important dans la stabilité des micelles, comme on peut le voir dans la Figure 6 en page précédente.

Minéraux	Teneur (mg/kg)	Minéraux	Teneur (mg/kg)
Sodium	445	Calcium	1180
Magnésium	105	Fer	0.5
Phosphore	896	Cuivre	0.1
Chlore	958	Zinc	3.8
Potassium	1500	Iode	0.28

Tableau 3: Composition du lait en minéraux [1]

La fraction minérale est très importante d'un point de vue technologique. En effet, la stabilité des caséines dépend en grande partie d'un équilibre entre les formes solubles et colloïdales et les formes ioniques et non dissociées. Cet équilibre peut être déplacé par un changement de pH, de température, par adjonction de sels de sodium, de calcium ou de citrate. L'aptitude à la coagulation par la présure est très dépendante des teneurs en ions libres et en phosphate de calcium colloïdal. Par ailleurs, les teneurs en calcium et phosphore et en caséines du lait ont une influence sur le pouvoir tampon du lait, c'est-à-dire sur sa capacité à résister à une diminution de pH en présence d'acide lactique produit par les bactéries. Un lait faiblement tamponné s'acidifie donc plus rapidement qu'un lait fortement tamponné, et aura donc tendance à coaguler plus rapidement.

(6) Les vitamines

On distingue les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et Vitamine C) et les vitamines liposolubles (A, D, K, E), qui s'associent aux différents lipides (Tableau 4). Ces dernières sont présentes en quantité variable selon la race, et selon l'alimentation (pâturage, ensilage d'herbe ou de maïs, ration riche en concentré, foin) [98].

¹⁰ Degré Dornic : mesure de l'acidité titrable du lait, correspondant au volume en dixième de mL de soude (NaOH) utilisée pour titrer 10 mL de lait en présence de phénolphthaléine. Ainsi, un degré Dornic correspond à 1 mg d'acide lactique dans le lait [1].

Vitamines liposolubles	Teneur moyenne en $\mu\text{g}/100\text{mL}$	Vitamines Hydrosolubles	Teneur moyenne en $\mu\text{g}/100\text{mL}$
Vitamine A	40	Vitamine C	2000
Vitamine D	2.4	Vitamine B1	45
Vitamine E	100	Vitamine B2	175
Vitamine K	5	Vitamine B6	50
		Vitamine B12	0.45

Tableau 4: Teneur moyenne des principales vitamines du lait [1]

Lors de la transformation fromagère, les vitamines hydrosolubles ont tendance à être éliminées dans le lactosérum, tandis que les vitamines liposolubles sont plutôt piégées avec les matières grasses dans le caillé. Par ailleurs, les vitamines sont sensibles à la lumière et à la chaleur. La composition finale en vitamines du fromage sera donc bien différente de celle du lait cru.

b) Microflore du lait [87]

Le lait utilisé en fromagerie contient des micro-organismes, qui peuvent être pathogènes ou non, et jouer un rôle dans la transformation fromagère. Ces micro-organismes proviennent soit directement de l'animal producteur, c'est la flore indigène, soit d'une contamination environnementale, par exemple lors de la traite.

(1) Flore indigène

Lorsque le lait provient d'un animal sain, et récolté dans des conditions aseptiques, il peut contenir moins de $5000 \text{ ufc}^{11}/\text{mL}$. Cette flore indigène comporte principalement des germes mésophiles, et sa composition varie entre autres en fonction de l'alimentation et de la race (Tableau 5).

Microorganismes	Proportion relative (%)
<i>Micrococcus sp.</i>	30-90
<i>Lactobacillus sp.</i>	10-30
<i>Streptococcus ou lactococcus sp.</i>	<10
Bactéries Gram négatif	<10

Tableau 5: Flore indigène du lait cru [87]

(2) Flore contaminante

C'est l'ensemble des micro-organismes ajoutés au lait, de la sortie du pis à sa consommation.

Les principaux virus associés au secteur laitier sont le virus de l'hépatite A et les bactériophages. Ces derniers attaquent les bactéries en phase de multiplication, comme par exemple les ferments, et peuvent gêner la fabrication du fromage.

Les bactéries peuvent être classées en 3 catégories, utiles, nuisibles ou pathogènes: les bactéries utiles sont les ferments, que l'on utilise pour acidifier le lait lors de la fabrication de fromage ou de yaourt et autres produits laitiers fermentés. Les bactéries nuisibles peuvent être responsables de diverses altérations du produit, comme par exemple un dégagement de mauvaises odeurs ou l'apparition d'une texture visqueuse lors de l'affinage. On verra plus précisément ces bactéries dans la partie I.C.3 sur les accidents de fromagerie. Les bactéries

¹¹ UFC=Unité formant une colonie. On considère qu'une UFC correspond à une bactérie.

pathogènes sont responsables d'affections chez les manipulateurs et les consommateurs : les principales bactéries pathogènes associées aux produits laitiers sont *Salmonella sp.*, *Escherichia coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* et *Campylobacter sp.* On peut aussi considérer dans cette partie les bactéries toxigènes comme *Staphylococcus sp.* et *Clostridium botulinum*. Elles seront étudiées plus en détail dans la partie III.B.3.

Les levures participent à l'affinage de certains fromages, mais peuvent aussi être nuisibles et responsables de dégagement de gaz, d'odeur d'alcool et autres dégradations du produit. Les moisissures peuvent être aussi utiles, en particulier dans l'affinage, mais certaines souches sont capables de sécréter des toxines dites mycotoxines, qui sont néfastes pour la santé du consommateur. Ces toxines peuvent diffuser dans l'ensemble du produit.

(3) Conditions de développement

Les micro-organismes ont différents besoins de croissance ; on reconnaît cinq paramètres majeurs qui ont une influence sur la multiplication et la croissance de ces microbes : la température, l'indice de l'eau disponible¹², le pH, les besoins en oxygène et les nutriments utilisables. On classe en règle générale les micro-organismes selon leurs températures moyennes de croissance : psychrotrophes, mésophiles et thermophiles (Tableau 6).

Classes	Températures moyennes (°C)		
	Minimale	Optimale	Maximale
Psychrotrophes	0	22	30
Mésophiles	5	35	45
Thermophiles	40	55	70

Tableau 6: Classification des micro-organismes selon leur température de croissance [87]

On remarque que les psychrotrophes peuvent croître entre 0 et 4°C, qui est la température de conservation recommandée du lait, ils sont donc très importants en industrie laitière. En effet, plus longtemps on conserve un lait avant sa transformation, plus la part des psychrotrophes au sein de la microflore se développe, en compétition avec le ferment, et affecte la fabrication. Les germes psychrotrophes du lait sont très variés, et les principaux sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

<i>Alcaligenes Sp.</i>	Résiste au traitement thermique
<i>Pseudomonas Sp.</i>	Nuisible : germe d'altération
<i>Bacillus Sp.</i>	Nuisible ou pathogène
<i>Clostridium Sp.</i>	Nuisible ou pathogène
Certaines souches de bactéries lactiques	Acidification du lait au froid
Levures	Germes nuisibles et fermentaires
Moisissures	Germes aérobies stricts
<i>Listeria monocytogenes</i>	Pathogène
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Pathogène

Tableau 7: Principaux micro-organismes psychrotrophes du lait [87]

¹² L'indice de l'eau disponible ou « activité de l'eau », noté A_w correspond à l'eau contenue dans le produit et non « fixée » par le sel, le sucre et autres agents rétenteurs, ou piégée par congélation. Cette eau ne peut pas être utilisée par les micro-organismes pour leur développement. Sur une échelle de 0 à 1.0 (eau pure), les bactéries ne peuvent se développer en dessous de 0.85. Le lait possède un indice de 0.98 à 0.99.

Les coliformes et les pathogènes sont les mésophiles les plus importants en industrie laitière : les autres mésophiles ont peu d'incidence sur les produits laitiers. La présence excessive de coliformes est un indice de mauvaises pratiques d'hygiène, mais aussi un indicateur de la probabilité de présence de germes pathogènes : en effet, ils se retrouvent au même endroit et ont des besoins de croissance similaire. Les coliformes peuvent en outre fermenter le lactose et produire dans certaines conditions des dérivés alcooliques et du gaz, et donner des saveurs désagréables au produit.

Les thermophiles ne sont pas une préoccupation majeure en industrie laitière, du fait de leur température de croissance élevée. Ils peuvent éventuellement être des indices d'un manque d'hygiène à la ferme, car ils proviennent de l'ensilage, du sol, ou d'un mauvais lavage du pis lors de la traite.

Les valeurs de pH optimales pour la croissance de la plupart des bactéries sont comprises entre 6.5 et 7.5. Les levures et moisissures sont quant à elles capables de se développer dans des conditions acides, c'est-à-dire à pH inférieur à 5.5. Les bactéries pathogènes que l'on retrouve dans les aliments sont capables de se multiplier à des pH variant de 4.6 à 9.0. Cette plage de pH correspond à de nombreux produits laitiers, comme le lait (pH 6.6 à 6.8).

Aérobies stricts <i>Brevibacterium sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i> <i>Pseudomonas sp.</i> Moisissures	Anaérobies Stricts <i>Clostridium sp.</i> <i>Propionibacterium sp.</i>
Microaérophiles <i>Bifidobacterium sp.</i> <i>Campylobacter jejuni</i>	Anaérobies facultatifs <i>Listeria sp.</i> Bactéries lactiques (<i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i> , <i>Lactococcus sp.</i> , <i>Streptococcus sp.</i>) <i>Bacillus sp.</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Staphylococcus sp.</i> Coliformes (<i>Escherichia sp.</i> et <i>Enterobacter sp.</i>) Levures

Tableau 8: Classification des principaux micro-organismes du lait selon leur besoin en oxygène [87]

Les besoins en oxygène sont différents selon les germes (Tableau 8) : les germes aérobies stricts ont besoin d'oxygène pour leur développement, leur croissance est stoppée en milieu anaérobie mais ils ne sont pas détruits ; les anaérobies stricts ne peuvent pas se développer en présence d'oxygène, et suivant le même principe que les précédents, ils ne sont pas détruits en présence d'oxygène. Les germes anaérobies facultatifs peuvent se développer dans les deux conditions. Les microaérophiles ont besoin d'une faible quantité d'oxygène, un excès peut leur être néfaste.

La flore contaminante est très dépendante des conditions d'élevage et de production du lait cru, en particulier des pratiques de traite (type de lavage des mamelles avant la traite, matériel de traite). Une étude réalisée en Savoie et Haute Savoie sur 158 échantillons de lait cru montre que le lait contient en moyenne peu de germes, mais qu'on peut répartir le lait en cinq classes différant par leur teneur en flore mésophile aérobie revivifiable, en flore d'altération et en flore d'intérêt technologique, et que des pratiques d'hygiène poussées

(lavage individuel des mamelles, lavage intense du matériel de traite....) tendent à diminuer la flore mésophile aérobie, la flore technologique mais à augmenter la flore d'altération, contrairement à des pratiques d'hygiène moins poussées. [100]

(4) Activités microbiennes dans le lait

Les différents micro-organismes présents dans le lait ont six activités métaboliques dans le lait et les produits laitiers : l'acidification, la production de gaz (CO₂), l'alcoolisation, la lipolyse, la protéolyse et le limonage¹³ (Tableau 9). Ces activités sont responsables de modifications voulues dans les produits, mais aussi d'altérations indésirables. Tout l'art de la transformation fromagère consiste à favoriser certaines de ces réactions pour obtenir un produit conforme, avec les caractéristiques souhaitées.

Composantes	Réactions	produits	Micro-organismes responsables
Glucides <i>B-galactosidase</i>	Lactose → glucose + galactose	Acide lactique	Bactéries lactiques homofermentaires
		Acide lactique+ CO ₂	Bactéries lactiques hétérofermentaires
		Acides mixtes + CO ₂	Bactéries entériques
		Ac. propionique + CO ₂	<i>Propionibacterium sp.</i>
		Ac. Butyrique + CO ₂	<i>Clostridium sp.</i>
		Polysaccharides	Bactéries filantes (limonage)
		Alcool	Levures
Protéines <i>Protéases</i>	Protéines → long peptides (amertume) → peptides courts → acides aminés	Désacidification	Levures et moisissures
		Acides aminés ou dérivés (fruités, maltés...) Composés soufrés Composés ammoniacaux Amertume	Psychrotrophes Levures et moisissures <i>Propionibacterium sp.</i> <i>Brevibacterium sp.</i> ferments lactiques
		Polypeptides	Bactéries filantes (limonage)
Lipides <i>Lipase</i>	Lipides → glycérol + acides gras libres	Rancidité	Psychrotrophes Levures et moisissures <i>Propionibacterium sp.</i> <i>Brevibacterium sp.</i>

Tableau 9: Principales activités métaboliques microbiennes dans les produits laitiers [87]

(5) Les ferments lactiques [87; 16]

Les bactéries lactiques utilisées en fromagerie sont assez hétérogènes, mais elles ont en commun leur aptitude à produire de l'acide lactique en quantité assez importante. Ce sont des bactéries Gram positif immobiles, microaérophiles ou anaérobies facultatives. Elles ne forment pas de spores, elles sont catalase négative, nitrate négative et hétérotrophes. Les ferments lactiques, encore appelés levains lactiques comprennent de nombreuses espèces bactériennes des genres *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* et *Lactobacillus*. Les ferments contiennent généralement un mélange de plusieurs souches. Ces cultures sont identifiées suivant la nomenclature anglo-saxonne et nordique par des lettres selon la composition des cultures :

- O pour les cultures homofermentaires strictes (*Lactococcus lactis ssp cremoris* et *ssp lactis*)

¹³ Apparition d'une texture visqueuse en surface d'un fromage ou présence de longs filaments dans le lait

- B ou L pour les cultures en mélange acidifiant et hétérofermentaire (*Leuconostoc...*)
- D pour les cultures en mélange homofermentaire acidifiant et *Lactococcus lactis* citrate positif
- DB ou DL pour les cultures en mélange homofermentaire acidifiant, hétérofermentaire (*Leuconostoc*) et *Lactococcus* citrate positif
- T pour les cultures thermophiles (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus lactis*)

Les cultures sont toutes mésophiles, excepté les cultures de classe T, thermophiles, ayant une croissance optimale entre 40 et 50°C.

Les cultures dites mixtes à variétés multiples sont des écosystèmes complexes, dont la composition n'est pas définie : c'est un mélange de lactocoques et de *Leuconostoc* en proportion inconnue. Ce sont les plus anciennes formes de levain et elles proviennent de fromageries qui étaient réputées pour la qualité de leur fabrication. Elles ont une assez bonne résistance aux bactériophages, mais leur activité acidifiante est variable. Les cultures mixtes sont un mélange de deux à six souches pures de résistance phagique différente, acidifiantes et aromatisantes. Le mélange est connu et caractérisé. Ce type de levain est de plus en plus utilisé. Les levains peuvent aussi être purs (*Streptococcus thermophilus* par exemple).

Le choix d'un levain par le fromager se base sur plusieurs critères : son aptitude et la cinétique d'acidification (phase de latence, vitesse d'acidification et post-acidification, c'est-à-dire la stabilisation du pH à une valeur déterminée), la croissance de la souche dans le lait, la résistance phagique, la production de substances aromatiques et l'absence de mauvais goût, la production de bactériocines limitant la prolifération des pathogènes...

La préparation du levain est une étape délicate, qui met en jeu de nombreux facteurs : la nature du substrat utilisé (lait ou milieu reconstitué apportant les nutriments nécessaires), les conditions de température et de pH, le repiquage aseptique pour éviter la contamination par des phages ou des bactéries indésirables, et la durée d'incubation. Par ailleurs, les présentations commerciales permettent soit d'inoculer une cuve à ferment pour produire ensuite le levain qui vaensemencer le lait, soit un ensemencement direct dans le lait à transformer, ce qui facilite le travail du fromager (levain concentré). Elles se présentent sous forme de culture congelée ou lyophilisée. Il est aussi possible de maintenir sa propre collection de ferments et d'entretenir les cultures.

2. Les étapes de fabrication [12]

Les méthodes de fabrication du Mont d'Or varient peu. Elles se rapprochent souvent de celle décrite dans le diagramme suivant, élaboré à l'Ecole Nationale d'Industrie Laitière de Poligny, reproduit à titre indicatif en Figure 8.

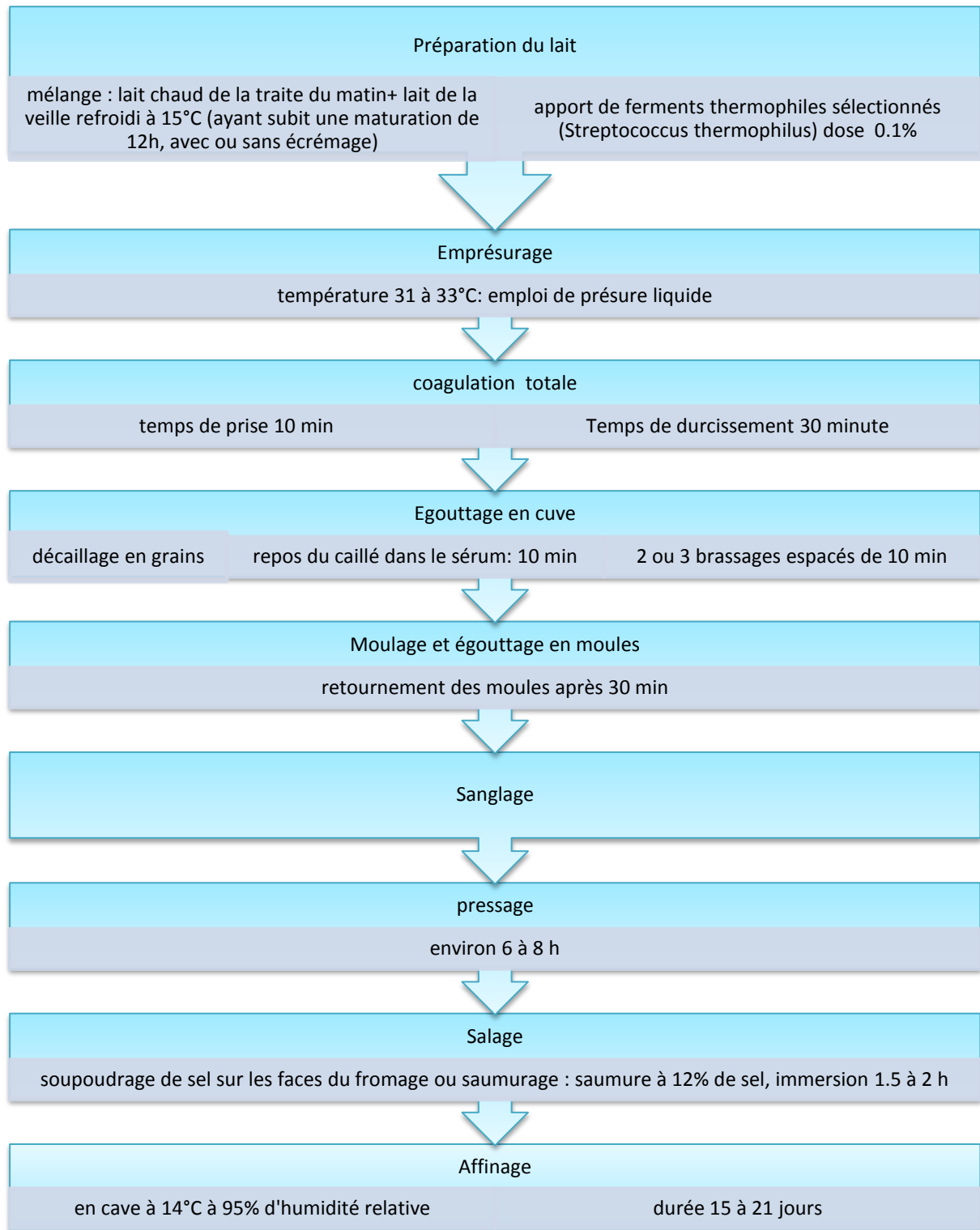


Figure 8: Exemple de diagramme de fabrication [12]

a) Du lait au caillé

(1) Préparation du lait

Le lait mis en œuvre est soit un mélange du lait de la traite du matin, encore chaud, avec le lait de la veille refroidi, soit issu uniquement des traites de la veille. Ce lait est refroidi jusqu'au matin à 10°C ou à 15°C, température à laquelle il subit une maturation : la microflore lactique contenue dans le lait cru se développe et provoque une acidification du lait. Ainsi le lait mis en œuvre peut présenter une acidité titrable différente : elle est normale-

ment comprise entre 15 et 18 degrés Dornic, et doit être régulièrement contrôlée par le fromager, afin d'adapter le dosage des levains.

Le choix et la préparation des levains sont propres à chaque fromager, et peuvent constituer un secret de fabrication. Les levains les plus appropriés à la fabrication du Mont d'Or sont les levains thermophiles : ils produisent moins d'acide que les levains mésophiles pour les températures mise en œuvre lors de la fabrication, de l'ordre de 30°C. L'acidification permise par ces levains est donc lente et contrôlable. Par ailleurs, ils ont une influence sur les caractéristiques du fromage à l'affinage. Les cultures dites filantes, composées à majorité de *Streptococcus thermophilus*, privilégient l'onctuosité de la pâte, par formation de mucilages retenant l'eau au sein du caillé. Les cultures acidifiantes, composées pour moitié de *Lactobacillus bulgaricus*, donnent un goût plus typé. En mélangeant ces deux types de cultures, dites levains à yaourt, on peut obtenir les qualités organoleptiques recherchées.

Le dosage des levains est calculé d'après l'acidité titrable du lait : on ajoute un volume compris entre 0.05 et 0.3% du volume de la cuve à traiter. En cas de maturation initiale, le lait est déjà acidifié, et la dose ajoutée ne doit pas dépasser 0.1%.

(2) Emprésurage

Le lait est chauffé à une température proche de 33°C et le fromager ajoute de la présure, sous forme d'extrait liquide ou de poudre, mélangée avec de l'eau. Le dosage est d'environ 15 mL pour 100L de lait.

La présure est la préparation coagulante traditionnelle la plus utilisée.

Elle est extraite de la caillette ou abomasum du veau non sevré, par macération de la caillette dans une solution de chlorure de sodium, évitant la putréfaction et la prolifération de micro-organismes, pendant quelques jours à la température de 5 à 25°C. Elle est ensuite filtrée pour la clarifier et standardiser son activité coagulante¹⁴. La teneur en chymosine doit être garantie et indiquée sur l'emballage de la présure.

Elle renferme deux enzymes actives, la chymosine et la pepsine : la chymosine est la protéase majeure, responsable de 85% de l'activité coagulante de la présure. Chymosine et pepsine sont des endoprotéases, qui ont une activité élevée sur la caséine kappa. Leur activité est influencée par les conditions du milieu : l'activité la plus élevée se situe à pH 5.5 et à 42°C. On peut donc réguler l'action de la présure en jouant sur ces deux facteurs, et sur la concentration enzymatique. [112]

(3) Mécanismes de la coagulation [14]

La coagulation du lait se traduit par la formation d'un gel, suite aux modifications physico-chimiques qui ont lieu au niveau des micelles de caséines. En effet comme on a pu le voir précédemment dans la partie I.C.1.a)(3), les caséines sont organisées en micelles en suspension dans le lait, et la déstabilisation de ces micelles provoque leur floculation, puis elles se soudent et forment un gel instable emprisonnant des éléments solubles du lait. La coagulation du lait peut être due à deux mécanismes, qui coexistent dans la plupart des transforma-

¹⁴ L'activité coagulante de la présure est le rapport entre une unité de volume de présure et le nombre d'unité de lait pouvant être coagulé par cette unité de présure après 40 minutes à 35°C (Méthode de Soxhlet) [112]

tions fromagères : la coagulation acide et la coagulation enzymatique. Ces deux mécanismes conduisent à la formation d'un caillé aux caractéristiques différentes.

(a) Coagulation acide

La diminution du pH augmente la solubilité des sels phosphocalciques dans l'eau, mais aussi diminue l'ionisation des fonctions acides des caséines et en affaiblit les liaisons hydrophobes. A 4°C, l'acidification de pH 6.6 à un pH de 5.2 entraîne une solubilisation du phosphate de calcium, fragilisant les associations entre sous-micelles de caséine. La diminution du pH jusqu'à 4.6 provoque la solubilisation du calcium qui était complexé au niveau des fonctions acides des caséines, ce qui est à l'origine de la désorganisation des micelles et la réorganisation des sous-unités, aboutissant progressivement à la formation d'un réseau qui s'insolubilise.

Le coagulum obtenu est donc formé d'un réseau protéique insoluble de sous-unités complètement déminéralisées et plus ou moins modifiées dans leur structure, qui piège la totalité de la phase aqueuse. Ce coagulum est très fragile et friable car les liaisons qui le forment sont de nature électrostatique et hydrophobe.

Les caractéristiques du gel dépendent de la concentration en protéines, de la température et de la vitesse de l'acidification, et du pH en fin de fermentation. L'augmentation de température facilite la déstabilisation des caséines de façon notable: à 20°C, l'acidité nécessaire à la coagulation n'est que de 54° Dornic, soit un pH de 4.6. À 40°C, cette acidité passe à 40° Dornic (pH 5.2).

(b) Coagulation enzymatique

C'est la coagulation par la présure, contenant de la chymosine et de la pepsine. D'autres enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler les caséines, mais elles sont moins bien connues.

Elle se décompose en trois étapes schématisées dans la Figure 9:

- Hydrolyse enzymatique de la caséine κ
- Agrégation des micelles de caséines déstabilisées
- Développement d'un réseau par réticulation et formation de gel

La première étape est l'hydrolyse de la caséine κ au niveau de la liaison peptidique Phe₁₀₅-Met₁₀₆, formant de la paracaséine κ (portion 1-105) et du caséinomacropeptide (CMP 106-169). Le CMP est hydrophile et acide, il passe dans le sérum. La paracaséine κ quant à elle est hydrophobe et basique, et reste associée aux autres caséines au sein de la micelle.

La seconde étape est l'agrégation des sous unités déstabilisées, dont le mécanisme est encore mal connu. Le départ du CMP a diminué les forces de répulsion à la périphérie des sous-unités, qui peuvent alors former des liens hydrophobes. Les ions calcium pourraient masquer des groupements chargés, et donc accroître cette hydrophobie.

Les sites d'interaction libérés par le CMP ne seraient pas répartis uniformément à la surface des micelles, mais ils seraient localisés, ce qui explique la formation d'un réseau lâche capable de piéger dans ses mailles la totalité du lactosérum.

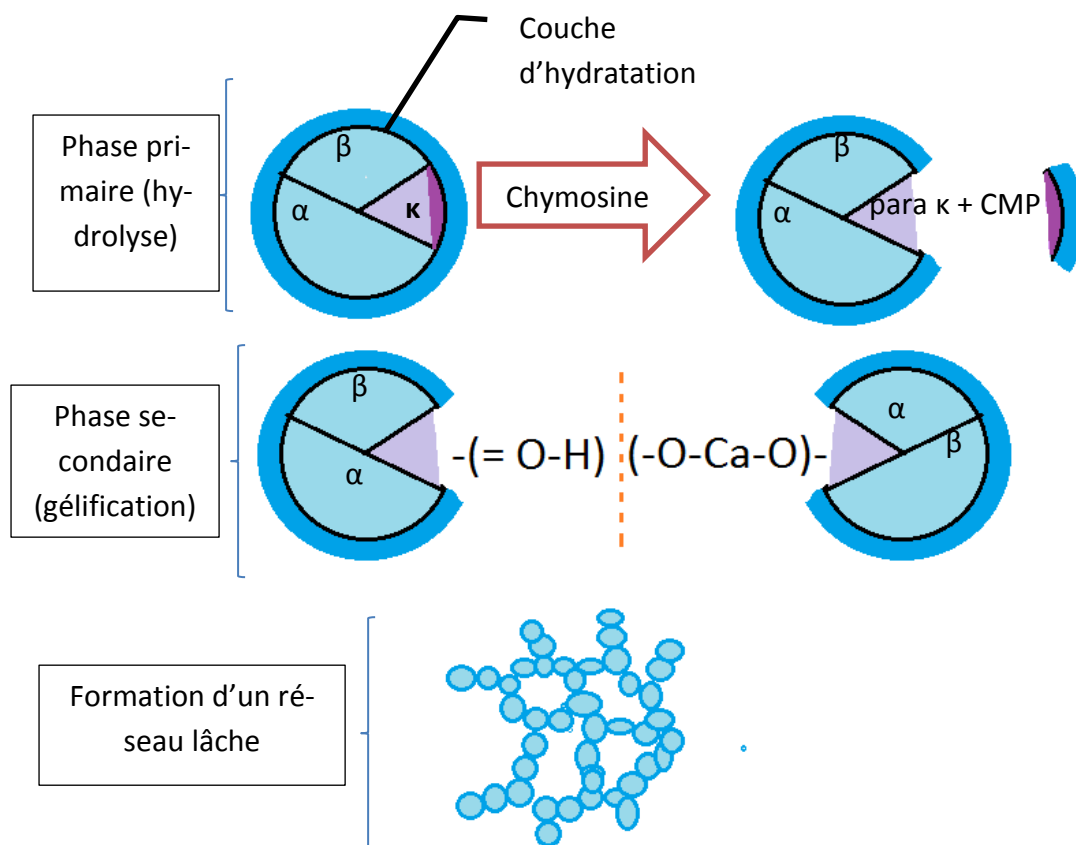


Figure 9: Phases de la coagulation enzymatique [123]

Le coagulum obtenu est riche en calcium, il est ferme et compact.

Ce mécanisme est sous l'influence de la concentration en enzymes et de la température. La concentration en enzymes influe sur la vitesse d'hydrolyse de la caséine, sur la vitesse d'agrégation des micelles et sur la vitesse de raffermissement du gel, mais pas sur la fermeté maximale du gel. La température influe beaucoup sur la coagulation : en dessous de 10°C et au-delà de 65°C, la coagulation n'a pas lieu ; entre 10 et 20°C elle est lente, puis la vitesse augmente jusqu' à 40-42°C, puis elle diminue. La température influe plus sur la vitesse d'agrégation que sur celle d'hydrolyse. Elle augmente aussi la vitesse de raffermissement du gel, mais diminue sensiblement la fermeté maximale.

La maîtrise de l'acidification, combinée à l'action de la présure, permet d'obtenir un caillé dit « mixte » qui présente des caractéristiques intermédiaires entre celles de ces deux caillés présentés dans le tableau ci-dessous. En suivant l'intensité du mode de coagulation utilisé, on peut favoriser certaines caractéristiques du coagulum et du futur fromage.

Paramètres	Caillé lactique	Caillé présure
Egouttage	Faible	Elevé
Teneur en eau	Elevé	Faible
Minéralisation	Faible	Elevé
Pouvoir tampon	Faible	Elevé
Teneur résiduelle en lactose	Elevée	Faible
Structure des caséines	Etat dissocié	Etat micellaire
pH	Faible < 4.6	Elevé >5
Type de texture	Plastique, fragile	Elastique, solide
Durée conservation	Faible (quelques semaines)	Elevée (plusieurs mois)
Exemple de fromage	Chèvre frais	Emmenthal, raclette

Tableau 10: Comparaison entre un caillé lactique et un caillé enzymatique [1]

La fabrication du Mont d'Or fait donc intervenir une coagulation acide et une coagulation enzymatique. L'apparition des flocons de caséine délimite le temps de prise, dit « temps de floculation », qui varie de 10 à 30 minutes selon le pH du lait, la quantité de présure utilisée et la température d' emprésurage. La formation d'un coagulum compact prend ensuite de 20 à 30 minutes, c'est le temps de durcissement. Le fromager apprécie l'instant où la fermeté est maximale, juste avant l'égouttage, en palpanant le coagulum du bout des doigts.

b) L'égouttage [113]

(1) L'égouttage en cuve

Le coagulum laissé au repos se rétracte et expulse spontanément le lactosérum qu'il contient. Le coagulum devient alors plus ferme. Ce phénomène s'appelle la synérèse.

Les mécanismes conduisant à la synérèse sont complexes et ce phénomène résulte d'un pouvoir de contraction de la trame protéique formée par les micelles de caséines et de l'aptitude du gel à évacuer le lactosérum, et qui est fonction de la perméabilité et de la porosité du gel. Ces caractéristiques sont propres aux différents types de caillé, acide ou enzymatique. Le mécanisme de la coagulation conditionne donc aussi l'égouttage, et un caillé mixte aura des caractéristiques intermédiaires.

Pour un caillé obtenu par voie enzymatique, de nouveaux sites réactionnels sont libérés par protéolyse au cours du temps, et permettent l'établissement de nouvelles liaisons, responsables du pouvoir de contraction, en particulier des liaisons calciques, puis des ponts disulfures, qui vont renforcer la cohésion de la trame protéique. Par ailleurs, ce type de coagulum présente une forte porosité, définie par le volume relatif des vacuoles interstitielles, mais sa perméabilité est faible. Des traitements mécaniques et chimiques peuvent améliorer cette perméabilité et favoriser l'élimination de grande quantité de lactosérum : le découpage du caillé et son brassage font partie de ces techniques. Le caillé obtenu est donc très riche en matière sèche.

Dans le cas d'un caillé obtenu par voie acide, les caséines forment des amas dispersés et déminéralisés dépourvus de liaisons susceptibles de créer une force de contraction. Le coagulum est friable, la porosité du gel est réduite du fait de l'absence de réseau protéique structuré. Cependant, sa perméabilité est satisfaisante : l'égouttage correspond alors à un simple écoulement du lactosérum à travers une masse de monomères et de polymères caséiques, et on obtient en fin d'égouttage une pâte fortement humide et sans cohésion.

L'égouttage spontané d'un coagulum lacté est relativement lent et peut se dérouler sur plusieurs jours. Son intensité est aussi limitée, ne permettant pas d'obtenir un taux de matière sèche satisfaisant, et se déroule de façon hétérogène, plus important dans la périphérie du coagulum. Différents traitements améliorent l'égouttage, ce qui permet d'obtenir différents types de fromage, selon l'intensité du traitement, comme le montre le tableau ci-dessous : le tranchage, le brassage, le chauffage et le pressage.

Traitement	Tranchage	Brassage	Chauffage	Pressage
Pâte fraîche	+			+
Pâte molle	++			++
Pâte pressée non cuite	++++	++		++
Pâte pressée cuite	++++	+++	+++	+++
Pâte Dure	+++++	+++	+++++	+++
Faible +	Modérée ++	Energique +++	Intense ++++	Très intense +++++

Tableau 11 : Intensité du traitement appliqué lors de l'égouttage [113]

Le tranchage consiste à couper le gel en portions égales afin d'accroître la surface d'exsudation du lactosérum de façon importante (on multiplie 100 fois la surface d'un mètre cube de caillé en formant des cubes d'un centimètre de côté). Il doit être réalisé avec douceur, dans un caillé suffisamment ferme et structuré pour éviter une fragmentation excessive, les fragments seront ensuite perdus dans le lactosérum, diminuant le rendement fromager. C'est dans ce but que le tranchage est réalisé après un temps de durcissement de 2 ou 3 fois celui du temps de prise. Ainsi, lors de la fabrication du Mont d'Or, le coagulum est tranché en cube de 2-3 cm de côté grâce à un tranche-caillé (mouvement dans deux directions verticales perpendiculaires, puis une fois en travers). On laisse ensuite reposer 5 à 10 minutes.



Photo 2: Tranches-caillés (Ferme Mamet)

Le brassage consiste à agiter modérément les grains de caillé ainsi formés, afin de maintenir libre les surfaces d'exsudation : au repos, les grains ont tendance à se ressouder, surtout pour les caillés enzymatiques. Pour les caillés lactiques, le brassage reste facultatif. Pour le Mont d'Or, on réalise trois brassages d'environ 5 minutes espacés de 10 minutes, jusqu'à rétraction du caillé, que l'on peut apprécier au toucher.

Certains fromages subissent à ce niveau un chauffage : ce sont les pâtes pressées cuites et les pâtes dures. La montée en température est lente et progressive (1 à 2°C par 2 minutes) jusqu'à parfois 57°C pour certains fromages. Les autres fromages sont égouttés à la même température que la coagulation (22 à 35°C)

(2) Egouttage en moules

Le fromager retire le lactosérum, c'est le soutirage. Il était réalisé traditionnellement à l'aide d'une toile de lin, attachée au cou du fromager, dont il tient les deux coins opposés, qui lui permet de récupérer une grande quantité de grains de caillé, puis de les mettre dans des moules. Dans la plupart des ateliers, le soutirage se fait de façon plus moderne, par exemple grâce à un système de pompage. L'égouttage se poursuit ensuite dans des moules en maté-

riau alimentaire, par exemple en plastique. Ce sont soit des moules perforés soit des cylindres posés sur un support filtrant. L'exsudation spontanée de lactosérum se poursuit pendant l'égouttage en moule. Les fromages sont ensuite retournés une ou deux fois à 30 minutes d'intervalle.



Photo 3: Moules en plastiques alimentaires (Ferme Mamet)

a) Démoulage et sanglage

Le démoulage a lieu une fois que le caillé s'est bien égoutté (30 minutes à 1h30 après l'égouttage). On peut aussi réaliser un suivi du pH : lorsque celui-ci atteint 5.6-5.7, le fromage est placé à une température de 5-6°C, ce qui a pour effet d'arrêter l'acidification, et on peut alors démouler le fromage.

On fixe ensuite la sangle d'épicéa caractéristique du Mont d'Or, à l'aide d'une petite cheville en bois d'épicéa. La mise en place de la sangle peut intervenir ultérieurement dans certains ateliers.

(1) La sangle

Elle est formée par une fine couche située entre le bois dur et l'écorce d'épicéa, le liber. Juste après l'abattage des arbres, le sanglier enlève l'écorce grise de l'épicéa à l'aide d'une « plumette », ou pèle-tronc (racloir fixé sur un long manche). Avec une « cuillère », l'artisan « sanglier » découpe ensuite des lanières dans le liber. Ces bandes mesurent 33 mm de large, entre 42 cm et 1 mètre de long, selon la taille du fromage à entourer, sur 2 à 5 mm d'épaisseur. Les sangles sont ensuite roulées ensemble par paquet de dix, et sèchent ensuite dans un séchoir au bois pendant environ une semaine. Le séchage doit intervenir rapidement, pour éviter la putréfaction et la contamination par des parasites.

En France, seule une dizaine d'artisans « sangliers » exercent, tous en Franche-Comté. Certains sont bûcherons et lèvent les sangles pour obtenir un complément de revenu. De nombreuses sangles sont importées de l'étranger, en particulier de Pologne. L'association « Les sangles du Haut-Doubs » milite pour un retour à une sangle prélevée dans les forêts du Haut-Doubs, en particulier dans la zone géographique de l'AOC Mont d'Or. [44]



Photo 4: Fabrication de la sangle

Le règlement technique d'application de l'AOC Mont d'Or recommande que les sangles soient stockées dans un endroit sec et propre, et qu'avant utilisation, les sangles soient trempées dans de l'eau chaude portée à 80°C minimum, pendant une durée minimale de 15 minutes. [55]. Les sangles sont alors plus souples, les arômes se dégagent. Les sangles utilisées à la Ferme Mamet sont aussi ensemencées avec une souche de *Geotrichum candidum*.

(2) Pressage

Selon les caractéristiques souhaitées du fromage, le pressage est réalisé plus ou moins longtemps (quelques minutes pour les fromages humides à plusieurs heures pour les pâtes cuites et dures) et avec une pression plus ou moins importante (quelques grammes au cm² à plusieurs centaines de grammes au cm²). Le pressage a pour objectif d'évacuer les dernières portions de lactosérum intergranulaire, qui persiste dans le caillé qui vient d'être séparé du lactosérum, et de donner sa forme définitive au fromage.

Dans le cas du Mont d'Or, le pressage est peu intense, de l'ordre de 5g/cm² : de façon traditionnelle, les fromages sont rangés sur des planches d'épicéa et recouverts d'une toile propre ; les planches sont empilées les unes sur les autres par cinq, puis on place au-dessus deux poids de 5kg. Ce pressage dure environ 8 heures, parfois plus.

Certains fromagers ne réalisent pas de pressage : c'est le cas pour le Mont d'Or produit à la Ferme Mamet. D'autres ateliers réalisent le pressage alors que le fromage est encore dans un moule (temps de pressage moins long).

b) Salage ou Saumurage

Le salage réduit encore l'humidité du fromage en diminuant l'activité de l'eau (A_w) : cela diminue le développement des micro-organismes, en particulier des bactéries : lorsque A_w diminue, la vitesse de développement diminue et la phase de latence¹⁵ est prolongée. La diminution de A_w entraîne aussi une diminution de l'activité des enzymes hydrosolubles, et limite la protéolyse. Le sel intervient dans la formation de la croûte, apporte son goût caractéristique et exalte ou masque certaines saveurs apparaissant au cours de l'affinage

Il est soit réalisé en saupoudrant du chlorure de sodium à la surface du fromage, soit en l'immergeant pendant quelques dizaines de minutes dans une saumure, qui permet une

¹⁵ Phase de latence : période d'adaptation des micro-organismes aux caractéristiques du milieu pendant laquelle on n'observe pas de division cellulaire

répartition plus homogène du sel dans le fromage et sa sangle. Les caractéristiques de la saumure sont définies dans le règlement technique d'application de l'AOC :

- Le bac à saumurage est en matériau alimentaire
- la saumure est faite à partir d'eau potable, toute opération de désacidification est interdite
- l'acidité doit être inférieure à 30°Dornic, sa température est de 8 à 14°C et sa densité minimale doit être de 1,100.

Il est important de noter que le bain de saumurage est facilement pollué par des micro-organismes apportés par les fromages, par l'eau ou par l'ambiance. Certains de ces micro-organismes sont inoffensifs, mais d'autres sont indésirables, et peuvent résister plusieurs jours à la forte teneur en sel du bain. Les fromages d'une nouvelle fabrication peuvent donc être contaminés par cette saumure. Elle nécessite donc une surveillance précise sur le plan physico-chimique et microbiologique (concentration en sel proche de la saturation, soit 317.8 g par litre à 20°C, pH constant, évacuation des particules par filtration, élimination des saumures polluées...) [52]

c) Affinage

(1) Conduite de l'affinage [12]

Après le sanglage, les fromages sont conduits en salle d'affinage : ils sont rangés sur des planches en épicea. Les conditions d'hygrométrie et de température sont définies dans le décret de l'AOC : la température ne dépasse pas 15°C, et le taux d'humidité est au moins égal à 92%. Ces conditions d'ambiance permettent le contrôle de l'intensité des réactions chimiques et du développement des micro-organismes au sein du fromage. Les fromages sont retournés quotidiennement, jusqu'à ce qu'apparaisse à leur surface un fin duvet blanc, en général au bout de quatre ou cinq jours d'affinage, formé par une moisissure, *Oospora lactis*. Cette dernière est éliminée partiellement par un brossage tous les matins, à l'aide d'une brosse douce imbibée d'eau salée. Cela facilite l'implantation de la croûte définitive, de coloration dorée. Un brossage excessif élimine totalement la moisissure, et entraîne la formation d'une croûte trop foncée, dite lavée, comme celle du munster. En effet, le Mont d'Or présente une croûte mixte, dite lavée puis fleurie, intermédiaire entre la croûte lavée type munster et celle fleurie type camembert. La durée de l'affinage est d'au moins 21 jours.

(2) Mécanisme intime de l'affinage [114; 123]

L'affinage correspond à la digestion enzymatique des constituants du caillé égoutté (caséines, matières grasses, eau, minéraux....), lui conférant à la fin une texture et une saveur caractéristiques. Les mécanismes mis en jeu sont complexes : plusieurs types de dégradation s'effectuent simultanément ou successivement (fermentation du lactose, protéolyse, lipolyse....).

(a) Principaux agents de l'affinage [123]

(i) Les enzymes

Les enzymes sont les principaux agents de l'affinage. Elles proviennent du lait, de l'agent coagulant ajouté lors de la fabrication (présure), mais surtout des micro-organismes présents dans le fromage, et qui vont se développer au cours de l'affinage.

Les enzymes naturelles du lait : la plasmine est une protéase alcaline qui peut jouer un rôle important au début de l'affinage en hydrolysant les caséines, surtout la caséine β et α_2 . Elle est à l'origine de la fabrication de caséine γ , de polypeptides et de protéoses peptones. La lipase du lait, hydrolysant les triglycérides en acides gras libres, est associée en temps normal à la micelle de caséine, mais migre vers le lactosérum sous l'action du sel et du refroidissement du lait.

L'agent coagulant : la chymosine a une activité de protéolyse sur la caséine κ provoquant la coagulation, mais elle présente aussi une activité de protéolyse plus générale, portant sur la caséine α_1 qui se manifeste lors de l'affinage, produisant des peptides de hauts poids moléculaires, utilisables par les enzymes bactériennes. La chymosine pourrait hydrolyser la caséine β , mais cette activité est très inhibée en présence de sel (NaCl).

Les enzymes des micro-organismes : ce sont les protéases des bactéries lactiques ou des contaminants, les lipases des bactéries contaminantes (psychrotrophes surtout) et des moisissures (*Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti*, *Geotrichum candidum*).... Les bactéries lactiques utilisées comme ferment sont faiblement protéolytiques, mais permettent d'hydrolyser les protéines du lait en acides aminés libres, avec l'aide de la présure et de la plasmine. Les protéases des micro-organismes contaminants sont très actives et thermorésistantes et peuvent engendrer de nombreux défauts de saveur (goût rance et amertume). Les bactéries lactiques ont une faible activité de lipolyse, contrairement aux psychrotrophes, dont les lipases sont très actives et thermorésistantes : si leur concentration est élevée, elles peuvent rapidement provoquer une rancidité, avant même que les protéases n'agissent. Les lipases des moisissures ont une très grande activité lipolytique et jouent un rôle majeur dans le développement de l'arôme des fromages comme le camembert, en formant des méthylcétones et des alcools secondaires.

(ii) La microflore

La flore bactérienne : les bactéries de la flore utile de l'affinage appartiennent à trois grands groupes : les bactéries lactiques, les bactéries propioniques et les bactéries de surface (microcoques et corynéformes). Au sein des bactéries lactiques, on retrouve principalement les lactocoques et les streptocoques thermophiles, apportés par les levains, les *Leuconostoc* et les lactobacilles. Ces bactéries permettent principalement d'acidifier le milieu lors de la coagulation, mais elles ont aussi des effets au niveau de l'affinage : production de composés aromatiques à partir du lactose, production de CO₂, protéolyse et lipolyse (Tableau 9: Principales activités métaboliques microbiennes dans les produits laitiers)

Les bactéries propioniques (*Propionibacterium sp.*) interviennent surtout dans l'affinage des pâtes pressées cuites type Comté, et transforment les lactates en acide propionique, acide

acétique et CO₂, ce qui participe à la formation de l'arôme typique et des yeux dans ce type de fromage. Les bactéries de surface appartiennent aux groupes des micrococcacées (*Staphylococcus* et *Micrococcus sp.*) et des bactéries corynéformes (*Corynebacterium*, *Brevibacterium*, *Arthrobacter*, *Caseobacter*, *Microbacterium*, *Aureobacterium*). Les 3 premiers genres sont les plus fréquents en transformation fromagère). *Brevibacterium linens* est la bactérie responsable de la couleur rouge des fromages à croûte lavée. Les bactéries de surface utilisent principalement le lactate, ont une activité protéolytique qui peut être forte chez certaines souches, et peuvent dégrader les acides aminés en composés volatils. *B. Linens* ne possède pas d'activité de lipolyse.

La flore levure : elle comporte de nombreuses espèces, en particulier des espèces du genre *Kluyveromyces*, mais aussi *Geotrichum candidum* et des *Candida sp.*. Les levures sont généralement aérobies, utilisent glucose et fructose, et d'autres substrats carbonés. L'évolution de la flore levure lors de l'affinage montre un développement rapide sur les premiers jours, puis la population atteint un optimum et diminue ensuite jusqu'à la fin de l'affinage. Les levures réalisent la fermentation du lactose, une forte activité de protéase permettant la libération d'acides aminés à partir de peptides issus des caséines, réduisant l'amertume des fromages, et ont une bonne activité lipolytique et de dégradation des acides aminés et des acides gras, conduisant à la formation de composés volatils et aromatiques.

La flore fongique : en technologie fromagère, on retrouve deux espèces très importantes, *Penicillium camemberti* et *Penicillium roqueforti*. La première est une moisissure de surface responsable du feutrage blanc des camemberts et assimilés, et elle se retrouve chez la plupart des fromages à croûte fleurie. La seconde est la moisissure interne des fromages bleus, comme le roquefort, gorgonzola...Elles sont aérobies, et permettent la désacidification de la pâte, produisent des enzymes fortement protéolytique et fortement lipolytique. Elles permettent aussi la dégradation des acides gras et des acides aminés. Ainsi, les *Penicillium sp.* sont dotés d'un riche potentiel de production d'arômes.

Les fromagers peuvent utiliser des levains composés de *Penicillium camemberti*, de *P. roqueforti*, de *Geotrichum candidum* ou de levures : ils sont alors ajoutés avec le levain lactique au moment de l'emprésurage, ou ajoutés à la saumure (*P. camemberti*) , ou même pulvérisés à la surface du caillé (*P. camemberti*) ,ou encore incorporés au caillé avant le moulage (*P. roqueforti*).

(b) Les facteurs de l'affinage [123]

Tous les facteurs qui touchent le développement des micro-organismes et l'activité enzymatiques ont des effets importants sur le déroulement de l'affinage : température, humidité, indice d'activité de l'eau, pH et composition de l'atmosphère.

La température est un des facteurs les plus importants. Pour l'ensemble des micro-organismes utilisés en fabrication fromagère, et pour la majorité des enzymes intervenant lors de l'affinage, les températures optimales sont supérieures à 20°C ; cependant, les caves sont maintenues en-dessous de ces conditions pour ralentir et donc mieux contrôler la croissance de la microflore. A ces températures, les protéases (température optimale entre 45 et 50°C) et lipases (30 et 35°C) conservent une activité relativement importante. Ainsi, pour un

fromage donné, le fait d'augmenter ou de réduire la température permet d'accélérer ou de ralentir respectivement la vitesse de l'affinage. Toutefois, tous les fromages ne possèdent pas la même capacité de correction : la modification de la température modifie les équilibres entre les différentes réactions biochimiques de l'affinage, une diminution de la température favorise alors la lipolyse au détriment de la protéolyse, et inversement, ce qui peut modifier grandement les caractéristiques sensorielles du produit (rancidité ou amertume). Il est aussi important de maîtriser la qualité microbiologique du produit, car en modifiant la température on peut favoriser une activité enzymatique, voire même une souche microbienne, par rapport à une autre.

L'humidité et l'activité de l'eau (A_w) modifient la vitesse de l'affinage : les pâtes molles, qui ont un A_w élevé sont le siège de transformations plus rapides; par ailleurs l'hygrométrie des caves influe sur la dessiccation du fromage en surface et donc localement sur son A_w . Le salage, en diminuant l' A_w , est donc un moyen de contrôler l'affinage. L'indice A_w est cependant rarement homogène en raison de la présence de gradients de concentration en eau et en sel, en particulier entre le centre et la périphérie du fromage.

Le pH est en général inférieur à 5.5 en fin d'égouttage, et le lactose résiduel est transformé en acide lactique : cela réduit le développement des flores d'altération, puisque seules les bactéries lactiques, les moisissures et levures peuvent se développer en-dessous de pH 5. L'activité des protéases microbiennes est maximale entre 5.0 et 5.7, celles des lipases entre 7.5 et 9.0, et en dessous de 4.5, l'activité enzymatique est fortement réduite. En début d'affinage de certaines pâtes molles, le pH est inférieur à 4.5, inhibant la protéolyse : celle-ci ne peut avoir lieu qu'après neutralisation par l'action des levures et moisissures de surface, consommant l'acide lactique.

La composition de l'atmosphère intervient dans le processus d'affinage : les besoins en oxygène des micro-organismes sont différents, comme cela est indiqué dans le Tableau 8. Les moisissures utilisées, comme *Penicillium*, sont aérobies strictes, et donc nécessitent une pièce bien aérée.

(c) Soins aux fromages [114]

Les soins apportés au fromage lors de l'affinage sont essentiels : sans eux, le développement des flores est très rarement homogène, ce qui est à l'origine de variations de qualité organoleptique inacceptables pour le consommateur.

Le choix du support, des planches d'épicéa dans le cas du Mont d'Or, est important : il permet de réguler l'hygrométrie et d'ensemencer en flore utile le produit, mais reste susceptible de véhiculer des germes indésirables.

Les opérations de retournement sont communes à tous les fromages : elles permettent de régulariser la forme du fromage, qui aurait tendance à s'affaisser progressivement, mais aussi elles homogénéisent le développement des flores (anaérobiose partielle des zones en contact avec le support, migration de l'eau libre vers le bas du fromage)

Les lavages et frottages réguliers de la surface du fromage permettent le développement d'une flore bactérienne dominante (pâtes molles à croûte lavée type Munster, pâtes pressées à morge type Comté...) : elles régularisent la croissance des colonies, optimisent l'aspect extérieur et contribuent à former la croûte. Ces soins sont réalisés à l'aide de suspensions aqueuses faiblement salées et contenant des germes utiles.

Les soins apportés aux fromages de type pâte molle sont difficilement automatisables, et sont donc réalisés à la main.

(3) Évolution du Mont d'Or au cours de l'affinage [12]

Le Mont d'Or est un caillé mixte à dominance enzymatique : il est fortement minéralisé et possède un fort pouvoir tampon. Son acidification est lente et peu importante. Le pH en fin d'égouttage atteint la valeur limite de 4.5. Cela permet le développement des bactéries lactiques, terminant la transformation du lactose résiduel en acide lactique. Ce dernier est ensuite utilisé par des levures, qui croissent en surface dans les cinq premiers jours. Elles permettent la neutralisation de la pâte en utilisant l'acide lactique. Le sel apporté par les frottages neutralise cette flore, et favorise l'implantation d'une flore bactérienne, contenant *Brevibacterium linens*. Cette dernière poursuit la neutralisation centripète de la pâte.

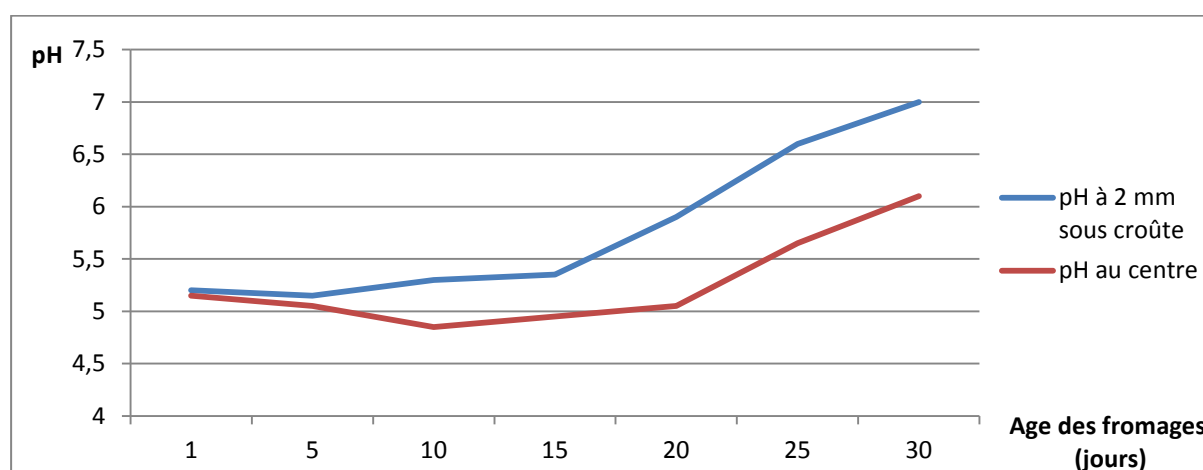


Figure 10: Exemple d'évolution du pH au cours de l'affinage [12]

Une étude portant sur le « vacherin Mont d'Or » suisse montre que l'affinage est dépendant du développement de la flore totale, que celle-ci atteint un maximum au bout de 3 jours et se stabilise. La croissance précoce des bactéries lactiques protéolytiques est importante, et est suivie du développement de germes anaérobies (propioniques et butyriques), ce qui permet la dégradation plus rapide des caséines, avec liquéfaction de la pâte et dégagement d'acides volatils aromatiques. [122]

(4) Rôle de la sangle

Le décret de l'AOC précise que la sangle et la boîte font partie intégrante des conditions de production [68].

La sangle d'épicéa apporte au Mont d'or des saveurs particulières, comme le goût boisé, et maintient la forme du fromage lors de son affinage. On retrouve d'ailleurs dans le vacherin Mont d'Or des composés aromatiques terpéniques qui ne sont pas retrouvés dans d'autres

fromages à pâte molle et à croûte lavée (Limonène, terpinène, fenchone....). Ils sont présents en grande quantité dans la croûte, et semblent donc provenir de la sangle d'épicéa [38].

En outre, la sangle peut êtreensemencée avec des levains d'affinage, afin de faciliter leur implantation et d'obtenir un affinage satisfaisant.

d) Conditionnement et étiquetage

Après au moins 12 jours, le fromage peut être mis en boîte : on coupe tout d'abord la partie de la sangle qui déborde, puis on introduit le fromage dans une boîte de diamètre légèrement inférieur au fromage, afin que la pâte y soit comprimée et que la croûte forme de larges plis en surface. Le fromage est alors prêt pour sa commercialisation, mais peut encore reposer quelques jours en cave pour obtenir une qualité organoleptique satisfaisante. La mise en place d'un emballage de protection ne peut avoir lieu qu'après le 19ème jour suivant l'emprésurage. [68]

(1) La boîte [68; 125]

La boîte est un cylindre avec un fond, un couvercle, et une paroi appelée pliure. Elle est faite en bois d'épicéa .Les dimensions de la boîte sont décrites dans le décret d'appellation.

Le fond et le couvercle sont confectionnés à partir d'un bois vert ou mi- sec, qui peut contenir des nœuds. On les découpe dans des planches à la scie à ruban ou par une scie-cloche de diamètre adapté. Le diamètre du fond de la boîte doit être compris entre 11 cm et 33 cm, et l'épaisseur du fond et du couvercle ne doit pas dépasser 7 mm .

La pliure est une lamelle de bois de moins de 2 mm d'épaisseur. Le bois dans lequel elle est fabriqué est de première qualité, car dépourvu de nœuds et présente une veine bien droite. La pliure est un gros copeau d'épicéa obtenu par un rabot mécanique à mouvement alternatif. On obtient ainsi des pliures de 42 cm à 90 cm de longueur et de 2 ou de 5.5 cm de largeur. Les pliures se courbent spontanément, et sont ensuite mises à sécher à l'air.

Le montage de la boîte est réalisé à l'aide d'agrafes. La hauteur totale de la boîte complète doit être de 6 à 7 cm.

La boîte doit être utilisée dans une quinzaine de jours après sa fabrication, car elle ne doit pas être trop sèche : le fond et le couvercle se rétracteraient et se détacheraient de la pliure. En outre, l'humidité du fromage ferait ensuite gonfler et éclater le bois sec.

Les dimensions de la boîte sont importantes, puisque le fromage est vendu à l'unité, boîte incluse. La standardisation des boîtes est donc nécessaire.

(2) Mentions obligatoires [22; 69]

L'étiquetage des denrées alimentaires est réglementé par le Code de la Consommation ; il comporte des mentions informatives obligatoires :

- la dénomination de vente : c'est la description de la denrée alimentaire
- la liste des ingrédients, sauf pour les fromages, fruits et légumes frais, eaux gazéifiées et les denrées à base d'un ingrédient unique

- la quantité nette, excepté pour le « Mont d'Or » ou « Vacherin du Haut-Doubs », et certains produits vendus à la pièce
- les dates limites de consommation¹⁶ et les indications de conservation, exceptés pour certains produits, comme par exemple les vins, fruits et légumes frais...
- le lot de fabrication, ou indication permettant son identification
- les coordonnées du responsable : nom ou raison sociale
- le mode d'emploi (ou conseil d'utilisation) si nécessaire
- le lieu d'origine si son omission est de nature à créer une confusion dans l'esprit du consommateur
- la marque de salubrité communautaire, de forme ovale, et comportant les mentions suivantes : FR pour la France, le numéro d'agrément de l'établissement producteur, et le sigle CE
- d'autres mentions obligatoires, complémentaires et propres à certaines denrées alimentaires (degré alcoolique, édulcorants...).

L'étiquetage des fromages répond aussi à des règles définies par le décret du 27 avril 2007, relatif aux fromages et spécialités fromagères, et comporte les indications suivantes :

- la dénomination de vente, complétée par l'espèce lorsque le lait provient d'une seule espèce animale autre que la vache (sauf pour certaines appellations d'origine contrôlée (AOC) ou indications géographiques protégées (IGP)), ou la mention au lait de mélange si le lait provient de plusieurs espèces animales, « aromatisé » en cas d'addition d'arôme,
- la teneur en matière grasse pour 100g de produit fini (sauf si le produit comporte un étiquetage nutritionnel),
- les traitements appliqués au lait mis en œuvre: « au lait cru¹⁷ », « pasteurisé¹⁸ », « microfiltré¹⁹ », « thermisé²⁰ », ainsi que les traitements thermiques appliqués au cours de la fabrication de fromages « fondus » et à « pâte pressée cuite ».

L'étiquetage peut en outre comporter diverses mentions, comme « fermier » lorsque le fromage est fabriqué selon les techniques traditionnelles par un producteur agricole ne traitant que les laits de sa propre exploitation sur le lieu même de celle-ci.

Pour les fromages AOC ou IGP, l'indication de la teneur en matière grasse n'est pas obligatoire mais doit être conforme aux dispositions du décret en cas d'apposition volontaire. Par

¹⁶ Elles sont établies par les fabricants, et définies par la directive CE 2000/13 du 20/03/2000.

¹⁷ Au lait cru : pour les produits fabriqués à partir de lait non chauffé au-delà de 40°C ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction en micro-organismes.

¹⁸ Au lait pasteurisé : pour les produits préparés à partir de lait chauffé à une température d'au moins 72°C pendant 15 secondes ou toute combinaison équivalente ; le lait pasteurisé présente une réaction négative au test de la phosphatase alcaline.

¹⁹ Au lait microfiltré : pour les produits préparés à partir de lait écrémé traité par microfiltration et crème ayant subi un traitement thermique au moins égal à une pasteurisation, notamment du point de vue de la réduction en micro-organismes, c'est-à-dire 80°C pendant 15 secondes.

²⁰ Au lait thermisé : pour les produits préparés à partir de lait chauffé à une température supérieure à 40°C et inférieure à 72°C pendant au moins 15 secondes ; le lait thermisé présente une réaction positive au test de la phosphatase alcaline.

ailleurs, l'AOC Mont d'Or apporte d'autres obligations d'étiquetage, décrites dans le paragraphe I.A.3.b)(8).

3. Accidents de fromagerie [9]

En temps normal, le Mont d'Or présente une croûte de couleur jaune pâle à brun clair, d'aspect velouté, avec parfois des stries. Sa pâte est homogène et onctueuse, jaune pâle, luisante. L'odeur est assez forte, caractéristique, avec une note d'épicéa. A la dégustation, le goût est doux, boisé puis salé et amer.

Au cours de la fabrication, des défauts et des altérations peuvent se former. Ils peuvent concerner la texture, le goût ou l'aspect de la pâte, ou de la croûte du fromage, et ont des causes variées. Ils peuvent survenir lors de différentes étapes de la fabrication. Les défauts susceptibles d'être rencontrés en transformation fromagère sont très nombreux, et il s'agit parfois de simples déséquilibres dans les processus biochimiques mis en œuvre lors de la transformation. Nous allons en évoquer quelques-uns, parmi les plus fréquents ou les plus importants.

a) *Défaut de coagulation et d'égouttage*

(1) *Défaut de coagulation par la présure*

L'aptitude du lait de fromagerie à la coagulation par la présure varie en fonction de nombreux facteurs, au niveau de l'animal lui-même (facteurs génétiques et alimentaires) ou des conditions de la traite et de la conservation à la ferme.

La nature des variants génétiques des caséines joue sur la coagulation : le variant B des caséines κ et β permet une coagulation plus rapide et donne des gels plus fermes. Ce variant aurait une fréquence de 37% dans la race Montbéliarde [109]. L'alimentation joue aussi un rôle important : par exemple, un lait produit sur trèfle blanc est plus riche en caséine, et donne donc un gel plus ferme qu'un lait produit sur du ray gras. Par ailleurs, la transition alimentation d'hiver-pâturage s'accompagne de variations importantes dans la composition du lait et dans son aptitude à la coagulation : le pâturage se traduit par une augmentation de la teneur en caséine, et donc par un gel plus ferme.

Le refroidissement du lait et son maintien à basse température (2-4°C) pendant 2-3 jours ralentit la coagulation et la fermeté maximale du gel, et rend alors l'égouttage plus difficile. Le chauffage du lait, comme la thermisation, ralentit aussi la coagulation. [91]

Les variations d'aptitude à la coagulation par la présure sont beaucoup plus marquées dans le cas de laits dits anormaux, comme le lait de mammite ou les laits ayant subi une protéolyse.

(a) *Lait de mammite*

Le lait de mammite clinique présente des modifications d'aspect importantes (grumeaux), et est de ce fait mis de côté, et ne fait pas partie du lait de fromagerie. Les mammites subcliniques sont plus difficiles à détecter, car le lait ne présente pas un aspect modifié. Il est donc possible que ce lait se retrouve en fromagerie.

L'infection du pis se traduit par des modifications de la composition du lait : le taux de caséine diminue au profit des immunoglobulines et de la sérum-albumine. Le pH est plus élevé (7-7.2) : la coagulation est donc plus lente et le gel moins ferme. Le lait peut même devenir incoagulable en cas de modifications trop marquées.

(b) Lait ayant subi une protéolyse

La protéolyse du lait lors de sa conservation peut être due à des enzymes natives du lait, comme la plasmine, ou à des enzymes bactériennes. Ces dernières sont issues de bactéries psychrotrophes comme *Pseudomonas sp.*, et ont une forte activité. Ces bactéries se développent dans le lait conservé au froid (2-4°C).

La protéolyse des caséines entraîne donc une diminution de la fermeté du gel et une diminution des rendements, puisque la trame protéique est endommagée.

(2) Défaut d'acidification lactique

L'acidification lactique permet la coagulation, mais joue aussi sur l'égouttage et sur le degré de minéralisation du caillé.

Un excès d'acidification entraîne un égouttage trop poussé : la pâte est sèche, dure, sans cohésion et déminéralisée. Son affinage sera difficile, et le centre du fromage restera blanc, et friable, comme du plâtre. La zone sous la croûte pourra quant à elle évoluer sous l'effet de la flore de surface, et devenir coulante.

L'excès d'acidification est dû à un développement trop poussé des bactéries lactiques, suite à une maturation trop poussée, à une dose de présure trop faible... L'excès d'acidification peut aussi se produire plus tardivement, suite à un défaut d'égouttage : le caillé contenant encore du lactose, les bactéries lactiques acidifient alors le milieu. Suite à cette post acidification, le caillé devient déminéralisé, friable, blanc au centre.

Une insuffisance d'acidification entraîne un manque d'égouttage : la pâte est trop humide, ce qui favorise les réactions enzymatiques et le développement bactérien. Cela peut entraîner une protéolyse trop marquée, et se traduire par une pâte coulante plus ou moins affaissée, et l'apparition de goûts anormaux, dont l'amertume. Cela favorise le développement de flores indésirables, en particulier la « peau de crapaud » ou le « poil de chat ».

Le déficit d'acidification peut être dû en premier lieu à la perturbation de la fermentation lactique liée aux résidus d'antibiotiques²¹. Les laits de mammite entraînent aussi un retard à l'acidification lactique, probablement lié à la plus forte proportion d'agglutinines. Le déficit d'acidification peut aussi être dû à une insuffisance du levain lactique utilisé, souvent suite à une attaque du levain par des phages.

b) Défaut d'affinage

(1) Défaut d'ouverture et de texture

La formation de trou dans le fromage est due soit à un défaut de soudure des grains de caillé, soit à une accumulation de gaz, comme le dioxyde de carbone ou le dihydrogène. Ce gaz

²¹ Voir partie III.B.2.b)(4)

provient de la fermentation des glucides par certains micro-organismes. On distingue ces phénomènes par leur moment d'apparition.

(a) *Gonflement précoce*

Il se produit rapidement, dans les 24-48h après le début de la fabrication. Il se caractérise par la formation de nombreux petits trous au sein de la pâte : le Mont d'or devient spongieux, parsemé de bulles. Généralement discret, visible lors de la coupe, le phénomène peut parfois être beaucoup plus marqué (le caillé flotte dans la cuve, les pâtes molles ont un aspect d'éponge, les gruyères débordent de leur cercle et soulèvent la presse...).

Le phénomène est dû à la prolifération de bactéries hétérofermentaires, de levures ou souvent de coliformes provenant du lait.

Les bactéries coliformes regroupent de nombreux genres (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*...). L'espèce rencontrée la plus fréquemment est *Enterobacter aerogenes*. Les coliformes fermentent le lactose en produisant de l'acide lactique, du gaz carbonique et du dihydrogène. Ce dernier a une faible solubilité dans le fromage, ce qui favorise le gonflement.

Ces bactéries gram négatives, anaérobies facultatives sont peu exigeantes au niveau nutritionnel et très répandues dans l'environnement (matériel de traite et de fromagerie). Elles contaminent le lait lors de la traite, se développe lors d'une éventuelle maturation et de la fabrication. Leur croissance est inhibée en milieu acide, mais elle est possible si l'acidification est trop lente ou insuffisante lors de la fabrication, et aussi plus tard lorsqu'il y a remontée du pH en cours d'affinage.

Les gonflements précoces dus à des levures sont peu fréquents, car peu d'espèces fermentent le lactose, essentiellement des *Kluyveromyces*, peu répandues dans la nature, et produisant uniquement du CO₂.

Les bactéries lactiques hétérofermentaires peuvent aussi être à l'origine de gonflements, surtout dans les pâtes pressées et les pâtes cuites, souvent suite à une acidification insuffisante ou trop lente

La plupart des micro-organismes en cause peuvent être éliminés par pasteurisation ou même par simple thermisation. La prévention de ce défaut en lait cru passe par des bonnes conditions d'hygiène de la traite, des locaux et du matériel, mais aussi par une maîtrise des étapes de la fabrication.

L'apparition du défaut ne peut être corrigée lors de l'affinage, les fromages doivent alors être détruits.

(b) *Gonflement tardif*

Il s'agit principalement du gonflement butyrique, qui se produit au sein des pâtes pressées cuites et de nombreux fromages à pâte pressée, dont l'affinage est long. Il ne concerne donc pas le Mont d'Or et ne sera pas détaillé ici. Ce défaut est dû au développement de *Clostridium tyrobutyricum*, présent dans l'environnement (ensilages) et contaminant le lait sous forme sporulée lors de la traite (fèces).

(2) Défaut de croûtage et de présentation

Les défauts de croûtage et de présentation sont dus à un déséquilibre de la flore de surface et/ou à la présence de germes indésirables : le développement de ces derniers entraîne un défaut si la contamination est massive et s'il y a une anomalie dans la fabrication favorisant ce développement. La lutte contre ces défauts repose donc sur la prévention de la contamination, mais aussi sur la maîtrise de la fabrication et de ses paramètres.

(a) Accident du « bleu »

Plusieurs espèces de *Penicillium* (*roqueforti*, *janthinellum*, *brevicompactum*, *viridicatum*) peuvent être responsables de l'apparition de taches bleu-verdâtre plus ou moins étendues. Cet accident affecte principalement les pâtes molles à croûte fleurie.

La moisissure se retrouve dans le sol, les céréales, aliments et matières organiques en décomposition. Elle se dissémine sous forme de spores, contaminant le fromage via l'air en salle de fabrication ou en salle de traite.

Les taches apparaissent généralement après 5 jours, parfois plus (10-15 jours) selon l'espèce concernée, et s'accompagnent parfois de défaut de goût et d'odeur (cave, moisi...)

Il est donc important de prendre soin de la propreté de l'atmosphère et du matériel de fabrication et d'affinage, mais cela montre aussi l'intérêt de l'ensemencement de ceux-ci par les souches utiles, comme *Penicillium camemberti*, peu répandu à l'état sauvage.

(b) « Poil de chat »

L'accident du « poil de chat » peut se présenter sous deux formes :

- Une forme bénigne, qui ne dure que quelques jours, sur certains fromages, sous forme de quelques touffes duveteuses blanchâtres, terminées par de petites boules noires
- Une forme aigüe, soudaine et invasive. Les fromages sont envahis par des touffes drues, blanchâtres puis gris-noir. Il se dégage une odeur de moisi et des mauvais goûts apparaissent

Il est dû au développement de moisissures du genre *Mucor*., dont les spores sont apportées par l'air, le personnel, et se dispersent dans une atmosphère saturée d'humidité. Elles peuvent s'implanter très tôt dans le caillé, se développent préférentiellement sur la face en contact avec le support, l'anaérobiose partielle inhibant la croissance de *P. camemberti*. Elles ont besoin d'une forte humidité relative pour germer, croître et sporuler.

Les moyens de lutte consistent à éviter d'une part la contamination (l'aération doit être rapide, les cuves de fabrication recouvertes, éviter l'humidité excessive de l'air, nettoyage du matériel et des locaux : l'eau de javel est très efficace) et d'autre part la prolifération (acidification du caillé, salage, ensemencement du matériel par *P. camemberti* ou d'autres flores compétitrices....).

(c) La « graisse » ou « peau de crapaud »

Des taches jaunâtres, d'aspect gras, apparaissent sur la croûte, puis confluent et forment une couche graisseuse, imperméable. Elles se développent 2 à 5 jours après le démoulage,

sur le talon puis sur la face intérieure du fromage. La croûte est molle et fragile. Elle s'accompagne parfois d'une odeur type pomme, pied, aigre, et d'une amertume plus ou moins forte. Juste en dessous, la pâte est coulante, suite à la protéolyse, mais le cœur du fromage reste blanc et acide. Cette peau empêche l'implantation de la flore normale du fromage.

Le micro-organisme responsable est *Geotrichum candidum*. Il appartient à la flore normale de très nombreux fromages, et c'est par ailleurs un levain de fromagerie commercialisé. Il apprécie l'humidité, sa température optimale de croissance est de 25°C et il est sensible au sel. Il est présent dans l'environnement (sol, foin, air...) et la contamination du lait se fait lors de la traite (poussières de fourrages et de céréales).

Ce défaut est favorisé par un manque d'hygiène au niveau du matériel, par des défauts d'égouttage, d'acidification, et de salage du fromage. La lutte contre l'apparition de ce défaut passe donc par l'hygiène et la maîtrise de la fabrication, par une diminution de la température des salles de fabrication, une augmentation de la teneur en sel, un salage à sec.

(d) *Autres défauts fongiques ou bactériens*

D'autres moisissures peuvent être responsables de la formation de défauts d'aspect et de coloration, mais ceux-ci sont beaucoup plus rares et de moindre ampleur.

Les bactéries peuvent elles aussi entraîner de tels défauts, mais elles exigent des milieux plus humides que les moisissures, donc interviennent surtout pour des fromages à croûte lavée, ou placés dans des atmosphères humides. C'est le cas par exemple pour *Pseudomonas fluorescens*, responsable de l'accident du « fluo ». Des taches jaunes-vertes fluorescentes se développent, accompagnées d'une saveur amère et d'une odeur putride. Cette bactérie psychrotrophe provient du sol et des végétaux, elle est transportée par l'eau, elle est capable de créer des biofilms, de résister au chlore, à des concentrations en sel jusqu'à 2%. Elle est aérobique et se développe en surface des fromages. Le lait est contaminé lors de la traite (trayons, biofilms dans la machine à traire) et lors de la transformation si le matériel est contaminé (biofilms).

(3) *Défaut de saveur et d'arôme*

(a) *L'amertume*

Ce défaut est relativement fréquent et peut avoir plusieurs origines. Il est dû le plus souvent à l'accumulation de peptides de petite taille hydrophobes. La formation de ces peptides est inévitable étant donné la composition des caséines en acides aminés au caractère hydrophobe, et la note amère fait partie de la palette normale de saveurs du fromage. Cependant, leur accumulation au-delà d'un certain seuil engendre une amertume désagréable. Les peptides amers, issus des caséines et d'autres protéines, sont ensuite dégradés en peptides non amers et en acides aminés libres. Le contrôle des réactions enzymatiques formant les peptides amers et de celles les utilisant permet donc la maîtrise de l'amertume.

Les agents responsables de la protéolyse à l'origine des peptides amers sont variés. Ainsi, la présure résiduelle est apte à libérer des peptides amers, à partir de la caséine α_{s1} ; des bactéries lactiques, en particulier les levains à acidification rapide, peuvent produire ces pep-

tides à partir de la paracaséine, mais aussi les dégrader en acides aminés. Un fort développement de psychrotrophes, comme *Pseudomonas fluorescens*, provoque aussi ce défaut. Certaines souches de *Penicillium camemberti* possèdent une protéase acide très active, favorisée par un pH de surface trop faible. Les levures comme *Geotrichum candidum*, provoquent de l'amertume au niveau de la croûte.

Pour prévenir l'amertume, il est important d'utiliser un lait de bonne qualité bactériologique, et de lui appliquer éventuellement un traitement thermique (interdit en fabrication du Mont d'Or), d'employer des souches de levain non amer, de limiter les doses de présure et de levain, d'adopter des conditions de fabrication limitant la population lactique et d'ajuster la teneur en sel au plus haut niveau compatible avec le goût souhaité. Il faut aussi réduire les temps de conservation avant transformation, car ils sont propices au développement de la flore psychrotrophe. Cette pratique est d'ailleurs interdite par l'AOC Mont d'Or.

(b) *Le goût de rance*

Le goût de rance est dû à une lipolyse excessive à l'origine de la présence d'acides gras libres en grand nombre. Les acides gras à chaîne courte et moyenne (C4 à C12) sont porteurs des saveurs les plus marquées.

Cette lipolyse est due à un choix de souches microbiennes trop lipolytiques, par exemple des souches de *Penicillium camemberti*, ou à une forte contamination du lait par des bactéries psychrotrophes, par exemple suite à sa réfrigération. Elle peut aussi être due à la mise en fabrication d'un lait déjà fortement lipolysé par l'action de la lipoprotéine lipase native, ou microbienne.

Les moyens de lutte reposent sur la diminution de la durée de conservation au froid du lait, et le nettoyage de la machine à traire (biofilms, en particulier de *Pseudomonas*).

(c) *Autres*

Les autres défauts de goût peuvent avoir des origines très diverses : ils peuvent par exemple être dus à l'alimentation des animaux. En effet, les fourrages à base de crucifères apportent un goût de chou au lait. Parfois, ils sont dus à l'activité excessive de micro-organismes de la flore normale : par exemple, certaines souches de *P. camemberti* donnent un goût de champignon au fromage, certaines bactéries lactiques sont à l'origine d'un arôme fruité... Des micro-organismes de contamination peuvent aussi produire des saveurs indésirables : odeurs fécales dues au crésol et à l'indole produits par des coliformes, pyrazines de certains *Pseudomonas* à l'origine d'un goût de pomme de terre...

D. Mont d'Or et nutrition [110; 3]

Les fromages sont consommés par 91.9% des Français, et ils en consomment 33.4 grammes par jour en moyenne [7].

1. Les minéraux

Les produits laitiers représentent les principales sources alimentaires de calcium et de phosphore : ils représentent plus de 70% des apports calciques moyens en France, et apportent en moyenne 650 mg de calcium par jour (240 mg par le lait liquide, 90 mg par les yaourts et 290 mg par les fromages) ce qui représente 75% des ANC pour les adultes et 55% des ANC pour les adolescents, femmes ménopausées et personnes âgées. Le calcium et le phosphore

sont essentiels à l'organisme : ils interviennent dans la rigidité et la solidité du squelette, dans les phénomènes de conduction nerveuse, et d'excitabilité neuromusculaire, dans la contraction musculaire, la coagulation sanguine... et autres fonctions vitales. Le calcium du lait présente la même biodisponibilité que le calcium contenu dans les eaux minérales, mais son absorption est supérieure à celle du calcium contenu dans des végétaux comme les épinards, ou dans les céréales. En effet, le lait ne contient pas de substances susceptibles de limiter son absorption intestinale, comme les oxalates et polyphénols de certains végétaux. Par ailleurs, il contient du lactose qui favoriserait son absorption intestinale [110]. Le lactose n'est en règle générale plus présent dans les fromages de type Mont d'Or, car il est dégradé lors de la fabrication et en début d'affinage par les bactéries lactiques. Cependant, le Mont d'Or est riche en calcium, il en contient 700 mg pour 100g de fromage, surtout parce qu'il est issu d'un caillé à dominante enzymatique, fortement minéralisé.

Constituant	Unité	Teneur moyenne	AJR ²² et RNJ	Constituant	Unité	Teneur moyenne	AJR
Énergie	kcal	321	2000	Cuivre	mg	0.07	1
Eau	g	51.1		Zinc	mg	8	10
Protéines	g	17.6	50	Sélénium	µg	5.8	55
Lipides	g	27.8	70	Iode	µg	30	150
Acides gras saturés	g	17.6	20	Rétinol	µg	158	800
Acides gras monoinsaturés	g	8.05	34	B-carotène	µg	100	
Acides gras polyinsaturés	g	0.61	16	Vitamine D	µg	0.2	5
Cholestérol	mg	83		Activité vitaminique E (en équivalent α-tocophérol)	mg	0.6	12
Glucides	g	0	270	Vitamine C	mg	0	80
Sodium	mg	450	2400	Vitamine B1	mg	0	1.1
Magnésium	mg	30	375	Vitamine B2	mg	0.3	1.4
Phosphore	mg	430	700	Vitamine B3 ou PP	mg	0.1	16
Potassium	mg	120	2000	Vitamine B5	mg	0.2	
Calcium	mg	700	800	Vitamine B6	mg	0.06	1.4
Manganèse	mg	0.02	2	Vitamine B9	µg	12	
Fer	mg	0.4	14	Vitamine B12	µg	1.5	2.5
RNJ pour une femme adulte			Teneurs pour 100 grammes de Mont d'Or				

Tableau 12: Table de composition nutritionnelle CIQUAL 2008 – Mont d'Or [3; 27]

Il apporte aussi 430 mg de phosphore pour 100g de fromage. Il contribue donc à l'excès de phosphore alimentaire. En effet, l'alimentation courante apporte en moyenne 1500 mg de phosphore par jour, alors que les apports journaliers recommandés sont de 700 mg. Cet excès pourrait constituer un des facteurs de prédisposition à l'ostéoporose. Cependant, le Mont d'Or apporte plus de calcium que de phosphore, et permettrait donc de rééquilibrer ce rapport, en comparaison d'autres aliments riches en phosphore (viande par exemple).

²² AJR : apports journaliers recommandés, définis au niveau européen (directive 1990/496) pour un adulte moyen (sans distinction de sexe, d'âge ou de condition physiologique) et apposés sur les étiquettes
RNJ : repères nutritionnels journaliers ou Guideline Daily Amounts [27]

Par ailleurs, les produits laitiers apportent aussi des oligo-éléments en faible quantité (zinc, iode et cuivre) mais ils sont carencés en fer. Les fromages contiennent beaucoup de sodium, ajouté lors de l'affinage. C'est le cas du Mont d'or qui apporte 450mg de sodium au 100g (Tableau 12). Les personnes suivant un régime hyposodé doivent éviter de consommer ce type de fromage.

2. Les protéines [35]

La teneur en acides aminés essentiels du fromage lui confère une valeur biologique extrêmement élevée, et de ce fait il convient particulièrement aux sujets en croissance. La digestibilité des protéines du fromage est de 95%, du même ordre que l'œuf et les protéines de viande, et leur absorption est quasi totale au niveau de l'intestin.

	Acides aminés essentiels :							
	Lys	Try	Phé	Mét	Thr	Leu	Ile	Val
Apports recommandés (en g/kg/jr)	1.6	0.5	2.2	2.2	1.0	2.2	1.4	1.6
Quantité nécessaire pour couvrir besoins minimaux (en g/jour)								
Lait	276	463	610	1000	333	323	333	348
Fromage pâte molle (camembert)	44	68	91	151	51	50	50	51

Tableau 13: Quantité de fromage nécessaire pour couvrir les besoins en acides aminés essentiels de l'adulte [35]

Ainsi, une portion de fromage de 30 g par jour apporte presque la moitié des acides aminés essentiels recommandés (sauf pour la méthionine), comme le montre le tableau ci-dessus .

Après avoir vu les caractéristiques du Mont d'Or AOC, en particulier les différentes étapes de sa fabrication, nous allons nous intéresser à la ferme Mamet et à sa production de Mont d'Or Fermier.

II. La ferme Mamet

A. Présentation

1. Situation géographique et organisation

La ferme Mamet est située sur la commune des Fins dans le Doubs, au lieu-dit Les Frenelots (790m). Cette commune fait partie de la zone d'appellation du Mont d'Or. Elle est identifiée en rouge dans la Figure 3. Cette commune de 2816 habitants est située à proximité de la ville de Morteau et est constituée de plusieurs petits hameaux, répartis sur le Mont Vouillot (1158 m) et la montagne des Frenelots.

La Ferme Mamet est un GAEC regroupant 4 personnes sur l'exploitation : les parents, François et Alphonsine, et deux de leurs six enfants, Reine et Henri. Sa surface agricole utile représente 120 hectares, répartis sur 2 sites, distants d'une dizaine de kilomètres.

Le site principal, où a lieu la production du Mont d'Or, se situe aux Frenelots, à 800 m d'altitude. C'est la ferme familiale. Elle comporte la maison d'habitation dans un style typique de la région, l'atelier de transformation fromagère, une étable entravée d'une capacité d'une soixantaine d'animaux et le stockage des aliments. Le foin y est séché en vrac en grange. Les surfaces sont recouvertes de prairies naturelles, et situées sur un terrain argi-

lieux, qui conserve l'humidité. Les années dites de sécheresse au niveau national, comme l'année 2011, sont en fait de bonnes années pour la production de fourrage de la Ferme Mamet.

Le deuxième site regroupe 50 hectares de terrains et se situe sur le Mont Vouillot, à 1000 m d'altitude. Cette différence d'altitude se traduit par un retard de végétation de l'ordre de 2 à 3 semaines. L'exploitation comprend ici un bâtiment de 200 m² qui sert de point traite, pourvu d'un cornadis de 20 places, utilisé pour bloquer les animaux lors de la traite (machine à 10 postes). Le sol du terrain est peu épais, avec des affleurements rocheux : l'herbe sèche donc rapidement en été, et la complémentation de la ration en fourrage est parfois nécessaire. Par ailleurs, la population des campagnols, importante certaines années (en 2006 et en 2011) diminue la qualité de ces parcelles [95].

2. Historique

Les bâtiments principaux situés aux Frenelots ont été construits en 1972 par les parents de Mr François Mamet. Ce dernier et son épouse ont repris l'exploitation en 1976 et ont élevé leurs 6 enfants. Henri souhaitant revenir sur l'exploitation, il passe son BTS agricole. Cependant, du fait de la pression immobilière forte liée à la proximité de Morteau et de la Suisse, il ne peut financièrement pas s'installer dans la région. Il poursuit alors des études à l'Ecole Nationale d'Industrie Laitière de Mamirolle, puis travaille pendant 3 ans à la fromagerie de Frasné, située à proximité de Morteau. Il fabrique là-bas du Comté et en moindre quantité du Mont d'Or, de façon artisanale. Il acquiert là-bas l'expérience et le savoir-faire, mais souhaite toujours revenir sur l'exploitation familiale. Une opportunité lui permet de s'associer avec ses parents en 2004, en rachetant une exploitation située sur le Mont Vouillot, comportant 50 ha de terrain et 200 000 L de quota laitier. La Ferme Mamet compte alors 120 ha et 400 000 L de quota pour 3 associés. Le lait est intégralement utilisé pour la production de Comté, dans une coopérative gérée par une douzaine de producteurs. Quelques années plus tard, Reine souhaite elle aussi revenir sur l'exploitation, ce qui motive en partie la création de l'atelier de transformation laitier. Les travaux ont lieu en 2007. L'installation est effective au premier janvier 2008 et les premiers fromages sont produits pour les fêtes de fin d'année 2007. La clientèle est principalement locale au début, mais elle se développe progressivement, et se compose principalement de grossistes situés dans toute la France. La demande est telle que l'embauche d'un salarié est nécessaire pendant les pics de production de fin d'année [95].

B. Conduite du troupeau

L'ensemble des vaches est de race Montbéliarde. Ce choix est d'abord historique, puisque l'exploitation se situe dans le berceau de la race Montbéliarde. Sa rusticité, ses qualités fromagères et bouchères sont adaptées au climat et au type de production. Par ailleurs, c'est une condition imposée par l'AOC Mont d'Or et l'AOC Comté. L'effectif moyen du troupeau laitier est de 61 vaches, dont 50 en lactation [30].

1. Reproduction

La Ferme Mamet adhère au contrôle laitier et pratique l'insémination artificielle sur l'ensemble du troupeau. Outre l'objectif classique d'un vêlage par vache par an, la reproduc-

tion a pour objectif une amélioration de la génétique du troupeau, orientée vers une amélioration de la production et de la qualité du lait pour la transformation (TB, TP, leucocytes...). Les vêlages ont lieu toute l'année, puisque le lait est valorisé en hiver par la production de Mont d'Or et en été par la fabrication de Comté. Le GAEC pratique l'auto renouvellement ; les veaux mâles sont vendus à l'âge de 10-15 jours, les génisses sont élevées sur place. Certaines sont vendues gestante (3-4 mois), principalement à l'exportation. [95]

2. Alimentation

L'alimentation des vaches laitières est différente selon les saisons. En effet, en été, les vaches sont regroupées sur le site du Mont Vouillot, où elles pâturent sur une dizaine de parcelles de 3 à 4 hectares de surface de prairie naturelle. La rotation sur les différentes parcelles permet d'optimiser la qualité de l'herbe. Lorsque cette dernière est trop haute, elle est fauchée. En juillet-août, les vaches sont donc « à l'estive », et reçoivent en complément lors de la traite du foin et des céréales. Il s'agit d'un mélange de maïs et d'orge aplati sur place (70% maïs et 30% orge), dont la quantité distribuée varie selon la production de chaque animal, jusqu'à 5kg par jour.

Les vaches sont redescendues sur le site des Frenelots fin août. Elles peuvent continuer à pâturer sur les terrains alentours, pour réaliser une transition progressive vers la ration hivernale. Elles reçoivent alors des fourrages secs (mélange d'un tiers de foin et de deux tiers de regain), 2kg par jour d'un mélange équivalent de pulpe de betterave et de luzerne déshydratée, distribué avant la traite. Elles reçoivent aussi jusqu'à 4 kg du mélange de céréales aplaties et 1 kg de tourteau de colza-lin, riche en oméga 3. En effet, la coopérative fromagère est engagée dans la filière « bleu blanc cœur », garantissant des produits riches en oméga 3. Elles reçoivent en outre un complément minéral et vitaminique (SURLACTASIM®) à hauteur de 100 à 200 gr/jr selon la production [95].

Les AOC Mont d'Or et Comté imposent le pâturage, interdisent l'utilisation de produits fermentés et plafonnent l'utilisation de concentrés [55; 68].

Les génisses sont nourries avant sevrage avec du lait, et reçoivent après sevrage du foin à volonté, le lactosérum lors de la période de fabrication, un complément minéral vitaminique, et un mélange de céréales et de tourteau selon leur niveau de croissance.

3. Hébergement

Sur le site principal de l'exploitation, les vaches laitières sont logées dans une étable entravée et sortent tous les jours. Les litières sont paillées. Le paillage se fait tous les jours avant la traite, et parfois dans la journée si besoin (climat humide et terrains boueux). La consommation moyenne à l'année de paille est de 5 kg par gros bovin par jour. Il n'y a pas de box de vêlage, ni de quarantaine : le GAEC n'achète généralement pas d'animaux. Si besoin, le site du Mont Vouillot, dont le bâtiment sert de point traite en été, permet d'isoler les animaux du troupeau.

Les génisses sont logées dans les anciennes étables aux Frenelots, dans des parcs à veaux pour les plus jeunes [95].

C. Une double production

La Ferme Mamet produit environ 450 000L de lait par an. Cette production est valorisée dans deux filières : la fabrication fermière de Mont d'Or et la fabrication en fromagerie de Comté. Cette dernière a lieu toute l'année, contrairement au Mont d'Or dont la fabrication est restreinte à la période 15 août- 15 mars. Pendant cette période, le lait de la traite du matin, représentant environ 600 L, est utilisé pour la fabrication de Mont d'Or. Le lait de la traite du soir est en partie livré à la fromagerie par Mr Mamet, seuls 200 L sont refroidis et conservés dans un tank pour la production du Mont d'Or du lendemain. En dehors de la période de production, la totalité du lait est livré à la fromagerie [95].

1. Lait à Comté

La fromagerie des Fins-Suchaux est une coopérative regroupant 13 producteurs des environs, en cogérance. Elle transforme environ 3 millions de litres de lait par an, et produit du Comté, du Morbier, de la Raclette, du beurre et de la crème crue. Les fromages sont affinés sur place, afin d'apporter plus de valeur ajoutée. Elle emploie 3 salariés, et est équipée d'un robot pour les soins des fromages en cave (retournement et brossage).

Cette fromagerie, ainsi que 2 autres coopératives (Les Fins-Comté, Les Fins-Suchaux et Noël-Cerneux) vendent du lactosérum à une porcherie située aux Fins, par l'intermédiaire d'un lactoduc de 9 km. Cette porcherie a été construite en 1992, afin d'utiliser le lactosérum produits par les fromageries, et répond à toutes les exigences environnementales (plan d'épandage et station d'épuration). Elle compte 2700 places d'engraissement et 1500 places de post-sevrage, ce qui correspond à la quantité de lactosérum à valoriser. Le porc au petit lait est utilisé dans la fabrication de saucisses de Morteau ou de Montbéliard [45].

2. Mont d'Or Fermier

Le rendement fromager du Mont d'Or est de 15-16%. A titre de comparaison, le rendement fromager du Comté est de 10%. Sur la saison 2009-2010, la production a été de l'ordre de 7 tonnes de fromages, soit environ 50000L de lait transformés en Mont d'Or.

La production de Mont d'Or a lieu entre 2 et 7 jours par semaine, selon la demande. Par exemple, en septembre, elle a lieu du mardi au vendredi.

Le lait utilisé provient en majorité de la traite du matin (650 L): encore chaud, il présente une meilleure stabilité, en particulier au niveau des matières grasses qui rancissent moins. La présence d'inhibiteurs naturels dans le lait frais évite le développement de germes indésirables. Cependant, ils limitent aussi le développement des ferments ; pour palier à cet inconvénient, on utilise un « pied de cuve » : on utilise du lait de la veille au soir (150 L), qui a été stocké au froid, il est réchauffé à 40°C etensemencé avec les ferments. On rajoute ensuite le lait provenant de la traite, et on poursuit le chauffage et la maturation.

Le chauffage du lait se fait grâce à échangeur thermique à eau chaude. Les ferments ajoutés sont des ferments lactiques thermophiles lyophilisés congelés de type streptococcus thermophilus, utilisés en outre pour la fabrication de yaourt. On ajoute aussi à cette étape des ferments d'affinage mésophiles (Geotrichum, ferments « du rouge » et levures). Ces derniers

ne se développent pas pendant la fabrication du fait des températures trop élevées, mais restent latents et pourront ensuite se développer lors de l'affinage en cave, où les températures sont plus basses (12-13°C). Le lait mature pendant 1h à 39°C dans une cuve en inox d'une capacité de 1000L.

Au moment de l'emprésurage, le fromager ajoute 10% d'eau potable pour diminuer la teneur en lactose du lait et donc limiter l'acidification. La présure utilisée est d'origine animale et se présente sous forme liquide ; elle contient 520mg de chymosine au litre, et on l'utilise à la dose de 40mL pour 100L de lait. Le contenu de la cuve est ensuite agité pour favoriser l'homogénéisation, puis laissé au repos (Photo 5). La température idéale de la cuve est de 39°C. Le fromager surveille ensuite la coagulation du lait : celle-ci se produit en une douzaine de minutes. Le temps de prise est entre autres le reflet de l'activité des ferments, c'est un facteur enregistré par le fromager pour le suivi de la qualité de sa production (voir partie I.C.3.a)). Le gel durcit ensuite pendant une durée correspondant à deux fois le temps de prise, soit 20-25 minutes environ.

Le caillé est ensuite tranché en cube de 2 cm de côté et brassé pour détacher les grains. On réalise au total trois brassages, espacés de 10 minutes, pour favoriser la synérèse (Photo 6). Le fromager apprécie ensuite la texture du grain de caillé, qui a tendance à se rétracter et à former un opercule à sa périphérie, limitant son dessèchement. Le lactosérum est ensuite soutiré. Ce dernier sera ensuite utilisé pour l'alimentation des jeunes bovins.

Le caillé est ensuite déversé dans des moules en plastique alimentaire surmontés d'un répartiteur (Photo 7). La quantité de caillé par moule est ensuite uniformisée. Une cuve de fabrication permet de mouler 220 fromages. Cela constitue un lot de fabrication. L'égouttage se poursuit dans les moules, qui permettent l'élimination du lactosérum (cercle en plastique sur une feuille plastique perforée). Les moules sont ensuite retournés une première fois au bout d'une trentaine de minutes. Ils sont ensuite retournés une deuxième fois après un même délai. Le pH du fromage mesuré à ce moment-là est de 5.9.

Le fromager prépare les sangles d'épicéa ; ébouillantées la veille, elle sont rincées, et mises à tremper dans une solution contenant du *Geotrichum*. Le sanglage manuel intervient 20 à 30 minutes après le dernier retournement ; les fromages sont démoulés, entourés sur leur tranche par la sangle d'épicéa maintenue par un élastique, et déposés sur une planche d'épicéa. A la fin de cette opération, lorsque le pH mesuré atteint 5.45-5.50, les fromages sont emmenés dans une pièce plus froide (12-13°C), pour être saumurés. Le froid bloque alors l'acidification (les ferments lactiques thermophiles sont inhibés), le pH atteint son minimum de 5.3 le lendemain.

La saumure est une solution saturée en sel : ce dernier se dépose au fond de la cuve. L'agitation réalisée avant le saumurage permet de remettre ce dernier en solution. La saumure est aussi filtrée manuellement. Les fromages sanglés sont ensuite plongés pendant 20 minutes dans la saumure, afin d'obtenir un taux de sel de 1 à 2% dans le produit fini (Photo 11). La saumure est utilisée pendant toute la campagne de production, son acidité est contrôlée et éventuellement ajustée en ajoutant de l'acide lactique. Des analyses bactériologiques sont réalisées une fois par mois sur la saumure, du fait du risque de contamination

croisée des lots de fromages. Les fromages sont ensuite déposés sur les planches en épicéa pour le ressuyage, obtenu par l'action de l'air frais qui hâle les fromages. Ils sont ensuite transférés en cave d'affinage (température de 12-13°C et 96% d'humidité). Chaque lot est disposé sur une même colonne et identifié par un numéro sur les supports de planches (Photo 12).

En cave, les fromages sont retournés et brossés avec une solution d'eau salée à 5% (Photo 13). Ces soins sont faits tous les jours pendant 15 jours, puis les fromages sont juste retournés tous les jours jusqu'à l'âge de 3 semaines en moyenne. Ils sont alors emboîtés. Ils s'affinent encore une semaine en cave, puis sont ensuite stockés à 8°C. Ils sont alors vendus à l'âge de 5-6 semaines. La solution et la brosse sont changées entre chaque lot de fromage.



Photo 5 : Empréssurage



Photo 8 : Egouttage en moules



Photo 11 : Saumurage



Photo 6 : Brassage



Photo 9 : Après retournement



Photo 12 : Cave d'affinage



Photo 7 : Moulage



Photo 10 : Sanglage



Photo 13 : Soins en cave

Nous allons ensuite nous intéresser aux règles d'hygiène alimentaire et à leur application dans le cadre de la production fermière de Mont d'or.

III. Hygiène de la production

A. La réglementation sanitaire

1. Le paquet hygiène [102]

Le « paquet hygiène » est une réglementation européenne qui englobe l'ensemble de la filière agroalimentaire, de la production au consommateur. Elle a été mise en place suite aux crises sanitaires (ESB²³, dioxine, fièvre aphteuse...). Elle est entrée totalement en application au 1^{er} janvier 2006.

Elle est composée de six règlements principaux (178/2002, 852/2004, 853/2002, 882/2004, 854/2004, 183/2005), quatre règlements d'application (2073/2005, 2075/2005, 2074/2005, 1076/2005)²⁴ et de deux directives (2002/99/CE et 2004/41/CE), l'une abrogeant d'anciennes directives²⁵ et l'autre fixant des règles de police sanitaire²⁶.

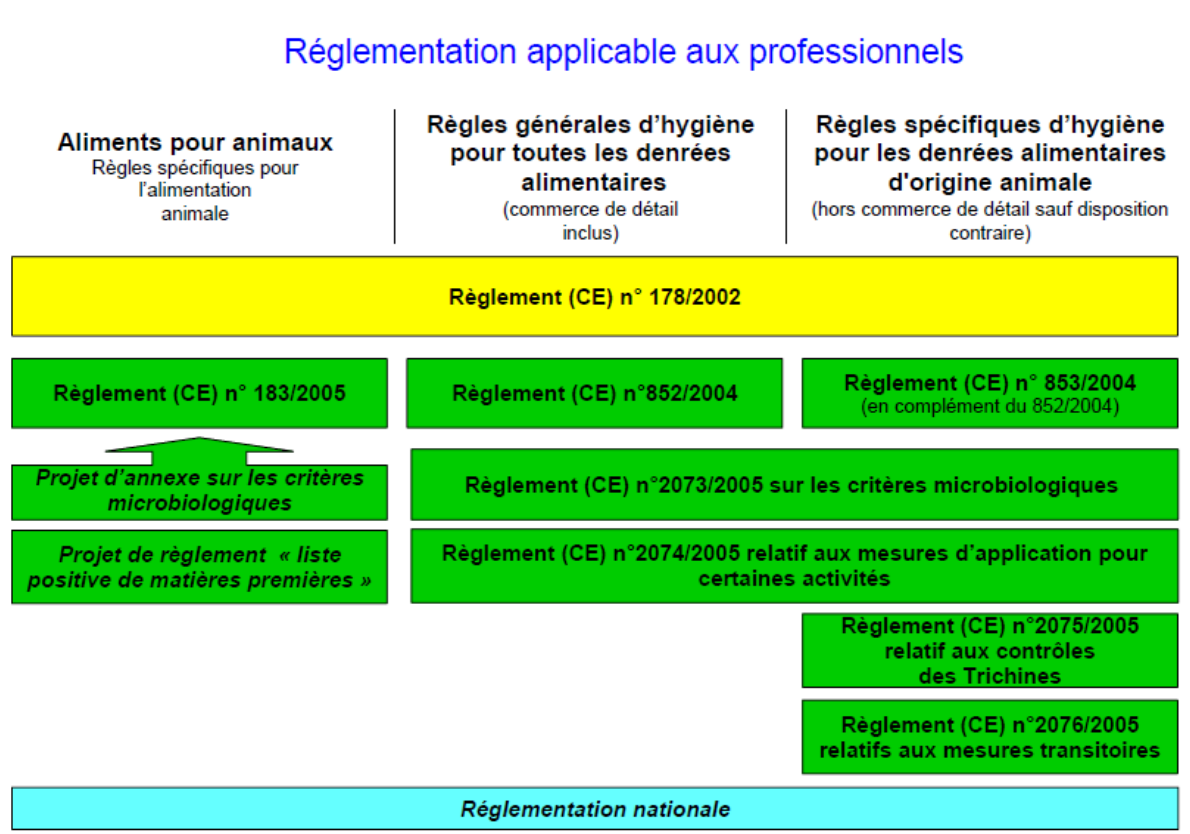


Figure 11 : Architecture des textes communautaires [102]

²³ Encéphalite Spongiforme Bovine, ou « vache folle »

²⁴ Journal Officiel de l'Union Européenne L338 du 22 décembre 2005

²⁵ Directive 2004/41/CE Journal Officiel de l'Union Européenne L 157 du 30.4.2004, p. 33–44

²⁶ Directive 2002/99/CE. Journal Officiel de l'Union Européenne L 18 du 23.1.2003, p. 11–20

Le règlement (CE) n°178/2002 est aussi appelé « Food Law » et constitue la base de la sécurité sanitaire des aliments : il établit les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, institue l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments et fixe des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

Il s'applique depuis le 1^{er} janvier 2005, aux denrées alimentaires, mais aussi à l'alimentation animale. Il fixe ainsi, entre autres, le principe de précaution, le principe de transparence et définit des obligations spécifiques aux professionnels en matière de :

- sécurité des denrées alimentaires : aucune denrée alimentaire n'est mise sur le marché si elle est dangereuse, c'est-à-dire préjudiciable à la santé ou impropre à la consommation humaine compte tenu de son utilisation prévue.

- responsabilités des exploitants du secteur alimentaire et du secteur de l'alimentation animale : Ils sont responsables de leur production et doivent veiller au respect de la législation en vigueur à chaque étape de la production. Les Etats membres quant à eux assurent l'application de la législation, en particulier par des contrôles officiels.

- Traçabilité : les exploitants doivent être en mesure d'identifier leurs fournisseurs et leurs clients pour toute denrée et de mettre à disposition des autorités ces informations.

- retrait et rappel des denrées : les exploitants doivent engager immédiatement des procédures de retrait du marché des denrées s'ils ont des raisons de penser qu'elles sont non conformes, informer les consommateurs éventuels et collaborer avec les autorités compétentes [74]

Le règlement (CE) n°852/2004 établit, à l'intention des exploitants du secteur alimentaire, des règles générales d'hygiène applicables à toutes les denrées alimentaires. Il abroge la directive 93/43/CE dont il reprend les grandes lignes.

Il définit les obligations majeures suivantes :

- l'obligation de mise en place de procédures basées sur les principes de l'HACCP est généralisée (hormis à la production primaire, c'est-à-dire dans notre cas la production de lait). Le règlement 852/2004 reprend désormais intégralement les sept principes du *Codex Alimentarius*, c'est-à-dire :

« Les principes HACCP²⁷ sont les suivants:

- a) identifier tout danger qu'il y a lieu de prévenir, d'éliminer ou de ramener à un niveau acceptable;*

- b) identifier les points critiques aux niveaux desquels un contrôle est indispensable pour prévenir ou éliminer un danger ou pour le ramener à un niveau acceptable;*

- c) établir, aux points critiques de contrôle, les limites critiques qui différencient l'acceptabilité de l'inacceptabilité pour la prévention, l'élimination ou la réduction des dangers identifiés;*

- d) établir et appliquer des procédures de surveillance efficace des points critiques de contrôle;*

- e) établir les actions correctives à mettre en œuvre lorsque la surveillance révèle qu'un point critique de contrôle n'est pas maîtrisé;*

²⁷ Hazard Analysis Critical Control Point, peut être traduit par analyse des dangers et points critiques pour leur maîtrise.

f) établir des procédures exécutées périodiquement pour vérifier l'efficacité des mesures visées aux points a) à e),

g) établir des documents et des dossiers en fonction de la nature et de la taille de l'entreprise pour prouver l'application effective des mesures visées aux points a) à f). » [75]

- le recours aux guides de bonnes pratiques d'hygiène rédigés par les professionnels en suivant les préceptes de la méthode HACCP et validés par l'administration est encouragé.

- l'obligation de la formation d'au moins une personne à l'HACCP ou au guide de bonnes pratiques d'hygiène du secteur concerné.

Pour les exploitants ayant une production primaire (producteur de lait par exemple), le règlement définit des règles générales d'hygiène dans son annexe I, en particulier en matière d'hygiène des locaux et du matériel, de propreté et bien-être des animaux, de prophylaxie, de santé du personnel, de traçabilité, de contrôle... Pour les autres exploitants, les règles générales sont définies à l'annexe II, et concernent la conception des locaux (fromagerie, stockage...), mais aussi les conditions de transport, le choix et l'entretien des équipements, la gestion des déchets, l'alimentation en eau, l'hygiène du personnel et sa formation, le conditionnement et les traitements thermiques. Ces règles sont appelées « Bonnes Pratiques d'Hygiène » et constituent la base du plan de maîtrise sanitaire de l'établissement.

Le règlement (CE) n°853/2004 établit, à l'attention des exploitants du secteur alimentaire, des règles spécifiques d'hygiène applicables aux produits d'origine animale, en complément de celles fixées dans le n°852/2004. Il fixe des grands principes : notion d'agrément (la production primaire n'est pas soumise à agrément et des dispenses sont envisageables), notion de marque de salubrité et d'identification. Il ne s'applique pas au commerce de détail.

Il s'accompagne de trois annexes, dont la première établit un grand nombre de définitions ; la deuxième traite des modalités pratiques d'apposition des marques de salubrité et d'identification, de l'HACCP en abattoir et des documents sanitaires qui accompagneront les animaux à l'abattoir ; la troisième regroupe toutes les dispositions spécifiques d'hygiène applicables aux différents types de produits traités (viandes fraîches d'animaux de boucherie, viandes fraîches de volailles, lait et produits laitiers...) [76]

La section IX de l'annexe 3 regroupe les dispositions concernant le lait cru et les produits laitiers : exigences sanitaires applicables à la production et hygiène des exploitations productrices, conditions de stockage ou transport (refroidissement à 6°C, sauf si la transformation a lieu moins de deux heures après la traite), critères applicables au lait :

	Teneur en germes à 30°C (germes/mL)	Teneur en cellules somatiques (/mL)
Lait cru de vache	≤100 000 (*)	≤400 000 (**)
Lait cru d'autre espèce	≤1 500 000 (*)	
Lait cru d'autre espèce destiné à la fabrication de produits sans traitement thermique	≤500 000 (*)	
Lait immédiatement avant transformation : -lait cru de vache -lait transformé de vache	≤300 000 ≤100 000	

(*) Moyenne géométrique variable constatée sur une période de deux mois, avec au moins deux prélèvements par mois.

(**) Moyenne géométrique variable constatée sur une période de trois mois, avec au moins un prélèvement par mois, sauf si l'autorité compétente définit une autre méthodologie pour tenir compte des variations saisonnières des niveaux de production.

Tableau 14 : Critères applicables au lait cru [76]

Le règlement (CE) n°183/2005 établit des règles générales d'hygiène des aliments pour animaux, depuis la production primaire jusqu'à l'alimentation des animaux producteurs de denrées alimentaires, ainsi que les conditions et les modalités permettant d'assurer la traçabilité de ces aliments [80].

Le règlement (CE) n°882/2004, qui ne fait originellement pas partie du paquet hygiène, décrit les règles générales s'appliquant aux services officiels dans le cadre de leurs contrôles de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien-être des animaux (prévention ou élimination des risques pour les hommes et les animaux, loyauté des pratiques et protection des intérêts des consommateurs). Il remplace les directives 89/37/CEE et 93/99/CEE dont il reprend les grands principes.

Il précise que les autorités compétentes doivent programmer leurs inspections sur la base d'une analyse de risques, qu'elles doivent mettre en place des audits internes, que les inspecteurs doivent s'appuyer sur des procédures documentées. Il précise les conditions de délégation de certaines tâches de contrôle à un organisme tiers, traite des procédures d'échantillonnage, des conditions de désignation des laboratoires officiels, des contrôles à l'importation et du financement des contrôles officiels [77].

Le règlement (CE) n°854/2004 définit les règles spécifiques s'appliquant aux services de contrôle inspectant les établissements soumis au règlement (CE) n°853/2004. Ces règles viennent en complément de celles fixées par le règlement (CE) n°882/2004.

Il définit les modalités d'agrément d'un établissement (agrément conditionnel de 3 mois renouvelable une seule fois) ainsi que les modalités d'utilisation du personnel d'abattoir pour la réalisation de certaines tâches d'inspection.

Il comporte aussi des annexes relatives à un secteur donné : viandes fraîches, produits de la pêche... Les États membres peuvent adapter les dispositions des annexes, soit dans le cadre de méthodes traditionnelles, soit pour des entreprises de faible production, soit pour la mise en œuvre de projet-pilotes, et cela sous réserve de soumettre un dossier à la Commission et aux autres États membres [78].

Ces textes sont complétés par des règlements d'application et des documents d'interprétation. Ces derniers abordent des thèmes généraux, comme l'interprétation des règlements (CE) n°852/2004 et n°853/2004, et des thèmes plus spécifiques sur l'import et l'HACCP (notamment la souplesse à accorder à certaines entreprises en fonction soit de leur taille soit de la nature de leur activité).

Les règlements d'application sont au nombre de quatre :

- le règlement (CE) n°2073/2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires [79],
- le règlement (CE) n°2075/2005 concernant les modalités du contrôle des trichines dans les viandes d'animaux sujets à ces infestations,
- le règlement (CE) n°2074/2005 relatif aux différentes mesures prises en application des règlements (CE) n° 852/2004, 853/2004, 882/2004 et 854/2004,
- le règlement (CE) n°2076/2005 relatif aux mesures transitoires en application des règlements (CE) n° 853/2004, 882/2004 et 854/2004.

2. Le guide de bonnes pratiques d'hygiène [101]

Le guide de bonnes pratiques d'hygiène (GBPH) a pour objectif d'aider les professionnels à maîtriser la sécurité sanitaire de leur production et à respecter les obligations réglementaires du paquet hygiène. Son usage est encouragé par la législation sanitaire, en particulier dans le **règlement (CE) n°852/2004** (hygiène des denrées alimentaires) et dans le **règlement (CE) n°183/2005** (hygiène de l'alimentation animale). De plus, un guide validé sert de document de référence et est pris en compte lors des contrôles officiels, comme cela est indiqué dans le **règlement (CE) n°882/2004**. En effet, la réglementation européenne fixe aux professionnels des objectifs à atteindre en matière de sécurité sanitaire, tout en laissant une certaine liberté sur les moyens employés. Le professionnel est avant tout responsable de la qualité sanitaire des produits mis sur le marché.

Le GBPH est rédigé par des professionnels du secteur concerné en suivant les principes HACCP, donc il est adapté aux différentes contraintes et structures d'entreprise de ce secteur. Ils sont validés par l'administration suivant un protocole comportant 5 étapes principales (Figure 12) :

1-la notification et la désignation d'une administration « pilote »

Les professionnels prennent l'initiative de la rédaction du guide, et doivent la notifier auprès de trois administrations, la DGAL, la DGCCRF et la DGS²⁸, en précisant le titre du guide et son champ d'application, les organismes professionnels et partenaires associés à l'élaboration, ainsi que l'état d'avancement de cette élaboration (calendrier prévisionnel). Une administration dite « pilote » est désignée pour être l'interlocuteur privilégié des professionnels.

Dans un premier temps il est demandé aux professionnels une étude initiale précisant le champ du guide et la nature des dangers retenus accompagné éventuellement de la bibliographie correspondante. Cette étude sera ensuite transmise à l'AFSSA²⁹ pour avis sur sa pertinence.

2-le recueil des commentaires des trois administrations

Le professionnel peut ensuite rédiger une version complète du guide, comportant au minimum une analyse des dangers étudiés, notamment à la lumière des risques signalés dans la littérature scientifique, et les moyens de maîtrise de ces dangers. Cette version est ensuite soumise aux administrations pour commentaires (communs aux trois administrations) : soit le guide doit faire l'objet de corrections, soit il est transmis à l'AFSSA.

3-l'avis de l'AFSSA

En se basant sur l'avis des différents comités d'experts spécialisés, l'AFSSA rend un avis final. En cas d'avis défavorable, le guide est de nouveau soumis à la procédure.

4-la présentation au Conseil National de la Consommation

Les administrations prennent ensuite la décision de présenter le guide au CNC, pour consultation, puis décident de la validation finale du guide.

5. la publication au Journal Officiel de la République Française et transmission à la Commission européenne

²⁸ DGAL = Direction Générale de l'Alimentation ; DGCCRF=Direction Générale du Commerce, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes ; DGS= Direction Générale de la Santé

²⁹ AFSSA =Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, remplacée par l'ANSES, ou Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail.

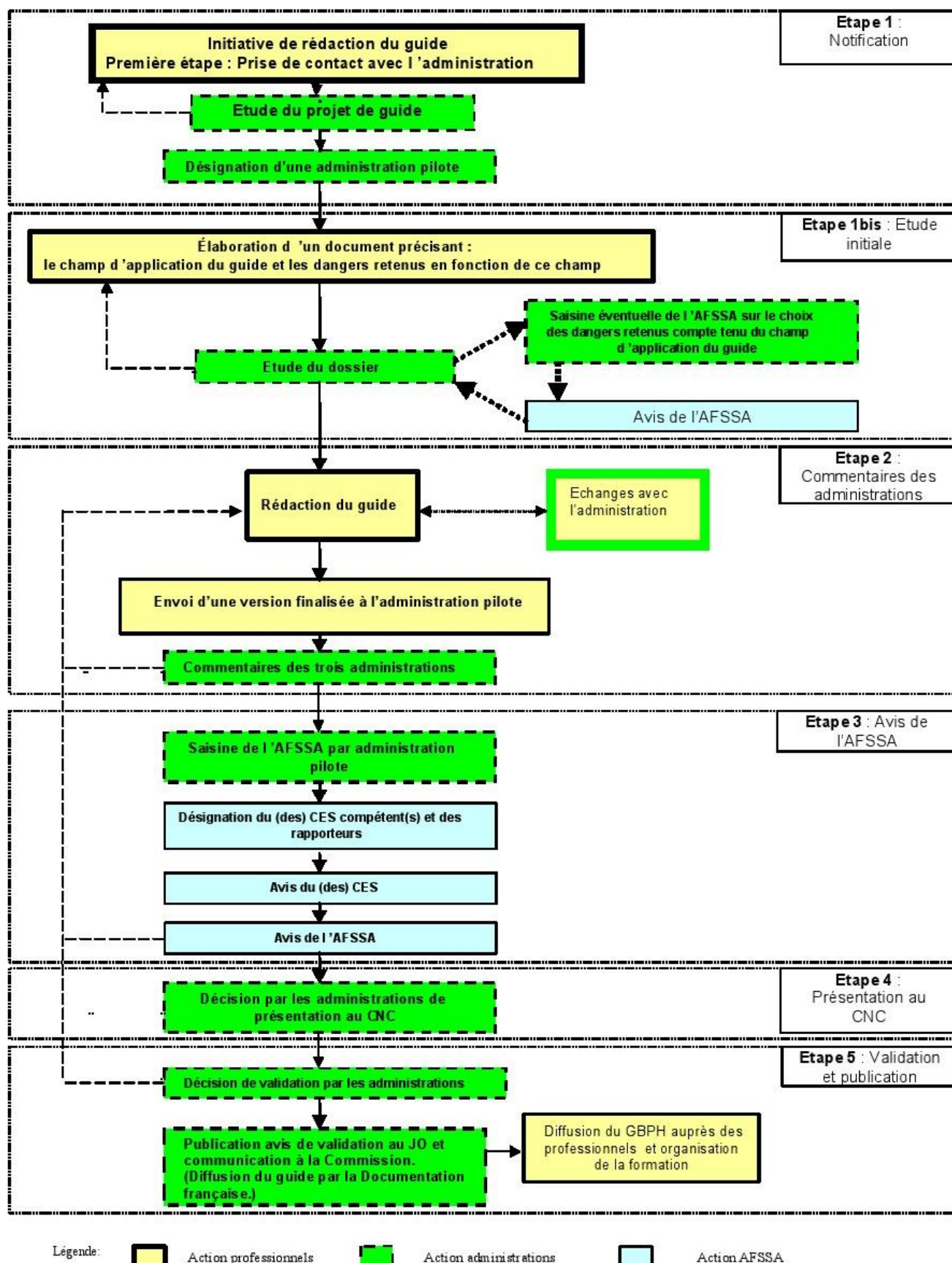


Figure 12 : Protocole de validation d'un Guide de Bonnes Pratiques d'Hygiène [101]

La production de la Ferme Mamet rentre dans le champ d'application du GBPH intitulé « Fabrication de produits laitiers et fromages fermiers », édité en septembre 2003. Il a été élaboré par la Fédération Nationale des Eleveurs de Chèvres et la Fédération Nationale des Producteurs de Lait. Il était initialement conforme aux principes de la directive 93/43 relative à l'hygiène des denrées alimentaires, dont les grandes lignes ont été reprises dans le règlement 853/2004. Ce guide de bonnes pratiques est donc encore employé comme outil de référence.

Il présente différentes fiches « produits », rappelant, pour chaque étape technologique à surveiller, les dangers, les moyens de maîtrise, de contrôle et les éventuelles actions correctives à mettre en place [41]. Les dangers bactériologiques retenus après l'analyse des dangers sont *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*.

Nous allons voir dans la prochaine partie les différents dangers que l'on peut éventuellement retrouver lors de la fabrication du Mont d'Or fermier.

B. Les dangers

D'après le règlement (CE) n°178/2002, un danger est « un agent biologique, chimique ou physique présent dans les denrées alimentaires ou les aliments pour animaux, ou un état de ces denrées alimentaires ou aliments pour animaux, pouvant avoir un effet néfaste sur la santé ». Le risque quant à lui est « une fonction de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, du fait de la présence d'un danger » [74].

Nous allons donc voir une liste non exhaustive des dangers que l'on peut retrouver dans le Mont d'Or.

1. Dangers physiques

Il s'agit surtout de corps étrangers, type fragment de verre, de bois ou plastique, de végétaux (paille)... que l'on peut éventuellement retrouver. Le risque est faible, et la prévention facile à mettre en place : il faut par exemple filtrer le lait avant son utilisation, ou surveiller l'état des locaux et du matériel,

2. Dangers chimiques

Les dangers chimiques sont nombreux et peuvent avoir diverses origines : soit ils ont pour origine la denrée alimentaire elle-même ou sont issus d'une altération de cette denrée, et sont alors dits endogènes, soit ils sont d'origine extérieure et contaminent la denrée alimentaire et sont dits exogènes.

a) Dangers endogènes

Les dangers endogènes peuvent être une toxine produite par la plante ou l'animal, ou une substance produite suite à un traitement thermique (hydrocarbure aromatique polycyclique par exemple) ; ces dangers ne concernent pas la production de Mont d'Or.

Ils peuvent aussi être dus à une altération, comme par exemple la putréfaction, à l'origine de la formation entre autres d'amines biogènes comme l'histamine, responsable du choc histaminique. La prévention passe par la non consommation de produits altérés, le respect des conditions de stockage adaptés et de la date limite de consommation.

b) Dangers exogènes

Ce sont des contaminants. On retrouve dans cette catégorie les radionucléides, les polluants industriels et agricoles, les résidus de médicaments vétérinaires, de produits de nettoyage...

(1) Les radionucléides

Ils sont soit d'origine naturelle (sols en particulier granitiques, végétaux, rayonnement solaire et cosmique...) soit d'origine humaine (accidents et essais nucléaires...).

La part de la radioactivité moyenne annuelle de la population en 2010, qui est imputable à une origine alimentaire, correspond à environ 0,2 mSv/an pour un total à 3.7 mSv/an. Par ailleurs, les effets sur la santé humaine d'une exposition à des doses inférieures à 100 mSv font l'objet de débats scientifiques, et on n'a pas montré pour l'instant de relation entre l'exposition aux rayonnements ionisants à de telles doses et la survenue de cancer [57].

Cependant, les radionucléides font l'objet en France d'un plan de surveillance. Ce plan de surveillance se base sur les règlements 178/2002, 882/2004 et 733/2008.

Par exemple, dans le plan 2011, le Doubs fait l'objet d'une surveillance départementale allégée et d'une surveillance des zones de rémanence.

Surveillance des zones de rémanence					
Matrice	Nombre de prélèvement		Quantité à prélever	Lieu de prélèvement	Analyse Par laboratoire agréé
Fromage	3 par an par département (3 stations différentes)		500g	laiterie	Spectrométrie : ¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs
Surveillance départementale allégée					
Matrice	Nombre de prélèvement	Quantité à prélever	Lieu de prélèvement	Période	Analyse
Lait de bovin	1 par trimestre (envoi à un laboratoire agréé) + 1envoi en doublon par an à l'IRSN	_ 1 litre (laboratoire agréé) _ 2 à 3 litres (IRSN)	Établissement de collecte	Privilégier période de pâturage	Laboratoires départementaux ¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs 1 envoi par an à l'IRSN Spectrométrie - ¹³¹ I ; ¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs, - ⁹⁰ Sr, Ca, K

Tableau 15 : Plan de surveillance radionucléides (Doubs) [107]

Les seuils sont définis dans le règlement (CE) 733/2008 : pour le lait et les produits laitiers, le seuil de radioactivité maximale cumulée de césium 134 et 137 est de 370 Bq/ kg [82]. Le seuil de détection est de 10 Bq/Kg, et l'observation des résultats des années 2001 à 2003 dans la catégorie « lait et produits laitiers » montre que seul un prélèvement sur 1593 dépasse le seuil de détection, et il reste inférieur à la norme [50].

En cas d'accident nucléaire, la contamination des animaux, et donc du lait, est principalement due à l'ingestion de végétaux contaminés (pâtures et fourrages). Le transfert des radionucléides dans le lait est très rapide, de l'ordre de quelques heures, et une persistance de l'activité de 30 à 60 jours selon le radioélément. Des mesures préventives sont alors prises selon la distance du lieu de l'accident (tarissement des animaux, élimination des produits...). Ces mesures sont décrites dans le Guide d'aide à la décision pour la gestion du mi-

lieu agricole en cas d'accident nucléaire, disponible sur le site Internet du Ministère de l'Agriculture. [43]

Toutefois la probabilité d'un accident nucléaire ayant un impact sur la production du Mont d'Or reste infime, en particulier à cause de l'éloignement des installations nucléaires.

(2) Les métaux lourds [121]

La contamination du fromage est possible par contamination de la matière première, c'est-à-dire du lait, ou lors de la transformation ou de son stockage, si il est en contact avec des matériaux ou des emballages non inertes. La contamination du lait est due à la présence des contaminants dans l'environnement et l'alimentation des vaches laitières. Le métal s'accumule dans l'organisme des animaux, jusqu'à son excrétion dans les selles, l'urine, la transpiration, les phanères et le lait. La cinétique et l'évolution des métaux dépendent de la nature et de la présentation chimique du métal. Les métaux les plus souvent mis en cause sont actuellement le plomb et le cadmium, du fait de leur toxicité. Par ailleurs le risque de contamination des produits laitiers par le mercure ou l'arsenic est faible.

- Le plomb

C'est un métal lourd particulièrement toxique. Environ 10 à 40% du plomb ingéré est absorbé par l'organisme, dans lequel il s'accumule, et 90% du plomb assimilé se fixe sur les os avec un temps de demi-vie biologique de 20 ans. Il est responsable d'atteintes du système nerveux central (convulsions, troubles de développement neurocomportemental chez l'enfant...), de l'hématopoïèse, des reins... Il s'élimine par les selles, l'urine, les phanères et le lait. La dose hebdomadaire tolérable a été fixée par l'OMS³⁰ à 25µg/kg de poids corporel chez l'adulte et l'enfant, soit un apport alimentaire de 250 mg/jour pour un homme de 70 kg [104]. Le plomb est présent dans l'environnement, et parfois dans l'eau (anciennes tuyauteries), et peut donc contaminer les animaux, ou le produit lors de sa transformation. La teneur maximale autorisée dans le lait est de 0.02 mg/Kg [81].

- Le cadmium

Il est très répandu dans l'environnement, car il est présent dans de nombreux minerais et est émis dans l'atmosphère au cours des opérations de raffinage. C'est un toxique cumulatif, avec un temps de demi-vie biologique de 10 à 30 ans chez l'homme. Dans le sang, il se lie à l'hémoglobine, à la métallothionéine et à des protéines sériques. Il est responsable de troubles d'assimilation du calcium, d'hypertension, de néphropathies.... La dose hebdomadaire tolérable a été fixée par l'OMS à 7 µg/kg de poids corporel chez l'adulte et l'enfant.

Le cadmium se fixant principalement dans les reins, il est peu excrété dans le lait. Il n'existe pas de limite fixée réglementairement au niveau européen pour les produits laitiers. [81]

³⁰ Organisation Mondiale de la Santé

(3) Pesticides et polluants d'origine industrielle

Les pesticides sont des produits chimiques naturels ou synthétiques destinés à lutter contre les espèces nuisibles, animales ou végétales : on retrouve ainsi les herbicides, fongicides, insecticides, acaricides et rodenticides.

La contamination des vaches laitières peut se faire par ingestion dans la ration (traitement des pâtures, des cultures, contamination des locaux de stockage...) ou par absorption après le traitement du local d'élevage (léchage, inhalation ou contact direct avec le principe actif). Ils peuvent être retrouvés sous forme de résidus contaminants dans le lait. Des limites maximales de résidus (LMR) sont fixées par la réglementation européenne pour chaque denrée alimentaire d'origine animale et pour chaque principe actif (disponibles sur http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm). Au-delà de ces limites, la denrée alimentaire est considérée comme impropre à la consommation humaine.

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés aromatiques également connus sous le nom de pyralènes. Ils ont été utilisés dans l'industrie pour leurs propriétés isolantes (transformateurs électriques) ainsi que leur stabilité chimique (encre, peintures). Leur utilisation a été interdite en 1987, mais du fait de leur grande stabilité, ils persistent dans l'environnement et s'accumulent dans certains réservoirs (sédiments marins ou de rivière). Présentant une grande affinité pour les graisses, ils se concentrent dans les tissus adipeux des animaux, et se retrouvent dans certaines denrées alimentaires d'origine animale, comme le lait et ses dérivés, les œufs ou les poissons gras. Ces molécules s'accumulent ensuite au sein de l'organisme des consommateurs, et peuvent, au-delà d'un certain niveau d'exposition, entraîner des troubles neurocomportementaux, endocriniens (thyroïde), perturbation métabolique...

Les dioxines sont des composés produits lors d'incendies ou d'incinération des déchets industriels ou d'ordures ménagères, et de certains processus chimiques (traitement de la pâte à papier d'origine végétale...). Comme les PCB, ce sont des produits stables et peu biodégradables, qui s'accumulent dans les graisses animales, et se retrouvent dans les denrées alimentaires d'origine animale. Elles présenteraient un effet cancérigène [2].

La réglementation européenne définit la teneur maximale pour le lait cru et les produits laitiers, y compris matière grasse butyrique, pour la somme des dioxines (OMS-PCDD/F-TEQ³¹) à 3.0pg/g de graisse³², et pour la somme des dioxines et des PCB de type dioxine (OMS-PCDD/F-PCB-TEQ) à 6.0 pg/g de graisse³² [81]. Les Dioxines et les PCB font l'objet de plans de surveillance de la contamination dans les denrées alimentaires, qui a montré en 2009 un faible niveau de contamination (2 non-conformités sur 129 prélèvements) [34].

(4) Les résidus de médicaments vétérinaires [42]

L'arsenal thérapeutique utilisé en médecine vétérinaire est étendu, et l'usage des médicaments vétérinaires s'est largement banalisé. Ces substances sont éliminées par les animaux soit sous leur forme originelle, soit sous forme de divers métabolites, après passage par le

³¹ TEQ : équivalent toxique d'un mélange de composés comme les dioxines ou les PCB, par rapport à une molécule de référence, la « dioxine de Seveso ».

³² La teneur maximale ne s'applique pas aux denrées alimentaires contenant moins de 1% de graisse

foie : l'élimination peut être fécale, urinaire, mais aussi par la sécrétion lactée. Ces substances peuvent donc être retrouvées sous forme de résidus dans le lait et les produits de sa transformation.

La teneur en résidus de médicaments du lait dépend de l'élimination des substances par le lait, qui dépend elle-même de nombreux facteurs :

- la voie d'administration,

La voie orale est très peu utilisée chez la vache laitière, et seules les substances qui traversent la barrière digestive peuvent être à l'origine de résidus dans le lait. Par exemple, les antibiotiques administrés par voie orale passent généralement mal la barrière digestive et ne sont utilisés que dans le traitement d'affections digestives (colistine, sulfaguanidine).

La voie parentérale (intramusculaire, intraveineuse, sous-cutanée et intrapéritonéale) est largement plus utilisée : les substances passent alors aisément dans le sang, et sont dès lors plus ou moins excrétées par la mamelle.

La voie intramammaire est très utilisée dans la prévention et le traitement des mammites chez la vache laitière ; c'est la voie qui assure la plus grande concentration en antibiotique dans la mamelle et qui est peu contraignante pour l'éleveur.

D'autres voies locales d'administration peuvent être responsables d'une élimination lactée après résorption sanguine (voie cutanée ou intra-utérine).

- la posologie,

La quantité de résidus ainsi que leur durée d'élimination sont directement corrélée à la quantité de principe actif administré.

- le principe actif en lui-même, et plus précisément sa nature chimique,

L'état d'ionisation de la substance, selon son pKa et le pH du lait et du sang, ainsi que sa liposolubilité conditionnent son aptitude à franchir les membranes biologiques, et donc son excrétion dans le lait.

- l'excipient,

Sa nature huileuse ou aqueuse, la présence d'épaississants modifient la pharmacocinétique du produit, et donc son élimination dans le lait : un excipient huileux augmente par exemple la durée d'excrétion de chlortétracycline.

- L'animal.

Son état général modifie la pharmacocinétique de médicament. Ainsi, un animal déshydraté possède une moins bonne résorption lors d'injections intramusculaires ou sous-cutanées.

Les effets des médicaments vétérinaires sur le consommateur sont variés et dépendent principalement de la dose de résidus ingérée. Celle-ci est souvent faible, et peut être répétée, les effets attendus sont donc du type toxicité chronique, éventuellement allergie (pénicilline), et dans le cas de résidus d'antibiotiques, modification de la microflore intestinale ou sélection de souches bactériennes résistantes.

Des délais d'attente sont fixés pour chaque médicament, en fonction de sa posologie : cela correspond à la durée consécutive à un traitement pendant laquelle les productions de l'animal dépassent les LMR, et sont donc interdites à la consommation.

La présence de résidus d'antibiotiques dans le lait est souvent due à un accident (traite d'un animal en cours de traitement mal identifié, vêlage précoce et non-respect du délai d'attente du traitement administré au tarissement, administration du traitement au mauvais animal, confusion entre deux traitements de délai d'attente différent...).

La conséquence principale de la présence des antibiotiques en transformation fromagère est une insuffisance de coagulation par défaut d'activité des ferments lactiques, inhibés par les antibiotiques : la totalité de la cuve de fabrication est donc à éliminer, ce qui représente une perte économique importante pour le transformateur. Des tests de dépistage sont donc réalisés par les organismes de collecte dans le tank du producteur et dans la citerne, avant la mise en fabrication du lait. Les tests de dépistage rapide demandent une confirmation en cas de résultat non négatif : le résultat définitif est reçu par l'éleveur 48 heures après le prélèvement. Les sanctions financières pour le producteur fautif peuvent être très lourdes (prise en charge par l'éleveur responsable des frais de destruction de la citerne, interdiction de collecte ...). [90]

Le producteur fermier se rend compte très rapidement de la contamination de son lait lors de la transformation, et peut alors chercher sans délai l'origine du problème. Par ailleurs, son lait ne contaminant pas de citerne de collecte, il n'est pas soumis à de telles sanctions.

3. Dangers microbiologiques

Les principaux micro-organismes pathogènes associés aux produits laitiers sont *Salmonella* sp. , *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni* et certaines moisissures. Ces germes sont responsables de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC). Certains agents pathogènes sont des agents de zoonose, c'est-à-dire des affections qui affectent les animaux et les hommes, et peuvent être transmis par l'intermédiaire des produits laitiers. C'est le cas de la listéria, de la salmonellose, de la brucellose et de la tuberculose. Ces deux dernières sont des maladies réglementées.

a) Les toxi-infections alimentaires

Il existe plusieurs types de TIA :

- l'intoxication, due à une toxine préformée dans l'aliment
- la toxi-infection alimentaire, au sens strict, due à l'action de la bactérie en elle-même et de ses toxines
- l'intoxication, due essentiellement à l'action de l'histamine produite par des bactéries, lors de la putréfaction par exemple.

En 2009, 1255 foyers de TIAC ont été déclarés en France, affectant 13905 personnes. L'agent le plus souvent mis en cause est la toxine staphylococcique (31% des foyers pour lesquels l'agent est identifié, soit 58% des foyers déclarés), suivi par les salmonelles (20%). Les foyers non déclarés sont cependant plus nombreux [62].

En 2006, la consommation de fromage contaminé représentait 0.4% des foyers d'épidémie d'origine alimentaire au niveau européen. La consommation de Mont d'Or au lait cru a été mise en cause dans quatre TIAC ces trente dernières années en Europe :

- une infection à *Listeria monocytogenes*, en Suisse en 1983-1987, à l'origine de 122 cas dont 33 morts
- deux épidémies de salmonellose (*Salmonella* sérotype Dublin) en France en 1995 et 1996, faisant respectivement 25 et 14 cas, dont 5 décès pour la première et un décès pour la seconde
- une intoxication due à *Staphylococcus aureus* en Suisse en 1985, concernant 215 personnes [85].

(1) La Listériose

(a) Caractéristiques microbiologiques de l'agent

Le micro-organisme responsable de la listériose est *Listeria monocytogenes*. C'est un petit bacille à Gram positif, non sporulé. En culture à 20-25°C, elle est mobile, grâce à 2-3 flagelles. A 37°C, le développement des flagelles est faible, la bactérie est donc immobile [111].

Les *Listeria* sont aéro-anaérobies facultatives, et se développent bien sur les milieux de culture usuels. Selon les souches, le comportement de *L.monocytogenes* est variable, quel que soit le paramètre étudié ou la matrice alimentaire : ainsi sa température de croissance est comprise entre -2°C et +45°C, avec un optimum entre 30 et 39°C. C'est donc un germe psychrotrophe, capable de se développer dans les denrées alimentaires réfrigérées (+4°C). Son pH de croissance est compris entre 4.6 et 9.6, avec un pH optimal de 7.1. L'activité de l'eau minimale supportée est de 0.92 à 0.93, ce qui correspond à une concentration de 11.5% de NaCl. [17]

Les *Listeria* sont sensibles à la chaleur et sont rapidement détruites à 60°C³³. Elles sont donc détruites par la pasteurisation et la thermisation du lait. Elles sont sensibles aux désinfectants usuels (ammoniums quaternaires, dérivés chlorés ou iodés, et acides anioniques). Elles sont aussi sensibles aux radiations (2kGy suffisent pour les détruire aux doses rencontrées dans les aliments) [8].

Listeria monocytogenes a été isolée chez plus de soixante espèces animales (ruminants, suidés, carnivores domestiques, lagomorphes, poissons...). Il s'agit souvent de porteurs intestinaux asymptomatiques. C'est le cas par exemple des porcs, des rongeurs et des oiseaux [8].

Listeria est une bactérie saprophyte, ubiquiste, hydrotellurique, très largement répandue dans des environnements variés : sol, boue, végétaux et fourrages, matières fécales humaines et animales, eaux d'égouts et de rivière... Elle possède de grandes capacités de résistance dans le milieu extérieur (Tableau 16). Elle est aussi capable de former des biofilms³⁴, en présence ou non d'autres bactéries. [129]

³³ Cependant, une thermorésistance peut se développer lors d'un préchauffage avant pasteurisation [8].

³⁴ Un biofilm est une communauté multicellulaire plus ou moins complexe et symbiotique de micro-organismes (bactéries, champignons, algues ou protozoaires), adhérant entre eux et à une surface, et maintenue par la sécrétion d'une matrice adhésive et protectrice. C'est une structure vivante en perpétuel remaniement. [120]

Échantillons	Température en °C	Survie en jours
Sol stérile	Hiver / printemps et été	154
Fèces des ruminants	5	182-2190
Boues en surface	28-32	35
Ensilage	5	180-2190
Eau	2-8	790-928

Tableau 16: Survie des *Listeria* dans l'environnement [88]

(b) La listériose humaine

(i) Épidémiologie

Les infections à *L.monocytogenes* sont rares, mais graves. L'Institut de veille sanitaire estime le nombre de cas annuels de listériose sur la période 1997-2000 à 307 cas hospitalisés dont 79 décès [126]. En 2010, il y a eu 307 cas en France métropolitaine, soit une incidence de 4.9 pour un million d'habitant, 269 formes non materno-néonatale (létalité 20%) et 43 femmes enceintes ou nouveau-nés atteints (létalité foeto-néonatale 30%) [63]. La listériose survient principalement chez des sujets dont le système immunitaire est perturbé, physiologiquement (femme enceinte, nouveau-né, personne âgée), à cause d'une maladie (SIDA, cancer...) ou d'un traitement en cours (Corticothérapie, immunosuppresseurs, chimiothérapie). Les personnes immunocompétentes peuvent juguler l'infection, qui reste le plus souvent asymptomatique [8].

(ii) Symptômes

La période d'incubation dure de plusieurs jours à plusieurs semaines. La listériose se présente alors sous différentes formes cliniques :

- Listériose de la femme enceinte : elle se traduit par un épisode fébrile, qui est le plus souvent spontanément résolutif en quelques jours. Elle peut entraîner une contamination du fœtus (listériose foeto-maternelle) ou de l'enfant lors de l'accouchement (listériose néonatale)
- Listériose néonatale précoce : *L.monocytogenes* infecte l'enfant par voie hématogène transplacentaire, et est à l'origine de la mort in utero, l'avortement ou l'accouchement prématuré selon le stade de la grossesse. L'infection du nouveau-né se révèle alors rapidement, et se présente sous une forme septicémique, avec détresse respiratoire isolée ou accompagnée d'hépatosplénomégalie. Dans sa forme évoluée, elle forme des granulomes bactériens disséminés, atteignant la plupart des organes, s'accompagnant de purpura. Anémie et thrombopénie sont alors fréquentes. L'atteinte méningée reste rare. Parfois, l'enfant vient au monde sain, mais les prélèvements de méconium peuvent révéler *L.monocytogenes*.
- Listériose néonatale tardive : La méningite isolée peut apparaître jusqu' à deux semaines après la naissance. Le traitement rapide est le plus souvent suivi de guérison. Elle représente 5% des formes néonatales.
- Listériose invasive de l'enfant et de l'adulte. Elle se présente aussi sous plusieurs formes. La bactériémie est rencontrée chez les sujets immunodéprimés, et peut se compliquer d'endocardite ou rarement d'infections focales. Les listérioses neuroméningées (méningite, méningo-encéphalite, encéphalite

et abcès cérébraux) se caractérisent par des signes neurologiques, avec parfois atteinte des centres respiratoires, et précédés de fièvre, parfois de maux de tête et de vomissements.

- Listériose non invasive de l'enfant et de l'adulte. Elle se présente sous forme de gastro-entérite, ou sous forme cutanée (fermiers, vétérinaires praticiens, personnel d'abattoir, en contact avec les animaux atteints) qui peut évoluer vers une septicémie ou une méningite.

Le diagnostic est effectué par isolement de *L.monocytogenes* à partir d'un prélèvement clinique.

Le traitement repose sur l'utilisation d'antibiotiques. *L.monocytogenes* est sensible aux pénicillines A et G, aux aminosides, au sulfamide-triméthoprime. Cependant, la mortalité globale est estimée à 25-30%, et les séquelles neurologiques sont fréquentes. [8]

(c) *La listériose des ruminants*

(i) *Épidémiologie*

Chez les ruminants, presque la totalité des cas observés de listériose sont d'origine alimentaire. *L.monocytogenes* est répandue dans l'environnement, sols et plantes, et les fourrages contaminés par de la terre, comme par exemple l'ensilage.

Les fourrages verts sont fréquemment contaminés en quantité généralement faible, du fait des épandages, de la dissémination par les animaux sauvages, et de la contamination naturelle des sols.

Les fourrages fermentés de mauvaise qualité permettent ensuite le développement de *L.monocytogenes* : lors de la fabrication adéquate de l'ensilage, les fourrages fermentent en l'absence d'oxygène (fermentation lactique), ce qui abaisse le pH et inhibe toute activité microbienne. Lorsque les conditions sont plus favorables, suite à la pénétration d'air dans le silo (plastique non hermétique, trous...), les bactéries et les moisissures peuvent se développer. Par exemple, même avec un pH de 3.8, *L.monocytogenes* est capable de croître de nouveau en aérobiose après 100 jours de stockage. La contamination de l'ensilage est donc plus importante en périphérie (aérobiose) qu'au centre du silo. L'utilisation de bactéries lactiques pour ensemer le silo lors de sa fabrication pourrait donc assainir l'ensilage en listeria, en permettant le démarrage rapide de l'acidification [86].

La listériose n'est pas une maladie réputée légalement contagieuse (MLRC) ni une maladie à déclaration obligatoire (MDO). Les cas sont mis en évidence par les laboratoires d'analyses sur demande des éleveurs ou des vétérinaires praticiens ; il n'existe pas de structure centralisant les résultats. Suite à une enquête réalisée en juin 1999 auprès des laboratoires d'analyses, on a répertorié 259 cas de listériose des bovins en France sur la période 1998-mai 1999, dont 133 avortements et troubles génitaux, 106 encéphalites, 13 septicémies et 7 conjonctivites. [8]

(ii) *Signes cliniques et traitement*

Chez les bovins, la maladie est sporadique ou endémique, en fonction des conditions d'élevage (distribution et qualité des aliments). Les formes abortives et les formes nerveuses

sont les plus fréquentes. Les formes septicémiques leur font suite. Il existe aussi des formes oculaires, mammaires (souvent asymptomatiques) et digestives.

La forme abortive se caractérise par un avortement dans les dernières semaines de la gestation.

La forme nerveuse se caractérise par une encéphalite, affectant principalement des animaux sevrés de moins de trois ans. L'apparition de signes nerveux est brutale : ils sont accompagnés d'une hyperthermie modérée. Les animaux ont du mal à se déplacer, titubent et tournent en rond toujours dans le même sens, puis tombent et demeurent en décubitus. On observe aussi des grincements de dents, du trismus, du ptyalisme et des paralysies faciales pouvant être unilatérales. Dans certains cas, des signes oculaires apparaissent (conjonctivite et kératite ulcéreuse). La mort de l'animal peut survenir en 4 à 14 jours après le début des symptômes, malgré les traitements.

On peut observer parfois une entérite avant la survenue d'autres formes. Chez les jeunes animaux, la listériose se manifeste par une septicémie, qui découle des formes précédentes [8] .

Le traitement de la listériose repose sur l'utilisation d'antibiotiques (association pénicilline-gentamicine, tétracycline, amoxicilline par voie intra-utérine et générale en cas d'avortement...). Cependant, l'échec est fréquent sur les formes nerveuses.

Les mammites à *L.monocytogenes* sont possibles et sont principalement des formes subcliniques, révélées à l'occasion de dépistages sur lait de tank. Par ailleurs, *Listeria* est souvent isolée en complément d'analyses de laboratoire, suite à un échec de traitement sur une mammite clinique. L'excrétion mammaire reste cependant peu fréquente, mais le niveau de contamination du lait de quartier est alors très élevée : en effet, dans une étude de type cas/témoin réalisée dans 128 élevages dont 33 élevages contaminés par *Listeria monocytogenes*, l'excrétion n'a été constatée que dans 3 troupeaux, soit 3 vaches (sur 1409 vaches au total). Le niveau de contamination du lait de quartier est alors très élevé, entre 1000 et 60000 ufc/mL [99].

(d) *Transmission à l'homme*

(i) *Modalités*

Les transmissions cutanées ou nosocomiales sont possibles, mais la transmission alimentaire reste la plus importante. Les estimations de morbidité et de mortalité annuelles de la listériose sont de 307 cas confirmés dont 304 d'origine alimentaire et de 79 décès dont 78 d'origine alimentaire, soit une transmission alimentaire pour 99% des listérioses [126] . *Listeria monocytogenes* a pu être mise en évidence dans la plupart des produits destinés à la consommation humaine. Les aliments à risque sont ceux qui permettent la croissance des *Listeria monocytogenes* et consommés sans avoir été chauffés suffisamment pour les détruire. Cela concerne particulièrement les produits à longue conservation, comme certains produits de charcuterie ou certains fromages. Nous allons par la suite nous intéresser uniquement à la contamination des produits laitiers.

Les produits laitiers ont été mis en cause dans près de la moitié des épidémies³⁵ de listériose rapportées en Europe (Tableau 17). Les produits laitiers font aussi partie des facteurs de risque des listérioses sporadiques mis en évidence lors d'études cas/témoin en Europe et aux USA (Tableau 18).

Année	Pays	Type de produit	Nombre de cas	Référence
1949-1957	Allemagne	Lait cru	≈ 100	Seeliger, 1961
1983-1987	Suisse	Fromage à pâte molle « Vacherin Mont d'Or »	122	Bille 1990
1986	Autriche	Lait cru / légumes	28	Allenberger et Guggenbichler 1989
1987-1989	Royaume-Uni, Irlande	Pâté	>350	Mclauchlin <i>et al.</i> 1988
1992	France	Langue de porc en gelée Charcuterie à la coupe	279	Goulet <i>et al.</i> 1993 Roccourt <i>et al.</i> 1993
1993	France	Rillettes	38	Goulet <i>et al.</i> 1998
1994-1995	Suède	Truite « gravad »	9	Ericsson <i>et al.</i> 1997
1995	France	Fromage à pâte molle type « brie »	36	Goulet <i>et al.</i> 1995 Vaillant <i>et al.</i> 1998
1997	France	Fromage à pâte molle « Pont l'Evêque », « Livarot »	14	Jacquet <i>et al.</i> 1998
1997	Finlande	Poisson		Miettinen <i>et al.</i> 1999
1999	France	Fromage à pâte molle type « Epoisses »	3	Non publié
1999	Finlande	Beurre pasteurisé	18	Lyytikäinen <i>et al.</i> 1999
1999	France	Rillettes	10	De Valk <i>et al.</i> 2000
1999-2000	France	Langue de porc en gelée Charcuterie	32	Non publié
2001	Suède	Fromage à pâte molle	33	Carrique-Mas <i>et al.</i> 2003

Tableau 17: Épidémies de listériose rapportées en Europe jusqu'en 2001 [8; 94]

Pays	Année	Nombre de cas / nombre de témoins	Aliments associés avec la maladie	référence
USA	1986-1987	82/239	Hot dog non réchauffé Poulet insuffisamment cuit	Schwartz <i>et al.</i> 1988
USA	1988-1990	165/376	Fromage à pâte molle, Produits du rayon traiteur	Schuchat <i>et al.</i> 1992 Pinner <i>et al.</i> 1992
Danemark	1989-1991	50/40	Lait cru Pâté	Jensen <i>et al.</i> 1994
Grande Bretagne	1990-1992	124/459	Poulet acheté cuit Crustacés	Hall <i>et al.</i> 1995
France	1997	120/240	Fromages à pâte molle	De Valk <i>et al.</i> 1998

Tableau 18: Aliments mis en cause par les études de type "cas/témoin" sur les facteurs de risque des listérioses sporadiques [8]

(ii) Contamination des produits laitiers

La contamination des produits laitiers peut se faire à différents niveaux : à la ferme, lors du transport, ou de la transformation en laiterie.

³⁵ On appelle épidémie de listériose un groupement temporel d'au moins deux cas de listériose dus à des souches de *Listeria monocytogenes* ayant les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire non différenciables par des méthodes discriminantes de typage [8]

La contamination à la ferme du lait cru est due soit à l'excrétion des germes directement dans le lait par une vache atteinte de mammite subclinique à *Listeria*, soit par la contamination par l'environnement (ensilages, bouses, eaux, animaux, matériel, personnel...).

La voie de contamination intramammaire est minoritaire, puisque les mammites à *Listeria* sont peu fréquentes.

La voie de contamination dite extramammaire est la plus fréquente : dans l'étude cas/témoin évoquée précédemment, elle est observée dans 31 élevages sur les 33 livrant du lait contaminé. Les vecteurs principaux sont les fèces. La présence de *Listeria monocytogenes* dans le lait de tank est alors plus aléatoire que lorsque l'origine est intramammaire [99]. La contamination a lieu au moment de la traite, la peau des trayons ou le matériel de traite (manchons...) sont souillés, par exemple par des fèces.

La contamination à la ferme peut aussi être due à la présence de biofilms contenant *Listeria monocytogenes*, par exemple dans la machine à traire. Le biofilm est résistant aux opérations de nettoyage et désinfection courantes ; la contamination est alors durable, tandis qu'aucun animal n'excrète de *Listeria* dans le lait [129].

Lors du transport, la qualité bactériologique du lait peut diminuer. En effet, lors de la collecte, des laits de qualité éventuellement mauvaise peuvent être mélangés à des laits de bonne qualité bactériologique, ce qui diminue la qualité du lait de la citerne. Par ailleurs, des citernes de collecte mal nettoyées sont aussi à l'origine de contamination du lait (mauvaise circulation ou concentration insuffisante des produits de rinçage, température mal contrôlée ...) [111].

La contamination à la laiterie peut se faire via les locaux, le matériel, le personnel, ou les saumures et auxiliaires utilisés. Les produits laitiers à base de lait pasteurisé ou thermisé sont donc aussi susceptibles d'être contaminés, et cela après le traitement thermique.

D'une part, la présure est susceptible d'héberger *Listeria monocytogenes* du fait du mode de fabrication de la présure (présence au niveau de la caillette utilisée), et de la résistance de la bactérie. En effet, cette dernière est capable de survivre 42 à 56 jours à +7°C dans de la présure ensemencée expérimentalement [111].

D'autre part, la saumure est un milieu propice à la survie et au développement de *Listeria monocytogenes*. Les températures de réfrigération diminuent la sensibilité de la bactérie à la teneur en sel et à l'acidité. Certaines souches peuvent survivre dans des saumures de fromagerie contenant de 13 à 14% de NaCl [8]. De plus, de nombreux fromages passent dans une même saumure avant que celle-ci ne soit filtrée ou pasteurisée, ce qui peut entraîner des contaminations de fromage à fromage, au sein d'un même lot de fabrication.

En outre, *L.monocytogenes* est capable de former des biofilms qui colonisent le matériel et les locaux. Ils sont favorisés par les surfaces poreuses ou rugueuses, par exemple en résine ou en matière plastique, abîmées, souillées, au pH neutre, installées dans un atelier à température faible et à forte hygrométrie. Les surfaces en acier inoxydable ou en carrelage lisse et propres, d'un pH inférieur à 6 et installées dans un atelier à faible hygrométrie sont au contraire moins associées à la présence de *L.monocytogenes* [8]. En outre, le matériel recèle parfois des zones difficilement nettoyables (fissures, angles vifs, aspérités...).

La contamination peut aussi se faire lors de l'affinage : les caves sont froides (température inférieure à 15°C) et humides (hygrométrie supérieure à 92%), ce qui favorise le développement de *Listeria monocytogenes*. En outre, les fromages comme le Mont d'Or sont lavés à l'aide de brosses. Ce matériel constitue un vecteur de contamination et de dissémination de *L.monocytogenes*, qui peut contaminer l'ensemble des fromages en quelques lavages [111]. En outre, les étagères en bois et la sangle d'épicéa peuvent constituer des refuges pour la bactérie [92].

(iii) *Survie et développement*

Le développement de *Listeria monocytogenes* au sein des fromages est variable selon les caractéristiques de ceux-ci : certains fromages possèdent des propriétés inhibitrices de la croissance. Les fromages qui possèdent un pH acide, inférieur ou égal à pH 4.5, ne permettent pas la croissance voire la survie de la bactérie : c'est le cas des fromages frais ou des pâtes molles acides comme les fromages de chèvre. Les autres types de fromage permettent cette croissance, d'une part parce qu'ils sont moins acides (caillé présure) et d'autre part parce qu'ils sont affinés. En effet, lors de l'affinage, les flores de surface qui se développent neutralisent l'acidité de la pâte de façon centripète. La remontée locale du pH permet alors la croissance de *Listeria*, qui se fait donc plus rapidement près de la croûte qu'en profondeur.

L'évolution est plus variable au sein des fromages au lait cru, puisque certaines flores associées à ces fromages ont la capacité de sécréter des bactériocines, qui retardent ou empêchent le développement de *Listeria monocytogenes*. L'action de ces molécules est mise en évidence dans plusieurs études : les bactériocines provoquent une diminution de la population de *Listeria*, suivie, une à deux semaines plus tard, par une croissance de cette flore [119]. Le système lactopéroxydase est un inhibiteur de croissance microbienne naturellement présent dans le lait cru. Il est détruit par la pasteurisation. L'efficacité de ce système sur la croissance de *Listeria monocytogenes* a été évaluée sur des souches isolées de lait cru, en les inoculant dans du lait cru, du lait pasteurisé, et du lait supplémenté en thiocyanate et en peroxyde d'hydrogène. La croissance des souches est moins importante sur le lait cru que sur le lait pasteurisé, et celle sur le lait supplémenté est encore plus faible. Cela montre que ce système réduit la croissance du germe [49].

(iv) *Dose infectante*

La dose infectante est mal connue. Les analyses réalisées à postériori sur les aliments mis en cause lors d'épidémies ont montré que la contamination de ceux-ci était généralement comprise entre 100 et 1000 ufc par gramme d'aliment (parfois plus : la contamination du Vacherin Mont d'Or en Suisse en 1983-1987 était de 10000 à 1000000 *Listeria monocytogenes* par gramme de fromage prélevé à la distribution, non déconditionné). De nombreux pays ont donc considéré le seuil de 100ufc/gramme au moment de la consommation comme la densité critique au-delà de laquelle le produit devient potentiellement dangereux. [8]

(e) Réglementation et prévention des infections à *L.monocytogenes*

(i) Réglementation en vigueur

Listeria monocytogenes fait l'objet de la définition d'un critère microbiologique de sécurité³⁶ dans le Règlement Européen 2073/2005 du 15 novembre 2005.

Les denrées alimentaires prêtes à être consommées, destinées aux nourrissons et celles destinées à des fins médicales spéciales ne doivent pas contenir de *Listeria monocytogenes* dans 25 grammes d'aliment.

Pour les denrées alimentaires prêtes à être consommées, autres que celles destinées aux nourrissons et celles destinées à des fins médicales spéciales et permettant le développement de *L.monocytogenes*, le critère est aussi « absence dans 25 grammes », sauf si le fabricant apporte la preuve³⁷ que le produit respectera la limite de 100 *L.monocytogenes* par gramme pendant toute la durée de conservation³⁸.

Pour les aliments prêts à être consommés, ne permettant pas le développement de la bactérie, la limite à respecter est de 100 *L.monocytogenes* par gramme pendant la durée de conservation [79].

Le règlement définit aussi les méthodes normalisées de détection et de dénombrement (NF EN ISO 11290-1 et NF EN ISO 11290-2)

(ii) Autocontrôles [124]

Listeria monocytogenes fait l'objet d'autocontrôles décrits ci-dessous :

Critère	Prélèvement	Lieu du prélèvement / laboratoire	Fréquence	Seuil	Méthode
<i>Listeria monocytogenes</i>	Lait de tank (groupe)	Fruitière / LIAL	3/mois	Absence 25 mL	ALOA (AFNOR n°AES 10/3-096/00)
	Fromage J+13 à J+16 : 5 échantillons ³⁹	Atelier (technicien SIMO) / LARF	Tous les lots	Absence 25g	ALOA ONE DAY (AFNOR n°AES 10/3-096/00) ou Compass (AFNOR n° BKR 23/1-09/03)

Tableau 19 : Autocontrôles *Listeria* [124]

Lorsque le résultat des analyses sur le lait est positif, le lait des producteurs du groupe est écarté de la fabrication. Après identification du producteur concerné, le lait des autres pro-

³⁶ Un critère microbiologique de sécurité est un critère définissant l'acceptabilité d'un produit ou d'un lot de denrées alimentaires, applicable aux produits mis sur le marché [79].

³⁷ Cette preuve peut être apportée par différents moyens : test de vieillissement (NF V01003), test de croissance (NF V01003), microbiologie prévisionnelle [17].

³⁸ La durée de conservation est la période précédant la date limite de consommation ou la date de durabilité minimale, telle que définies par la directive 2000/03/CE. Elles sont fixées par le fabricant, qui peut s'inspirer du GBPH, mais doit lui-même apporter la preuve de la stabilité du produit pendant cette période (tests de vieillissement...).

³⁹ Les prélèvements suivent la disposition « PG PREVLT FROM 2006-C » : si l'atelier dispose de son propre laboratoire d'analyses, les analyses sont effectuées en interne à partir de J+13 (J=empréurage) sur tous les lots. Un technicien du SIMO réalise des prélèvements hebdomadaires sur le lot ayant J+13 le jour de son passage. Si l'atelier ne réalise pas ses analyses, la collecte est réalisée deux fois par semaine (lundi et jeudi) et concerne les lots ayant J+13 à J+16 jours lors du passage du technicien. Les échantillons sont constitués de 5 morceaux de fromages prélevés sur 5 fromages différents d'un même lot : les morceaux sont représentatifs du produit (20% de croûte et 80% de pâte) [124]

ducteurs peut être remis en fabrication de Mont d'Or. Le lait du producteur positif doit être analysé durant les 3 jours suivant le résultat (contamination sporadique ou durable). La réintroduction en fabrication Mont d'Or dépend de l'obtention de 2 résultats négatifs successifs lors des contrôles par décade. Le lait contaminé ou suspect est dirigé vers une fabrication sécurisante hors AOC ne permettant pas le développement des germes pathogènes.

Lorsque les analyses sur les fromages sont positives par les méthodes ALOA et Compass, les colonies bactériennes qui se développent sont soumises à des tests biochimiques de confirmation (3-5 jours de délai). Si le résultat est négatif, le lot est libéré et peut être commercialisé. Si la présence de *Listeria* est confirmée, le lot est détruit⁴⁰ (selon les indications des autorités sanitaires, informées du résultat) et des mesures correctives sont mises en place, associées à des recherches de l'origine de la contamination.

(iii) *Prévention des infections humaines*

La prévention des infections humaines repose sur la prévention de la contamination des denrées alimentaires, la limitation de la croissance de la bactérie dans ces denrées, et la limitation de l'exposition des populations à risque (femmes enceintes, personnes immunodéprimées ou âgées....)

La prévention de la contamination à la ferme repose en premier lieu sur la maîtrise de l'alimentation. En effet, une étude menée sur 86 exploitations de Savoie et Haute-Savoie montre que le risque potentiel de contamination du lait par *Listeria*, apprécié par la contamination des bouses, est plus important dans les exploitations faisant usage d'ensilage d'épis de maïs (30 à 50% de la ration brute) que chez les exploitations utilisant du foin uniquement. Au sein des exploitations utilisant l'ensilage, le risque a été significativement diminué par les producteurs maîtrisant l'hygiène de l'exploitation (propreté des auges et abreuvoirs...) et la réalisation de ce type d'ensilage, mais reste supérieur à celui des exploitations utilisant uniquement le foin [53].

L'eau de boisson doit être propre, de bonne qualité, et dépourvue de *Listeria* (si il y a contamination de l'eau, il faut nettoyer le circuit d'abreuvement, par exemple avec du peroxyde d'hydrogène, vérifier la protection du captage si ce n'est pas l'eau du réseau...).

Les mesures d'hygiène générale sont aussi importantes : paillage adapté, séparation des circuits alimentation-déchets, lutte contre les nuisibles et éloignement des autres animaux... Ne pas épandre les fumiers sur les pâturages, ou attendre un délai d'au moins 3 semaines avant de faire pâturer les animaux. Traiter le lisier par de la cyanamide calcique (6kg/m³) avant épandage.

Si des animaux sont excréteurs de *Listeria* dans le lait, il faut les réformer, car ce type de mammites ne se soigne pas, et la contamination du lait est importante.

Le nettoyage du matériel de traite doit être adapté (En cas de contamination, faire un cycle complet de lavage avec un produit alcalin, rincer puis faire un cycle complet acide et rincer,

⁴⁰ La destruction est sous l'entière responsabilité du fabricant, qui demande un laissez-passer à la DDCSPP du Doubs : les fromages sont clairement identifiés comme impropres à la consommation, et les preuves de destruction sont conservées à la fromagerie, avec envoi d'une copie du bordereau de destruction au SIMO. [124]

suivi éventuellement d'une désinfection à l'acide peracétique ou au chlore . Si besoin, démonter les endroits sensibles et éliminer les zones encrassées) [115].

La contamination peut avoir lieu lors de la transformation. Les mesures de prévention reposent dans ce cas sur l'hygiène générale du personnel (hygiène des mains en particulier), et sur le nettoyage et la désinfection du matériel et des locaux : nettoyer, détartrer puis désinfecter les moules, cuves, supports... Les planches en bois peuvent être nettoyées et décontaminées (étuvage, acide peracétique). Les locaux d'affinage sont à nettoyer et désinfecter s'il y a présence de *Listeria* (chiffonnette sur les murs, sol, climatiseur...).

Il faut aussi éliminer la possibilité de contamination par les intrants : ferments, présure, changer les solutions de frottage, surveiller et éventuellement changer la saumure (nettoyer et désinfecter le matériel utilisé) [115].

La maîtrise de la croissance dans les fromages contaminés est difficile, et nécessite souvent un changement de technologie. Les lots contaminés sont détruits, ou orientés vers une filière fromage fondu (si la contamination est inférieure à 100 ufc par gramme). Ils peuvent éventuellement être affinés plus longtemps, et faire ensuite l'objet d'analyses libératoires. Il est donc primordial d'éviter la contamination des produits, que ce soit à la ferme ou lors de la transformation. Ainsi, le Mont d'Or est un fromage qui permet le développement de *Listeria monocytogenes* (Croûte lavée, acidité modérée), il est donc nécessaire d'éviter la contamination en amont, lors de la fabrication, mais aussi lors de la production du lait. Les ensilages sont interdits par l'AOC, ce qui réduit en partie les risques. Par ailleurs, l'exemple de l'épidémie provoquée par le Vacherin Mont d'Or thermisé en 1987 met en relief l'importance de l'hygiène de la transformation après traitement thermique, puisque la thermisation permet de détruire *Listeria monocytogenes*.

(2) La salmonellose

(a) Caractéristiques microbiologiques

Les salmonelloses sont dues à différents types de *Salmonella sp.* .Ce sont des bactéries à coloration Gram négative. Le genre *Salmonella* comporte deux espèces, *Salmonella bongori* et *Salmonella enterica*, elle-même divisée en 6 sous-espèces sur la base de critères phénotypiques (*enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houteanae* et *indica*).La sérologie⁴¹ permet le classement en sérotypes : il en existe actuellement plus de 2000, et il est classiquement admis qu'ils sont tous potentiellement pathogènes pour l'homme. Les sérotypes mis le plus fréquemment en cause dans les salmonelloses d'origine alimentaire sont *S.Typhimurium*, *S.Enteritidis*.

Les salmonelles sont des bactéries aéro-anaérobies, qui peuvent donc se développer en présence ou en absence d'oxygène. Cependant, à basse température, la croissance est retardée par la présence de dioxyde de carbone, et pour certaines souches, la valeur minimale du pH de croissance peut aussi être influencée par la température. Ce sont des bactéries méso-

⁴¹ La sérologie est basée sur la caractérisation des antigènes somatiques (O), flagellaires (H) et de l'enveloppe (Vi)

philes. Les conditions de croissance de salmonelles sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

	Optimum	Limites
Température (°C)	35-37	5-50 (la croissance est fortement réduite en dessous de 15°C)
pH	7-7.5	3.8-9.5
Activité de l'eau A_w	0.99	0.94-0.99

Tableau 20: Conditions de croissance des salmonelles [24]

Les salmonelles peuvent survivre dans les aliments et sur les surfaces, soit à faible température, soit dans un milieu où l'activité de l'eau est faible. Par exemple, elles peuvent survivre plusieurs mois dans du chocolat, dont l' A_w est comprise entre 0,3 et 0,5.

Les salmonelles sont sensibles au NaCl, cependant certaines souches sont capables de survivre dans des saumures. La concentration maximale tolérée serait de 5%

Les salmonelles sont sensibles à la chaleur, et sont détruites par la pasteurisation. Elles sont aussi sensibles à tous les désinfectants industriels usuels (ammoniums quaternaires, aldéhydes...) et relativement sensibles aux rayonnements ionisants (une dose de 3.5kGy de rayonnement gamma permet de diviser par 10^5 la population de salmonelles dans des préparations liquides d'œuf entier) [24].

Le réservoir des salmonelles est le tractus gastro-intestinal des mammifères et des oiseaux⁴² (Homme, bovins et autres animaux domestiques, faune sauvage). Les salmonelles sont donc présentes dans les matières fécales des animaux, et peuvent ensuite contaminer les sols, les pâturages et l'eau, où elles persistent pendant plusieurs mois.

(b) Salmonellose humaine

(i) Épidémiologie

Les salmonelles non typhiques⁴³ sont l'une des principales causes de syndrome gastro-entérique dans les pays industrialisés. C'était le premier agent de TIAC en France en 2001 (isolé dans 64% des 272 foyers où l'agent a pu être identifié) [59]. En 2009, 1255 foyers de TIAC ont été déclarés en France, les agents ont été confirmés dans 231 foyers et suspectés dans 501 foyers. Les salmonelles représentent 38.5% des agents confirmés (première cause) et 10.8% des agents suspectés, soit respectivement 676 et 578 cas. Si on cumule ces résultats, c'est la deuxième cause de foyers de TIAC déclarés, derrière la toxine staphylococcique [62]. Cependant, l'exhaustivité de la déclaration obligatoire est estimée à 21% pour l'année 1995 : il y a donc plus de cas confirmés que de cas recensés par la déclaration obligatoire [126]. Les estimations faites par l'Institut National de Veille Sanitaire (INVS) sont indiquées ci-dessous :

⁴² Certaines souches peuvent être isolées de reptiles, tortues, mollusques et poissons

⁴³ Par opposition à *Salmonella* Typhi et Paratyphi, responsables de la fièvre typhoïde et de la fièvre paratyphoïde, et spécifiques de l'homme.

	Cas confirmés	Cas hospitalisé	Cas décédés
Toute origine	32208 – 43304	5991 – 10739	97 – 563
Origine alimentaire	30598 - 41139	5691 – 10202	92 - 535

Tableau 21: Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des salmonelloses non-typhiques dans les années 1990 [126]

(ii) Symptômes

La durée d'incubation est généralement de 12 à 48 heures après l'ingestion d'aliments contaminés ; elle dépend de la dose ingérée, de la santé de l'hôte et des caractéristiques de la souche. L'infection se manifeste par une fièvre (39-40°C), des douleurs abdominales, des nausées et vomissements, et une diarrhée liquidienne et fétide. L'évolution est le plus souvent spontanément favorable en 3 à 5 jours, mais les sujets plus fragiles (jeunes enfants, personnes âgées et personnes immunodéprimées) peuvent se déshydrater et développer une insuffisante rénale. Une antibiothérapie doit donc être prescrite chez ces personnes. L'infection peut aussi être totalement asymptomatique, et provoquer un portage chronique.

Le diagnostic repose sur l'isolement de la bactérie par hémoculture pendant la première semaine de la maladie. Passé ce délai, les salmonelles peuvent être isolées à partir de coprocultures.

Le traitement est symptomatique (antipyrétiques, réhydratation, pansements intestinaux et anti-diarrhéique) ou étiologique pour les cas sévères [24; 60].

Des salmonelloses cutanées sont parfois décrites, chez des personnes en contact direct avec les animaux porteurs (éleveurs, vétérinaires, employés d'abattoir, propriétaires de NAC), et se manifestent par une dermatite pustuleuse qui touche mains et avant-bras en 2 à 4 jours. Une atteinte de l'état général peut s'installer et s'aggraver [15].

(c) Salmonellose des ruminants

(i) Épidémiologie

Les salmonelloses bovines ont fait l'objet entre 1997 et 2007 d'une surveillance épidémiologique par le RESSAB, ou Réseau d'Épidémiosurveillance des Salmonelloses Bovines, qui enregistre les formes digestives chez les bovins adultes en élevage, identifie les sérotypes mis en cause et surveille l'évolution des résistances aux antibiotiques. En 2006, le réseau a cherché à identifier la part des avortements dus aux salmonelles, en utilisant la surveillance des avortements pour brucellose⁴⁴.

En 2006, le RESSAB a recueilli 73 suspicions de diarrhée à salmonelles, dont 7 confirmées. L'incidence des salmonelloses cliniques en 2006 est de 0.6 cheptels pour 1000 surveillés. *Salmonella* Typhimurium est le sérovar majoritairement identifié (70% des isollements depuis l'an 2000).

La part des avortements qui se sont révélés positifs aux salmonelles lors de la surveillance pour brucellose est de 5 prélèvements sur 423 analyses (sur 2763 prélèvements d'avortement RESSAB), soit 1.2% d'avortements dus aux salmonelles, avec un intervalle de

⁴⁴ Voir Tableau 42: Mesures de police sanitaire vis-à-vis de la brucellose

confiance à 95% compris entre 0.4% et 2.7%. Les sérovars identifiés étaient Dublin (2 prélèvements), Montevideo (2 prélèvements) et Mbandaka (1 prélèvement).

La stabilité depuis plusieurs années de l'incidence des salmonelloses bovines (environ 0.1%) montre que cela correspond au niveau « de base » de l'expression de cette affection. Cela a motivé la mise en veille du RESSAB au 31/10/07 [21].

Les bovins se contaminent principalement par ingestion (ensilage de mauvaise qualité, pâturages souillés suite aux épandages, eaux contaminées, éventuellement lait contaminant les veaux).

(ii) Signes cliniques

La salmonellose bovine se manifeste de façon variée : l'expression clinique et sa gravité diffèrent selon les conditions d'élevage et la souche contaminante.

- La forme digestive est très fréquente, et se traduit surtout par une diarrhée hémorragique. Le sérovar Typhimurium est généralement associé à cette forme.
 - Elle touche les jeunes animaux, âgés d'une semaine à 3 mois ; ils présentent une perte d'appétit associée à une hyperthermie forte (41°C) et à une diarrhée jaune à brunâtre : les selles sont liquides, nauséabondes et peuvent contenir du mucus, du sang en nature et des fragments de muqueuse ; la diarrhée s'accompagne d'épreintes, de ténésme et de douleurs abdominales, et la déshydratation est rapide. La maladie est très contagieuse, la morbidité atteint 80% et la mortalité est de 20% de l'effectif. La maladie peut aussi évoluer sur un mode chronique : veau maigre et prostré, diarrhée pâteuse jaunâtre.
 - Cette forme digestive concerne aussi les adultes, principalement les vaches laitières hautes productrices. Elle se manifeste par de l'hyperthermie, une diminution de l'appétit et de la rumination, accompagnée d'une diarrhée profuse. La production laitière chute. La mortalité est importante sans traitement, mais avec ce dernier la diarrhée se résorbe en 24-48h et la production se rétablit en quelques semaines.
- La forme génitale est souvent liée à l'infection par le sérovar Dublin : elle se manifeste par des avortements entre le 160^e et 180^e jour de gestation, suivis de rétention placentaire.
- La forme septicémique est plus rare, et concerne des animaux au système immunitaire affaibli (stress de l'allotement chez les veaux de boucherie, vaches laitières hautes productrices). C'est un peu l'équivalent chez les bovins de la fièvre typhoïde : la fièvre est intense et s'accompagne d'un abattement profond. L'animal est en choc septique (hypotension, hypothermie...) et meurt rapidement.
- La forme respiratoire est fréquente en collectivité de grande taille : elle se traduit par des difficultés respiratoires, de la toux sèche et quinteuse et un jetage séreux puis muqueux. Elle est très contagieuse, et généralement défavorable en l'absence de traitement.
- D'autres formes existent, mais sont plus rarement observées : mammite, arthrite, méningo-encéphalite....

Le portage asymptomatique est fréquent : environ 10% des troupeaux seraient excréteurs dans les selles. Le taux d'animaux excréteurs serait de 5-10% du troupeau en dehors de la période des vêlages, et atteindrait 50 à 80% pendant cette période [15].

(d) *Transmission à l'homme*

(i) *Modalités*

La transmission à l'homme se fait surtout par l'ingestion de denrées alimentaires contaminées, principalement par des sérovars comme *S.Enteritidis* ou *S.Typhimurium*. Les estimations de morbidité et de mortalité annuelle estiment la part de la transmission alimentaire à 95% des salmonelloses (Tableau 21).

Les aliments qui sont le plus souvent mis en cause sont les œufs et les ovoproduits, les volailles, puis la viande, la charcuterie et les produits laitiers, d'après les données de la déclaration obligatoire des TIAC en France en 2009 ci-dessous.

	S.Enteritidis	S.Typhimurium	Autre séro-type ⁴⁵	Sérotype indéterminé	Total
Lait & produits laitiers			3	1	4
Œufs et ovoproduits	18	14	1	21	54
Viandes		3		5	5
Produits de charcuterie		3		3	6
Volailles	1	3		7	11
Poissons et crustacés	1			1	2
Coquillages				3	3
Autres	3	3	2	13	21
Aliments non retrouvés	3	8	3	20	34
Total	26	34	9	74	

Tableau 22: Nombre de foyers de Salmonelloses déclarés en France en 2009 selon le type d'aliment incriminé ou suspecté [62].

Année	Lieu	Nombre de cas /décès	Aliment impliqué	Sérotype
1995	France, Suisse	25 /5	Mont d'Or (pâte molle)	Dublin
1996	Doubs, Jura, Haute-Savoie	14/1	Mont d'Or (pâte molle)	Dublin
1997	Jura	113	Morbier (pâte pressée non cuite)	Typhimurium DT104
2001		45/1	Fromage de chèvre	Newport
2001	Sud-ouest	190/1	Cantal (pâte pressée non cuite)	Enteritidis PT8
2001-2^evague	Sud-ouest	25	Cantal (pâte pressée non cuite)	Enteritidis pt 8
2001	Seine-et-Marne	39	Brie (pâte molle)	Infantis

Tableau 23: Épidémies communautaires de salmonelloses liées à des produits laitiers au lait cru recensées de 1995 à 2003 [32]

Les foyers impliquant les produits laitiers représentent 1.8% des foyers de salmonellose pour la période 1998-2003. Ils concernent uniquement des produits laitiers à base de lait cru, dont des fromages type pâte molle et des fromages type pâte pressée non cuite. Il est intéressant de noter que dans le tableau ci-dessus deux de ces épidémies sont liées à la con-

⁴⁵ *S.Arizonae* , 1 foyer de 2 malades ; *S.Bredney*, 1 foyer de 2 malades ; *S.Napoli*, 1 foyer de 40 malades ; *S.Newport*, 1foyer de 79 malades ; et *S.Paratyphi* 3 foyers soit 7 malades.

sommation de Mont d'Or (1995 et 1996), et que l'une des épidémies concernant les pâtes pressées est due au Morbier, lui-aussi fabriqué en Franche Comté.

Nous allons par la suite nous intéresser uniquement aux modalités de la contamination des fromages par des salmonelles.

(ii) Contamination des fromages

La contamination des fromages peut se faire selon les mêmes modalités que pour *Listeria* : La contamination du lait cru peut avoir une origine intramammaire (excrétion de lait directement contaminant) ou extramammaire (contamination du lait lors de la traite par exemple). La contamination du fromage peut aussi avoir lieu lors de la transformation (contamination via le matériel ou le personnel).

L'excrétion mammaire de salmonelles est un phénomène rare et peu décrit. Ainsi, lors d'un dépistage sur 1280 animaux en lactation, répartis dans 29 troupeaux ayant livré un lait contaminé, seuls 7 animaux excréteurs ont été identifiés (test ELISA confirmé par bactériologie sur le lait), soit une prévalence de 0.55% [96]. Sa fréquence, son intensité et sa durée sont variables, et parfois elle a lieu sans manifestation de signes cliniques. Le suivi de l'excrétion chez deux vaches laitières montre que l'une excréta de faibles quantités de salmonelles (1 salmonelle par mL de lait), non détectables sans enrichissement, tandis que l'autre excréta régulièrement des quantités importantes, plus élevées en peripartum. Les deux animaux ne présentaient pas de signes de mammite clinique. L'excrétion peut être persistante, et contaminer le lait de tank, même si elle est de faible intensité. Le dépistage rapide des animaux excréteurs devrait permettre de diminuer le risque de contamination du lait [97].

L'excrétion fécale est le principal facteur de risque de contamination du lait par les salmonelles. Dans une étude de type cas-témoin portant sur 80 élevages, la contamination des déjections bovines est détectée chez 65% des élevages-cas, et au sein des élevages cas, 25% des vaches excrétaient des salmonelles dans leurs fèces. Cette contamination augmente de près de 7 fois le risque de contamination du lait. Par ailleurs, l'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux et parfois pour les opérations d'hygiène de la traite (lavettes) était contaminée chez les élevages-cas, respectivement pour 12.5% et 16.7% des élevages-cas [54]. Le risque de contamination du lait lors de la traite est donc lié à la contamination de l'eau utilisée pour les opérations de nettoyage des trayons, mais aussi à la contamination de la peau des mamelles et des équipements de traite directement par les matières virulentes (fèces, écoulements génitaux...). Cependant, même si la pression de contamination est forte dans l'environnement, la détection de salmonelles dans le lait reste généralement faible (de l'ordre de une à deux fois par an), ce qui est le signe de conditions d'hygiène générale correctes, et de défauts ponctuels de vigilance à l'origine des contaminations.

Les contaminations lors de la transformation peuvent se faire par l'intermédiaire du matériel et des locaux, mais aussi de l'eau utilisée en fromagerie, qui peut être elle-même contaminée. L'hygiène du personnel est bien sûr importante (lavage des mains, tenue adaptée).

(iii) *Survie et développement*

Comme pour *Listeria*, le développement et la survie de *Salmonella spp.* est dépendant des caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques du fromage.

Lorsque l'acidification se fait normalement dans les fromages à pâte molle, le pH du caillé atteint des valeurs proches de 4.55, qui permettent la destruction des salmonelles. Si l'acidification est moins importante (pH 4.95), celles-ci peuvent se multiplier lors de la fabrication et lors de l'affinage.

La température d'affinage joue aussi sur la survie des salmonelles : par exemple, *S.Typhi* peut survivre pendant 10 mois dans du cheddar à 4.1-5.6°C, mais seulement 3 mois à 14.4-15.6°C [93].

Le Mont d'or est un fromage humide, de type caillé présure principalement, et peu acide (Figure 10). Il constitue donc un milieu favorable pour le développement des salmonelles en cas de contamination.

(iv) *Dose infectante*

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) indique que la dose de *Salmonella Enteritidis* provoquant des troubles chez 50% des consommateurs est de l'ordre de 10000 bactéries, mais elle ne conclut pas sur l'application de cette dose aux autres sérotypes. Les données recueillies par les enquêtes réalisées suite aux épidémies indiquent que des troubles peuvent être provoqués par l'ingestion d'une dose comprise entre 10 et 10^{11} bactéries. Par ailleurs, la nature de la matrice alimentaire joue un rôle dans le déclenchement des troubles, puisque les aliments gras ou riches en protéines protégeraient les bactéries contre l'acidité gastrique, permettant à un nombre de bactéries plus important d'atteindre l'intestin, et de s'y développer en provoquant l'entérite, et cela pour une même dose ingérée [24]. Cette dose importante ne peut être obtenue lors d'une simple contamination, aussi sévère soit-elle : il faut que l'aliment permette la multiplication des salmonelles (rupture de la chaîne du froid, conditions de fabrication favorisantes....).

(e) *Réglementation et prévention des infections humaines*

(i) *Réglementation en vigueur*

Salmonella spp. fait l'objet de la définition d'un critère microbiologique de sécurité dans le Règlement Européen 2073/2005 du 15 novembre 2005.

Les fromages, beurres et crèmes fabriquées à partir de lait cru ou de lait traité à une température inférieure à celle de la pasteurisation ne doivent pas contenir de salmonelles dans 25 grammes d'aliment, et cela pendant leur durée de conservation. Cependant, les produits pour lesquels le fabricant peut démontrer, à satisfaction des autorités compétentes, qu'en raison du temps d'affinage et de la valeur A_w du produit, il n'y a aucun risque de contamination par les salmonelles, sont exemptés [79].

Le règlement définit aussi pour *Salmonella spp.* les méthodes normalisées de détection et de dénombrement (NF EN ISO 6579).

(ii) Autocontrôles [124]

Salmonella spp. fait l'objet d'autocontrôles décrits ci-dessous :

Critère	Prélèvement	Lieu du prélèvement / laboratoire	Fréquence	Seuil	Méthode
Salmonelles	Lait de tank (groupe)	Fruitière / LIAL	3/mois	Absence 25 mL	SMS (AFNOR n°AES 10/04-05/04)
	Fromage J+13 à J+16 : 5 échantillons ³⁹	Atelier (technicien SIMO) / LARF	Tous les lots	Absence 25g	VIDAS EASY (AFNOR BIO n°12/1-04/94)

Tableau 24 : Autocontrôles Salmonelles [124]

Lorsque le résultat des analyses sur le lait est positif, le lait des producteurs du groupe est écarté de la fabrication. Après identification du producteur concerné, le lait des autres producteurs peut être remis en fabrication de Mont d'Or. Le lait du producteur positif doit être analysé durant les 3 jours suivant le résultat (contamination sporadique ou durable). La réintroduction en fabrication Mont d'Or dépend de l'obtention de 2 résultats négatifs successifs lors des contrôles par décade. Le lait contaminé ou suspect est dirigé vers une fabrication sécurisante hors AOC ne permettant pas le développement des germes pathogènes.

Lorsque les analyses sur les fromages sont positives, le lot est détruit⁴⁰ (selon les indications des autorités sanitaires, informées du résultat) ; la souche de salmonelles est identifiée par isolement et réalisation de test biochimique. Le SIMO recommande aux entreprises de faire sérotyper les salmonelles par un laboratoire agréé par l'AFSSA. Des mesures correctives sont mises en place, associées à des recherches de l'origine de la contamination.

(iii) Prévention des infections

La prévention des infections humaines repose sur la prévention de la contamination des denrées alimentaires, la limitation de la croissance de la bactérie dans ces denrées. Toute personne est susceptible de faire une infection à *Salmonella spp.*, et cette infection peut être grave voire mortelle chez les personnes au système immunitaire affaibli (jeunes enfants, personnes âgées ou immunodéprimés).

La prévention de la contamination du lait à la ferme repose sur la limitation des sources de contamination : il s'agit des animaux malades ou excréteurs, des aliments et des eaux contaminés, d'effluents, et de l'eau utilisée lors de la traite.

La prophylaxie de la salmonellose bovine repose sur des mesures sanitaires : hygiène du logement et séparation des espèces et des classes d'âges si possible, hygiène de l'abreuvement (qualité de l'eau, disposition des abreuvoirs) et de l'alimentation (ensilage de mauvaise qualité et contaminé. La dose ingérée doit cependant être de l'ordre de 10^8 salmonelles), gestion des effluents (lieu de stockage étanche, délai de 3 semaines entre l'épandage et le pâturage, utilisation éventuelle de cyanamide calcique dans les lisiers), mais aussi quarantaine des entrants et isolement des malades, déclaration des avortements.... La vaccination des bovins est possible (vaccin inactivé contre les sérotypes Dublin et Typhimurium ; deux injections de primo-vaccination séparées de 3 semaines et un rappel annuel), elle limite les phénomènes de portage et d'excrétion, et la gravité des symptômes [15].

La prévention de la contamination à la traite repose sur l'hygiène des pratiques de traite, et aussi sur la qualité de l'eau employée et l'hygiène du matériel utilisé. La prévention de la contamination et de la survie ou croissance des salmonelles lors de la fabrication passe par la maîtrise des étapes technologiques (acidification), la qualité des auxiliaires technologiques (présure, saumure) et l'hygiène du matériel et des locaux. Ces mesures sont semblables à celles préconisées pour la prévention des listérioses [116].

Au niveau du consommateur final, la prévention de la salmonellose repose sur la cuisson des aliments à risque, le respect de la chaîne du froid (température du réfrigérateur), et toutes les règles d'hygiène domestique. Les consommateurs les plus fragiles (immunodéprimés, sujets âgés, jeunes enfants et femmes enceintes) sont invités à ne pas consommer de produits au lait cru, pour lesquels le risque zéro de contamination n'est pas garanti.

(3) La toxi-infection staphylococcique

Elle est aussi appelée entérototoxicose staphylococcique. C'est une intoxication, due à une toxine préformée dans l'aliment.

(a) Caractéristiques microbiologiques [33]

Les toxines responsables de l'entérototoxicose staphylococcique sont élaborées par certaines souches de *Staphylococcus aureus*. C'est un coque à gram positif de 0.5 à 1 µm de diamètre, non sporulé, immobile, aéro-anaérobie facultatif, possédant une catalase et une coagulase. Actuellement, 21 sérotypes différents de toxine ont été décrits à ce jour et six d'entre eux ont été impliqués dans des intoxications (sérotypes SEA, SEB, SEC, SED, SEE, SEH).

Facteur	Optimum de croissance	Limites de croissance	Optimum de toxinogénèse	Limites de toxinogénèse
Température (°C)	35-41	6-48	34-40	10-45
pH	6-7	4-10	7-8	5-9.6
Activité de l'eau A_w	0.99	0.83-0.99	0.99	0.86-0.99
Teneur en NaCl	0-4%	0-20%	0-4%	0-10%
Atmosphère	Aérobie	Aéro-anaérobie	Aérobie	Anaérobie

Tableau 25: Facteurs de croissance et de toxinogénèse chez *S.aureus* [33]

Staphylococcus aureus est un germe aéro-anaérobie, mésophile et halotolérant (tableau ci-dessus): certaines souches peuvent survivre dans les saumures de fromagerie. Par ailleurs, il est capable de se développer dans un milieu relativement sec (A_w de 0.83). Les fromages en fin d'égouttage ont un A_w compris entre 0.88 et 0.98, ce qui autorise sa croissance.

On peut voir dans le tableau ci-dessus que les conditions nécessaires à la synthèse des toxines sont plus strictes que les conditions de croissance bactérienne.

Les staphylocoques sont des bactéries ubiquitaires qui ont pour habitat la peau, les muqueuses et la sphère rhinopharyngée des mammifères, dont l'homme (Tableau 26), et des oiseaux. Ils sont par ailleurs isolés dans l'environnement (sol, eaux, air et poussières, mais aussi réfrigérateur et cuisine des particuliers, hôpitaux et ateliers agroalimentaires), mais leur présence est vraisemblablement due à une contamination par les animaux ou l'homme.

Portage intestinal	20-30% des adultes
Portage nasal	20-55% des adultes
Portage cutané (mains)	10% personnel hospitalier ou chaîne restauration

Tableau 26: Portage asymptomatique à *S.aureus* chez l'homme [33]

Les toxines staphylococciques sont thermorésistantes et restent donc stables dans les aliments malgré les traitements thermiques appliqués (pasteurisation). Ces derniers permettent cependant la destruction de la bactérie, qui est thermosensible. Une fois la toxine préformée, on considère qu'elles ne peuvent pas être efficacement éliminées. Par ailleurs, *Staphylococcus aureus* présente une résistance particulière vis-à-vis des produits à base d'iode, de chlore et de peroxydes, mais il est sensible aux aldéhydes et aux produits alcalins. Il est par ailleurs capable de s'intégrer à des biofilms présents sur les surfaces (métaux, tissus, bois....), ce qui entraîne un risque important de contamination lors de la production des denrées alimentaires.

(b) L'entérototoxicose staphylococcique

(i) Épidémiologie

Staphylococcus aureus est mis en cause dans 34 foyers de TIAC en 2009, et il est suspecté dans 191 foyers sur la même période, ce qui représente respectivement 165 et 1558 cas. C'est la première cause de toxi-infection alimentaire en 2009 si on cumule les données confirmées et les suspicions [62]. Cependant, l'exhaustivité de la déclaration obligatoire est faible, du fait de la faible gravité médicale de l'intoxication. Elle n'est pas exactement connue, mais en se basant sur celle de la déclaration obligatoire des salmonelloses en 1995, l'INVS a réalisé les estimations ci-dessous.

ESTIMATIONS	Nombre de cas	Cas hospitalisés	Cas décédés
Cas épidémiques	3257	596	0
Cas épidémiques et sporadiques	10422	1907	0

Tableau 27: Estimations de morbidité et mortalité annuelles des TIAC à *Staphylococcus aureus* de 1997 à 1999 [126]

(ii) Symptômes

L'entérototoxicose staphylococcique est due à une entérotoxine élaborée par *Staphylococcus aureus* qui se trouve dans l'aliment. Son ingestion stimule des récepteurs gastroduodénaux, qui stimulent à leur tour le centre du vomissement via le nerf vague et déclenchent des vomissements, jusqu'à ce que la toxine soit évacuée. La durée d'incubation est très courte, de 2 à 4 heures en général, parfois moins (30 minutes minimum). La période d'incubation et la sévérité des symptômes dépendent de la quantité de toxine ingérée. Les vomissements incoercibles sont dans certains cas accompagnés de vertiges, diarrhées, douleurs abdominales, frissons et faiblesse générale, parfois accompagnée d'une fièvre modérée. Dans les cas les plus sévères, des maux de têtes, une prostration et une hypotension ont été rapportés. L'évolution est spontanément résolutive sans traitement en 18 à 24 h dans la majorité des cas. La mortalité est exceptionnelle, et concerne les individus les plus sensibles à la déshydratation (nourrissons, personnes âgées ou fragilisées).

Le diagnostic repose sur la mise en évidence dans l'aliment suspecté d'un nombre élevé de *S.aureus* (10^5 /g) et/ou de toxine. Cette dernière est rarement recherchée chez les patients.

(c) Les mammites à *Staphylococcus* sp.

(i) Épidémiologie

Staphylococcus aureus est un germe fréquemment rencontré dans les mammites de la vache laitière : ce sont les inflammations d'un ou de plusieurs quartiers de la mamelle. Elles sont quasi-systématiquement d'origine infectieuse. Il n'existe pas de troupeau indemne de mammite : 15 à 40% des vaches présentent une mammite subclinique, et 20% des vaches font au moins une mammite clinique par an.

La contamination par *S.aureus* se fait à l'occasion de la traite : en effet, c'est un germe présent sur la peau de la mamelle, les mains des trayeurs, et le matériel. Les germes peuvent remonter par capillarité dans le trayon à la fin de la traite, ou lors de reflux de lait dans le trayon suite à une perte du vide de la machine à traire. Les traumatismes locaux entraînés par la traite mécanique favorisent la formation des mammites.

(ii) Signes cliniques

La première étape est la mammite subclinique : l'aspect macroscopique du lait est normal, avec une perturbation de la sécrétion. Ensuite, la mammite se traduit par une diminution de la sécrétion et l'apparition de grumeaux dans le lait. Les signes locaux de l'inflammation apparaissent ensuite ; la mamelle est rouge, chaude, tuméfiée et douloureuse. Des signes cliniques généraux peuvent s'ajouter : fièvre, abattement, arumination et diarrhée.

Les mammites à *Staphylococcus aureus* peuvent présenter plusieurs formes :

- une forme suraiguë, la mammite gangreneuse. Souvent fatale, cette mammite se caractérise par une inflammation violente d'un quartier avec de l'œdème, un syndrome fébrile, et une modification majeure du lait (exsuda sanieux, jaunâtre ou brunâtre souvent malodorant). Ensuite, une zone nécrosée noirâtre et froide apparaît. En quelques jours, l'animal est en état de choc (décubitus, hypothermie et hypotension) et meurt dans la majorité des cas. La guérison éventuelle s'accompagne de l'élimination des zones nécrosées et d'une lente cicatrisation.
- une forme aiguë : l'inflammation locale est forte, mais sans nécrose. Elle s'accompagne d'un syndrome fébrile simple, et le lait présente des grumeaux, avec un exsudat sanieux, jaunâtre, rosé.
- Une forme chronique : il n'y a pas de signes généraux, et localement le quartier s'atrophie progressivement et se fibrose (indurations et nodules palpables après la traite). La sécrétion lactée présente de façon inconstante et transitoire des grumeaux. L'animal est incurable et devient porteur chronique. Il peut présenter plusieurs épisodes de mammites lors d'une même lactation.

Les mammites cliniques et subcliniques s'accompagnent d'une augmentation du taux de cellules somatiques présentes dans le lait : une mamelle saine produit un lait contenant moins de 50000 cellules par mL. Une mammite subclinique se traduit par une augmentation

du taux cellulaire (>300000cellules/mL). Ce taux cellulaire est mesuré lors des analyses du contrôle laitier mais aussi par le CMT⁴⁶, réalisable lors de la traite.

Le traitement est à base d'antibiotiques en pommades intra-mammaires. On le réalise sur mammite clinique (grumeaux dans le lait) lors de la lactation, et au tarissement pour traiter les mammites subcliniques. Les spécialités commercialisées sont principalement à base de céphalosporines.

(d) *Transmission à l'homme*

(i) *Modalités*

L'ingestion des toxines staphylococciques par un autre vecteur que les aliments n'a pas été décrite à ce jour. Les aliments les plus à « risque » sont les aliments recontaminés après un traitement éliminant la flore banale, suite à des manipulations (salades composées, plats cuisinés, viandes tranchées....), des aliments fermentés à acidification lente (fromages, salami...) ou des produits séchés (lait en poudre, pâtes, poissons séchés). Ainsi, les produits manipulés et les produits laitiers constituent ci-dessous les aliments les plus fréquemment mis en cause lors des TIAC liées aux staphylocoques. Nous allons par la suite nous intéresser uniquement à la contamination via les fromages, en particulier ceux au lait cru.

Aliments	Foyers déclarés
Laits et produits laitiers	29
Œufs ovoproduits	12
Viandes	17
Produits de charcuterie	12
Volailles	13
Poissons et crustacés	10
Coquillages	7
Autres (plats cuisinés, légumes....)	83
Aliments non retrouvés	41

Tableau 28: Nombre de foyers déclarés en 2009 de TIAC liés à *S.aureus* [62]

(ii) *Contamination des fromages*

On distingue trois types de contamination des fromages : la contamination primaire, c'est-à-dire par l'intermédiaire des matières premières comme le lait dans le cas de mammites subcliniques ; la contamination secondaire directe, suite à la manipulation des denrées alimentaires par l'homme, qui est porteur ; la contamination secondaire indirecte, par l'intermédiaire du matériel, de l'air ambiant. La contamination secondaire peut avoir lieu lors de la traite, de la transformation fromagère et des manipulations ultérieures.

La contamination primaire est principalement due à la présence au sein du troupeau de cas de mammites, parfois subcliniques et non détectables macroscopiquement par l'éleveur : le quartier en lui-même est infecté, et produit du lait contaminé. C'est la source la plus fréquente. Les autres sources de contamination sont moins fréquentes : peau des trayons (blessures, infections cutanées), puis matériel encrassé en contact avec le lait (machine à

⁴⁶ Californian Mastitis test : c'est une méthode de comptage indirect des cellules dans le lait. On mélange en proportion égale du lait et un réactif (un détergent anionique, l'alkyl-aryl-sulfonate de sodium, et un colorant, le pourpre de bromocrésol). La modification de la viscosité est proportionnelle au taux cellulaire.

traire et tank à lait), et enfin dysfonctionnement du tank, matériel de fromagerie et personnel (mains des trayeurs, plaies infectées...) et autres sources (air ambiant : aérosols respiratoires, expectorations). La contamination peut aussi se faire via les saumures de fromagerie, qui constituent un milieu où *S.aureus* peut survivre.

(iii) *Survie et développement*

Les conditions physico-chimiques au sein des fromages sont parfois favorables à la croissance des *S.aureus*, et à la toxinogénèse. En effet, les étapes de maturation du lait, d'emprésurage, nécessitent parfois une élévation de la température, qui approche alors celle de l'optimum de croissance, compris entre 35 et 41°C. L'acidification doit se faire rapidement pour diminuer cette croissance ($\text{pH} < 5$), mais celle-ci peut être tardive ou modérée dans certaines technologies (Caillé présure, fromages à pâte pressée...).

Le développement de *S.aureus* a été étudié dans plusieurs types de fromage, en réalisant des contaminations artificielles. Ainsi, pour des fromages à pâte pressée cuite, après ensemencement de 10^4 *S.aureus* par mL de lait, le nombre passe à 10^8 après deux heures de fabrication (pH proche de 6.5). Au bout de 24h, le pH a diminué à 5.2, la population de *S.aureus* est alors comprise entre 10^5 et 10^6 , mais on note la présence de toxine. Après deux semaines d'affinage, la croissance de *S.aureus* reprend, pour atteindre 10^8 , puis diminue ensuite (probablement suite à la compétition avec les flores d'affinage qui se développent). La décroissance du nombre de staphylocoques lors de l'affinage ne limite pas la persistance des toxines produites sur de longues périodes, parfois plusieurs années [93]. Une autre expérience menée dans des fromages de chèvre au lait cru, suivant une technologie présure, montre que la population de *S.aureus* après égouttage est environ 10 fois supérieure à celle du lait inoculé, probablement par concentration des germes dans le caillé. Cette population se maintient au sein du fromage à technologie présure lors de l'affinage (jusqu'à 40 jours), alors qu'elle diminue en technologie lactique (disparition en surface à 20 jours et au cœur à 35 jours). Cette technologie produit des fromages plus acides et plus riches en NaCl, défavorables au développement de *S.aureus*. La toxine est cependant détectée dans les deux technologies, en quantité plus faible pour la technologie lactique (de 0.5 à 2.1 ng/g en technologie lactique et de 1.3 à 3.2 ng/g en technologie présure pour des inocula de 10^4 à 10^6 UFC/mL). Le niveau de production de toxine est par ailleurs fortement corrélé à la taille de l'inoculum initial : une contamination importante de *S.aureus* est donc susceptible de conduire à une production importante d'entérotoxine, quelle que soit la technologie [105].

Ainsi, la technologie de fabrication, en jouant sur les caractéristiques du fromage (pH , température, A_w , teneur en NaCl) permet de limiter le développement de *S.aureus* ou parfois favorise ce dernier, mais n'empêche pas la production de toxine en cas de forte contamination. Il est donc essentiel de réduire les risques de contamination des aliments, car limiter le développement des *S.aureus* est difficile dans certaines technologies sans altérer les caractéristiques spécifiques du produit.

(iv) *Relation dose-effet*

La dose ingérée provoquant les premiers symptômes reste mal définie, mais certaines études ont tenté de l'évaluer, notamment suite à des épidémies de grande ampleur. La dose

minimale à ingérer en toxine de sérotype SEA serait de 20 à 144 ng, ou de 20 ng en association avec la toxine SEH, soit 40ng de toxine au total [33].

(e) *Réglementation et prévention des intoxications*

(i) *Réglementation en vigueur*

Les entérotoxines staphylococciques font l'objet de la définition d'un critère microbiologique de sécurité, et les staphylocoques à coagulase positive d'un critère d'hygiène des procédés⁴⁷ dans le Règlement Européen 2073/2005 du 15 novembre 2005.

Catégorie de denrée alimentaire	Danger	Plans d'échantillonnage		Limites (ufc/g)		Méthode d'analyse de référence	Stade d'application du critère	Action en cas de résultat insatisfaisant
		n	c	m	M			
Fromage au lait cru	staphylocoques à coagulase positive	5	2	10 ⁴	10 ⁵	EN/ISO 6888-2	Pendant le procédé de fabrication, au moment où on prévoit le nombre de staphylocoques à coagulase positive le plus élevé	Amélioration de l'hygiène de la production et de la sélection des matières premières. Lorsque les valeurs détectées sont supérieures à 10 ⁵ ugc/g, le lot doit faire l'objet d'une recherche d'entérotoxines staphylococciques (voir ci-dessous)
Fromage à base de lait ayant subi un traitement thermique moins fort que la pasteurisation et fromages affinés à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation				100	1000	EN/ISO 6888-1 ou EN/ISO 6888-2		
Fromages à pâte molle non affinés (frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation				10	100	EN/ISO 6888-1 ou EN/ISO 6888-2	Fin du procédé de fabrication	
Interprétation des analyses (n est le nombre total d'échantillons) :								
- Qualité satisfaisante lorsque toutes les valeurs observées sont inférieures à m - Qualité acceptable lorsqu'un maximum de c valeurs se situent entre m et M et que le reste des valeurs est inférieur à m - Qualité insatisfaisante lorsqu'une ou plusieurs valeurs observées sont supérieures à M ou lorsque plus de c valeurs se situent entre m et M								
Catégorie de denrée alimentaire	Danger :	Plans d'échantillonnage		Limites (ufc/g)	Méthode d'analyse de référence	Stade d'application du critère	Action en cas de résultat insatisfaisant	
Fromages, lait en poudre et lactosérum en poudre visés ci-dessus	Entérotoxines staphylococciques	5	0	Pas de détection dans 25 g	Méthode européenne de dépistage du LCR pour le lait	Produits mis sur le marché pendant leur durée de conservation	Retrait/rappel du lot Analyses complémentaires...	

Tableau 29: Critères de sécurité et d'hygiène des procédés liés aux staphylocoques [79]

(ii) *Autocontrôles [124]*

Les staphylocoques à coagulase positive font l'objet d'autocontrôles décrits dans le Tableau 30:

⁴⁷ Un critère d'hygiène des procédés est un critère indiquant l'acceptabilité du fonctionnement du procédé de production. Il n'est pas applicable aux produits mis sur le marché. Il fixe une valeur indicative de contamination dont le dépassement exige des mesures correctives destinées à maintenir l'hygiène du procédé conformément à la législation sur les denrées alimentaires [79].

Critère	Prélèvement	Lieu du prélèvement / laboratoire	Fréquence	Seuil	Méthode
Staphylocoques à coagulase positive	Lait de tank	Fruitière / LIAL	2/mois	<2000 ufc/mL	NF V 08-057-2#
	Fromage J+13 à J+16 : 5 échantillons ³⁹	Atelier (technicien SIMO) / LARF	Tous les lots	M<100 000/g	NF V 08-057-2#

Tableau 30 : Autocontrôles Staphylocoques à coagulase positive [124]

Une étude réalisée par le SIMO a permis de déterminer le pic de population de staphylocoques à coagulase positive, et de définir la date de la réalisation des prélèvements, qui ont lieu 13 jours après l'emprésurage, au même stade que le contrôle libératoire des lots pour la recherche de *Listeria monocytogenes* et *Salmonella sp.*.

Lorsque le résultat des analyses sur le lait est supérieur à 2000 ufc/mL, le lait doit être écarté de toute fabrication AOC, jusqu'à un résultat normal lors des contrôles suivants. Il faut par ailleurs réaliser la recherche de staphylocoques à coagulase positive sur le(s) lot(s) fabriqué(s) à partir de ce lait. S'il y a 3 résultats positifs successifs ou 3 résultats compris entre 500 et 2000 ufc/mL sur les 5 derniers contrôles, un technicien d'élevage doit intervenir chez le producteur afin de mettre en place des actions correctives.

Lorsque le résultat des analyses sur le fromage est inférieur à 100 000 ufc/g, le lot est libéré et peut être commercialisé. Lorsque le résultat est supérieur à 100 000 ufc/g, une recherche d'entérotoxine est réalisée selon la méthode VIDAS : en cas de résultat négatif, le lot est commercialisé, sinon une analyse de confirmation est réalisée par le laboratoire de l'AFSSA. Si ce résultat est positif, le lot est détruit, et la recherche d'entérotoxine est entreprise sur les 10 lots suivants. Dans le cas contraire, le lot est commercialisé mais les 5 lots suivants doivent être contrôlés.

(iii) Prévention des intoxications à staphylocoques

La prévention des intoxications dues aux entérotoxines staphylococciques est basée d'une part sur les mesures d'hygiène visant à éviter la contamination, et d'autre part sur les mesures évitant la croissance des *S.aureus* (traitements assainissants, respect de la chaîne du froid).

Les mesures d'hygiène doivent intégrer la surveillance sanitaire des animaux (prophylaxie des mammites, en particulier des mammites subcliniques), mais aussi les bonnes pratiques d'hygiène lors de la traite, de la transformation et toutes les étapes avant la remise au consommateur.

La prophylaxie des mammites subcliniques est délicate ; le suivi des taux cellulaires individuels, que ce soit par le contrôle laitier ou la réalisation de test CMT, permet de détecter les animaux éventuellement atteints, et donc de les écarter de la production à plus ou moins brève échéance (réforme des vaches dites « incurables »), ou de prévoir les traitements prophylactiques à appliquer au tarissement. La détection des mammites cliniques lors de la traite permet aussi de réduire la contamination : l'élimination des premiers jets dans un bol de traite à fond noir permet de détecter précocement les grumeaux, de traire la vache en

pot trayeur individuel, en séparant son lait du reste de la production. Une détection et un traitement précoce favorisent par ailleurs la guérison.

L'hygiène et la technique de traite permettent d'éviter les contaminations : propreté des trayons, hygiène de traite individuelle si besoin (lavettes individuelles, pré-trempe et post-trempe....), pratiques de traite (limiter la surtraite, éviter les entrées d'air en fin de traite...), entretien et réglage de la machine à traire (dépression trop importante, état des manchons...).

Lors de la transformation fromagère, il est important d'éviter la contamination par les intrants : le ferment, la présure, la saumure, la solution de frottage ou de pulvérisation de flores de surface. La maîtrise du procédé de fabrication, et en particulier de l'acidification est nécessaire pour éviter la multiplication des staphylocoques. Les éléments généraux du procédé de transformation sur lesquels le producteur peut jouer sont la température (Tableau 25), la gestion des flores utiles (le développement des flores lactiques fait concurrence aux staphylocoques), la gestion de l'acidification et la diminution des durées des étapes favorables à la croissance des staphylocoques. Pour une pâte molle de type présure, l'institut de l'élevage propose des mesures transitoires d'adaptation de la technologie en cas de contamination : le seuil de contamination maximale recommandé est de 20 ufc/mL de lait de tank, l'acidification doit commencer dans la première heure suivant l'ensemencement et atteindre au démoulage un pH de 4.8 à 5, l'utilisation de ferments homofermentaires mésophiles ou thermophiles du commerce sous forme de levain à repiquer est à favoriser plutôt que l'ensemencement direct; l'acidification sera alors plus rapide, donc le développement des staphylocoques sera limité... [117]

Le Mont d'Or est un fromage favorable au développement des staphylocoques : en effet, sa fabrication nécessite une étape de maturation à 38-39°C, qui permet le développement des staphylocoques, et l'acidification en fin d'égouttage est de l'ordre de 5.6-5.7, trop élevée pour éliminer les staphylocoques. Par ailleurs, le saumurage peut entraîner une contamination du fromage. Il est donc essentiel d'éviter les contaminations à tous les niveaux de la fabrication du fromage : prophylaxie des mammites, hygiène de traite et de la transformation, surveillance des saumures...

(4) Les TIAC dues à *Escherichia coli*

(a) Caractéristiques microbiologiques [13; 128]

Escherichia coli est un bacille à gram négatif, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Cette bactérie est aéro-anaérobie facultative, peut fermenter les nitrates et ne possède pas d'oxydase.

E. coli présente de nombreux sérotypes, déterminés en fonction du profil antigénique (K, O et H). On a pu dénombrer 173 antigènes somatiques (O), 80 antigènes capsulaires (K) et 56 antigènes flagellaires (H). Les différents sérotypes sont classés en fonction des affections qu'ils induisent chez l'homme:

-les *E.coli* responsables de troubles extra-intestinaux (infections urinaires, méningites néonatales)

-ETEC ou *E.coli* entérotoxiques sont responsables entre autres de la diarrhée du voyageur, dite « turista »

-EPEC ou *E.coli* entéropathogènes responsables d'épidémies de diarrhées infantiles

-EIEC ou *E. coli* entéro-invasifs, responsables de toxémies avec malaise et fièvre

- EHEC ou *E.coli* entéro hémorragiques : ils sont responsables de colites hémorragiques et du syndrome hémolytique et urémique (SHU)

Certaines souches dites VTEC (« verotoxin-producing *E.coli* ») ou STEC (« shigatoxin-producing *E.coli* ») possèdent le gène *stx* codant la production de shigatoxines ou vérotoxines. Les EHEC sont un sous-ensemble de STEC considérées comme hautement pathogènes pour l'homme.

Les souches EHEC considérées comme responsables des affections les plus graves appartiennent au sérotype O157:H7 principalement, mais aussi aux sérotypes O26:H11, O145:H28, O103:H2 et O111:H8. Ces souches peuvent produire au moins un des deux types antigéniques de shigatoxines (Stx1 et Stx2), et peuvent provoquer des lésions dites d'attachement-effacement aux cellules intestinales, notamment par l'intermédiaire d'une protéine membranaire, l'intimine.

E.coli est un commensal de l'intestin de l'homme et des animaux d'élevage et de la faune sauvage, et représente 80% de la flore intestinale aérobie. Sa présence dans l'environnement est le signe d'une contamination fécale [13].

Les animaux constituent le réservoir des STEC, et sont porteurs asymptomatiques. Seuls les porcs peuvent développer une affection liée au STEC (maladie de l'œdème du porc). Des études réalisées chez les bovins en détectant le gène *stx* dans les fèces montrent que 20 à 80% des bovins peuvent être porteurs de STEC, et seulement 5 à 20% peuvent être porteurs d'EHEC [128]. L'homme peut lui aussi être porteur asymptomatique de STEC.

Les STEC peuvent survivre et rester infectieux pendant plusieurs semaines dans l'environnement (sédiments d'abreuvoir, fèces, fumier, sol). L'eau peut jouer le rôle de vecteur.

	Optimum de croissance	Limites de croissance	
		Minimum	Maximum
Température	40°C	6°C	45.5°C
pH	6.9	5.5	9.4
Activité de l'eau Aw	0.995	0.95	

Tableau 31: Conditions de développement d'*E. coli* O157:H7 étudiées en laboratoire [128]

La température optimale de croissance est de 37°C, mais celle-ci est de 40°C sur milieu synthétique au laboratoire (Tableau 31). Le pH minimal de croissance est de 5.5, mais certaines souches résistent à des pH plus bas, de l'ordre de 4.

E. coli n'est pas thermorésistante, et les traitements thermiques habituellement utilisés suffisent à détruire le germe (pasteurisation du lait à 72°C pendant 15 secondes). Cependant, la thermorésistance est augmentée dans le cas de matrice alimentaire riche en graisses [13]. Les STEC sont sensibles à l'ensemble des désinfectants usuels, et ne présentent pas d'aptitude particulière à la formation de biofilms.

(b) Infection humaine

(i) Épidémiologie

Le système national de surveillance des Syndromes Hémolytiques et Urémiques (SHU) chez les moins de 15 ans permet indirectement la surveillance épidémiologique des infections à STEC chez l'homme (30 services de néphropédiatrie répartis sur toute la France). L'exhaustivité de ce réseau est estimée à 70%. En se basant sur des études concernant des épidémies en Amérique du Nord et au Japon, on estime la proportion d'infections à STEC évoluant vers des SHU entre 5 et 10% chez les moins de 15 ans. Cela permet ensuite d'obtenir une estimation du nombre d'infections :

Estimations	Cas confirmés ou probables	Cas hospitalisés	Cas décédés
Toute origine	747-1494	220-441	0.8
Origine alimentaire	373-747	110-220	0.4

Tableau 32 : Estimations de la morbidité et de la mortalité annuelles chez les enfants de moins de 15 ans des infections à STEC dans les années 1990 [126]

(ii) Symptômes [128]

La période d'incubation est en moyenne de 3-4 jours et peut varier entre 1 et 8 jours selon la virulence des souches, la dose ingérée et l'âge de l'hôte.

Les EHEC sont responsables de différentes manifestations cliniques : la plus fréquente est la colite hémorragique, qui se manifeste par des crampes abdominales et une diarrhée initialement non sanglante. Le patient ne présente généralement pas ou peu de fièvre. L'évolution est spontanément favorable en quelques jours dans la grande majorité des cas. Le tableau clinique peut cependant se compliquer avec l'apparition d'un SHU, ou d'un purpura thrombotique et thrombocytopénique (PTT), qui sont les manifestations cliniques des EHEC les plus graves.

Le SHU est une complication très grave concernant surtout les enfants de moins de 3 ans et les personnes âgées. C'est la principale cause d'insuffisance rénale aiguë chez les moins de 3 ans. Environ 5% des malades atteints de SHU décèdent et plus d'un tiers conservent des séquelles rénales à long terme.

Le PTT touche surtout l'adulte. C'est une pathologie rare mais très grave, car l'atteinte du cerveau est immédiate.

Le diagnostic repose sur l'isolement et l'identification des STEC dans les selles, la mise en évidence des shigatoxines ou des gènes qui les codent.

(c) Portage chez les bovins

Les bovins adultes sont essentiellement des porteurs asymptomatiques de STEC. Les *Escherichia coli* en général peuvent cependant être responsables de mammites, parfois très graves. Ils sont aussi responsables d'une partie des diarrhées néonatales des veaux

Les STEC sont excrétés principalement dans les selles des animaux porteurs, et peuvent ensuite contaminer le lait (contamination fécale). La prévalence du portage des STEC a été évaluée sur un échantillon de 151 troupeaux laitiers, dans un bassin de production de fromages

au lait cru : la prévalence de portage est de l'ordre de 76% des cheptels chez les vaches et les veaux. Seuls 2 prélèvements sont contaminés par le sérotype O157 :H7, sur 1426 au total. Les sérotypes les plus souvent incriminés en pathologie humaine sont relativement peu isolés dans les fèces de bovins, avec une prévalence comprise entre 0 et 3% [118].

(d) Transmission à l'homme

(i) Modalités

Des études menées aux États-Unis montrent que les modes d'infection principaux par les STEC chez l'homme sont la consommation d'aliments contaminés (66%), la transmission de personne à personne (20%), l'ingestion d'eau contaminée (12%) et le contact avec les animaux porteurs (2%) [128].

Les principaux aliments mis en cause sont la viande hachée mal cuite, les produits au lait cru, les végétaux crus ou non pasteurisés, les eaux de distribution. On peut d'ailleurs signaler les épidémies récentes dues à des graines germées en France fin juin et en Allemagne en mai, et dues à la consommation de steaks hachés début juillet (Cas groupés de SHU et de diarrhées sanglantes).

En octobre-décembre 2005, le nord-ouest de la France a été le théâtre d'une épidémie d'infection à *E.coli* producteur de shigatoxines, mais de sérotype non O157, liée à la consommation de camembert au lait cru : 16 cas ont été identifiés, et la consommation de camembert au lait cru a été rapportée par les parents de 12 cas. Les analyses microbiologiques menées suggèrent une épidémie liée à deux souches O80 :H2 et O26 :H11. L'enquête de traçabilité a permis d'identifier l'entreprise fabriquant les camemberts soupçonnés, et dont les autocontrôles étaient négatifs pour *E.coli* O157 :H7. Les analyses de certains fromages en cave et dans l'échantillonnage ont permis d'isoler des souches O26 :H11 présentant les mêmes caractéristiques moléculaires que celles chez les malades. Les investigations au sein des élevages producteurs laitiers sont en faveur d'une contamination environnementale, avec un possible rôle d'oiseaux sauvages (étourneaux) [61].

(ii) Contamination des fromages

La contamination des aliments est due dans tous les cas à une contamination fécale : préparation des carcasses à l'abattoir, épandage d'effluents à proximité des végétaux ou irrigation par de l'eau contaminée. Concernant les fromages, la contamination du lait cru peut se faire lors de la traite (mamelle ou matériel souillé...), ou à toute étape, lorsque les règles d'hygiène générale ne sont pas respectées.

(iii) Survie et développement

Plusieurs facteurs interviennent dans la survie et le développement des *E.coli* dans les produits laitiers : le pH, l'activité de l'eau et la température. À cela s'ajoute le taux initial de contamination : plus il est important, plus le nombre d'*E.coli* survivantes est important.

Les *E. coli* sont sensibles à la chaleur et sont détruites par la pasteurisation (72°C pendant 15 secondes ou couple temps-température équivalent). Cependant, une contamination post-pasteurisation peut être possible.

L'activité de l'eau intervient dans la croissance des *E.coli* : la valeur minimale d' A_w tolérée est de 0.932, ce qui est supérieur à la valeur en fin d'égouttage de certains fromages à pâte pressée cuite, qui constituent alors un milieu défavorable au développement d'*E.coli*.

L'acidification des fromages au cours de la transformation inhibe la croissance des *E.coli* : lors d'études de contamination artificielle de fromages à pâte pressée cuite, la population d'*E.coli* croît en début de fabrication, puis décroît progressivement, et n'est plus décelable après quelques semaines d'affinage. La décroissance est d'autant plus rapide que le pouvoir acidifiant du levain est élevé. Pour les pâtes molles (camembert), on note de même une croissance des *E.coli* durant les premières heures : une multiplication par 100 si l'acidification est bien conduite, mais une multiplication par 10^4 si l'acidification du caillé est faible (pH 4.9 au lieu de 4.6). Lorsque le pH atteint 4.5, une diminution de la population est constatée. Cependant, lors de l'affinage et de la neutralisation centripète de l'acidité, la croissance des *E. coli* peut repartir [13; 93].

(iv) Relation dose-effet

Selon les résultats de diverses enquêtes épidémiologiques, la quantité de bactéries ingérées provoquant des symptômes semble plutôt faible, de quelques bactéries à plusieurs centaines, soit une dose inférieure à 10 bactéries par gramme d'aliment ingéré. Lors d'une épidémie liée à des steaks hachés surgelés, la concentration moyenne était de 6 bactéries par gramme d'aliment incriminé [128; 13]

(e) Réglementation et prévention des infections

(i) Réglementation en vigueur

Escherichia coli fait l'objet de la définition d'un critère d'hygiène des procédés dans le Règlement Européen 2073/2005 (Tableau 33 : Critères d'hygiène des procédés liés à *E. coli* Tableau 33), cependant aucun seuil n'est défini par la réglementation pour les fromages au lait cru : la pertinence du plan de contrôle est laissée à l'appréciation du producteur dans le cadre de sa démarche HACCP, et est vérifié par les autorités sanitaires.

Catégorie de denrées alimentaires	Micro-organisme	Plan d'échantillonnage		Limites		Méthode d'analyse de référence	Stade d'application du critère	Action en cas de résultat insatisfaisant
		n	C	m	M			
Fromages à base de lait ou de lactosérum ayant subi un traitement thermique	<i>E. coli</i>	5	2	100 ufc/g	1000 ufc/g	ISO 16649 - 1 ou 2	Pendant le procédé de fabrication, au moment où l'on prévoit le nombre d' <i>E. coli</i> le plus élevé	Amélioration de l'hygiène de la production et de la sélection des matières premières
Beurre et crème au lait cru ou lait ayant subi un traitement thermique plus faible que la pasteurisation		5	2	10 ufc/g	100 ufc/g		Fin du procédé de fabrication	

Tableau 33 : Critères d'hygiène des procédés liés à *E. coli* [79]

Par ailleurs, les STEC font l'objet d'un plan de surveillance annuel de la contamination des viandes hachées et des fromages au lait cru. Les résultats de ce plan pour l'année 2009 montrent un taux de résultat positif avec un intervalle de confiance à 95% à 1.1% [0.7-2.0] pour des fromages à base de lait de vache, à 0.8% [0.3-2.0] pour les fromages à base de lait de

chèvre et à 0.3% [0.1-1.6] pour les fromages de brebis. Sur les 1911 échantillons analysés, un seul est positif pour le sérotype O157 :H7 (lait de chèvre), les autres sérotypes concernés sont O26 :H11 (11 souches), O103 :H2 (4 souches) et O145 :H28 (1 souche). La prévalence des contaminations des fromages au lait cru par les STEC est alors évaluée à 1%. Compte tenu de cette prévalence, et des limites des plans d'échantillonnage, la mise en place d'analyses d'autocontrôle ne semble pas pertinente pour garantir la non-contamination des lots : l'accent doit être porté sur la mise en place de mesures de maîtrise de la contamination en amont de la filière, comme l'hygiène générale de la traite [34] .

(i) Autocontrôles

E. coli fait l'objet d'un autocontrôle sur le fromage décrit dans le protocole commun des autocontrôles microbiologiques du SIMO (Tableau 34). Les analyses réalisées sur le lait dénombrent quant à elles les coliformes totaux. Ces analyses permettent d'évaluer l'efficacité des procédures d'hygiène de la production laitière et de la transformation.

Critère	Prélèvement	Lieu du prélèvement / laboratoire	Fréquence	Seuil	Méthode
Coliformes totaux	Lait de tank	Fruitière / LIAL	2/mois	<100 ufc/mL	NF V 08-050#
<i>Escherichia coli</i>	Fromage J+13 à J+16 :5 échantillons ³⁹	Atelier (technicien SIMO) / LARF	2/ mois, à J+13	<1000 ufc/g	NF V 08-053#

Tableau 34 : Autocontrôles coliformes et *E. coli* [124]

(ii) Prévention

La prévention des infections humaines repose principalement sur la prévention de la contamination des aliments, mais aussi sur l'hygiène domestique : les jeunes enfants ne doivent pas consommer de lait cru ou de produits à base de lait cru en l'état (faire bouillir le lait), le lavage des végétaux doit être soigné, il faut cuire la viande hachée à cœur pour les personnes fragiles (jeunes enfants et personnes âgées). Le lavage et la désinfection des mains lors de la préparation des plats sont aussi importants.

La prévention de la contamination fécale passe par le respect des règles d'hygiène de la traite et au cours de la fabrication, et des pratiques d'élevage limitant la pression infectieuse.

L'isolement des veaux diarrhéiques, à l'écart des mères, peut réduire la circulation des bactéries pathogènes (portage), et donc limiter les éventuelles contaminations dans l'environnement de l'étable. Il est aussi important de limiter les contacts avec la faune sauvage pouvant être porteuse (oiseaux,...), et de limiter la contamination de l'alimentation animale et des abreuvoirs par celle-ci... La qualité du logement permet d'éviter des souillures trop importantes sur les mamelles, et faciliter le nettoyage du pis lors de la traite.

L'hygiène lors de la traite est fondamentale, puisque la contamination du lait se fait essentiellement à partir de l'environnement.

Lors de la transformation, les mesures d'hygiène générale doivent être appliquées, et permettent de limiter la plupart des contaminations : les STEC sont sensibles à l'ensemble des désinfectants usuels, et n'ont pas d'aptitude particulière à former des biofilms.

La maîtrise de l'acidification permet de limiter la multiplication des STEC lors de la fabrication : elle doit être rapide et importante. Ce type d'acidification n'étant pas possible dans certaines technologies de fabrication, comme le Mont d'Or, il est alors important de travailler avec un lait de grande qualité bactériologique : le seuil de coliformes totaux dans le lait de tank est fixé par le SIMO à moins de 100ufc/mL. Le dénombrement des coliformes totaux (*E. coli* et d'autres Enterobacteriaceae) permet d'avoir une estimation de la contamination fécale du lait.

(5) Les autres agents bactériens de TIAC

(a) *Campylobacter* [23; 93]

Les campylobacteries thermotolérantes sont à l'origine de la grande majorité des cas de campylobactériose alimentaire : elles regroupent plusieurs espèces (*C.jejuni* subsp. *jejuni*, *C.coli* et *C.lari*). Ce sont des bactéries incurvées ou hélicoïdales, très mobiles, Gram négatif, microaérophiles, oxydase positive et qui ne fermentent et n'acidifient pas les sucres.

	Optimum de croissance	Limites de croissance
Température	40-42°C	30 à 45°C
pH	6.5 -7.5	4.9 à 9
Oxygène	3-5%	0 à 19%
Dioxyde de carbone	10%	
Activité de l'eau	0.997	<0.987
NaCl	0.5%	> 2%

Tableau 35 : Conditions de croissance de *Campylobacter* sp [23]

Les oiseaux sauvages et domestiques sont les principaux réservoirs de *Campylobacter jejuni*, et de *C.coli*. D'autres réservoirs ont été décrits : bovins, porcs et petits ruminants, animaux de compagnie. La bactérie se situe dans le tube digestif des animaux, et contamine les déjections, qui contaminent à leur tour l'environnement (sol, eau...). Les campylobacteries peuvent être à l'origine d'avortements chez les bovins, et de troubles digestifs chez les espèces décrites précédemment.

Les estimations du nombre des cas d'infections réalisées par l'INVS à partir de données récoltées dans les années 1990 sont indiquées ci-dessous :

Estimations	Cas confirmés	Cas hospitalisés	Cas décédés
Toute origine	15 995-21 652	3247-4395	16-22
Origine alimentaire	12796-17322	2598-3516	13-18

Tableau 36 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des infections à *Campylobacter* spp. dans les années 1990 [126]

La campylobactériose se manifeste après 3-4 jours en moyenne d'incubation par une entérite aiguë, avec diarrhée, douleurs abdominales, selles sanguinolentes, fièvre et parfois des nausées et vomissements. La maladie est spontanément résolutive en une semaine dans 80% des cas, mais peut se prolonger chez les personnes immunodéprimées, ou entraîner de rares complications locales (appendicite, péritonite, cholécystite). Le diagnostic est confirmé par coproculture.

Les aliments responsables de campylobactériose sont surtout la viande de volaille crue, le lait cru et la viande de porc. L'eau contaminée est aussi responsable de campylobactériose.

La contamination du lait peut avoir une origine fécale, ou être due à l'excrétion mammaire en cas de mammite.

Campylobacter spp. est sensible aux traitements thermiques : une température de 60°C pendant 80 secondes permet d'inactiver 10⁶ bactéries par mL de lait cru. Ils sont aussi sensibles à l'acidification des fromages : un pH du caillé inférieur à 5 permet la destruction des campylobacter : si l'acidification du fromage est bien conduite, le risque de contamination du consommateur est donc faible.

Les mesures de prévention reposent sur le respect des règles d'hygiène générale tout au long de la filière, et sur la maîtrise de la technologie (traitement thermique éventuel, acidification du caillé).

(b) *Yersinia enterocolitica* [93; 89]

Yersinia enterocolitica est un bacille à Gram négatif, non capsulé, aéro-anaérobie, psychrotrophe : sa température optimale de croissance est de 28-29°C, mais il peut croître à 4°C. C'est une bactérie peu compétitrice.

	Optimum de croissance	Limites de croissance	Limites de survie
Température	28-29°C	0-42°C	60°C pendant quelques minutes
pH	7.2-7.4	4-10	3.6-12
Aw		0.945	
NaCl			<5%
CO2			20%

Tableau 37 : Conditions de développement de *Yersinia enterocolitica* [93; 89]

Y. enterocolitica est subdivisée en 5 biotypes, dont un non pathogène, et 76 biosérotypes, dont les principaux isolés en France sont 4/O :3, 2/O :9 et 2/O :5,27 . Les biosérotypes possèdent une endotoxine et parfois une phospholipase C extracellulaire ainsi qu'une entérotoxine thermostable : produite de façon optimale à 25°C à pH 7-8 en milieu aérobie, elle est produite aussi à 6°C , mais pas à 37°C. Elle résiste au froid (4°C pendant 7 mois), au chaud (121°C/15 minutes) et au pH de 1 à 11.

Les principaux réservoirs animaux sont le porc, les rongeurs et lagomorphes, les petits ruminants, les volailles et les carnivores domestiques. L'eau de surface, du réseau, les boues et le sol contaminé par des déjections constituent le réservoir environnemental. Ces bactéries peuvent survivre 20 jours dans de l'eau à 4°, 540 jours dans le sol.

Estimations	Cas confirmés	Cas hospitalisés	Cas décédés
Toute origine	728-2121	172-706	4-11
Origine alimentaire	655-1909	155-635	4-10

Tableau 38 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des infections à *Yersinia enterocolitica* dans les années 1990 [126]

Les deux tiers des infections rapportées concernent les enfants de moins de 10 ans (cas sporadiques et épidémies). Les estimations de l'INVS présentées ci-dessus sont indicatives, et

leur validité ne peut être garantie du fait du manque de données épidémiologiques en France, et de la non-pathogénicité des souches retrouvées et du portage asymptomatique.

La période d'incubation varie de 1 à 11 jours, et l'infection se manifeste classiquement chez l'adulte par de la fièvre, des crampes abdominales, de la diarrhée liquide aigüe, qui peut être accompagnée de céphalées, anorexie ou vomissement. Chez les enfants, on constate une diarrhée muqueuse et aqueuse. L'entérocolite peut persister plusieurs mois, ou se compliquer chez un sujet immunodéprimé d'une septicémie ou d'une localisation à distance.

Des présentations cliniques atypiques sont possibles : lymphadénite mésentérique aigüe simulant une appendicite, pharyngite. Par ailleurs, le portage asymptomatique est fréquent (excrétion dans les selles pendant 2 à 3 mois).

L'homme se contamine principalement par consommation de viande de porc mal cuite, et par contact avec des animaux infectés, ou consommation d'eau contaminée, mais les produits laitiers sont impliqués dans les épidémies. La toxine est par ailleurs véhiculée par le lait et la viande de porc. La dose minimale infectante est de l'ordre de 10^6 bactéries. L'intoxication par la toxine préformée a été trop peu investiguée pour établir une relation dose-effet.

La contamination des produits laitiers peut se faire post-pasteurisation par ajout d'ingrédients, par manipulation par des opérateurs porteurs, une désinfection inadéquate des équipements. La survie est possible dans les fromages à pâte molle si l'acidification ne se fait pas correctement. Par ailleurs, 20 à 60% des laits crus sont contaminés par des *Y. enterocolitica*, heureusement non pathogènes.

La survie dans les fromages est conditionnée par l'étape d'acidification : si celle-ci est bien conduite, les bactéries disparaissent en quelques jours au sein de pâtes molles artificiellement contaminées, sinon elles peuvent persister au moins 30 jours si la contamination initiale est suffisante.

La prévention des infections repose sur l'hygiène générale à toutes les étapes et la maîtrise de l'acidification, ou des traitements thermiques.

(a) *Bacillus cereus* [93; 106]

Bacillus cereus est un bacille Gram positif, sporulé, aéro-anaérobie facultatif, appartenant à la famille des Bacillaceae. C'est une bactérie largement répandue dans l'environnement, où on le retrouve sous forme de spores (10^4 - 10^5 spores par gramme de sol), qui sont aussi présentes dans le tube digestif d'animaux à sang chaud.

Température	5-55°C (optimum : 30-37°C)
pH	4.5-9.3
A _w	>0.95
NaCl	>7.5%

Tableau 39 : Conditions de développement de *Bacillus cereus* [93]

B. cereus peut être très rarement responsable de mammites chez les bovins, ainsi que d'avortements chez les bovins et les ovins.

Les estimations du nombre des cas d'infections réalisées par l'INVS à partir de données récoltées dans les années 1990 sont indiquées ci-dessous :

Estimations	Cas	Cas hospitalisés	Cas décédés
épidémiques	219	26	0
Épidémiques et sporadiques	701	84	0

Tableau 40 : Estimations de morbidité et de mortalité annuelles des intoxications à *Bacillus cereus* dans les années 1990 [126]

L'ingestion de *B.cereus* est responsable de 2 manifestations différentes :

- une diarrhée, accompagnée de douleurs abdominales et de nausées, parfois de fièvre, survenant dans les 8 à 16h après ingestion, due à la toxine diarrhéique, synthétisée dans l'intestin suite à la multiplication des bactéries
- des vomissements, survenant dans les 1 à 5 h après ingestion, et parfois suivis de diarrhée, due à la toxine émétique, le céréulide, dont la synthèse se fait dans l'aliment, à des températures inférieures à 40°C.

La toxine diarrhéique est inactivée par chauffage à 56°C pendant 5 minutes, alors que la toxine émétique résiste à la chaleur (126°C pendant 90 minutes), au froid (4°C pendant 2 mois).

La quantité de bactéries présentes dans l'aliment pouvant provoquer une toxi-infection est d'au moins 10^4 /g d'aliment.

Du fait de sa présence dans l'environnement sous forme de spores thermorésistantes (détruites par la stérilisation), *B.cereus* peut contaminer de nombreux aliments : plats cuisinés, graines germées, riz, pâtes. Les intoxications attribuées aux produits laitiers sont de type diarrhéique, mais l'implication des produits laitiers reste rare (aucun des 15 foyers confirmés en 2009, 2 foyers sur 209 entre 2006 et 2008 [62])

Les spores sont généralement présentes en quantité trop faible dans l'aliment pour déclencher des symptômes ; cependant, si l'aliment est laissé à température ambiante, les spores peuvent germer, et *B.cereus* se multiplier en synthétisant de la toxine, qui ne peut être détruite par la suite.

La contamination du produit par les spores est quasiment inévitable (présence dans l'environnement, adhésion aux surfaces en acier inoxydable, accumulation dans les équipements de transformation), de ce fait la prévention des accidents alimentaires repose sur l'inactivation des spores au sein de l'aliment (thermorésistance variable des spores), et la limitation de la croissance des formes végétatives (Tableau 39), ainsi que la réduction des contaminations initiales (limiter la contamination du sol, techniques de nettoyage des équipements à base de soude à chaud : une réduction d'un facteur 10^4 peut être obtenue en utilisant des solutions d'hypochlorite de sodium contenant au moins 100 mg/L de chlore actif).

(b) *Clostridium botulinum* [93]

Les intoxications à *C.botulinum* dues à la consommation de fromage sont très rares voire exceptionnelles : une intoxication en 1974 a concerné 48 Suisses et 38 Français suite à la consommation de fromage à pâte molle type Brie : les claies en paille sur lesquelles les fromages reposaient ont été mises en cause dans cette épidémie. Les aliments concernés sont

les aliments conservés peu acides : conserves dont la stérilisation est insuffisante, de la charcuterie artisanale, des poissons séchés sous vide.

Les spores de *C.botulinium* ont pour réservoir l'environnement. Le pH de croissance de *C.botulinium* est proche de 7 : aucune croissance n'est observée à pH inférieur à 4.5. Leur température optimale de croissance est de 30 à 37°C selon les souches, avec un minimum à 15°C.

Le botulisme est dû à l'ingestion de la toxine botulique thermorésistante préformée dans l'aliment, provoquant des paralysies flasques et symétriques, pouvant entraîner la mort par insuffisance respiratoire, selon la dose ingérée. Les nourrissons sont sensibles, du fait de l'immaturité de leur flore intestinale, à la toxi-infection botulique, c'est-à-dire à la multiplication des clostridies et la production de toxine in situ après l'ingestion de spores (dans du miel par exemple).

b) Les maladies réglementées

Nous allons aborder dans cette partie la brucellose et la tuberculose. Ce sont des maladies réputées contagieuses, qui doivent être déclarées aux autorités sanitaires et donnent lieu à des mesures de police sanitaire (article D 223-21 du code rural et de la pêche maritime)

(1) La brucellose

Elle est aussi appelée « fièvre de Malte, fièvre ondulante, fièvre sudoro-algique »

(a) Principales caractéristiques microbiologiques [84]

Les brucelles sont des bactéries à gram négatif appartenant au genre *Brucella*. Elles sont réparties en six espèces : *B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*, *B. canis*, *B. neotomae* et *B. ovis*. Les brucelles ont toutes un réservoir animal préférentiel, mais certaines peuvent infecter d'autres espèces de mammifères, dont l'homme. La pathogénicité pour ce dernier varie selon les espèces.

Espèce	Biovars	Réservoirs	Pathogénicité pour l'homme
B melitensis	1-3	Caprins, ovins, camélidés	Très forte
B abortus	1-6 ; 9	Bovins, Camélidés, yacks, buffles	Forte à très forte
B suis	1-5	Suidés (1-3), lièvres(2), caribous et rennes (4), rongeurs sauvages (5)	Forte pour les biovars 1 et 3, modérée pour le 4, faible pour le 2, inconnue pour le 5
B canis		Canidés	Faible
B ovis		Ovins	Non pathogène
B neotomae		Rongeurs	inconnue

Tableau 41: Réservoirs et pathogénicité pour l'homme des brucelles [127]

Ces bactéries sont aérobies strictes, mais certaines souches nécessitent une atmosphère enrichie en CO₂ (5 à 10%) pour leur croissance. Le pH optimal de croissance est compris entre 6.6 et 7.4, elles sont mésophiles (température optimale de 34°C).

Leur survie dans l'environnement est favorisé par les conditions humides et les températures basses : elles peuvent survivre plus de deux mois dans une eau à 20°C ou dans une pâture fraîche, et jusqu'à huit mois dans les lisiers.

Nous allons ensuite nous intéresser uniquement à *Brucella abortus*, qui infecte les bovins, et donc pourrait éventuellement constituer un danger lors de la consommation de Mont d'Or.

(b) La brucellose bovine [47]

C'est une maladie infectieuse et contagieuse, transmissible à l'homme, due essentiellement à *Brucella abortus*, et se manifeste habituellement par des avortements enzootiques.

La France est reconnue officiellement indemne de brucellose bovine au sein de l'Union Européenne depuis 2005. Cette maladie reste inscrite dans la liste des maladies réputées contagieuses, et elle fait l'objet d'une prophylaxie nationale obligatoire.

(i) Pathogénie et signes cliniques

Après la contamination initiale les bactéries se multiplient dans les nœuds lymphatiques de la porte d'entrée, puis se disséminent par voie lymphatique principalement et sanguine. Elles se localisent ensuite dans les tissus lymphoïdes (sphère génitale et mammaire), le placenta, les testicules et leurs annexes, la glande mammaire, les bourses séreuses et synoviales (articulations du carpe). Ces localisations peuvent s'accompagner de manifestations cliniques de la brucellose aigüe : orchite ou épididymite, avortement... Le mécanisme de ce dernier repose sur une placentite exsudative et nécrotique : le fœtus peut mourir alors d'anoxie si les lésions sont étendues, ou naître prématurément ou à terme, présentant parfois des lésions cérébrales d'origine hypoxique à l'origine de sa mort dans les 48 heures⁴⁸.

Les signes cliniques de la brucellose bovine sont inconstants. Chez la femelle, l'avortement peut se produire à n'importe quel stade de la gestation, mais plus généralement vers le 6ème ou 7ème mois. La non-délivrance est ensuite fréquente. Chez le mâle, la brucellose se manifeste par des orchites ou orchi-épididymites. D'autres symptômes non génitaux peuvent apparaître chez les deux sexes : des arthrites d'évolution chronique ou des hygromas, surtout au niveau du carpe.

La guérison bactériologique est rare : selon la résistance de l'hôte, les brucelles se maintiennent plusieurs années dans les nœuds lymphatiques, et peuvent se réactiver en cas de stress physiologique, par exemple une gestation. Cependant, il est à noter qu'une femelle infectée n'avorte qu'une fois, rarement deux.

(ii) Épidémiologie

Les matières virulentes sont principalement le contenu de l'utérus gravide infecté, expulsé lors de l'avortement ou d'une mise bas d'apparence normale (eaux fœtales, avorton, placenta et lochies), mais aussi les sécrétions vaginales, l'urine, le sperme, le colostrum et le lait : 20 à 60% des vaches séropositives asymptomatiques éliminent ce germe dans le lait. Cette excrétion est néanmoins transitoire (quelques jours après la mise bas) et discrète, sauf si il y a eu avortement.

(iii) Diagnostic

Les signes majeurs de suspicion sont l'avortement, l'orchite et l'épididymite.

⁴⁸ Un avortement est défini réglementairement comme l'expulsion d'un fœtus mort-né ou qui décède dans les 48 heures après sa naissance.

Les prélèvements peuvent être quelques calottes placentaires (ou du liquide utérin, voire l'avorton) et un prélèvement sanguin si avortement, ou bien des prélèvements sanguins ou du lait de tank en cas de dépistage.

Le diagnostic peut être bactériologique, par PCR⁴⁹ ou sérologique : épreuve à l'antigène tamponné (EAT)⁵⁰ ou technique ELISA sur sérums de mélange (10 bovins), éventuellement technique de fixation du complément pour confirmer les sérums positifs ou douteux lors des méthodes précédentes. Les anticorps sont détectables de 30 jours à 6 mois après la contamination initiale. On peut aussi rechercher les anticorps dans le lait de mélange (tank à lait) par une méthode ELISA.

(iv) Mesures de prophylaxie [70]

La brucellose fait l'objet d'un programme de prophylaxie collective obligatoire à l'échelle nationale, et de mesures de police sanitaire, définies dans l'arrêté du 22 avril 2008. La vaccination est interdite en France, la prophylaxie se compose uniquement de mesures sanitaires. En l'absence de brucellose, le cheptel peut obtenir la qualification « officiellement indemne », sous respect de plusieurs conditions (introduction des animaux, test de dépistage réguliers...)⁵¹. Cette qualification est obligatoire pour commercialiser du lait cru, vendre des animaux, les transporter hors de l'exploitation.

Un avortement doit être obligatoirement déclaré par l'éleveur à son vétérinaire sanitaire. Ce dernier vérifie que la femelle a bien été isolée du troupeau, effectue un prélèvement de sang et le transmet au laboratoire départemental d'analyse, rédige un rapport d'information avec les précisions concernant la femelle avortée, et prend les mesures de désinfection immédiatement nécessaires. L'animal est de statut « en cours de confirmation » vis-à-vis de la brucellose. Si les analyses sérologiques sont positives, l'animal devient suspect, et le vétérinaire sanitaire devra réaliser d'autres prélèvements (écouvillon au niveau du col utérin pour une mise en culture).

⁴⁹ La PCR ou « Polymerase Chain Reaction » est une méthode d'amplification génique in vitro, permettant la détection d'une très faible quantité d'acide nucléique (ADN ou ARN) d'un organisme (bactérie, virus....).

⁵⁰ Ce test qualitatif met en évidence les anticorps sériques agglutinants dirigés contre le lipopolysaccharide de la paroi des *Brucella*, par interaction avec un antigène brucellique coloré au rose bengale mis en suspension dans un milieu acide tamponné.

⁵¹ - Tout bovin introduit dans le cheptel provient d'un cheptel officiellement indemne, est mis en quarantaine à son arrivée, et subit un test sérologique de dépistage si il est âgé de plus de 24 mois (sauf si la durée de transfert n'excède pas 6 jours). - Tout bovin âgé de 24 mois ou plus doit subir annuellement un test de dépistage, soit par EAT individuel ou ELISA sur mélange de sérum sur au moins 20% du troupeau, soit par ELISA annuel sur lait de tank

La surveillance peut être renforcée si le cheptel présente un risque sanitaire particulier, ou si l'élevage livre au consommateur du lait cru ou des produits au lait cru.

Statut des animaux		Circonstances	Statut du troupeau (au moins un animal de ce statut)	Devenir des animaux et du troupeau
Indemne		* Appartient à un cheptel officiellement indemne	Officiellement Indemne	
Non indemne	En cours de détermination	* Avortement en attente résultats du sérum * Sérum EAT ou FC positif * Appartient à un cheptel de statut indéterminé	Officiellement Indemne	
	Suspect d'être infecté	* Avortement et résultat sérologique positif * Sérum EAT et FC positif, ou ECA positif * Lait positif deux fois de suite avec la méthode ELISA	Suspect d'être infecté	+ Arrêté préfectoral de mise sous surveillance (APMS) et suspension de la qualification + Visite sanitaire + Isolement animaux suspects + Suspension des entrées/sorties des espèces sensibles + Le lait des animaux suspects ne doit pas être livré à la consommation humaine. Le lait du reste du troupeau doit être pasteurisé. Les produits au lait cru fabriqués auparavant doivent subir une maturation de 60 jours minimum
	Infecté	* Mise en évidence de <i>Brucella</i> (culture ou PCR) dans les prélèvements (écouvillon) * EAT ou FA ou ECA positif si appartient à cheptel infecté	Infecté	+ Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI) + mesures précédentes renforcées + Abattage total ⁵² + Indemnisation + Mesures de nettoyage et désinfection des locaux, pâturages utilisés interdits pendant 60 jours, stockage lisiers et fumiers hors de portée des animaux et épandage interdit sur les pâturages et cultures maraîchères L'APDI sera ensuite levé.
	Contaminé	* Analyses négatives mais appartient à un cheptel infecté		

Tableau 42: Mesures de police sanitaire vis-à-vis de la brucellose [70]

(c) La brucellose humaine [127]

L'infection humaine est initialement asymptomatique dans 90% des cas. La brucellose se déroule classiquement en trois phases :

- 1- Brucellose aiguë septicémique de primo-invasion, survenant en général après une incubation de 1 à 3 semaines, voire plusieurs mois. Elle se manifeste par un syndrome pseudo-grippal banal, mais aussi parfois par une « fièvre ondulante sudoro-algique », caractérisée par une fièvre fluctuante, des suees nocturnes abondantes et malodorantes, des douleurs articulaires et musculaires, fatigue et maux de tête.

⁵² Lorsque les animaux présentent une réaction non négative au test de dépistage ou s'il y a suspicion d'infection, ils doivent être abattus séparément des autres animaux, en évitant toute contamination de la chaîne d'abattage et du personnel. Les mamelles, le tractus génital, le foie, la rate, les reins et le sang sont saisis et détruits. En cas de brucellose aiguë, la saisie est totale.

- 2- Phase secondaire post-septicémique, dite brucellose subaiguë ou localisée, dans les zones ostéo-articulaires, mais aussi génitales, voire méningées, hépatospléniques, cardiaques, pulmonaires, cutanées et ophtalmiques.
- 3- Phase chronique, non systématique, mais peut apparaître longtemps après la contamination, et constituer les premiers signes cliniques si les phases précédentes étaient inapparentes. Elle se manifeste sous deux formes, la « patraquerie brucellique » (fatigue physique et intellectuelle, syndrome dépressif...), ou par la formation de foyers articulaires ou viscéraux

(d) Contamination humaine [127]

L'homme n'est qu'un hôte accidentel des brucelles : il n'y a pas de transmission interhumaine de la maladie. La contamination se fait le plus souvent par l'ingestion d'aliments contaminés, soit par contact direct avec des animaux infectés, ou un environnement souillé par des produits d'avortement. La pénétration du germe est donc par voie orale, cutanée, conjonctivale ou aérienne.

Les cas de brucellose en France sont peu nombreux, 72 cas ont été identifiés sur la période juin 2002-juin 2004. La consommation de produits au lait cru fabriqués en France est un facteur d'exposition rapporté dans 19% des cas de brucellose déclarés en France, de juin 2002 à juin 2004, et cela concerne des fromages au lait de chèvre et de brebis.

Les principaux aliments responsables de brucellose humaine sont les produits à base de lait cru et fromages peu affinés. La disparition de la bactérie dans les produits laitiers est due à leur acidification au cours de la transformation et de l'affinage. On considère généralement que 3 mois d'affinage détruisent les brucelles.

Produit laitier	Température (°C)	Durée de survie
Lait	71°	5-15 secondes
Beurre	8°	142 jours
Roquefort (pâte persillée)		20-60 jours
Camembert (pâte molle, caillé mixte)		<21 jours
Cheddar (pâte pressée cuite, caillé présure)		6 mois

Tableau 43: Durée de survie des brucelles dans quelques produits laitiers [127]

Compte tenu de la technologie de fabrication du Mont d'Or, on peut supposer que la durée de survie des Brucelles dans le Mont d'Or est du même ordre que celle dans le camembert, une pâte molle à caillé mixte à prédominance lactique, donc acide, tout en étant plus élevée, puisque le vacherin est moins acide.

La contamination du Mont d'Or fermier par les brucelles est donc peu probable, du fait de la qualification du troupeau, et de sa méthode de fabrication et d'affinage.

(2) La tuberculose

La tuberculose bovine est très rare en France, l'atteinte humaine est donc exceptionnelle. La voie principale de contamination est la voie alimentaire, notamment l'ingestion de lait cru contaminé. Elle est aussi possible par inhalation, ou par inoculation accidentelle à la suite de blessures cutanées et de la manipulation de lésions tuberculeuses.

Les bacilles tuberculeux sont des bactéries acido-alcool-résistantes, qui ont une croissance très lente sur des milieux obligatoirement enrichis : le diagnostic bactériologique est donc

très long. Elles sont à l'origine d'une maladie chronique, mais possède surtout un pouvoir allergène marqué, exploité dans les tests de dépistage (intradermo tuberculation). Les mycobactéries sont sensibles à la chaleur (pasteurisation du lait), aux rayons UV et à la lumière ; elles résistent au froid et à la dessiccation, et aux acides et aux bases en solution.

(a) *La tuberculose bovine [6]*

Elle est due à une mycobactérie, le plus souvent *Mycobacterium bovis*. Parfois, elle peut être due au bacille tuberculeux humain, *Mycobacterium tuberculosis*.

(i) *Pathogénie et signes cliniques*

Après pénétration dans l'organisme, le bacille se multiplie localement dans les cellules phagocytaires, ce qui est à l'origine d'un chancre d'inoculation, associé à une adénopathie satellite en 8 à 15 jours. La voie pulmonaire est la porte d'entrée du germe dans 95% des cas chez les ruminants. Cette lésion initiale peut soit se stabiliser, soit guérir, soit se généraliser. Ensuite, la prolifération de proche en proche peut être à l'origine d'une tuberculose chronique d'organe, qui peut elle aussi se stabiliser ou se généraliser tardivement. Cette infection s'accompagne du développement par l'organisme en réaction d'une hypersensibilité retardée et d'une immunité cellulaire. Cette dernière freine l'évolution de la maladie, mais elle reste relative et facilement vaincue lors d'une atteinte de l'état général ou de réinfections répétées. La maladie est donc d'évolution lente, avec des poussées aiguës, et des signes cliniques variés selon la localisation des lésions.

(ii) *Épidémiologie*

La prévalence annuelle de la tuberculose bovine en 2005 en France est estimée à 0.04% des élevages (88 élevages sur 221 000).

Le bacille est excrété dans le lait, et toutes les sécrétions, les muscles et organes peuvent être virulents selon la proximité du foyer tuberculeux. Les bacilles sont résistants dans le milieu extérieur (5 mois, desséchés, à l'obscurité), et peuvent rester virulents durant plusieurs semaines dans le lait réfrigéré. La pasteurisation du lait permet de détruire le bacille.

(iii) *Diagnostic et dépistage*

Le diagnostic clinique est insuffisant, du fait de la fréquence des infections inapparentes, et doit être associé au diagnostic expérimental. Le diagnostic nécropsique est souvent réalisé à l'abattoir et se base sur les lésions caractéristiques de la tuberculose : les tubercules et nodules (gris, caséeux, caséo-calcaire, fibreux...) plus ou moins associés à un épanchement et une inflammation non spécifique. Les diagnostics bactériologiques et histopathologiques sont utilisés pour obtenir une confirmation lors de lésions observées sur des bovins abattus ou autopsiés : l'isolement de *M. bovis* suffit pour établir le diagnostic, mais ce résultat est long à obtenir (4 à 6 semaines en moyenne, 3 mois pour être sûr s'il est négatif). Il existe une méthode de PCR sur culture, plus rapide (15 jours). Le dépistage allergique est réglementé en

France: c'est l'intradermotuberculation simple (IDS) ou comparative (IDC)⁵³. On peut aussi réaliser un diagnostic sérologique (interféron γ).

(iv) Mesures de prophylaxie [66]

Statut des animaux		Circonstances	Statut du troupeau (comprenant au moins un animal de ce statut)	Devenir des animaux et du troupeau
Indemne		* Appartient à un cheptel officiellement indemne	Officiellement Indemne	
Non Indemne	Suspect d'être infecté	* lésions évocatrices (abattoir/autopsie) * Lésions histologiques évocatrices (laboratoire agréé) * Réactions tuberculiques non négatives	Suspect d'être infecté	+ APMS et suspension de la qualification + Toutes les investigations nécessaires + Visite sanitaire + Isolement animaux suspects + Suspension des entrées/sorties des espèces sensibles + Le lait des animaux suspect ne doit pas être livré à la consommation humaine. Le lait du reste du troupeau doit être pasteurisé. Les produits au lait cru fabriqués auparavant doivent subir une maturation de 60 jours minimum + requalification si résultats sont négatifs
	Infecté	* appartenant à un cheptel infecté et répond aux critères de suspicion ci-dessus * signes cliniques ET réaction positive IDS/IDC * Isolement et identification <i>M. bovis</i> ou <i>M. tuberculosis</i> * IDC positif et identification de mycobactéries du groupe tuberculosis * IDC positif et lésions histologiques évocatrices	Infecté	+ Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI) + mesures précédentes renforcées + interdiction de livrer le lait cru, et les produits au lait cru fabriqués dans les deux mois précédant la confirmation de l'infection + Abattage total⁵⁴ + Indemnisation + Mesures de nettoyage et désinfection des locaux, L'APDI sera ensuite levé.
	Contaminé	* appartient à un cheptel infecté, mais ne répond pas aux critères ci-dessus		

Tableau 44: Mesures de police sanitaire vis à vis de la tuberculose

⁵³ IDS : inoculation de 0.1 mL de tuberculine normale (20.000 UCT/mL), au niveau de l'encolure (tiers moyen). La réaction est positive si l'augmentation du pli de peau après 72h est d'au moins 4 mm, elle est négative si elle ne dépasse pas 2 mm.

IDC : injections de tuberculine bovine (B) et de tuberculine aviaire (A) sur la même face de l'encolure, en deux points distants de 10-15 cm. Le résultat est lu après 72 heures : si l'épaississement en B est inférieur à 2mm, le résultat est négatif, si il est supérieur, on mesure la différence d'épaississement entre B et A : Si B-A est supérieur à 4 mm, le résultat est positif, si B-A est inférieur à 1 mm, le résultat est négatif

⁵⁴ Les animaux doivent être abattus séparément des autres animaux, en évitant toute contamination de la chaîne d'abattage et du personnel. Ils subissent une inspection post-mortem approfondie. En l'absence de lésions tuberculeuses dans les organes porte d'entrée, il n'y a pas de saisie de la carcasse. Sinon la saisie est totale, sauf si les lésions tuberculeuses sont localisées et stabilisées.

La tuberculose fait l'objet d'un programme de prophylaxie collective obligatoire à l'échelle nationale, et de mesures de police sanitaires (Tableau 44), définies dans l'arrêté du 15 septembre 2003. Le traitement antibiotique et la vaccination sont réservées à l'Homme, la prophylaxie contre la tuberculose animale se compose donc uniquement de mesures sanitaires.

En l'absence de tuberculose, le cheptel peut obtenir la qualification « officiellement indemne », sous respect de plusieurs conditions (introduction des animaux, test de dépistage réguliers...)⁵⁵. Cette qualification est obligatoire pour commercialiser du lait cru, vendre des animaux, les transporter hors de l'exploitation

(b) Contamination et tuberculose humaine à M. Bovis [51]

Cette bactérie peut provoquer toutes les formes de tuberculose humaine, mais la fréquence des localisations extra-pleuropulmonaires est plus élevée : ces dernières sont environ sept fois plus nombreuses que les formes pleuropulmonaires. Cela est dû en particulier au mode de contamination : l'ingestion d'aliments contaminés (lait cru) est le plus souvent en cause, plus que l'inoculation accidentelle ou l'inhalation.

Les signes cliniques évocateurs d'une tuberculose pulmonaire sont la toux persistante avec émissions de sang, une fièvre persistante et des sueurs nocturnes, un amaigrissement. Les symptômes des autres localisations dépendent des organes atteints.

La prévalence des tuberculoses à M. bovis est extrêmement faible en France. Pour mémoire, l'ensemble des tuberculoses humaines déclarées en France métropolitaine en 2009 représente 5146 cas, soit 0.0083 % de la population.

La contamination du Mont d'Or fermier par les mycobactéries est donc très peu probable, du fait de la qualification du troupeau, et de la prévalence de la tuberculose en France.

c) Moisissures et mycotoxines [46; 37]

Certaines moisissures peuvent produire des substances toxiques lors de leur développement : ce sont les mycotoxines. Elles peuvent être présentes dans différentes denrées alimentaires (céréales, chocolats, fruits non traités...), et peuvent aussi être retrouvées dans les fromages et le lait.

Certaines mycotoxines ont une toxicité aiguë très marquée, mais il est exceptionnel en Europe d'être exposés à des doses toxiques en une seule ingestion provoquant une mycotoxicose aiguë. La toxicité est donc le plus souvent chronique : elles sont hépatotoxiques (aflatoxines), oestrogéniques (zéaralène), immuno/hématotoxiques (patuline, trichothécènes, fumonisines), dermonécrosantes (trichothécènes), néphrotoxiques (ochratoxine A) ou neurotoxiques (toxines trémorgènes). Certaines sont cancérigènes.

⁵⁵ - Tout bovin de plus de 6 semaines introduit dans le cheptel provient d'un cheptel officiellement indemne, est mis en quarantaine à son arrivée, et a subi, dans les 30 jours précédant son départ ou suivant sa livraison, une IDS ou IDC de résultat négatif (sauf si la durée du transfert est de moins de 6 jours).

- Tout bovin âgé de plus de 6 semaines présent dans le troupeau a été soumis à deux IDS ou IDC pratiquées de 6 mois à un an d'intervalle, et de résultat négatif. Tous les bovins sont exempts de manifestations cliniques de tuberculose, et les animaux des autres espèces sensibles sont détenus de façon distincte du troupeau bovin. Le rythme des dépistages peut être allégé si la prévalence annuelle est faible (tous les 2 – 3- 4 ans ou dispense) La surveillance peut être renforcée si le cheptel présente un risque sanitaire particulier, ou si l'élevage livre au consommateur du lait cru ou des produits au lait cru

La contamination des fromages peut se faire par contamination du lait, par la présence de moisissures toxigènes, ou par adjonction d'herbes ou d'épices dans certaines fabrications.

Les animaux de rente exposés aux mycotoxines dans leur alimentation peuvent produire des résidus dans leur lait : il peut s'agir de la toxine elle-même ou de métabolites toxiques. Ainsi, on peut retrouver dans le lait un métabolite de l'aflatoxine B1, l'aflatoxine M1, dont la quantité est proportionnelle à la contamination en aflatoxine B1 des aliments pour animaux (0.5% de la dose de mycotoxine ingérée). L'aflatoxine M1 est cancérigène, et n'est pas détruite lors des différentes étapes de préparation du lait ou de transformation fromagère, car elle établit une forte liaison hydrophobe avec la caséine. Après l'égouttage et en cours d'affinage, la mycotoxine est concentrée par la déshydratation du fromage : dans une pâte molle, la contamination est ainsi multipliée par 2.5 à 3.5.

Les moisissures intervenant dans la fabrication de fromage (*Penicillium camemberti* et *P. roqueforti*) peuvent présenter des souches toxigènes, ainsi que les moisissures contaminant le fromage. Les mycotoxines que ces souches peuvent produire sont variées : acide cyclopiazonique, acide mycophénolique, roquefortine, patuline, acide pénicillique, ochratoxine A, citrinine, aflatoxines, stérigmatocystine... Toutefois, les souches d'ensemencement sélectionnées sont non toxigènes, et protègent le fromage des contaminations par effet de compétition. Par ailleurs, du fait de ses caractéristiques physico-chimiques, le fromage représente en général un substrat impropre à la croissance des souches toxigènes et à la toxinogénèse. Les quantités de mycotoxines éventuellement produites sont en outre très faibles et elles se dégradent rapidement.

La réglementation européenne définit la teneur maximale en aflatoxine M1 pour le lait cru, le lait traité thermiquement et le lait destiné à la fabrication de produits laitiers : La teneur maximale autorisée est de 0.050 µg/kg [81].

C. Nettoyage et désinfection [26; 39]

Le nettoyage et la désinfection des locaux et des équipements reposent sur des règles strictes, dont certaines sont communes à toutes les industries agroalimentaires, et d'autres sont spécifiquement liées à la fromagerie. Le nettoyage de la machine à traire et des lactoducs repose aussi sur de telles règles.

Il faut distinguer le nettoyage, qui est l'élimination de toute souillure visible, de la désinfection, qui consiste à éliminer les germes. La désinfection ne peut s'appliquer que sur une surface préalablement nettoyée pour être efficace (Figure 13).

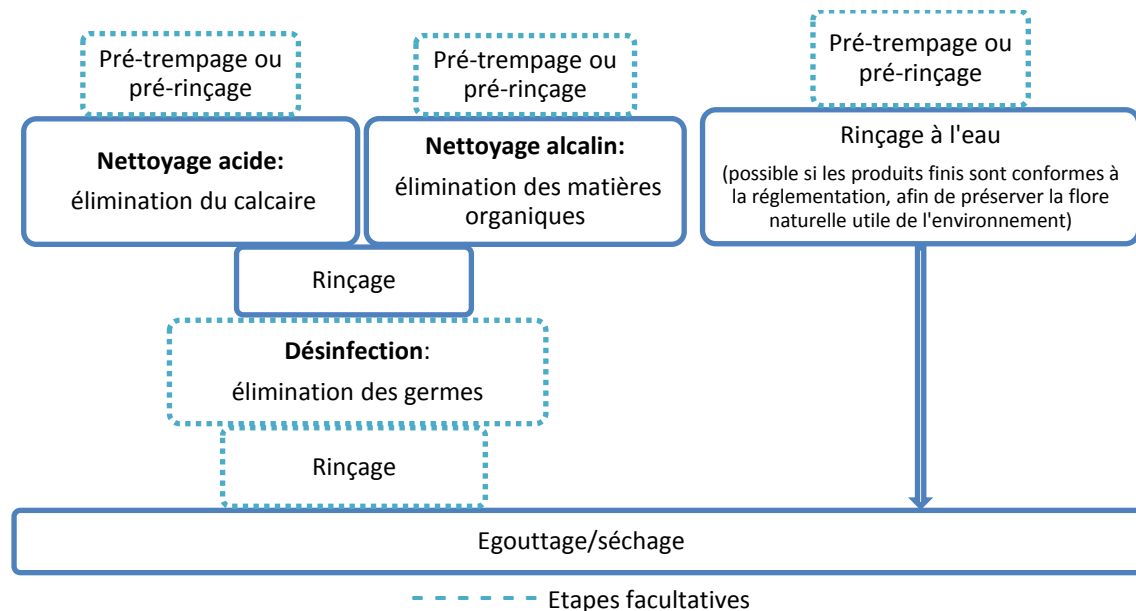


Figure 13 : Schéma de nettoyage et de désinfection du GBPH [41]

1. Le nettoyage

a) Locaux et matériel

Le choix des matériaux et des surfaces (facilement nettoyables ou démontables, ne comportant pas de zones où les souillures ne peuvent s’accumuler ...) est primordial : cela fait partie des Bonnes Pratiques d’Hygiène, qui sont à la base du plan de maîtrise sanitaire de l’exploitation. Le matériel devra bien sûr être entretenu, de façon à le maintenir dans un état proche du neuf. L’attention doit être portée sur les joints, qui à l’usage et sous l’effet de la température, vont devenir plus ou moins poreux, ou durcir et se fendre : ils peuvent alors constituer des zones d’accumulation de souillures, difficiles à éliminer, et rendant la désinfection illusoire. Le changement périodique de ces éléments constitue une bonne mesure de prévention.

Ainsi, les murs et le sol de l’atelier de fabrication de la Ferme Mamet sont en revêtement imperméable, lisse et résistant, et donc facilement nettoyables. Le sol est pourvu d’un système d’évacuation de l’eau.

b) Nature des souillures

Les souillures que l’on peut rencontrer en fromagerie sont de nature variées, et ont des caractéristiques différentes :

Nature du résidu	Cause	Efficacité de l’eau	Efficacité des produits alcalins	Efficacité des acides	Facilité de nettoyage
Protéines	Précipitation	Peu solubles	Solubles (sels facilement dispersables dans l’eau)	Légèrement solubles peut faire coaguler ou aider au décollement des protéines coagulées	Très difficile
	Coagulation				
	Dénaturation (chaleur)				
	Dessèchement				
Graisses	Polymérisation	Insoluble	Solubles , mais formation possible de savon	Action faible	Difficile
	Oxydation	Ramollissement			
	Solidification au froid	facilité (chaleur)			
Sucres (lactose)	Caramélisation (chaleur)	Solubles	Aucun effet	Aucun effet	Facile
Minéraux	Entartrage (chaleur)	Solubilité variable	Peu efficace	Solubles	Facile à difficile

Tableau 45 : Caractéristiques des différents résidus alimentaires en fromagerie [39]

On peut en outre rencontrer des biofilms, en particulier sur les matières plastiques : ces communautés microbiennes sont fixées en surface au sein de matrices constituées de polymères extracellulaires comme les polysaccharides. Le biofilm est un écosystème microscopique, où les bactéries sont à l'abri des agressions extérieures que représentent le passage des liquides, les variations de pH ou la température et les agents chimiques de nettoyage et d'assainissement.

c) Les produits de nettoyage et désinfection

(1) L'eau

L'eau peut représenter entre 95 et 99% de la solution de lavage, et joue donc un rôle important dans les opérations de nettoyage et de désinfection. Sa qualité dépend de sa dureté, de son pH, de la présence de minéraux métalliques et de sa contamination microbiologique.

L'eau utilisée en fromagerie est potable, c'est une obligation réglementaire. Elle peut être plus ou moins dure, selon les régions (nature du sous-sol), ce qui nécessite d'augmenter la concentration en produits de lavage, ou d'ajouter des additifs. Cela peut en outre augmenter l'entartrage. Le pH de l'eau n'a en général pas d'influence sur les produits de lavage utilisés. La présence de fer ou de manganèse peuvent provoquer le dépôt de résidus de couleur orange à brun-noir, pouvant réduire l'efficacité du nettoyage et des désinfectants.

(2) Les produits de nettoyage

Le choix du produit de nettoyage dépend des caractéristiques des résidus à éliminer (Tableau 45), de la nature de la surface à nettoyer (acier inoxydable, plastique, caoutchouc...), et du mode de nettoyage (nettoyage en place, automatisation ou manuel). Les spécialités de nettoyage sont variées, et possèdent différentes propriétés recherchées :

- Emulsion et saponification : les acides ou alcalins plus ou moins forts neutralisent les matières grasses
- Séquestration, pour éviter la précipitation de certains sels minéraux et éviter le dépôt de tartre.
- Pénétration, dispersion : grâce à la présence de tensioactifs, on augmente le pouvoir mouillant de la solution, qui divise la souillure
- Antiredépôt : la souillure est maintenue dans la solution et sera éliminée avec elle
- Réserve de détergence, si on envisage la réutilisation du détergent
- Drainage et rinçabilité, dépendant des tensioactifs contenus dans la solution.
- Anticorrosion
- Biodégradabilité

Ainsi, on utilise un détergent alcalin pour nettoyer les souillures organiques (protéines, et matières grasses) : dans le cas de la Ferme Mamet, il s'agit de Diverflow®B, un détergent alcalin chloré silicaté adapté au nettoyage du matériel de buanderie. Le détergent acide est employé pour éliminer les résidus minéraux : les détergents acides utilisés par la ferme Mamet sont l'Acid O Phy®, composé d'acide nitrique et de tensioactifs, et Sterilacid®605, à base d'acide phosphorique et de tensioactifs.

d) La méthode de nettoyage

Un circuit complet de nettoyage comporte plusieurs phases :

- un rinçage initial, en général à froid.
- Une phase alcaline, pour les souillures organiques, suivie d'un rinçage
- Une phase acide, pour les souillures minérales, suivie d'un rinçage

Le cycle complet peut comporter les 2 phases dans un ordre ou dans l'autre, mais aussi une seule des phases, en général la phase alcaline. L'autre ne sera mise en œuvre que périodiquement. L'alternance acide-base peut contribuer à éviter le développement d'une accoutumance de la microflore.

Le nettoyage peut se dérouler en circuit fermé, sans démontage (Nettoyage En Place), ou encore de façon automatisée en tunnel, ou manuellement (plus fréquent dans les ateliers fermiers) : par trempage ou immersion, brossage, aspersion à plus ou moins haute pression.

Pour un nettoyage d'efficacité optimale, il faut procéder avec « TACT », qui désigne la Température d'utilisation du produit, l'Action mécanique (brossage ou turbulence du flux), la Concentration du produit et le Temps de contact. Les recommandations du fabricant du détergent concernant ces paramètres doivent être suivies pour obtenir le résultat souhaité.

Le détail du plan de nettoyage et de désinfection de la Ferme Mamet est indiqué plus loin dans l'Encadré 7 . Par exemple, le sol est rincé à l'eau puis brossé après chaque fabrication avec une solution à 2% de Diverflow®B. Le temps de contact est de 10 minutes, puis la solution est rincée, et l'eau éliminée à l'aide d'une raclette.

2. La désinfection

Elle ne peut être réalisée que sur une surface exempte de souillure visible, car beaucoup de désinfectants voient leur principe actif inactivé par la matière souillante. Il n'est en général pas conseillé d'utiliser simultanément dans une même phase des produits détergents et des désinfectants, mais cette pratique peut être utilisée dans le cas de nettoyages légers.

a) Les méthodes de désinfection

La méthode thermique, à base d'eau très chaude (80 à 90°C, appliquée pendant 2 à 20 minutes) peut être intéressante, car efficace vis-à-vis de l'ensemble des micro-organismes, mais délicate à mettre en place (temps passé, coût énergétique, entartrage favorisé, condensation...). Cette méthode est utilisée pour le nettoyage des planches d'affinage du Mont d'Or (nettoyeur haute pression, séchage à l'air libre puis ébullition entre 70 et 80 °C pendant 3 minutes).

L'utilisation d'ultraviolets permet la stérilisation de l'air dans les salles de préparation de certains produits alimentaires. L'utilisation d'assainissants chimiques reste la plus répandue:

- le chlore est le plus couramment utilisé : une teneur de l'ordre de 150 mg de Cl₂ au litre est létale pour les bactéries
- L'hypochlorite de sodium ou eau de Javel
- Les iodophores, combinaisons d'iode (moins de 1% d'iode actif) avec un tensio-actif
- Le peroxyde d'hydrogène ou l'acide peracétique
- Les ammoniums quaternaires

Le Diverflow®B contient du chlore, et permet donc de réaliser la désinfection.

b) Problèmes généraux liés au nettoyage et à la désinfection

➤ La corrosion

Les produits de nettoyage peuvent être très agressifs pour les surfaces, en particulier l'eau de javel et l'acide peracétique. Certains contiennent des inhibiteurs de corrosion à base de silicates.

➤ Les résidus de produits de nettoyage et de désinfection.

Ces résidus peuvent être rencontrés dans le lait et les produits laitiers suite à un rinçage inefficace des détergents et produits désinfectants, ou à une erreur dans le cycle de nettoyage. Cela peut par exemple être à l'origine d'une forte contamination du lait de tank, mais la modification organoleptique est alors majeure et facilement détectable [90].

D. Hygiène du personnel

L'hygiène du personnel en atelier de transformation est un élément du plan de maîtrise sanitaire, qui sera vu en détail dans la partie IV.B.1.b)(3). Le GBPH formule des recommandations : le personnel doit porter une tenue adaptée (tablier propre de couleur claire, bottes réservées exclusivement pour le travail dans l'atelier, calot ou charlotte...), avoir un comportement « hygiénique » (ne pas s'essuyer les mains sur le tablier, ne pas fumer ou s'alimenter en salle de fabrication) et une hygiène personnelle (pas de bijoux sur les mains, se laver les mains à l'entrée de la salle de fabrication, porter des pansements ou des gants en cas de blessure, et un masque en cas de rhume ou d'angine...) [41].

L'agencement des locaux de la Ferme Mamet permet aussi de favoriser l'hygiène du personnel : l'entrée de la fromagerie donne sur les vestiaires, où se trouvent les toilettes fermées, et où le personnel peut se changer. Un lave-mains à commande non-manuelle se situe devant l'accès à la salle de fabrication. Un distributeur de solution hydro-alcoolique désinfectante se situe en salle de fabrication, et est utilisé avant chaque manipulation des produits.

L'hygiène du trayeur est aussi nécessaire, en particulier vis-à-vis de la contamination du lait en staphylocoques : les plaies éventuelles doivent être recouvertes de pansement, les vêtements doivent être propres, les bottes lavées autant que nécessaire, et les mains et avant-bras du trayeur doivent être propres pour la traite [41].

E. Lutte contre les nuisibles

La lutte contre les nuisibles dans les ateliers de transformation agroalimentaire concerne les rongeurs et les insectes, à l'origine de contaminations par des corps étrangers, ou pouvant véhiculer des germes pathogènes. Le plan de lutte contre les nuisibles est une part du dossier d'agrément, et sera vu dans la partie IV.B.1.b)(3)(a).

La lutte contre les nuisibles dans les unités de production laitière n'est pas définie par un règlement, mais certains d'entre eux peuvent propager des germes pathogènes, par exemple les oiseaux vis-à-vis des salmonelles (contamination des aliments). La lutte contre les insectes permet aussi d'améliorer le confort des animaux et de réduire la transmission de

certaines maladies (arboviroses, kératoconjonctivite infectieuse bovine...). Il faut par ailleurs ne pas mélanger les espèces productrices au sein d'un même bâtiment.

F. Applications en production fermière

Un producteur fermier est responsable de la qualité de ses produits tout au long de l'ensemble du processus de fabrication, de la « fourche à la fourchette ». La traçabilité des produits est améliorée, puisque ce dernier passe dans les mains d'un seul et même acteur, le producteur, qui est par ailleurs informé de tout ce qui peut subvenir lors de la fabrication. Il doit appliquer les règles d'hygiène lors de la production laitière, et lors de la transformation, et de la remise au consommateur.

a) Hygiène de la production laitière [41; 95]

Le GBPH pour la fabrication de produits laitiers fermiers présente des mesures à mettre en place dans la fiche « production du lait de vache ». Ces recommandations concernent des secteurs variés, comme l'hébergement, l'identification des animaux, la santé animale, l'alimentation, le tarissement et la réforme, et la traite en elle-même.

Nous allons nous intéresser plus particulièrement aux recommandations concernant la traite, et à leur application dans le cas de la Ferme Mamet.

En premier lieu, il ne faut pas utiliser le lait d'une vache ayant vêlé depuis moins de 7 jours, car ce colostrum n'est pas transformable en fromage. Elle est donc traite en pot trayeur. Les vaches sous traitement avec délai d'attente pour le lait sont aussi traites en pot, afin d'éviter les résidus dans le lait.

La traite a lieu dans l'étable ; il ne faut pas distribuer de fourrage en même temps pour éviter la dispersion de poussières et de fragments de fourrage. Il peut être distribué après la traite, ou suffisamment longtemps avant pour permettre le dépôt des poussières. Par ailleurs, le lait est filtré en sortie de la machine à traire pour retenir les corps étrangers qui ont pu contaminer le lait. Lorsque le lait est utilisé par la coopérative, ce filtrage a lieu à la fromagerie, qui peut alors apprécier visuellement le niveau de contamination du lait.

La machine à traire et le lactoduc doivent être correctement entretenus, avec une attention particulière portée aux éléments en plastique comme les manchons, rincés avant usage et nettoyés après chaque traite. Il en est de même pour la boule qui sert à transporter le lait vers l'atelier ou à la coopérative. Le tank et la boule à lait sont nettoyés après chaque vidange.

La préparation de la mamelle est importante : l'étape de pré-trempage fait appel à un produit moussant désinfectant à base d'huiles essentielles, permettant le nettoyage du trayon, et le « massage » ainsi réalisé stimule la sécrétion lactée. Les trayons sont essuyés avec un papier absorbant (un par vache), et les faisceaux trayeurs sont ensuite branchés. Cela évite d'éventuelles contaminations du lait par les germes de l'environnement, présents sur les mamelles.

La traite se déroule dans une ambiance calme, et des méthodes de contentions sont employées si nécessaire, pour éviter la chute intempestive des faisceaux trayeurs (licol, entrave-flanc), à l'origine de souillures et de contamination du lait.

Le décrochage des faisceaux est automatique, basé sur un débit minimal, ce qui évite les phénomènes de sur-traite, pouvant être traumatisants pour la mamelle. Un produit de post-trempe iodé est ensuite appliqué sur les trayons.

Une fois la traite terminée, le lait est immédiatement livré à l'atelier, ou à la coopérative, afin de réduire le développement de germes indésirables.

b) Hygiène de la transformation

Les règles qui s'appliquent pour un atelier fermier sont les mêmes que pour les industries agroalimentaires : elles sont issues des textes du « paquet hygiène », et concernent la conception des locaux, les équipements, l'hygiène générale du personnel et l'hygiène des procédés employés. L'ensemble des règles d'hygiène appliquées au sein de l'atelier de transformation du Mont d'Or fermier sont indiquées dans le plan de maîtrise sanitaire, figurant dans le dossier d'agrément, qui sera détaillé dans la partie IV.B.1.b)(3).

L'application de ces règles d'hygiène peut paraître contraignante, mais elle s'avère nécessaire pour l'obtention d'un produit de qualité sanitaire acceptable. Elle peut être source de difficultés à surmonter lors de la mise en place d'un atelier de transformation à la ferme ; nous allons donc voir les étapes de cette mise en place au niveau de la réglementation sanitaire, ainsi que les résultats, et les problèmes rencontrés par le GAEC Mamet.

IV. La mise en place d'une production fermière

A. Motivations

1. Une tendance générale de consommation

Les produits fermiers ont montré ces dernières années une forte progression. Une étude réalisée par le Centre d'Etude et de Ressources sur la Diversification, et les Chambres d'Agriculture de 5 régions de France (Bourgogne, Bretagne, Ile-de-France, Rhône-Alpes et Poitou-Charentes), avec le soutien financier du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et publiée en 2007 montre que les produits fermiers occupent une place importante dans la consommation alimentaire. L'achat de produits fermiers est une pratique courante, puisque 70% des personnes interrogées ont déjà acheté des produits fermiers, et 40% des acheteurs de produits fermiers en achètent au moins une fois par semaine. C'est un marché en progression ces dernières années ; en effet la proportion des personnes ayant déjà acheté un produit fermier (hors fruits et légumes frais) est passée de 59.6% en 1994 à 68.7% en 2006. Les produits fermiers font par ailleurs partie du quotidien : les achats sont généralement sans occasion particulière ; les volailles, œufs et les produits laitiers dominent le marché. Le budget consacré aux produits fermiers est important et s'élève à 836€ par an, représentant 17.8% du budget alimentaire en 2006 [18].

Les principales raisons d'achat rapportées des produits fermiers sont la qualité des produits fermiers (frais, naturel, sain, sans pesticides...) ainsi qu'une meilleure qualité organoleptique. D'autres raisons citées sont l'authenticité, l'aspect convivial, et la relation de confiance tissée avec le producteur.

Les produits laitiers, et en particulier les fromages de vache et de chèvre, sont achetés par plus de 65 % des consommateurs de produits fermiers. Les lieux d'achats rapportés sont le marché et la ferme (54%), puis les grandes surfaces (24%)⁵⁶, épiceries et magasins de produits biologiques (10%), souvent situés à proximité du domicile [20].

2. Des motivations personnelles et familiales

Le souhait des enfants de François et Alphonsine Mamet de revenir sur l'exploitation, dans un contexte économique rendant délicate l'installation, a été le déclencheur de cette nouvelle orientation de la production, afin de dégager de nouveaux revenus sur cette exploitation. Par ailleurs, l'expérience et le savoir-faire d'Henri Mamet en tant que fromager ont été décisifs : souhaitant allier ses deux métiers, la production laitière et la transformation fromagère, le choix s'est rapidement orienté vers la production de fromage fermier. Cette démarche reste relativement originale dans le département, où les fromages sont traditionnellement produits au sein de fruitières, parfois de petite taille, disséminées sur tout le territoire.

Le choix s'est ensuite porté sur le Mont d'Or. Ce petit fromage régional peut être affiné sur l'exploitation, du fait de sa taille et de la durée d'affinage réduite par rapport aux autres fromages régionaux. C'est un produit connu et demandé dans la région, et de plus en plus au niveau national, protégé par une AOC. Cela lui apporte d'ailleurs une certaine renommée et structure sa filière : le Syndicat Interprofessionnel du Mont d'Or apporte ainsi son soutien technique aux producteurs.

Par ailleurs, lorsqu'il a exercé à la coopérative de Frasne pendant 3 ans, Henri Mamet a fabriqué du Mont d'Or, il possède donc le savoir-faire nécessaire à cette fabrication. La saisonnalité de la production permet en outre une meilleure organisation du travail : hors période de production, on peut se concentrer sur d'autres tâches de l'exploitation, comme par exemple les récoltes [95].

Cependant, la fabrication du Mont d'or est chronophage et demande de nombreuses manipulations. C'est par ailleurs un produit fragile du point de vue sanitaire. Ces contraintes pèsent sur l'organisation du travail ; la qualité sanitaire du produit se doit d'être irréprochable.

B. Réglementation

La mise en place d'un atelier de transformation fermier est soumise à plusieurs types de réglementation : la réglementation sanitaire, mais aussi la réglementation sur les installations classées (protection de l'environnement)... Nous allons principalement nous intéresser à la réglementation sanitaire.

⁵⁶ Une partie de ces achats faits en grande surface ne correspond pas à des produits fermiers au sens traditionnel, mais à des produits industriels.

En accord avec les textes du « paquet hygiène », le démarrage d'un nouvel atelier est soumis à un agrément sanitaire. Les modalités de son obtention sont définies dans l'arrêté du 8 juin 2006, relatif à l'agrément sanitaire des établissements mettant sur le marché des produits d'origine animale ou des denrées contenant des produits d'origine animale. Ce texte ne concerne pas les producteurs primaires comme les producteurs laitiers, mais il concerne les « établissements préparant, transformant, manipulant ou entreposant des produits d'origine animale ou des denrées contenant des produits d'origine animale », ce qui est le cas d'un atelier de transformation fromagère [67].

1. L'agrément sanitaire européen

a) Procédure d'obtention [67]

La procédure de délivrance de l'agrément repose sur sa demande par l'exploitant d'un établissement, avant la mise en activité de ce dernier, au préfet, par l'intermédiaire de la Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations (DDCSPP). Cette demande tient lieu de déclaration. Elle est accompagnée d'un dossier reprenant les documents descriptifs de l'établissement et le plan de maîtrise sanitaire. La procédure comporte plusieurs niveaux de contrôle par la DDCSPP (Figure 14).

Le premier contrôle sur site a pour objectif de vérifier l'existence des locaux et leur conformité par rapport au dossier : les travaux doivent être achevés et les équipements en état de marche. Locaux et matériels doivent respecter la réglementation en vigueur. A ce niveau, d'éventuelles non conformités mineures sont signalées et doivent être corrigées avant l'attribution de l'agrément. Si la production (sans mise sur le marché) a débuté, des prélèvements peuvent être réalisés. C'était le cas pour la Ferme Mamet. Son agrément conditionnel comportait des restrictions commerciales : seule la vente directe était autorisée, et cela dans un rayon de moins de 80 km de l'exploitation. À l'issue d'une seconde inspection, et du bilan d'une saison complète de production, l'agrément est devenu définitif au bout de 6 mois : l'hygiène lors du fonctionnement normal de l'atelier a pu alors être observée par les services de la DDCSPP et les éléments de vérification du fonctionnement du plan de maîtrise sanitaire ont été fournis (autocontrôles, mesures et enregistrements réalisés).

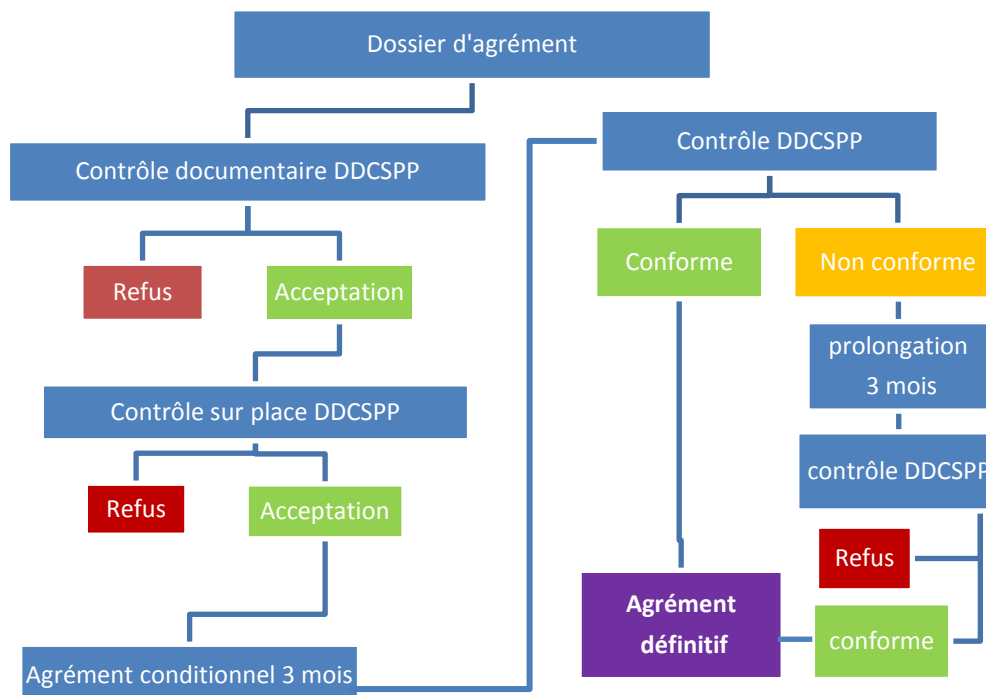


Figure 14: Procédure d'obtention de l'agrément sanitaire [67]

b) Le dossier d'agrément en détail [108; 95]

Le contenu général du dossier d'agrément est défini par l'arrêté du 8 juin 2006, mais un dossier-type, adapté pour les ateliers de produits laitiers fermiers, est présenté dans une note de service de la Direction Générale de l'Alimentation du 1 août 2007 [108]. Le dossier comporte tout d'abord une note de présentation de l'entreprise, une description de ses activités, et enfin le plan de maîtrise sanitaire. Il est accompagné par une lettre de demande d'agrément communautaire adressée à la direction de la DDCSPP. Une partie du dossier n'est pas adressée à la DDCSPP, mais reste consultable sur place en cas de contrôle des autorités. L'exploitant s'engage par ailleurs à tenir le dossier sur place à jour en cas de modifications mineures, et à renvoyer un dossier d'agrément à jour en cas de modifications ayant un impact important sur la sécurité sanitaire des produits (modification importante de la technologie, du matériel, des locaux...).

Cette partie sera illustrée par des extraits du dossier d'agrément du GAEC Mamet (Encadrés bleus).

(1) Note de présentation de l'entreprise

Elle comporte des informations sur l'organisation générale : adresses des ateliers, recours à des organismes professionnels, et éventuels autres agréments de l'entreprise. La répartition du personnel est aussi décrite : nombre, main d'œuvre occasionnelle, stagiaires, et surtout personne responsable des questions sanitaires (Encadré 1).

1.1. Organisation générale

Création d'un atelier de transformation du lait à la ferme à l'occasion de l'entrée d'un nouvel associé dans le GAEC.
Possibilité de recours à des organismes professionnels susceptibles d'apporter une aide technique (syndicat d'appellation d'origine contrôlée, association de producteurs, contrôle laitier, groupement de défense sanitaire, etc.) : Oui

☒ Chambre d'Agriculture du Doubs pour accompagnement technique (Michel BILLOT)

☒ ENIL MAMIROLLE (M. PANCHER) : Appui technique en fromagerie

☒ Syndicat du Mont d'Or : Aspects politiques, et suivi des autocontrôles

Nature et dates d'attribution des précédents agréments: Néant

1.2. Organigrammes fonctionnels et répartitions des différentes catégories de personnel

Nombre total de personnes travaillant dans l'atelier de façon permanente : 1

Utilisation de main d'œuvre occasionnelle : Oui

Si oui, préciser le nombre total de personnes susceptibles de travailler de manière occasionnelle : 3

Accueil de stagiaires : Non

Nombre de personnes travaillant habituellement simultanément dans l'atelier : 2

Personnes qui prennent les décisions concernant les questions sanitaires : Monsieur Henri MAMET

Encadré 1: Extrait du dossier d'agrément – présentation de l'entreprise [95]

(2) Description des activités de l'entreprise

Le dossier présente ensuite la description des activités de l'entreprise, avec en premier lieu la liste des catégories de produits, leur description et leur utilisation (Encadré 2).

L'exploitant conserve dans le dossier consultable sur place les éléments de justification des dates limites de conservation : étude de vieillissement collective, argumentation technologique, analyses à DLC. Ces études peuvent être individuelles ou collectives, c'est-à-dire réalisées par exemple par un syndicat de producteurs.

Annexe 1– Fiche de description du fromage

► Dénomination : Vacherin du Haut Doubs ou Mont d'Or

► Espèce :

☒ Vache ☐ Chèvre ☐ Brebis ☐ Autres – Préciser :

► Type de technologie :

☐ Fromage en blanc ou caillé ☐ Fromage frais ☐ Fromage à pâte filée ☐ Fromage à pâte molle type lactique

☐ Fromage à pâte molle type présure ☒ Fromage à pâte molle type caillé doux ☐ Fromage à pâte pressée non

cuite ☐ Fromage à pâte pressée cuite et demi cuite ☐ Fromage à pâte persillée ☐ Fromage à base

de lactosérum ☒ Autres – Préciser : Fromage à pâte molle, à croûte lavée

► Lait mis en transformation :

☒ Lait cru ☐ Lait thermisé ☐ Lait pasteurisé

► Stade de vente (cochez une ou plusieurs cases) :

☐ Frais (faisselle) ☐ Démoulé ☐ Mi-sec ☒ Affiné

► Mode d'emballage et de conditionnement (exemples : filmé, sous cloche, emballage papier, cagettes...)

	Frais (faisselle)	Démoulé	Mi-sec	Affiné
Description du /des modes de conditionnements et d'emballage				boite épicea

► Période approximative de fabrication : du 15 août au 15 mars

► Délai de vente :

• Date limite utilisation optimale : 35 Jours après la date de fabrication

► Température recommandée à la sortie de l'atelier ou mentionnée sur l'étiquette : 8° C

Caractéristiques physico-chimiques du fromage :

	Frais (faisselle)	Démoulé	Mi-sec	Affiné
pH ou acidité				5,2 à 5,5
H F D				75%
Taux de sel				1 à 1,5 %

Encadré 2 : Extrait du dossier d'agrément – description du produit [95]

Le dossier précise aussi la liste des matières premières, ingrédients, matériaux de conditionnement et d'emballage, ainsi que leur description. Il s'intéresse particulièrement au lait : conditions de traite et réception du lait dans l'atelier. Les autres matières premières sont

listées, leur état est décrit (poudre, liquide, lyophilisé...), ainsi que leur lieu et leurs conditions de stockage (Encadré 3).

Description des matières première et ingrédients

Le lait
 La traite est-elle effectuée : ☐ manuellement ☒ à la machine Nombre de griffes : 10
☐ dans une salle de traite ☐ dans l'aire de vie des animaux ; dans ce cas, sur quai de traite ? ☐ oui ☐ non
☐ à l'extérieur
 Réception du lait dans l'atelier : ☐ bidons ☐ transfert ☒ autres – Préciser : par boule à lait de la laiterie de la ferme à l'atelier

Les autres matières premières et ingrédients

Matière première et ingrédients	État liquide, poudre, lyophilisé	Température de stockage	Lieu de stockage
☒ Sel	Cristaux	15 °C	Labo
☒ Présure	Liquide	15 °C	Labo
☒ Ferments	Lyophilisé	4°C	Labo
☒ Autres :Boites	Bois	15 °	A côté de l'expédition
Sangles	Écorce	15 °	Sous-sol

Liste des matériaux de conditionnement et d'emballage et autres fournitures

► Utilisation de matériaux dérogatoires directement en contact avec le produit pour le conditionnement (voir liste ci-dessous) ? ☒ Oui ☐ Non ► Le cas échéant, préciser les produits concernés :
☒ Produits laitiers bénéficiant d'une appellation d'origine contrôlée (AOC) préciser le(s) produit(s) concerné(s) par des dérogations : **AOC Mont d'Or**
☐ Produits laitiers fermier ; préciser le(s) produit(s) concerné(s) par des dérogations :
☐ Produits laitiers fabriqués à partir de co-produits des fabrications de fromages AOC, IGP, STG ou fermiers (exemple : beurre de lactosérum) ; préciser le(s) produit(s) concerné(s) par des dérogations :
 ► Le cas échéant, préciser la nature du matériel dérogatoire utilisé : ☐ Paillons végétaux ☐ Joncs ☐ Paille de céréales ☐ Raphia ☐ Orties ☐ Feuilles ☐ Lichées ☐ Laïches ☐ Feuille d'étain ☐ Cercles en bois
☐ Caissettes en bois ☒ Boîtes en bois
 NB : Les dérogations concernant les autres types de matériaux traditionnels figurent au point 2.11.

Encadré 3 : Extrait du dossier d'agrément – matières premières [95]

Le dossier précise en outre la description des circuits de commercialisation envisagés : vente sur le territoire national, communautaire ou en dehors de l'Union Européenne ; vente directe (à la ferme, sur les marchés ...) et aux intermédiaires (restaurants & restauration collective, détaillants, grossistes, affineurs, transformateurs, grandes et moyennes surfaces...)

Le dossier comporte un diagramme de fabrication pour chaque type de technologie : il présente les différentes étapes de fabrication, les ingrédients utilisés, les locaux et les paramètres physicochimiques du produit à chaque étape (Tableau 46). Le second diagramme présente lui-aussi les étapes de fabrication, et les ingrédients, mais précise la destination des coproduits et les étapes de préparation des ingrédients (Figure 15). Ces diagrammes permettent l'analyse ultérieure des dangers lors de la démarche HACCP.

Étapes	Ajout d'ingrédient	Locaux	Paramètres de fabrication
Ensemencement du lait	Ferments	Salle de fabrication	pH :6,7
Maturation			30 mn, à 39°C
Emprésurage	Présure		pH : 6,6
Coagulation			
Décaillage			
Brassage			
Moulage			pH : 6,5
Pressage			
Sanglage	Sangles + élastiques	Salle de sanglage	
Salage	Saumure	Salle de sanglage	12 °C, pH :5, 3
Ressuyage		Salle de sanglage	
Affinage	Sel	Cave	12°C
Emboitage	Boîtes	Salle d'emboitage	
Stockage avant expédition		Frigo	4°C

Tableau 46: Extrait du dossier d'agrément - diagramme de fabrication [95]

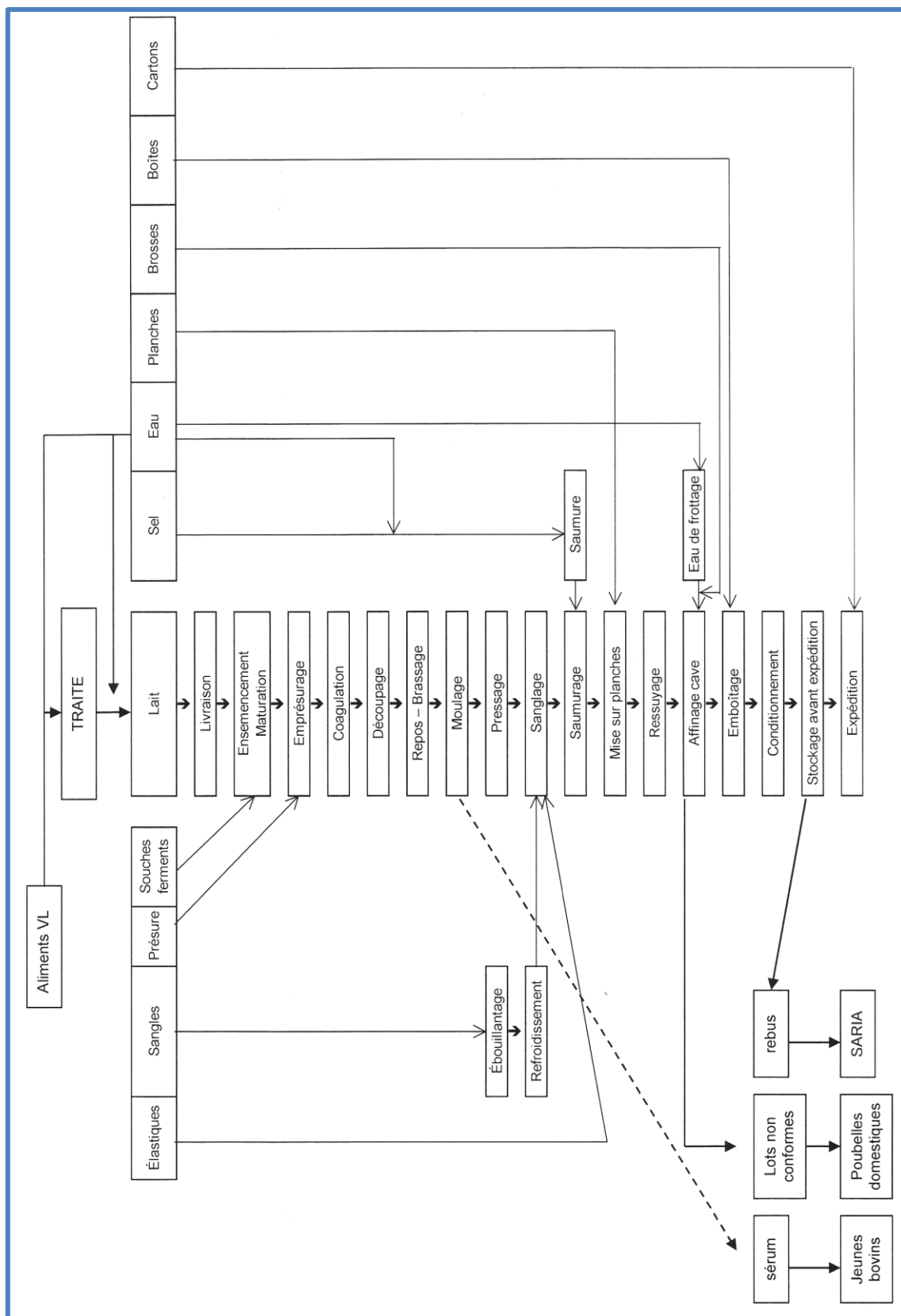


Figure 15: Extrait du dossier d'Agrément - diagramme de fabrication [95]

Il est aussi précisé dans le dossier les volumes annuels de production et les capacités journalières maximales et minimales en lait et en produits transformés. Il s'agit d'une estimation approximative, puisque la réalisation du dossier est antérieure à la production. Ainsi, la production estimée de Mont d'Or correspond à 100 000L de lait annuels.

Le dossier évoque de façon succincte la gestion des sous-produits animaux et des déchets (eaux usées, lactosérum...). Ces informations sont demandées à titre indicatif, et ne remettent pas en cause l'agrément sanitaire, sauf risque de contamination évident. La gestion des effluents est plus détaillée dans le dossier Installation Classées pour la Protection de l'Environnement.

La capacité de stockage des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis est indiquée : stockage et refroidissement du lait⁵⁷, volume du hâloir et de la chambre froide (Encadré 4).

1.1. Liste et procédures de gestion des sous-produits animaux et des déchets			
> Destination des eaux usées : ☐ Bacs de dégraissage ☐ Fosse toutes eaux ☐ Épandage ☒ Tout à l'égout ☐ Traitement – Préciser : ☐ Autres – Préciser :			
> Destination du lactosérum (petit lait) : ☐ Stockage ☐ Collecte ☐ Utilisation en transformation – Préciser ☒ Alimentation animale ☐ Épandage ☐ Traitement à la ferme – Préciser : ☐ Autres – Préciser :			
> Destination des autres sous-produits animaux (rebus de fabrication, etc.) : ☐ Alimentation animale ☒ Fosse à lisier ☐ Fumier ☐ Circuit des déchets domestiques ☐ Autres – Préciser :			
1.2. Capacité de stockage des matières premières, des produits intermédiaires et des produits finis			
> Stockage au froid du lait avant transformation (la transformation commence avec la prématuration ou la maturation du lait) : • Capacité de stockage (en litres ou m ³) : 1500 Litres • Nombre de traite pouvant être stockées : 2 • Température : 12 °C > Volume(s) du(es) hâloir(s) : 70 m ³ > Volume(s) du(es) séchoir(s) : > Volume(s) de(s) la(es) chambre(s) froide(s) : 9 m ³			

Encadré 4 : Extrait du dossier d'agrément – déchets et stockage [95]

Le dossier est accompagné d'un plan de masse à l'échelle de 1/500 à 1/1000 présentant l'ensemble des bâtiments de l'établissement, les éléments de voirie, les circuits d'arrivée d'eau potable et d'évacuation des eaux résiduaires et pluviales.

Il est aussi accompagné d'un plan d'ensemble de l'établissement à l'échelle 1/100 à 1/300 indiquant la disposition des locaux de travail et des locaux à usage du personnel (Figure 16) : il comporte une schématisation ou une description des circuits parcourus par les denrées, les sous-produits, les emballages et le matériel (à laver puis propre). L'emplacement des portes, fenêtres, lave-mains et équipements principaux est indiqué. Les poubelles, le dispositif d'aération et les bondes d'évacuation doivent être indiqués.

Les exigences réglementaires concernant les locaux sont définies dans l'annexe II, chapitre I et II du règlement 852/2004 (Annexe 1).

⁵⁷ La réglementation européenne prévoit en règle générale un refroidissement du lait à 8°C lorsque la transformation est journalière et à 6°C lorsque la transformation a lieu tous les 2 jours. Deux exceptions sont possibles : pas de refroidissement si la transformation débute dans les 4h après la traite, ou en cas de dérogation pour raisons technologiques.

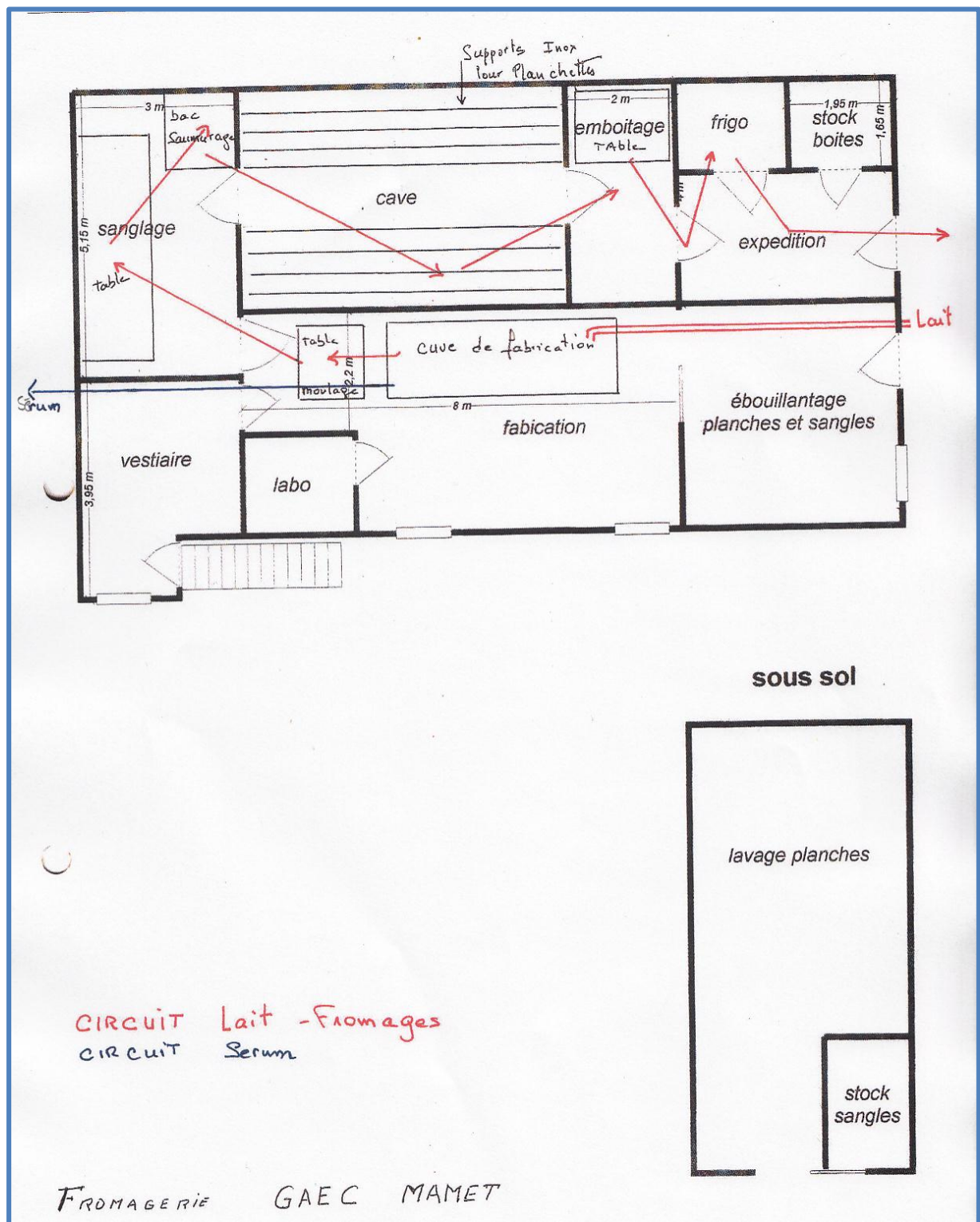


Figure 16 : Extrait du dossier d'agrément - Plan de la fromagerie au 1/100 [95]

Les locaux, équipement et matériels sont par ailleurs détaillés d'un point de vue sanitaire : nature des revêtements, description du matériel, plan de maintenance, utilisation de locaux ou de matériels dérogatoires (Encadré 5). Les conditions de fonctionnement prévues sont par ailleurs décrites sous forme de « journée-type » : dans le cas de la Ferme Mamet, la production sera limitée à quelques journées par semaine, pour un seul produit. La fabrication débutera le matin vers 8h par Henri Mamet, et se terminera vers 12h avec le nettoyage des locaux et du matériel. A partir de 13h30, les soins aux fromages en cave seront assurés par

Henri Mamet. La vente directe sera permanente, par les associés du GAEC (4 personnes). Les livraisons sont prévues le soir par Henri Mamet.

Le reste du dossier d'agrément est consacré au plan de maîtrise sanitaire.

1.1. Description détaillée d'un point de vue sanitaire des locaux, de l'équipement et du matériel utilisé ainsi que les conditions de fonctionnement

Pièces de l'atelier	Sol	Murs	Plafonds	Equipements
Vestiaires	Résines	Plastiques	Plastique	Eau chaude et froide
Fabrication	Résines	Plastiques	Plastique	Eau chaude et froide
Sanglage	Résines	Plastiques	Plastique	Climatisation
Cave	Résines	Plastiques	Plastique	Climatisation
Emboîtage	Résines	Plastiques	Plastique	Eau chaude et froide
Expédition	Résines	Plastiques	Plastique	
Frigo	Résines	Plastiques	Plastique	Climatisation
Lavage planches	Béton	Briques peintes	Béton	Eau chaude et froide

Etable : machine à traire, pipeline, boule à lait.

Réception : bac lavage, pompe, échangeur, tuyaux à lait.

Fabrication : 1 cuve corblin, 2 tables de soutirage, blocs moules, rehausses PEHD, plateaux alu, répartiteur almasilium, stores à baguettes, ressorts, tranche caillé, pelle PEHD, plonge inox.

Hâloir : bac saumurage PEHD, table centrale inox, échelle de ressuyage inox, groupe froid ventilé.

Cave : échelles inox, planches bois

Emboîtage : table PVC, lave main

Chambre froide : groupe froid ventilé, rayons PVC **Expédition** : tableau de commande des groupes froid, caisse enregistreuse

Chaufferie : chaudière au gaz de ville, ballon d'eau chaude, pompe de circulation

Plan de maintenance

entretien courant (soudures...)→NTN Les FINS

installation de traite→Millesse Didier(Gilley) une fois par an

échangeur→une fois par an Brenet Mamirolle

groupe froid→Maillot Michel ARCON chaque début de saison

caisse enregistreuse→une fois tous les 2 ans

Chaudière, installation d'eau sanitaire→FAIVRE René MORTEAU tous les 5 ans.

Utilisation de locaux d'affinage dérogatoires

Utilisation de locaux d'affinage dérogatoires * : ☐ Oui ☒ Non

* murs, plafonds et portes n'étant pas composés de matériaux lisses et lavables ou murs, plafonds et sols naturels d'origine géologique (exemples : caves naturelles, briques, chaux, etc.)

Utilisation de matériaux traditionnels lors de la préparation des produits

Utilisation de matériaux dérogatoires lors de la préparation de certains produits ? ☒ Oui ☐ Non

Le cas échéant préciser les produits concernés :

☒ Produits laitiers bénéficiant d'une appellation d'origine contrôlée (AOC), (STG) – Préciser le produit(s) concerné(s) par des dérogations : **AOC Mont d'Or**

☐ Produits laitiers fermiers – Préciser le(s) produit(s) concerné(s) par des dérogations :

Le cas échéant, préciser le matériau et l'utilisation des matériels utilisés (à remplir pour chaque produit) :

- | | |
|--|---|
| ☐ Cuves de caillage en bois | ☒ Cuve de caillage en cuivre |
| ☐ Biches en grès lors de l'affinage | ☒ Planches d'affinage en bois |
| ☐ Chenaux et tables d'égouttage en bois | ☐ Gouttières de contention en bois |
| ☐ Cercle en bois | ☐ Store en bois |
| ☐ Moule en bois | ☐ Matériel de décaillage en bois |
| ☐ Louches en bois | ☐ Bâtons en bois |
| ☐ Cadre en bois | ☐ Caisses en bois |
| ☐ Caissettes en bois | ☒ Boîtes en bois |
| ☐ Échelles en bois | ☐ Foncets en bois |
| ☒ Planchettes en bois | ☐ Louches en cuivre |

Encadré 5 : Extrait du dossier d'agrément – locaux et matériel [95]

(3) Le plan de maîtrise sanitaire

Le plan de maîtrise sanitaire définit l'ensemble des mesures prises par l'établissement pour assurer l'hygiène et la sécurité sanitaire de sa production, vis-à-vis des dangers biologiques, physiques ou chimiques. Il est basé sur l'application des règles de bonnes pratiques d'hygiène et sur une démarche HACCP, permettant la traçabilité et la gestion des non-conformités.

(a) Les Bonnes Pratiques d'Hygiène

Tout d'abord, le dossier rassemble les documents relatifs aux bonnes pratiques d'hygiène ; ces pratiques sont à la base du plan de maîtrise sanitaire et sont définies par la réglementation du « paquet hygiène » (Annexe 1). Elles concernent l'organisation des locaux, les plans de nettoyage et de désinfection, le plan de lutte contre les nuisibles, le plan de formation du personnel à l'hygiène, les plans de maintenance du matériel (Encadré 6), la maîtrise des températures....

LE PERSONNEL

Formation du personnel à l'hygiène

Personnes formées	Formation initiale			Formation continue		
	Diplôme	FI	Date	FI : Responsable	FE : Organisme formateur	Date
Henri MAMET	BTS IAA	☐ Oui - ☒ Non	2001			
François MAMET	Bac	☐ Oui - ☒ Non	1971			
Alphonsine MAMET	Bac	☐ Oui - ☒ Non	1973			
Reine MAMET	BTS AXE	☐ Oui - ☒ Non	2004			

FI : Formation Interne FE : Formation externe

Les intervenants s'engagent à suivre une formation sur l'hygiène, dispensée par la chambre d'agriculture.

Tenue vestimentaire

>Description détaillée de la tenue utilisée en atelier de transformation : tenue blanche complète (tablier, bottes, charlotte, pantalon, t shirt, gants) individualisée, pour chaque opérateur

>Lieu de changement : dans le vestiaire, à l'entrée de la fromagerie

>Lieu de stockage: dans le vestiaire

>Nettoyage des tenues vestimentaires :

Type de vêtement	Description du lavage	Fréquence minimale
Tous les articles	En machine	1 fois par semaine

>En cas d'accueil de visiteurs, tenues proposée :

☐ Prêt d'une des tenues habituelles utilisées en atelier de transformation ☒ Tenue jetable ☐ Autres – Préciser :

Aptitude médicale à la manipulation des denrées alimentaires

>Rythme des visites médicales pour les associés : 1 par an.

> En cas de consultation, demander s'il n'y a pas de contre-indications à la manipulation de denrées alimentaires.

> Probable recherche de porteurs sains.

Description des consignes d'hygiène données par rapport aux plaies, diarrhées et autres infections pouvant entraîner une contamination des produits : port de gants systématique, masques si angines ou abcès dentaire. Exclusion des personnes pendant les durées de maladies intestinales ou infectieuses.

L'ORGANISATION DE LA MAINTENANCE DES LOCAUX ET DES EQUIPEMENTS ET DU MATERIEL

Matériel susceptible de nécessiter une maintenance	concessionnaire ou « auto-maintenance »
Groupes frigorifiques	Ets MAILLOT ARCON
Tank à lait	Ets MAILLOT ARCON
Plombier	Atelier du chauffage Morteau
Traitement de la potabilité de l'eau	Eau de réseau : SDEI Val de Morteau
Matériel de fromagerie : soudures, raccords, pompes, échangeur	BRENET SA MAMIROLLE
Machine à traire	Millesse Didier Gilley
balance	Besançon pesage

Entretien du matériel de traite :

> Fréquence du contrôle machine à traire : annuel

> Contrôle machine à traire réalisé par : Millesse Didier Gilley

> Fréquence de changement des manchons : 1 fois par an

Dossier consultable sur place : CR des contrôles machine à traire

Encadré 6 : Extrait du dossier d'agrément - personnel et maintenance [95]

La formation à l'hygiène est obligatoire pour toutes les personnes qui manipulent les denrées alimentaires ou qui prennent les décisions concernant les questions sanitaires. Ces dernières sont identifiées dans la partie de présentation de l'entreprise. La formation peut-être dispensées en externe, auprès d'organismes comme par exemple la Chambre d'Agriculture, ou en interne, par le producteur lui-même, sous forme de consignes claires concernant l'Hygiène. Pour cela, il dispose dans le GBPH d'une fiche « hygiène générale », explicitant des éléments de consigne [41].

Le dossier comporte les plans de nettoyage et de désinfection des locaux et du matériel : il précise pour chaque élément le matériel de nettoyage utilisé (raclette, brosse, canon à mousse ...), la nature (détergent ou désinfectant) et le nom des produits employés. Les conditions d'utilisation (dosage, température et temps de contact) sont indiquées, ainsi que la fréquence des opérations de nettoyage ou de désinfection. Pour apporter ces informations, le producteur peut s'aider des fiches « nettoyage » et « désinfection » du GBPH [41]. Les opérations sont enregistrées sur une fiche de contrôle du nettoyage. Le dossier détaillé consultable sur place comporte en plus les enregistrements des nettoyages non réguliers (matériel de climatisation, ventilation...). Les fiches techniques des produits utilisés pour les opérations de nettoyage et désinfection sont jointes à ce dossier (Encadré 7).

MESURES D'HYGIENE PRECONISEES AVANT ET APRES LA PRODUCTION :				
PLAN DE NETTOYAGE ET DESINFECTION DU MATERIEL				
Pièces de l'atelier	Matériel de nettoyage	Nature et nom des produits employés	Dosage, température et temps de contact	Fréquence des opérations
Vestiaires (sol et murs)	Brosse et raclette après rinçage	Alcalin chloré : Diverflow B	Eau douce 2% temps contact : 10 mn	Sols : Après chaque fabrication Murs : Tous les 15 jours
Salle de fabrication :	-sols et murs	Brosse et raclette après rinçage	Alcalin chloré : Diverflow B Eau douce 2% temps contact : 10 mn	Sols : Après chaque fabrication Murs : Tous les 15 jours mais rinçage eau après chaque fabrication
	-cuve, bacs de soutirage	Brosse	Alcalin chloré : Diverflow B Eau 50°C 2% 10 mn	Après chaque fabrication
	-Circuit lait	Par pompe	Alcalin chloré : Diverflow B + Acid O Phy Rinçage eau douce	Après chaque fabrication
	-Outils : moules, stores, plateaux, ressorts, tranches-caillés, répartiteur	Par immersion	Stéril Acid 605 Rinçage eau douce	Après chaque utilisation
Cave : sols et murs	Raclette	Néant	Néant	Tous les jours
Salle d'emboitage : sols et murs	Brosse et raclette après rinçage	Alcalin chloré : Diverflow B	Eau douce 2% temps contact : 10 mn	Sols : Après chaque fabrication Murs : Tous les 15 jours mais rinçage eau après chaque fabrication
Salle d'expédition : sols et murs	Brosse et raclette après rinçage	Alcalin chloré : Diverflow B	Eau douce 2% temps contact : 10 mn	Sols : 2 fois par semaine Murs : Tous les 15 jours
Frigo : sols et murs	Brosse et raclette après rinçage	Alcalin chloré : Diverflow B	Eau douce 2% temps contact : 10 mn	Sols : 2 fois par semaine Murs : Tous les 15 jours
Supports de planches	Brosse	Alcalin chloré : Diverflow B	Eau douce 2% temps contact : 10 mn	1 fois par mois
Planches	nettoyeur haute pression puis séchage air libre et ébullition (bac)	Néant	Temp. : entre 70°C et 80°C Pendant 3 minutes	Après chaque utilisation Et avant utilisation

Encadré 7 : Extrait du dossier d'agrément - plan de nettoyage et désinfection [95]

Le plan de lutte contre les nuisibles prévoit la lutte contre les rongeurs et contre les insectes : les emplacements des appâts et des pièges sont indiqués sur un plan détaillé des locaux. Les équipements employés sont indiqués, ainsi que la fréquence de contrôle du matériel. Si un contrat de dératisation a été passé, le document est à joindre au dossier. Dans le dossier consultable sur place sont placées les fiches techniques, ou au minimum les étiquettes, des produits employés avec leur numéro d'homologation. Le GBPH contient une fiche « lutte contre les nuisibles » qui peut aider à l'élaboration du plan [41].

L'origine de l'approvisionnement en eau est précisée dans le dossier. En effet, l'eau utilisée dans un atelier produisant des denrées alimentaires doit être potable, mais peut provenir d'un point de captage privé, ou du réseau public. Dans le premier cas, l'exploitant est responsable de la qualité sanitaire de l'eau et doit obtenir l'autorisation d'utiliser cette eau dans son atelier, à joindre au dossier. Les résultats d'analyses sont alors joints au dossier consultable sur place. Si l'atelier utilise l'eau du réseau, le responsable de la distribution publique doit fournir une eau conforme aux exigences de qualité au niveau du point de déli-

vance à l'abonné. Ce dernier est responsable de la qualité de l'eau depuis ce point de délivrance (compteur d'eau) jusqu'à son point d'utilisation (robinet). Si un risque est mis en évidence sur ce trajet, il faut mettre en place des mesures de prévention. Il est par ailleurs utile d'informer le fournisseur d'eau de son utilisation en production de denrées alimentaires, afin de demander à être informé rapidement en cas de problème accidentel sur le réseau.

La partie concernant la maîtrise des températures indique les valeurs de température au niveau de chaque étape, du stockage du lait au stockage des produits finis, et aussi les lieux de conservation ainsi que les moyens de surveillance employés. Les valeurs sont enregistrées et consultables dans le dossier sur place (Encadré 8).

Approvisionnement en eau

➤ Raccordement au réseau public d'eau potable : ☒ Oui ☐ Non
Si oui, joindre l'attestation de raccordement au réseau public ou copie de la dernière facture

➤ Existence sur l'exploitation de ressources d'eaux privées : ☐ Oui ☒ Non
Si oui, préciser : ☐ Puits de forage ☐ Captage ☐ Autres – Préciser :
Utilisation de cette eau de ressource privée en atelier de transformation.
☐ Oui ; dans ce cas, fournir la copie de l'arrêté préfectoral autorisant l'utilisation de cette eau
☒ Non ; aucune eau de ressource privée n'est utilisée en atelier de transformation
Dossier détaillé consultable dans l'établissement :
➤ Eau du réseau : attestation de raccordement au réseau public

Maîtrise des températures

Stockage du lait matière première
La transformation (par exemple pré-maturation ou maturation) débute systématiquement dans les 4 heures qui suivent la traite : ☒ Oui ☐ Non, et dans ce cas le lait est refroidi à 8°C lorsque la transformation a lieu tous les jours et 6°C lorsque la transformation a lieu tous les 2 jours. Dans ce cas, préciser :

- Temps maximum après la traite pour atteindre cet objectif :
- Moyen de surveillance (type de thermomètre, fréquence de surveillance)

Produits finis frais (beurre, crème, fromage frais, lait pasteurisé, etc.)
Dossier consultable sur place : support d'enregistrement renseigné tel que cela est prévu dans le PMS (plan de maîtrise sanitaire)
Il n'y aura que du Mont d'Or en production dans l'atelier.

Étapes	Température (°C)
traite	38
transport	32
maturation	38
ressuyage	35
sanglage	12
affinage	12
stockage	8

Encadré 8 : Extrait du dossier d'agrément- eau & température [95]

Enfin, une dernière partie s'intéresse aux différents contrôles réalisés à la réception et à l'expédition (contrôle visuel ou contrôles bactériologiques). Ainsi, comme de nombreux producteurs fermiers, le GAEC Mamet réalise un contrôle visuel à la réception du sel, de la présure et des ferments. Les contrôles à l'expédition sont composés d'un contrôle visuel et d'analyses libératoires prévues dans le protocole d'autocontrôles bactériologiques du SIMO. Ces derniers seront détaillés plus loin.

(b) Documents relatifs aux procédures fondées sur les principes de l'HACCP

La démarche HACCP repose sur l'identification des dangers (de leur provenance, et des facteurs de leur multiplication), sur la mise en place de mesures préventives validées avant fabrication, puis sur la surveillance de leur application, et enfin sur la vérification de leur efficacité, et la mise en place éventuelle de mesures correctives. Elle n'est pas applicable en production primaire (lait cru), mais l'analyse des dangers peut tout de même être faite pour ce type de production.

Le producteur peut mettre en place sa propre démarche fondée sur les principes de l'HACCP, ou bien mettre en place la démarche du GBPH dans son exploitation. Ce dernier reprend les principes de la démarche HACCP et les applique à la production de produits laitiers fermiers pour 4 dangers biologiques particuliers. Reconnu par les autorités sanitaires, le guide est suffisant pour répondre aux obligations réglementaires s'il est adapté par le producteur à son exploitation. L'exploitant indique alors dans la partie « champ d'application » dans le dossier les fiches du GBPH auquel il a recours. S'il n'existe pas de fiche pour une (plusieurs) fabrication(s) ou étape(s) de la production, il est nécessaire de réaliser pour celle(s)-ci une analyse de type HACCP spécifique.

Il réalise ensuite l'analyse des dangers (« Hazard Analysis »), soit lui-même, soit en se basant sur le GBPH. Il faut pour cela identifier, pour chaque ingrédient venant de l'extérieur et étape de fabrication les dangers (biologiques, chimiques et physiques), justifier ce choix et rappeler les limites d'acceptabilité. Les résultats peuvent être présentés sous forme d'un tableau comme ci-dessous :

Etape	Danger	Apport/Contamination, Multiplication, Survie	Causes (5M ⁵⁸)	Mesures de maîtrise des dangers	CCP ? BPH documentées ?

Tableau 47: exemple de présentation de l'analyse des dangers

Une fois les dangers identifiés, il faut définir les points critiques pour la maîtrise (« Critical Control Point » ou CCP), et les limites associées : elles doivent être mesurables ou observables, compatibles avec les exigences réglementaires et validées (par la bibliographie, réglementation, GBPH, études techniques reconnues...). Pour chaque CCP, il faut décrire les modalités de surveillance (qui, quoi, où, quand et comment) et définir un support d'enregistrement. Ce dernier sera consultable dans le dossier d'agrément sur place. Enfin, il faut définir pour chaque CCP les actions correctives qui seront systématiquement mises en place lorsque la limite est dépassée : les actions sur les produits (traçabilité du produit non conforme et devenir de celui-ci) et sur les procédés, après identification des causes, pour éviter que le problème se renouvelle. Il faut aussi définir un support d'enregistrement des actions correctives (date, lot(s) concerné(s), recherche des causes, actions correctives sur le procédé et/ou le produit, personne responsable de la mise en œuvre, valeur prise par le CCP). Le GBPH n'a pas défini de CCP, cependant il existe des bonnes pratiques d'hygiène documentées : ce sont des moyens de maîtrise proposés par le GBPH, donc reconnus par les autorités sanitaires, accompagnés d'au moins un moyen de surveillance. Ces éléments doivent être joints au dossier d'agrément.

La vérification de l'efficacité du plan de maîtrise sanitaire repose sur des autocontrôles ; le dossier définit le protocole des autocontrôles : produit analysé, stade du produit lors de l'analyse, critère analysé, seuil de conformité, fréquence du contrôle et mesures prévues en cas de non-conformité. Le dossier d'agrément consultable sur place regroupe les résultats

⁵⁸ Identification des origines par les 5M (diagramme d'ISHIKAWA) : Main d'œuvre/Manipulateur, Milieu, Matières, Matériel, Méthode/Mode opératoire

des autocontrôles analytiques. Le protocole des autocontrôles réalisés au GAEC MAMET est élaboré par le SIMO.

La démarche HACCP pour la ferme Mamet est présentée en page suivante (Encadré 10).

(c) Traçabilité et gestion des produits non conformes

La réglementation n'impose aucune obligation de moyens en termes de traçabilité, mais exige des résultats (Tableau 48). Les exploitants ont l'entière responsabilité du choix des systèmes de traçabilité [74]. Par ailleurs, la commercialisation d'une denrée alimentaire n'est possible que si elle est accompagnée d'une indication permettant d'identifier le lot auquel elle appartient. La mention de la DLC ou DLUO peut constituer une indication suffisante si elle comporte en clair au moins le jour et le mois [48].

Traçabilité	Amont	Aval
Définition	Suivi des matières premières et ingrédients	Suivi des produits finis
Information à fournir immédiatement	▪ Nom et adresse du fournisseur ▪ Nature des ingrédients ▪ Date de réception	▪ Nom et adresse du client ▪ Nature des produits livrés ▪ Date de livraison
Informations « recommandées » non obligatoires	▪ Numéros de lot ▪ Données sur les volumes ou les quantités ▪ Description des produits	
Durée de conservation des informations	▪ 5 ans à partir de la date de réception ▪ Si DLC<3 mois, 6 mois à partir de la date de livraison	▪ 5 ans à partir de la date de fabrication ▪ Si DLC<3 mois, 6 mois à partir de la date de fabrication

Tableau 48: Obligations réglementaires en matière de traçabilité [48]

Les procédures de traçabilité et de gestion des produits non-conformes de la Ferme Mamet sont indiquées dans l'encadré ci-dessous:

<u>PROCEDURES DE TRAÇABILITE ET DE GESTION DES PRODUITS NON CONFORMES</u> Un registre est ouvert au bureau de l'exploitation pour noter les noms et adresses des fournisseurs, la nature des produits achetés (sangles, boîtes, présure...) ainsi que les dates de livraison. Par ailleurs, les factures sont conservées avec la comptabilité de l'exploitation. Pour la traçabilité aval, le démarrage de l'activité en fin 2007, ne permet pas encore d'avoir en place un système performant et adéquat. Les premières ventes seront enregistrées sur un simple cahier avec les volumes et les références de lot. Les factures seront classées avec la comptabilité. Un lot correspond à UNE cuve et donc UNE journée de fabrication. Chaque lot est identifié par un numéro correspondant au jour de fabrication. Chaque lot est identifié sur les supports de planches dans la cave et par rayon dans le frigo. En cas de non-conformité, le lot concerné sera détruit par l'intermédiaire de l'entreprise SARIA (Avanne). Les bons d'enlèvements seront conservés avec les factures. Dans l'attente du passage de l'entreprise les produits sont retirés de la fromagerie et stockés dans un hangar de l'exploitation agricole
--

Encadré 9 : Extrait du dossier d'agrément-Traçabilité [95]

Le champ d'application de l'étude

La démarche HACCP concerne la production laitière, la transformation et l'approvisionnement des matériaux (sangles et boîtes) pour la production de mont d'or uniquement.

Le guide GBPH de la FNEC / FNPL sera utilisé et les fiches suivantes sont été adaptées à l'entreprise et sont présentes à l'établissement :

- Fiche « production du lait de vache »
- Fiche « production de fromage à pâte molle type présure »
- Fiche « opération » :
 - Filtration et stockage du lait
 - Utilisation du lactosérum et des ferments
 - Nettoyage et désinfection
 - Ingrédients et additifs
 - lutte contre les nuisibles

Dangers identifiés

- Le danger chimique concernant le produit est essentiellement lié à la possible présence de résidus de lessive.
- Les dangers physiques sont liés à la présence de corps étrangers (lait, additifs, boîtes).
- Les dangers biologiques et microbiologiques sont liés à l'éventuelle présence de *Listeria monocytogenes*, de *Salmonelles* et d'entérotoxine staphylococcique.

La saumure peut être un vecteur de contamination notamment par la présence de particules. Il a été décidé de la filtrer manuellement avant chaque utilisation ainsi que de la brasser pour que la saturation soit optimale. Elle sera régénérée une fois en cours de saison, ce qui sera notifié sur le cahier de fabrication.

Le point essentiel retenu comme CCP sera l'acidification des fromages après moulage, c'est à dire le temps que mettra le pH pour descendre à 5.7. Il est en effet le reflet direct de l'activité des ferments lactiques qui vont coloniser le milieu, l'acidifier et empêcher le développement des pathogènes.

Etape	Danger	Causes	Moyens de maîtrise	Objectif	Limites critiques	Mesure corrective	Qui	Enregistrement
Maturation	listéria, salmonelle, entérotoxine	mauvaise action des ferments lactiques : compétition avec des indésirables, phages...	Temps de maturation (30 min) Température constante Qualité des ferments PH mètre + horloge	pH 5.7 en 1h	pH n'atteignant pas 5.7 Temps < 45 min pour atteindre 5.7 (limite basse) Temps > 1H15 pour atteindre 5.7 (limite haute)	* limite dépassée → destruction du lot *si l'on s'éloigne de l'objectif → action directe : surveillance analytique du lot → action différée : ↗ de la dose d'ensemencement, ↗ du temps de maturation, ↗ de la température du lait et des locaux, changement de levains, appui technique.	fromager → Henri Mamet	quotidien (cahier de fabrication)

DOCUMENTS RELATIFS AUX POINTS CRITIQUES

Les documents d'analyses de risques, notamment ceux du GBPH, sont disponibles à l'exploitation sous forme papier et sous forme électronique. Les documents d'enregistrement des qualités du lait sont disponibles et accessibles au bureau de l'exploitation. Les enregistrements de fabrication sont stockés dans un cahier qui reste à la fromagerie.

DOCUMENTS RELATIFS A LA VERIFICATION DU PLAN DE MAITRISE SANITAIRE

L'exploitation est détentrice, en tant qu'adhérente au SIMO, de l'ensemble des procédures d'autocontrôle sur lait et sur produits.

Le LIAL est informé officiellement de l'adhésion de cette exploitation au SIMO et réalise les analyses prévues tant du point de vue type de bactéries que de fréquence.

Le SIMO est chargé de faire les prélèvements de fromage en vue des analyses d'autocontrôles laboratoires comme le prévoit le protocole du syndicat.

Les mesures prévues par le protocole sont appliquées dès qu'une non-conformité apparaît.

AUTOCONTROLES

Listeria monocytogenes	Lait	3 / mois	Absence dans 25 mL	SIMO
	Fromages affinés	Avant expédition	Absence dans 25 g	Règlement CE 2073/2005
Salmonelles	Lait	3 / mois	Absence dans 25 mL	SIMO
	Fromages affinés	Avant expédition	Absence dans 25 g	Règlement CE 2073/2005
Staphylocoques à coagulase positive	Lait	2 / mois	<2000ufc/mL	SIMO
	Fromages affinés	2 / mois à J+13, optimum de croissance	M=100 000 ufc/g	Règlement CE 2073/2005
Coliformes totaux	Lait	2 / mois	<100 ufc/mL	SIMO
Escherichia coli	Fromages affinés	2/mois à J+13	<1000 ufc/g	

2. La législation ICPE

La législation « installations classées pour la protection de l'environnement » (ICPE) concerne les établissements industriels ou agricoles susceptibles de créer des risques ou de provoquer des pollutions et des nuisances. Une nomenclature énumère l'ensemble des activités relevant de cette législation, et les soumet à un régime de déclaration, d'autorisation ou d'enregistrement, en fonction de l'importance des risques engendrés : la déclaration concerne les activités les moins polluantes ou dangereuses, et est constituée d'un dossier de déclaration adressé à la Préfecture. Pour les établissements présentant des risques plus importants, l'exploitant doit faire une demande d'autorisation avant la mise en service et démontrer l'acceptabilité du risque. Le régime d'enregistrement est un régime d'autorisation simplifié dans des secteurs particuliers.

Ainsi, un établissement producteur de produit fermier peut selon sa taille et sa production appartenir à différentes catégories de la nomenclature des installations classées : l'élevage de vaches laitières correspond à la nomenclature 2101, et un élevage de taille comprise entre 50 et 100 vaches laitières relève du régime de la déclaration ; l'activité de laiterie correspond à la nomenclature 2230 et relève selon sa capacité journalière de traitement à la déclaration à partir de 7000L/jr et à l'autorisation à partir de 70000L/jr [36].

Compte tenu de la taille des établissements fermiers, ceux-ci sont le plus souvent soumis à une simple déclaration, ou même ne rentrent pas dans les critères de la nomenclature. Le contenu du dossier de déclaration est détaillé ci-dessous :

Dossier en triple exemplaire composé comme suit :

- une déclaration mentionnant :
 - s'il s'agit d'une personne physique : nom, prénom et domicile.
 - s'il s'agit d'une personne morale : sa dénomination, sa forme juridique, l'adresse de son siège social et la qualité du signataire de la déclaration.
 - l'adresse à laquelle l'exploitation doit être implantée.
 - la nature et le volume des activités envisagées ainsi que l'intitulé exact et complet de la ou des rubriques de la nomenclature dont elles relèvent.
 - le mode de traitement des eaux résiduaires et des émanations de toute nature ainsi que l'élimination des déchets.
 - les dispositions prévues en cas de sinistre.
 - un plan de situation du cadastre dans un rayon de 100 mètres.
 - un plan d'ensemble à l'échelle de 1/200e au minimum, accompagné de légendes et, au besoin, de descriptions permettant de se rendre compte des dispositions matérielles de l'installation et indiquant :
 - l'affectation, jusqu'à 35 mètres au moins de celle-ci, des constructions et terrains avoisinants ;
 - le tracé des canalisations d'évacuation des eaux résiduaires jusqu'à l'égout public.
- IMPORTANT** : tous les documents sont datés et signés par le déclarant.

Encadré 11 : Contenu du dossier de déclaration IPCE [103]

Cette demande est adressée en préfecture au même moment où la demande de permis de construire est déposée en mairie. Les activités qui ne sont pas réglementées par la législation IPCE restent soumises aux réglementations générales (règlement sanitaire départemental). Ainsi, la ferme Mamet et son atelier sont soumis au règlement sanitaire départemental du Doubs [31].

L'exploitant est le seul responsable légal, et doit assurer la sécurité et l'absence d'impact de son installation. Il doit respecter la réglementation et assurer la formation de ses personnels. Cette réglementation est par ailleurs disponible sur le site www.ineris.fr/aida. Ainsi, les établissements de numéro de nomenclature 2101 sont soumis à *l'arrêté du 07/02/05 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les élevages de bovins, volailles et/ou gibier à plumes et de porcs soumis à déclaration au titre du livre V du code de l'environnement*. Par exemple, les bâtiments d'élevage et leurs annexes doivent être implantés à au moins 100 m des habitations des tiers. La ferme Mamet satisfait aux normes environnementales, en particulier concernant la gestion des effluents : la capacité de stockage du lisier et du fumier est de 4 mois, et l'exploitation dispose d'un plan d'épandage.

C. Démarches auprès de l'INAO

Le Mont d'Or est un produit protégé par une AOC, et sa production est à ce titre soumise à un contrôle de la part de l'INAO. Dans le cadre du Mont d'Or, cette mission de contrôle a été déléguée au SIMO, qui est donc le seul interlocuteur de l'INAO. Le producteur réalise donc les démarches auprès du Syndicat.

1. Démarches auprès du Syndicat Interprofessionnel de Défense du Mont d'Or

L'adhésion au SIMO est obligatoire pour le producteur de Mont d'Or. Elle est de l'ordre pour le GAEC Mamet de 500€ par an (base d'environ 200€ et forfait variant selon la production). En l'échange de cette cotisation, le SIMO fournit un certain nombre de prestations aux producteurs :

- études sanitaires collectives (études de vieillissement, argumentation technologique, analyses à DLC) et élaboration du protocole des autocontrôles microbiologiques
- suivi technique par un technicien spécialisé, venant de l'ENIL de Mamirolle, deux fois par saison de production
- réalisation des autocontrôles sanitaires et des contrôles liés à l'AOC
- promotion du produit : communication et animations, site internet [125]

L'adhésion se fait par lettre recommandée et s'accompagne du règlement de la cotisation.

2. Procédure d'attribution de l'appellation

L'attribution de l'appellation se fait rapidement : l'atelier lance tout d'abord sa production. L'atelier est ensuite soumis sous quelques semaines à un audit, pour vérifier que les critères de l'appellation sont bien respectés, par exemple l'absence d'équipement de pasteurisation du lait dans l'atelier. Des prélèvements de fromage pour analyses physicochimiques et microbiologiques sont réalisés. Si tous les critères de production sont respectés, l'atelier reçoit l'appellation. Les premiers fromages peuvent alors être commercialisés sous l'appellation, et sont présentés à la commission organoleptique.

L'atelier sera ensuite soumis aux contrôles réguliers du SIMO et à des audits qualités sous l'autorité de l'INAO.

D. Investissements et travaux

La construction de l'atelier a eu lieu l'été 2007, en duplex sur une moitié de grange : à l'étage se trouvent les locaux de fabrication et la cave d'affinage, et au rez-de-chaussée se trouve la salle des machines. La première fabrication a pu débuter fin novembre 2007.

Le montant des investissements réalisés s'élève à 100 000 euros, utilisés pour la construction des locaux et du matériel. L'amortissement est prévu sur 6 à 7 ans. L'exploitation a pu bénéficier d'une aide de 8000 euros du Conseil Général du Doubs.

E. La vente

La vente du Mont d'Or est à la fois directe, par le producteur et sa famille, et indirecte, par l'intermédiaire de grossistes dans toute la France.

1. La clientèle

La vente directe est essentiellement locale, à une clientèle d'habituels, fidèles depuis les débuts du Mont d'Or fermier. Ces premiers clients ont été satisfaits par les caractéristiques de ce Mont d'Or, et continuent d'acheter le fromage.

La vente indirecte s'appuie sur un réseau de crémiers, en particulier de centre-ville, présents dans toute la France. Il s'agit de petits clients réguliers, achetant 20 à 40 boîtes par semaine en moyenne. La ferme Mamet a été sollicitée pour des volumes plus importants et ponctuels, et pour de la vente en grande et moyenne surface. La production de Mont d'Or est encore de petite envergure, et la demande est supérieure à l'offre : la Ferme Mamet se permet donc de choisir ses clients, et de fournir en priorité ses clients les plus fidèles.

2. Tarifs et positionnement

Le Mont d'Or fermier se positionne comme un produit haut de gamme : la ferme Mamet a fait le choix de la qualité au détriment de la quantité. Le fromage est affiné plus longtemps que dans la majorité des ateliers (5 à 6 semaines au lieu de 3 semaines minimum) : cela représente plus de travail d'affinage et une plus longue immobilisation des capitaux. Cependant, le fromage développe des arômes plus corsés, et un croûtage plus marqué.

Les expéditions se font dans toute la France par un transporteur frigorifique spécialisé, et le coût du transport est intégré dans le prix du fromage. Le coût du transport ramené au kg est faible, de l'ordre de 30 à 50€ pour un forfait de moins de 100 kg, selon la distance de livraison. Ce dernier est donc vendu aux crémiers, livraison comprise, aux alentours de 10 euros/kg hors taxe, ce qui correspond à environ 6 euros hors taxe la boîte. Le prix est le même pour la vente locale. [95]

3. Communication autour du fromage

Le SIMO gère la promotion du Mont d'Or dans les médias. Il organise des manifestations, comme la « coulée du Mont d'Or » à Pontarlier, célébrant le début de la commercialisation du fromage. Cette manifestation a lieu début septembre, tous les ans (En 2011, elle a eu lieu du 8 au 12 septembre, lors de la Haute Foire de Pontarlier), avec des démonstrations de fa-

brication du Mont d'Or et d'autres activités autour du fromage. Il gère aussi les relations avec la presse, et le site internet consacré au Mont d'Or⁵⁹ [125].

La communication autour du Mont d'Or fermier est basée essentiellement sur le bouche-à-oreille, au sein du réseau de crémiers et de la clientèle locale. Un site internet⁶⁰, ainsi que la création récente d'un profil sur un réseau social bien connu, complètent cette communication. Le site présente entre autres l'exploitation, la fromagerie, et le travail de la famille Mamet à travers des photographies et des diaporamas [40].

L'originalité de l'atelier, unique producteur de Mont d'Or fermier, favorise la couverture médiatique lors des premières années de fonctionnement (reportage de la télévision locale, à la radio, articles dans des journaux locaux et des revues professionnelles...) [40].

F. Résultats et difficultés

1. Une bonne valorisation

La valorisation du lait de la ferme Mamet est d'environ 400 euros la tonne lorsque le lait est utilisé dans la filière Comté, c'est-à-dire par la fromagerie. A titre de comparaison, le prix moyen payé aux producteurs en France au 3ème trimestre 2011 est de 332 euros aux 1000L de lait. Le lait dans la filière Comté est donc bien valorisé et récompense les contraintes imposées par l'AOC.

La valorisation du lait transformé en Mont d'Or est de l'ordre de 1000 euros la tonne ; cependant, il ne faut pas oublier les frais élevés engendrés par la transformation et la commercialisation, à la charge du producteur (travail de transformation, cotisation au syndicat, coûts de transport, coûts de fonctionnement, entretien du matériel...) La valorisation est alors ramenée à 600 euros la tonne, ce qui reste plus élevée qu'en filière Comté [95].

2. Un succès commercial

Les ventes sont par ailleurs bonnes, puisque la production n'est parfois pas suffisante, et la Ferme Mamet jouit d'une bonne réputation auprès de sa clientèle. Un futur agrandissement n'est cependant pas à l'ordre du jour, puisque la situation actuelle est satisfaisante pour la famille Mamet, qui souhaite conserver le côté artisanal de sa production, en se concentrant sur la qualité du produit à tous les niveaux (qualité de l'alimentation animale, de la production laitière, de la transformation, et contact avec la clientèle) [95].

3. Une alerte sanitaire

Les résultats économiques sont bons, la clientèle fidèle et les produits appréciés, mais il faut savoir rester vigilant : le Mont d'Or reste un produit fragile d'un point de vue sanitaire, et la production peut être gravement perturbée en cas de problème sanitaire.

En général, 5 à 6% de la production est détruite pour des raisons sanitaires. Par ailleurs, une détection de *Listeria monocytogenes* en Janvier 2011 a motivé l'interruption précoce de la production, qui est autorisée à se poursuivre jusqu'au 15 mars. Le bilan de la saison reste

⁵⁹ Site internet « Le Mont d'or, l'authentique fromage de montagne du Haut Doubs » www.mont-dor.com

⁶⁰ Site internet « La ferme Mamet » www.fermemamet.com

correct, de l'ordre de 6 tonnes de fromages produits, grâce à un très bon départ en début de saison, mais le manque à gagner reste important.

Tout a commencé par une contamination du lait par *Listeria monocytogenes*, détectée lors d'un autocontrôle réalisé à la laiterie. La contamination est faible, inférieure à 10 ufc/mL. Des recherches sont entreprises sur les lots de fromages concernés, encore en cave (les 15 jours de fabrication précédant le résultat), montrant une contamination faible des produits, alors retirés des marchés et détruits. Les analyses menées sur la saumure ne montrent pas de contamination. La faible contamination du lait ne permettant pas de conclure quant à l'origine du problème (environnement, excrétion mammaire), des recherches sont entreprises sur chaque animal, sans résultat.

Les autocontrôles réalisés sur le lait les jours suivants sont bons, et le lait peut être réutilisé en production. Cependant, 15 jours plus tard, une nouvelle contamination de faible valeur est détectée dans le lait. Les fromages concernés ne présentent pas de contamination : il n'y a donc pas eu de contamination croisées avec les lots atteints précédemment (saumure, lavage...).

La décision d'arrêter précocement la production de Mont d'Or est prise fin janvier, afin de limiter les pertes économiques [95].

Nous allons ensuite voir quel peut être le rôle du vétérinaire praticien dans le fonctionnement de l'exploitation, de l'atelier de production et lors de sa mise en place.

V. Rôle du vétérinaire praticien

L'activité des vétérinaires libéraux en pratique rurale s'est nettement modifiée ces dernières années : la formation et l'amélioration des connaissances des éleveurs, un meilleur niveau de maîtrise des différents paramètres d'élevage participent à la diminution du taux d'intervention des vétérinaires dans les élevages. Par ailleurs, ce phénomène se conjuguant avec des difficultés économiques au sein de certaines filières, les interventions du vétérinaire au sein de l'élevage sont parfois tardives, car considérées comme trop coûteuses par certains éleveurs.

Le métier de vétérinaire rural se tourne désormais vers la mise en place de démarches préventives au sein des élevages, d'une activité de conseil aux éleveurs, dans un but d'amélioration des paramètres zootechniques et sanitaires de l'élevage, tout en préservant son rôle de vétérinaire soignant.

A. De la médecine individuelle à la médecine des populations

Le vétérinaire conserve son rôle initial de soignant, qui intervient ponctuellement dans l'élevage, en cas d'affection sur un patient (mammites, fièvre de lait, diarrhée néonatale, césarienne...). La médecine des populations concerne l'ensemble du troupeau, et s'intéresse à des affections concernant plusieurs animaux, simultanément ou non, en prenant en compte tous les paramètres de l'élevage : l'alimentation, le logement, les pratiques d'élevage...

Le but est d'améliorer la productivité des animaux, en limitant les pertes économiques causées par les affections. Les principales causes de pertes économiques sont les mammites, les performances insuffisantes en reproduction et les boiteries.

Le vétérinaire de l'élevage connaît bien l'éleveur et son exploitation : il a une vision d'ensemble, et la communication est facilitée, ce qui améliore la prise en charge des affections du troupeau.

Le suivi du troupeau laitier par le vétérinaire repose sur plusieurs étapes : la détermination par l'éleveur des points forts et des points faibles du troupeau, la définition des objectifs de l'éleveur et de ses priorités, la planification des activités et de la facturation. Les domaines concernés par le suivi sont variés : production et alimentation, santé des mamelles ou des onglons, fécondité, qualité du lait, santé publique....

La visite d'élevage est à la base du suivi par le vétérinaire : elle est mensuelle et comporte une évaluation de routine puis l'étude des problèmes rencontrés, et enfin se termine par la rédaction d'un court rapport écrit sur les constatations et les actions correctives à mettre en place à plus ou moins long terme. L'évaluation de routine repose sur l'analyse des données au préalable (contrôle laitier, cahier sanitaire, calculs de ration, bilan reproduction....), l'observation de l'environnement (facteurs de risque...) et des vaches (état, propreté, comportement...). Cela permet ensuite d'analyser les éventuels problèmes rencontrés dans différents domaines (logement, alimentation, pratiques d'élevage....), et de mettre en place des mesures de prévention. Les visites de routine suivantes permettront de vérifier l'efficacité de ces mesures.

Dans le cadre de la production fermière, le suivi d'élevage permet par exemple la prévention des problèmes de contamination du lait par des germes pathogènes, comme *S.aureus*, en diminuant le nombre de mammites cliniques et subcliniques.

B. Conseils en matière de qualité

La qualité du Mont d'Or fermier se construit tout au long de la chaîne de production, entièrement sous la surveillance du producteur. Le vétérinaire sanitaire de l'élevage, de par sa formation, peut aider le producteur à améliorer la qualité de son produit tout au long de cette chaîne.

Sa formation initiale en zootechnie (alimentation, logement, génétique, reproduction) et son expérience sur le terrain lui permet d'appréhender le rôle de ces facteurs sur la qualité du fromage et la rentabilité de la production.

Ses connaissances générales en biologie et microbiologie, ainsi que la transposition de sa « démarche diagnostique » lui permettent d'appréhender les dangers et les risques, et de mettre en place des moyens de maîtrise, et de proposer une démarche d'assurance qualité.

De par sa position de vétérinaire sanitaire, il connaît l'exploitation, son fonctionnement et la situation économique : c'est un partenaire privilégié de l'éleveur, et peut adapter plus précisément ses conseils à la situation qu'un intervenant extérieur.

La difficulté pour le vétérinaire libéral est de justifier au producteur l'intérêt de cette démarche différente, et de facturer cette activité de conseil en matière de qualité. En effet, cette activité requiert du temps de présence effectif dans l'exploitation, mais aussi une part importante de travail de préparation et d'analyse en dehors de l'exploitation, qui n'est donc pas visible par le producteur.

Dans le cadre de la mise en place d'un atelier de production fermière, le vétérinaire peut par exemple apporter des conseils en matière de démarche HACCP et de mise en œuvre des plans d'autocontrôle.

C. Usage du médicament vétérinaire

Le vétérinaire, lors de son activité de santé animale, doit aussi considérer le contexte de l'élevage, et raisonner le choix des molécules : les délais d'attente pouvant être longs pour certains médicaments, la perte économique liée au retrait du lait est plus importante qu'un traitement plus cher avec moins de délai d'attente et de même efficacité thérapeutique.

Le vétérinaire, par son rôle de prescripteur, est essentiel pour la maîtrise du risque lié à une utilisation parfois abusive des anti-infectieux. Il joue ainsi un rôle dans la prévention de la présence de résidus de médicaments vétérinaires dans les denrées alimentaires, comme le lait et ses dérivés.

La mise en place d'une démarche préventive permet de réduire le recours aux médicaments, la rédaction d'une ordonnance détaillée permet d'expliquer clairement au producteur le mode d'utilisation des médicaments, et les éventuels délais d'attente associés.

1. Les règles de prescription et de délivrance

La législation impose des règles strictes de prescription et de délivrance des médicaments vétérinaires : elles sont décrites dans le décret dit « prescription-délivrance » du 24 avril 2007, complété par d'autres textes législatifs.

Toute prescription de médicaments ou d'aliments médicamenteux doit se faire après examen clinique de l'animal et établissement d'un diagnostic, mais il reste possible de prescrire sans examen préalable des animaux sous certaines conditions :

- être le vétérinaire sanitaire désigné par l'éleveur, et faire des visites régulières de suivi,
- dispenser régulièrement des soins dans l'élevage,
- avoir établi avec le détenteur des animaux un bilan sanitaire d'élevage,
- avoir élaboré un protocole de soins, qui définit pour l'élevage considéré, par espèce animale et type de production, les actions à mener contre des affections déjà rencontrées, pour lesquelles des médicaments pourront être prescrits sans examen préalable. Le protocole définit aussi la mise en œuvre des traitements, les informations à transmettre au vétérinaire, et les critères d'alerte sanitaire déclenchant une visite du vétérinaire.

La rédaction de l'ordonnance en elle-même est soumise à des règles : certaines mentions sont obligatoires, en particulier les délais d'attente, lait ou viande, même si le délai est nul.

Le renouvellement des médicaments pendant la durée de validité de l'ordonnance (un an) est aussi réglementé.

La délivrance des médicaments peut se faire à la pharmacie, au cabinet ou lors d'une visite du vétérinaire, ou par colis sous certaines conditions, suite à l'examen des animaux, ou dans le cadre du protocole de soin (affection listée) [29].

2. L'enregistrement dans le carnet sanitaire [64]

Par ailleurs, l'éleveur doit tenir à jour son carnet sanitaire, qui est un document du registre d'élevage : le carnet sanitaire et les ordonnances de médicaments vétérinaires doivent être conservés sur l'exploitation pendant 5 ans minimum.

L'éleveur y enregistre l'administration des médicaments, y compris les aliments médicamenteux : nature du produit, identification des animaux, voie d'administration et posologie, date de début et de fin de traitement. L'indication du motif du traitement et de la date de remise en vente est recommandée.

Le vétérinaire, lors d'une visite, l'indique sur le carnet (date et nom), ainsi que ses observations générales de l'état sanitaire des animaux sur lesquels il intervient, les analyses effectuées ou prescrites, les traitements et temps d'attente (indiqués sur l'ordonnance), la référence à l'ordonnance rédigée lors de la visite.

VI. CONCLUSION

Le Mont d'Or est un fromage à pâte molle, à croûte lavée, fabriqué à partir de lait cru, dans le Haut-Doubs, et ses caractéristiques en font un produit fragile d'un point de vue sanitaire. Seule l'acidification du fromage au cours de sa fabrication permet la destruction de certains dangers microbiologiques, et celle-ci restant modérée, l'obtention d'un fromage de qualité sanitaire acceptable repose principalement sur les épaules du producteur laitier. Celui-ci maîtrise la santé de son troupeau, la production d'aliments de qualité, l'hygiène de la traite...

La Ferme Mamet semble avoir réussi à concilier la production d'un fromage de qualité, qui satisfait les critères stricts de l'AOC Mont d'Or et les normes d'hygiène imposées par la réglementation, avec le respect de la tradition de ce fromage autrefois fabriqué dans les fermes isolées en hiver. La production restée artisanale et l'affinage prolongé permettent l'obtention de saveurs typiques, et font de ce fromage un produit haut-de-gamme, vendu dans toute la France.

La réglementation sanitaire, qui paraît au premier abord contraignante, se révèle avec le GBPH un outil précieux pour la maîtrise de la qualité sanitaire du lait et des fromages. Le dossier d'agrément et son élaboration permettent au producteur de prendre conscience des dangers susceptibles de contaminer le fromage, et d'élaborer des plans de prévention, au niveau de la transformation, mais aussi de la production laitière. L'application de ces plans de prévention a désormais plus de sens pour le producteur, et elle est de ce fait mieux conduite.

La mise en place d'un atelier de production fermière représente un investissement, personnel et financier non négligeable. Les difficultés à surmonter s'avèrent nombreuses, et il est important de garder à l'esprit que les technologies fromagères ne sont pas toutes propices à une telle évolution. L'exemple de la Ferme Mamet montre néanmoins que la réalisation d'un tel projet reste possible, même au sein d'une filière où cela n'est pas courant : il existe ainsi un atelier de fabrication de Morbier fermier, lui aussi habituellement produit en fruitière.

Le Professeur responsable VetAgro Sup campus vétérinaire  P. DETONT	Le Directeur général VetAgro Sup  Pr F. Grain - DEVE VetAgro Sup Campus Vétérinaire
Le Président de la thèse  M. noven	
Vu et permis d'imprimer Lyon, le 07 NOV. 2011 Pour le Président de l'Université, Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales, Professeur F.N GILLY 	

Bibliographie

- [1] AMIOT, J., FOURNIER, S., LEOEUF, Y. et al.(2002) Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. *In: Science et technologie du lait - Transformation du lait*. Presses Internationales Polytechnique,Montréal, pp.1-74.
- [2] ANSES.(2005). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Dioxines, furanes et PCB de type dioxine*. [en ligne]. [consultation 5 Octobre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/PNJ701.htm>>
- [3] ANSES.(2008). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Composition nutritionnelle des aliments - TABLE CIQUAL 2008*. [en ligne]. [consultation 30 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.afssa.fr/TableCIQUAL/index.htm>>
- [4] ASSOCIATION PATRIMOINE CULINAIRE SUISSE.(2008). Inventaire du patrimoine culinaire Suisse. *Kulinarische Erbe der Schweiz: Vacherin Mont d'Or*. [en ligne]. [consultation 1 Juin 2011]. Adresse URL: <<http://www.kulinarischeserbe.ch/product.aspx?id=126>>
- [5] ASSOCIATION PAYS DU HAUT-DOUBS. Portail du Haut-Doubs et de Pontarlier. *www.haut-doubs.org*. [en ligne]. [consultation 2 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.haut-doubs.org/pontarlier-montagne-jura-franche-comte/haut-doubs/>>
- [6] BENET, J.(2008) *La tuberculose animale, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises.*, 74 p.
- [7] BÉNÉTIER, C., BERTIN , M., CALAMASSI-TRAN, G. et al. (2009). *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 2 (INCA2)(2006-2007)*.Rapport, AFSSA, Maisons-Alfort,227 p.
- [8] BERCHE, P., BRISABOIS, A., CATTEAU, M. et al. (2000). *Rapport de la Commission d'étude des risques liés à Listeria monocytogenes*.Rapport, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, Maisons-Alfort,144 p.
- [9] BERGÈRE, J.-L. et LENOIR, J.(1997) Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages. *In: LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.509-543.
- [10] BONIN, C., BOUILLON, L., BROCARD, J.-C. et al.(2009). Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. *Visages industriel. Franche-Comté*. [en ligne]. [consultation 1 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=16&ref_id=15341&page=thematiques/visage_industriel_2009/vi09.htm>
- [11] BONNOT, D.(2006) *Le Vacherin Mont d'Or franco-suisse. Un fromage qui sort du bois & du froid*. Editions Aéropage, Lons-le-Saunier.

- [12] BREZARD, F. (1988) *Le Mont d'Or ou Vacherin du Haut-Doubs*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes, 102 p.
- [13] BRISABOIS, A., LAFARGE, V., BROUILLAUD, A., DE BUYSER, M.-L., COLLETTE, C., GARIN-BASTUJI, B. et al. (1997). Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties*. **16**(n°1), pp.452-471.
- [14] BRULÉ, G., LENOIR, J., et REMEUF, F. (1997) La micelle de caséine et la coagulation du lait. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC, Paris, pp.7-41.
- [15] CAMART-PÉRIÉ, A. (2006) *Salmonella, Salmonelloses bovines: état des lieux, épidémiologie en France*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 122 p.
- [16] CANTERI, G. (1997) Les levains lactiques. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC, Paris, pp.175-195.
- [17] CATTEAU, M. et LAILLER, M. (2006). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: Listeria monocytogenes*. [en ligne]. [consultation 4 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/Documents/MIC-Fi-Listeria.pdf>>
- [18] CERD. (2007). Centre d'Etude et de Ressources sur la Diversification. *Etude de la consommation des produits fermiers*. [en ligne]. [consultation 26 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www02.r7g.com/20026/p/461/Presentation_Etude_Nationale_Produits_Fermiers_CE_RD_2007.pdf>
- [19] CHAMBRE D'AGRICULTURE DU DOUBS. Bienvenue sur Agridoubs.com. [en ligne]. [consultation 2 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.agridoubs.com/>>
- [20] CHAMBRE RÉGIONALE D'AGRICULTURE DE RHÔNE-ALPES. (2006). Portail des Chambres d'Agriculture de Rhône-alpes. *Consommation de produits fermiers en Rhône-Alpes*. [en ligne]. [consultation 26 Septembre 2011]. Adresse URL: <[http://rhone-alpes.synagri.com/synagri/pj.nsf/TECHPJPARCLEF/07045/\\$File/Fiche%20Consommation%20PF-RA.pdf?OpenElement](http://rhone-alpes.synagri.com/synagri/pj.nsf/TECHPJPARCLEF/07045/$File/Fiche%20Consommation%20PF-RA.pdf?OpenElement)>
- [21] CHAZEL, M., BURET, Y., MEUNIER, D. et al. (2007). Le RESSAB - Réseau d'épidémiosurveillance des salmonelloses bovines - Résultats 2006. *Bulletin Epidémiologique - AFSSA*, Novembre, pp.5-7.
- [22] CODE DE LA CONSOMMATION- PARTIE RÉGLEMENTAIRE. Modes de présentation et inscriptions. In: *Livre Ier: Information des consommateurs et formation des contrats*., Chapitre II.
- [23] COLIN, M.P. et LAILLER, M.R. (2006). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : Campylobacter spp.* [en ligne]. [consultation 10 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/Documents/MIC-Fi-Campylobacter.pdf>>

- [24] COLIN, M. et LAILLER, M.(2009). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: Salmonella spp.* [en ligne]. [consultation 08 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/cgi-bin/countdocs.cgi?Documents/MIC-Fi-Salmonellaspp.pdf>>
- [25] COMITÉ NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DE L'ECONOMIE LAITIÈRE.(2011) *L'économie laitière en chiffres*. CNIEL, paris.
- [26] COMMEAU, M.(1997) Le nettoyage et la désinfection. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.644-664.
- [27] CONFÉDÉRATION DES INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES DE L'UNION EUROPÉENNE. www.GDAfacts.eu. *CIAA agreed reference value for GDAs*. [en ligne]. [consultation 30 Août 2011]. Adresse URL: <http://gda.ciaa.eu/asp2/gdas_portions_rationale.asp?doc_id=127>
- [28] CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE.(1974). Les autorités fédérales de la Confédération Suisse. *Traité entre la Confédération Suisse et la République Française sur la protection des indications de provenance, des appellations d'origine et d'autres dénominations géographiques*. [en ligne]. [consultation 8 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.admin.ch/ch/f/rs/i2/0.232.111.193.49.fr.pdf>>
- [29] CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ORDRE DES VÉTÉRINAIRES.(2009). Portail de l'Ordre des Vétérinaires. *Règles en matière de prescription et délivrance - animaux de rente*. [en ligne]. [consultation 4 Octobre 2011]. Adresse URL: <<http://www.veterinaire.fr/documents-v2/Documents%20Pdf/VETO-FichesRente.pdf>>
- [30] CONTRÔLE LAITIER. (2011). *Documents de résultats laitiers 2011*.
- [31] DDASS.(2005). Directions régionale et départementales des Affaires Sanitaires et Sociales de Franche-Comté. *Règlement sanitaire départemental du Doubs actualisé*. [en ligne]. [consultation 2 Octobre 2011]. Adresse URL: <<http://www.franche-comte.sante.gouv.fr/img/pdf/rsd25.pdf>>
- [32] DE BUYSER, M.-L., BRISABOIS, A., ESPIÉ, E. et al. (2005). Implication du lait et des produits laitiers dans les maladies infectieuses d'origine alimentaire en France de 1988 à 2003. *Bulletin Épidémiologique de l'AFSSA*, mars, pp.1-2.
- [33] DE BUYSER, M.-L., HENNEKINE, J.-A., et LAILLER, R.(2009). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: Staphylococcus aureus et entérotoxines staphylococciques*. [en ligne]. [consultation 12 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/cgi-bin/countdocs.cgi?Documents/MIC-Fi-StaAureus.pdf>>
- [34] DGAL. (2010). *Bilan 2009 des plans de surveillance et de contrôle*.Rapport, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire, Paris,74 p.

- [35] DILLON, J.-C. et BERTHIER, A.-M.(1997) Caractéristiques nutritionnelles des fromages. *In: LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.713-724.
- [36] DIRECTION GÉNÉRALE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES.(2011). Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. *Nomenclature des installations classées*. [en ligne]. [consultation 2 Octobre 2011]. Adresse URL: <http://www.ineris.fr/gesdoc/viji/file/nomenclature_V250811.pdf>
- [37] DRAGACCI, S.(1997) Mycotoxines. *In: LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.781-784.
- [38] DUMONT, J.-P., ROGER, S., CERF, P. et al. (1974). Etude des composés volatils neutres présents dans le vacherin. *Le Lait*, Mai, pp.243-251.
- [39] DUPUIS, C., TARDIF, R., VERGE, J. et al.(2002) Hygiène et salubrité dans l'industrie laitière. *In: Science et technologie du lait - Transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique,Montréal, pp.527-573.
- [40] FERME MAMET.(2011). La Ferme Mamet. *Vente et production de Mont d'Or fermier*. [en ligne]. [consultation 2 Octobre 2011]. Adresse URL: <<http://www.fermemamet.com/home>>
- [41] FNEC ET FNPL.(2004) *Guide de Bonnes Pratiques Hygiéniques : fabrication de produits laitiers et de fromages fermiers*. Les éditions des Journaux Officiels.
- [42] FORM, G. (2003) *Les résidus inhibiteurs dans le lait - Evolution des méthodes de détection - Facteurs de risque en région Rhône-Alpes*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université Claude Bernard,Lyon,107 p.
- [43] FOURRIÉ, L., GROSJEAN, F., ADAM, D. et al. (2007). *Guide d'aide à la décision pour la gestion du milieu agricole en cas d'accident nucléaire*.Rapport, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses,55 p.
- [44] FRANCE TÉLÉVISION.(2011). France 3. *L'été en Bourgogne - Les artisans sangliers*. [en ligne]. [consultation 01 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://bourgogne.france3.fr/ete-bourgogne/index.php?page=article&numsite=6263&id_rubrique=6287&id_article=13919>
- [45] FROMAGERIE LES FINS-SUCHAUX. Bienvenue Aux Fins-Suchaux. [en ligne]. [consultation 25 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://fruitiere.lepaysducomte.com/fromagerie-les-fins-suchaux/bienvenue-aux-fins-suchaux.html>>
- [46] GALTIER, P., LE BIZEC, B., LEBLANC, J.-C. et al. (2009). *Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animales*.Rapport final, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, Maisons-Alfort,308 p.
- [47] GANIÈRE, J.-P. et AL.(2008) *La brucellose animale, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises*. MERIAL, Lyon, 49 p.

- [48] GARNIER, G.(2006). Institut de l'élevage. *La traçabilité: quelles obligations pour les producteurs de produits laitiers et fromages fermiers*. [en ligne]. [consultation 29 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.institut-elevage.asso.fr/spip.php?page=article_espace&id_espace=43&id_article=10130>
- [49] GAY, M. et AMGAR, A. (2005). Factors moderating *Listeria monocytogenes* growth in raw milk and in soft cheese made from raw milk. *Le Lait*. **85**(n°3), pp.153-170.
- [50] GRASTILLEUR, C. (23 décembre 2006). La surveillance des radionucléides dans les aliments par la Direction Générale de l'Alimentation. *Bulletin Epidémiologique AFSSA*.(n°23), pp.6-7.
- [51] HADDAD, N., TOMA, B., et AL.(2007) *Les zoonoses infectieuses, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises*.
- [52] HARDY, J.(1997) L'activité de l'eau et le salage des fromages. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.62-85.
- [53] HAUWUY, A., MARTINOD, A., et CHAMBA, J.F. (2004). Risque potentiel de contamination des laits par *Listeria* selon l'alimentation des vaches laitières. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants.*, p.11.
- [54] HEUCHEL, V., MARLI, J., et MEFFE, N. (2001). Origine, diagnostic et moyens de maîtrise de la contamination du lait de vache par les salmonelles. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **8**, pp.87-90.
- [55] INAO. (2005). *Règlement technique d'application de l'AOC "Mont d'Or" ou "Vacherin du Haut-Doubs"*. Institut National des Appellations d'Origine, Poligny,4 p.
- [56] INAO.(2011). Institut national de l'origine et de la qualité. *Fiche Mont d'Or*. [en ligne]. [consultation 11 Août 2011]. Adresse URL: <http://www.inao.gouv.fr/public/produits/detailProduit.php?ID_PRODUIT=3282>
- [57] INRS. (2010). *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009*.Rapport, Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses,177 p.
- [58] INSEE.(2011). Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. *Base de données - Statistiques locales - Chiffres clés sur un territoire - 25*. [en ligne]. [consultation 1 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.statistiques-locales.insee.fr/FICHES/DOC/DOC_DL.pdf>
- [59] INSTITUT PASTEUR.(2004). Institut National de Veille Sanitaire. *Les salmonelloses en France: données 2001-2003 du Centre National de Référence*. [en ligne]. [consultation 8 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.invs.sante.fr/surveillance/salmonelloses_non_typhiques/default.htm>
- [60] INSTITUT PASTEUR. Site Web de l'Institut Pasteur. *Les Salmonelloses*. [en ligne]. [consultation 8 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.pasteur.fr/ip/easysite/pasteur/fr/presse/fiches-sur-les-maladies-infectieuses/salmonelloses>>

- [61] INVS. (2007). *Epidémie d'infections à E. coli producteurs de shigatoxines non O157 liée à la consommation de camembert au lait cru, Nord-Ouest de la France, Octobre-Décembre 2005*. Rapport d'investigation, Institut National de Veille Sanitaire, Saint Maurice, 11 p.
- [62] INVS. (2011). Institut National de Veille Sanitaire. *Données relatives aux toxi-infections alimentaires collectives déclarées en France en 2009*. [en ligne]. [consultation 3 Septembre 2011]. Adresse URL: http://www.invs.sante.fr/surveillance/tiac/donnees_2009/tiac_donnees_2009.pdf
- [63] INVS. (2011). Institut National de Veille Sanitaire. *Nombre de cas de listériose déclarés par an et taux d'incidence annuel de 1999 à 2010*. [en ligne]. [consultation 4 Septembre 2011]. Adresse URL: http://www.invs.sante.fr/surveillance/listeriose/cas_listeriose_1999_2010.pdf
- [64] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (25 Juin 2000). Arrêté du 5 juin 2000 relatif au registre d'élevage. (n°146), p.9613.
- [65] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (25 Juillet 2000). Décret du 21 juillet 2000 relatif à l'appellation d'origine contrôlée "Mont d'Or" ou "vacherin du Haut-Doubs". (n°170), p.11463.
- [66] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (30 Septembre 2003). Arrêté du 15 septembre 2003 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie collective et à la police sanitaire de la tuberculose des bovinés et des caprins. (n°226), p.16680.
- [67] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (8 Août 2006). Arrêté du 8 juin 2006 relatif à l'agrément sanitaire des établissements mettant sur le marché des produits d'origine animale ou des denrées contenant des produits d'origine animale. (n°182), p.11816.
- [68] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (19 Mai 2006). Décret du 17 mai 2006 relatif à l'appellation d'origine contrôlée "Mont d'Or" ou "Vacherin du Haut-Doubs". (n°116), p.7399.
- [69] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (29 Avril 2007). Décret n°2007-628 du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères. (n°101), p.7628.
- [70] JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. (2 Mai 2008). Arrêté du 22 avril 2008 fixant les mesures techniques et administratives relatives à la prophylaxie collective et à la police sanitaire de la brucellose des bovinés. (n°103), p.7331.
- [71] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (3 Juillet 1987). Règlement (CE) n° 1898/87 du Conseil du 2 juillet 1987 concernant la protection de la dénomination du lait et des produits laitiers lors de leur commercialisation. L(n°182), pp.36-38.
- [72] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (24 Juillet 1992). Règlement (CE) N°2081/92 du Conseil du 14 juillet 1992 relatif à la protection des produits agricoles et des denrées alimentaires. L(n°208), p.1.

- [73] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (21 Juin 1996). Règlement (CE) N°1107/96 de la commission du 12 juin 1996 relatif à l'enregistrement des indications géographiques et appellations d'origine au titre de la procédure prévue à l'article 17 du règlement (CEE)n°2081/92 du Conseil. L(n°148), p.1.
- [74] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (1 Février 2002). Règlement (CE) n°178/2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments, et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.(n°L 31), p.1.
- [75] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (30 Avril 2004). Règlement (CE) n° 852/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires. L(n°139), pp.1-54.
- [76] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (30 avril 2004). Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. L(n°139), pp.55-205.
- [78] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (30 Avril 2004). Règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine. L(n°139), pp.206-319.
- [77] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (30 Avril 2004). Règlement (CE) n° 882/2004 du 29 avril 2004 relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale[.]. L(n°165), pp.1-141.
- [80] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (8 Février 2005). Règlement (CE) n° 1831/2005 du 12 janvier 2005 établissant des exigences en matière d'hygiène des aliments pour animaux. L(n°35), pp.1-22.
- [79] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (22 Décembre 2005). Règlement (CE) n° 2073/2005 de la commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires. L(n°338), pp.1-26.
- [81] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (20 Décembre 2006). Règlement (CE) n° 1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. L(n°364), pp.5-24.
- [82] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPÉENNE. (30 Juillet 2008). Règlement (CE) n° 733/2008 du conseil du 15 juillet 2008 relatif aux conditions d'importation de produits agricoles originaires des pays tiers à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl. L(n°201), pp.1-7.
- [83] JULAUD, J.-J.(2006) *La géographie française pour les nuls*. Editions Générales First, Paris.

- [84] KOOH, P. et LAILLER, M.(2006). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de danger microbiologique: brucella sp.* [en ligne]. [consultation 5 Février 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/cgi-bin/countdocs.cgi?Documents/MIC-Fi-Brucella.pdf>>
- [85] KOUST, M., MATAGRAS, M., SKANDAMIS, P. et al. (2010). Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control*, pp.805-815.
- [86] LAITHIER, C., HEUCHEL, V., CORROT, G., et MÉNARD, J.-L. (2000). La contamination des fourrages par *Listeria monocytogenes*: synthèse des connaissances. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **7**, pp.347-350.
- [87] LAMONTAGNE, M., CHAMPAGNE, C., REITZ-AUSSEUR, J. et al.(2002) Microbiologie du lait. In: *Science et technologie du lait - Transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique,Montréal, pp.75-151.
- [88] LARPENT, J.P.(2000) *Listeria 2eme édition*. Lavoisier TEC & DOC, Paris, 165 p.
- [89] LECLERCQ, M.A. et LAILLER, M.R.(2006). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: Yersinia enterocolitica, Yersinia pseudotuberculosis*. [en ligne]. [consultation 10 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/Documents/MIC-Fi-Yersinia.pdf>>
- [90] LEMARCHAND, F., BAREILLE, N., BESOGNET, B. et al. (2009). Contamination du lait de tank par des résidus d'antibiotiques. *Le Point Vétérinaire*, mai, pp.47-54.
- [91] LENOIR, J., REMEUF, F., et SCHNEID, N.(1997) L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.229-255.
- [92] LEROUX, J.-P. (1991) *Le Mont d'Or et la Listériose*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université Paul Sabatier,Toulouse,65 p.
- [93] LETONDEUR-LAFARGE, V. et LAHELLEC, C.(1997) Aspects hygiéniques - Germes pathogènes. In: *LE FROMAGE- De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.741-757.
- [94] LUNDÉN, J., TOLVANEN, R., et KORKEALA, H. (2004). Human listeriosis outbreaks linked to dairy products in Europe. *Journal of Dairy Science*. **87**(n°E. suppl), pp.6-12.
- [95] MAMET, H. (2011).Communication personnelle, Les Fins.
- [96] MARLY, J., MEFFE, N., et HEUCHEL, V. (2001). Dépistage des vaches potentiellement excrétrices de salmonelles par la mamelle par un test ELISA. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **8**, p.104.
- [97] MARLY, J., MEFFE, N., et HEUCHEL, V. (2001). Observation de l'excrétion mammaire de salmonelles par deux vaches laitières. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **8**, p.103.

- [98] MARTIN, B., FERLAY, A., PRADEL, A., ROCK, E., GROLIER, P., DUPONT, D. et al. (2002). Variabilité de la teneur du lait en constituants d'intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **9**, pp.347-350.
- [99] MÉNARD, J.L. et SANAA, M. (1994). Origine et prévention de la contamination du lait cru par *Listeria monocytogenes*. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **1**, pp.265-268.
- [100] MICHEL, V., HAUWUY, A., et CHAMBA, J.-F. (2001). La flore microbienne de laits crus de vache: diversité et influence des conditions de production. *Le Lait*. **81**(n°5), pp.575-592.
- [101] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.(2007). Site du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. *Guides de Bonnes Pratiques d'Hygiène*. [en ligne]. [consultation 23 Juin 2011]. Adresse URL: <<http://agriculture.gouv.fr/guides-de-bonnes-pratiques-d>>
- [102] MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.(2007). Site web du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. *La réglementation sur l'hygiène des aliments et l'alimentation animale*. [en ligne]. [consultation 21 juin 2011]. Adresse URL: <<http://agriculture.gouv.fr/la-reglementation>>
- [103] MINISTÈRE DE L'ECOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT. Prévention des risques et lutte contre les pollutions- Inspection des Installations Classées. *Dossier de déclaration*. [en ligne]. [consultation 2 Octobre 2011]. Adresse URL: <<http://installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Dossier-de-declaration.html>>
- [104] MIQUEL, G. (2001). *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé*. Rapport d'information n°261 , Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris,366 p.
- [105] MORGAN, F., BONNIN, V., MEYRAND, A., MAZUY, C., MALLEREAU, M.-P., PERRIN, G. et al. (2000). Comportement de *Staphylococcus aureus* et *Listeria monocytogenes* dans les fromages de chèvre au lait cru. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **7**, pp.351-354.
- [106] NGUYEN-THE, M.C. et LAILLER, M.R.(2009). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: Bacillus cereus*. [en ligne]. [consultation 10 Février 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/Documents/MIC-Fi-FicheBacillusCereus.pdf>>
- [107] NOTE DE SERVICE DGAL/SDQA/N2010-8325. (1 Décembre 2010). Plan de surveillance et de contrôle pour l'année 2011 de la contamination des denrées alimentaires par les radionucléides sur le territoire français.
- [108] NOTE DE SERVICE DGAL/SDSSA/N2007-8188. (1 Août 2007). Dossier type d'agrément pour les ateliers laitiers fermiers se livrant à la préparation de lait ou de produits laitiers.

- [109] ORGANISME DE SÉLECTION DE LA RACE MONTBELIARDE. Site de l'O.S.Montbeliarde. *La race Montbeliarde*. [en ligne]. [consultation 15 Août 2011]. Adresse URL: <<http://www.montbeliarde.org/race.php>>
- [110] POINTILLARD, A. et GUÉGUEN, L.(2004) Intérêts nutritionnels du calcium et du phosphore des produits laitiers. In: *Minéraux et produits laitiers*. Lavoisier TEC&DOC,Paris, pp.703-738.
- [111] PORTALIER, V. (2002) *Listeria monocytogenes dans le lait et les produits laitiers. Etude bibliographique*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Université Claude Bernard,Lyon,168 p.
- [112] RAMET, J.P.(1997) La présure et les enzymes coagulantes. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.165-174.
- [113] RAMET, J.-P.(1997) L'égouttage du coagulum. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.42-61.
- [114] RAMET, J.-P.(1997) Technologie comparée de l'affinage des différents types de fromages. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.447-467.
- [115] RAYNAUD, S., DE CRÉMOUX, R., ROUSSEL, P. et al.(2011). Institut de l'élevage. *LISTERIA MONOCYTOGENES DANS UN PRODUIT LAITIER FERMIER - Guide sanitaire en production laitière fermière*. [en ligne]. [consultation 7 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.inst-elevage.asso.fr/spip.php?page=article_espace&id_espace=946&id_article=20298>
- [116] RAYNAUD, S., DE CRÉMOUX, R., ROUSSEL, P. et al.(2011). Institut de l'élevage. *SALMONELLES DANS UN PRODUITS LAITIER FERMIER - Guide sanitaire en production laitière fermière*. [en ligne]. [consultation 12 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.inst-elevage.asso.fr/spip.php?page=article_espace&id_espace=946&id_article=20298>
- [117] RAYNAUD, S., DE CRÉMOUX, R., ROUSSEL, P. et al.(2011). Institut de l'élevage. *STAPHYLOCOQUES A COAGULASE POSITIVE DANS UN PRODUITS LAITIER FERMIER - Guide sanitaire produits laitiers fermiers*. [en ligne]. [consultation 12 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.inst-elevage.asso.fr/spip.php?page=article_espace&id_espace=945&id_article=20298>
- [118] RAYNAUD, S., VERNOSY-ROZAND, C., et HEUCHEL, V. (2004). Prévalence des souches d'Escherichia coli producteurs de shigatoxines (STEC) en élevage bovin laitier. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*. **11**, p.36.
- [119] RICHARD, J. (1996). Utilisation de bactériocines pour la production d'aliments plus sûrs: mythe ou réalité? *Le Lait*. **76**(n°1-2), pp.179-189.
- [120] SANSONETTI, P.(2009). Collège de France. *Vie bactérienne communautaire, l'union fait la force: les biofilms. Leçon 4*. [en ligne]. [consultation 06 Septembre 2011]. Adresse URL: <http://www.college-de-france.fr/media/mic_mal/UPL60516_sansonetti_20100114_2.pdf>
- [121] SCHNITZER, G. et JANIN, F.(1997) Métaux et produits laitiers. In: *LE FROMAGE - De la science à l'assurance-qualité*. Lavoisier TEC & DOC,Paris, pp.770-773.

- [122] SOZZI, T. et SHEPHERD, D. (1972). Evolution de la composition chimique et de la flore microbienne du fromage de Vacherin au cours de la maturation. *Le Lait*. **52**(n°513-514), pp.203-219.
- [123] ST GELAIS, D., TIRARD-COLLET, P., BÉLANGER, G. et al.(2002) Fromage. *In: Science et technologie du lait - Transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique,Montréal, pp.349-415.
- [124] SYNDICAT INTERPROFESSIONNEL DE DÉFENSE DU MONT D'OR. (2008). *Protocole des autocontrôles microbiologiques laits et fromages saison 2008-2009*. Besançon.
- [125] SYNDICAT INTERPROFESSIONNEL DE DÉFENSE DU MONT D'OR. Le Mont d'Or, l'authentique fromage de montagne du Haut-Doubs. [en ligne]. [consultation 2011 Août 11]. Adresse URL: <<http://www.mont-dor.com/>>
- [126] VAILLANT, V., DE VALK, H., et BARON, E. (2002). *Morbidité et mortalité dues aux maladies infectieuses d'origine alimentaire en France*.Rapport, Institut National de Veille Sanitaire, Saint Maurice,192 p.
- [127] VAILLANT, V. et MAILLES, A. (2007). *Etude sur les brucelloses humaines en France métropolitaine, 2002-2004*.Rapport, Institut National de Veille Sanitaire, Saint Maurice,56 p.
- [128] VERNOZY-ROZAND, C. et LAILLER, M.R.(2008). Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. *Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments : Escherichia coli entéro-hémorragiques (EHEC)*. [en ligne]. [consultation 17 Septembre 2011]. Adresse URL: <<http://www.anses.fr/cgi-bin/countdocs.cgi?Documents/MIC-Fi-EscherichiaColi.pdf>>
- [129] ZUNDEL, E., GALLOIS, Y., CONSTANTY, E., PARDON, P., MARQUET-VAN DER MEE, N., et MÉNARD, J.-L. (2003). Virulence des *Listeria monocytogenes* en biofilm: conséquences en élevage laitier. *Rencontre autour des recherches sur les ruminants*. **10**, pp.211-268.

Annexes

Annexe I : Rappel des exigences réglementaires générales (Annexe II du Règlement Européen 852/2004)

Les chapitres V à XII s'appliquent à toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution des denrées alimentaires et les autres chapitres s'appliquent comme suit:

- le chapitre I s'applique à tous les locaux utilisés pour les denrées alimentaires, à l'exception des sites et locaux auxquels s'applique le chapitre III,
- le chapitre II s'applique à tous les locaux où les denrées alimentaires sont préparées, traitées ou transformées, à l'exception des salles à manger et des sites et locaux auxquels s'applique le chapitre III,
- le chapitre III s'applique à tous les sites et locaux énumérés dans l'intitulé du chapitre,
- le chapitre IV s'applique à tous les moyens de transport.

CHAPITRE I : dispositions générales applicables aux locaux utilisés pour les denrées alimentaires (autres que ceux qui sont énumérés au chapitre III)

1. Les locaux par lesquels circulent les denrées alimentaires doivent être propres et en bon état d'entretien.
2. Par leur agencement, leur conception, leur construction, leur emplacement et leurs dimensions, les locaux utilisés pour les denrées alimentaires doivent:
 - a) pouvoir être convenablement entretenus, nettoyés et/ou désinfectés, prévenir ou réduire au minimum la contamination aéroportée et offrir un espace de travail suffisant pour l'exécution hygiénique de toutes les opérations;
 - b) permettre de prévenir l'encrassement, le contact avec des matériaux toxiques, le déversement de particules dans les denrées alimentaires et la formation de condensation et de moisissure indésirable sur les surfaces;
 - c) permettre la mise en œuvre de bonnes pratiques d'hygiène, notamment prévenir la contamination et en particulier lutter contre les organismes nuisibles, et
 - d) si cela est nécessaire, offrir des conditions de manutention et d'entreposage adéquates, et notamment une régulation de la température et une capacité suffisante pour maintenir les denrées alimentaires à des températures appropriées qui puissent être vérifiées et si nécessaire enregistrées.
3. Des toilettes en nombre suffisant, équipées d'une chasse d'eau et raccordées à un système d'évacuation efficace doivent être disponibles. Les toilettes ne doivent pas donner directement sur des locaux utilisés pour la manipulation des denrées alimentaires.
4. Un nombre suffisant de lavabos judicieusement situés et destinés au lavage des mains doit être disponible. Les lavabos destinés au lavage des mains doivent être équipés d'eau courante, chaude et froide, ainsi que de matériel pour le nettoyage et pour le séchage hygiénique des mains. En cas de besoin, les dispositifs de lavage des denrées alimentaires doivent être séparés de ceux destinés au lavage des mains.

5. Il doit y avoir une ventilation adéquate et suffisante, qu'elle soit naturelle ou mécanique. Il importe d'éviter tout flux d'air pulsé d'une zone contaminée vers une zone propre. Les systèmes de ventilation doivent être conçus de manière à permettre d'accéder aisément aux filtres et aux autres pièces devant être nettoyées ou remplacées.

6. Les installations sanitaires doivent disposer d'une ventilation adéquate, naturelle ou mécanique.

7. Les locaux utilisés pour les denrées alimentaires doivent avoir un éclairage naturel et/ou artificiel suffisant.

8. Les systèmes d'évacuation des eaux résiduaires doivent être suffisants pour faire face aux exigences. Ils doivent être conçus et construits de manière à éviter tout risque de contamination. Lorsqu'elles sont en partie ou totalement découvertes, les conduites d'évacuation doivent être conçues de manière à garantir que les eaux résiduaires ne coulent pas d'une zone contaminée vers une zone propre, notamment une zone où sont manipulées des denrées alimentaires susceptibles de présenter un risque élevé pour la santé des consommateurs finals.

9. Lorsque l'hygiène l'exige, des vestiaires adéquats doivent être prévus en suffisance pour le personnel.

10. Les produits de nettoyage et de désinfection ne doivent pas être entreposés dans des zones où les denrées alimentaires sont manipulées.

CHAPITRE II : dispositions spécifiques pour les locaux où les denrées alimentaires sont préparées, traitées ou transformées (à l'exclusion des salles à manger et des sites et locaux visés au chapitre III)

1. La conception et l'agencement des locaux où les denrées alimentaires sont préparées, traitées ou transformées (à l'exclusion des salles à manger et des sites et locaux mentionnés dans l'intitulé du chapitre III, mais y compris les locaux faisant partie de moyens de transport) doivent permettre la mise en œuvre de bonnes pratiques d'hygiène et notamment prévenir la contamination entre et durant les opérations. En particulier:

- a) les revêtements de sol doivent être bien entretenus, faciles à nettoyer et, au besoin, à désinfecter. À cet effet, l'utilisation de matériaux étanches, non absorbants, lavables et non toxiques est requise, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres matériaux utilisés conviennent. Le cas échéant, les sols doivent permettre une évacuation adéquate en surface;
- b) les surfaces murales doivent être bien entretenues, faciles à laver et, au besoin, à désinfecter. À cet effet, l'utilisation de matériaux étanches, non absorbants, lavables et non toxiques est requise, ainsi que d'une surface lisse jusqu'à une hauteur convenable pour les opérations, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres matériaux utilisés conviennent;
- c) les plafonds, faux plafonds (ou, en l'absence de plafonds, la surface intérieure du toit) et autres équipements suspendus doivent être construits et ouverts de manière à empêcher l'encrassement et à réduire la condensation, l'apparition de moisissure indésirable et le déversement de particules;
- d) les fenêtres et autres ouvertures doivent être conçues de manière à prévenir l'encrassement. Celles qui peuvent donner accès sur l'environnement extérieur doivent, en cas de besoin, être équipées d'écrans de protection contre les insectes facilement amovibles pour le nettoyage. Lorsque l'ouverture des fenêtres entraînerait une contamination, les fenêtres doivent

rester fermées et verrouillées pendant la production;

e) les portes doivent être faciles à nettoyer et, en cas de besoin, à désinfecter. À cet effet, l'utilisation de surfaces lisses et non absorbantes est requise, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres matériaux utilisés conviennent,

et

f) les surfaces (y compris les surfaces des équipements) dans les zones où les denrées alimentaires sont manipulées, et particulièrement celles en contact avec les denrées alimentaires, doivent être bien entretenues, faciles à nettoyer et, au besoin, à désinfecter. À cet effet, l'utilisation de matériaux lisses, lavables, résistant à la corrosion et non toxiques est requise, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres matériaux utilisés conviennent.

2. Là où cela est nécessaire, des dispositifs adéquats pour le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des outils et équipements de travail doivent être prévus. Ces dispositifs doivent être fabriqués dans des matériaux résistant à la corrosion, être faciles à nettoyer et disposer d'une alimentation adéquate en eau chaude et froide.

3. Là où cela est nécessaire, des dispositions adéquates pour le lavage des denrées alimentaires doivent être prévues. Tout évier ou dispositif similaire de lavage des aliments doit disposer d'une alimentation adéquate en eau potable, chaude et/ou froide, être conforme aux exigences du chapitre VII et être nettoyé régulièrement et, au besoin, désinfecté.

CHAPITRE III : dispositions applicables aux sites mobiles et/ou provisoires (tels que tentes-marquises, étals, points de vente automobiles), aux locaux utilisés principalement comme maison d'habitation, mais où des denrées alimentaires sont régulièrement préparées en vue de la mise sur le marché, ainsi qu'aux distributeurs automatiques

1. Les sites et les distributeurs automatiques doivent, autant que faire se peut, être installés, conçus, construits, nettoyés et entretenus de manière à éviter la contamination, en particulier par des animaux et parasites.

2. Plus particulièrement, là où cela est nécessaire:

a) des installations appropriées seront prévues pour assurer un niveau d'hygiène personnelle adéquat (elles comprendront, entre autres, des installations permettant de se laver et de se sécher les mains dans de bonnes conditions d'hygiène, des installations sanitaires hygiéniques et des vestiaires);

b) les surfaces en contact avec les denrées alimentaires doivent être bien entretenues, faciles à nettoyer et, au besoin, à désinfecter. À cet effet, l'utilisation de matériaux lisses, lavables, résistant à la corrosion et non toxiques est requise, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres matériaux utilisés conviennent;

c) des moyens adéquats doivent être prévus pour le nettoyage et, au besoin, la désinfection des outils et équipements de travail;

d) lorsque les denrées alimentaires sont nettoyées dans le cadre des activités de l'entreprise, des dispositions sont prises pour que cette opération se déroule dans des conditions hygiéniques;

e) de l'eau potable, chaude et/ou froide, doit être prévue en quantité suffisante;

f) des dispositions et/ou installations adéquates doivent être prévues pour entreposer et éliminer, dans de bonnes conditions d'hygiène, les substances et déchets dangereux et/ou non

comestibles, qu'ils soient solides ou liquides;

g) des installations et/ou dispositifs adéquats doivent être prévus pour maintenir les denrées alimentaires dans des conditions de température adéquates et pour contrôler ces dernières;

h) les denrées alimentaires doivent être placées à des endroits et dans des conditions permettant d'éviter, autant que faire se peut, les risques de contamination.

CHAPITRE IV : transport

1. Les réceptacles de véhicules et/ou conteneurs servant au transport des denrées alimentaires doivent être propres et en bon état d'entretien de manière à protéger les denrées alimentaires contre toute contamination et doivent, en cas de besoin, être conçus et construits de manière à pouvoir être convenablement nettoyés et/ou désinfectés.

2. Ces réceptacles de véhicules et/ou de conteneurs doivent être réservés au transport de denrées alimentaires si celles-ci sont susceptibles d'être contaminées par des chargements d'autre nature.

3. Lorsque des réceptacles de véhicules et/ou conteneurs sont utilisés pour transporter d'autres produits en plus des denrées alimentaires ou pour transporter différentes denrées alimentaires en même temps, les produits doivent, au besoin, être séparés efficacement.

4. Les denrées alimentaires en vrac à l'état liquide, granulaire ou poudreux doivent être transportées dans des réceptacles et/ou conteneurs/citernes réservés au transport de denrées alimentaires. Sur les conteneurs doit figurer une mention clairement visible et indélébile, dans une ou plusieurs langues de la Communauté, relative à leur utilisation pour le transport de denrées alimentaires, ou la mention "Uniquement pour denrées alimentaires".

5. Lorsque des réceptacles de véhicules et/ou conteneurs ont été utilisés pour transporter des produits autres que des denrées alimentaires ou pour transporter des denrées alimentaires différentes, un nettoyage efficace doit être effectué entre deux chargements pour éviter le risque de contamination.

6. Les denrées alimentaires chargées dans des réceptacles de véhicules et/ou conteneurs doivent être placées et protégées de manière à réduire au maximum le risque de contamination.

7. Si cela est nécessaire, les réceptacles de véhicules et/ou conteneurs servant au transport de denrées alimentaires doivent être aptes à maintenir les denrées alimentaires à des températures appropriées et permettre le contrôle desdites températures.

CHAPITRE V : dispositions applicables aux équipements

1. Tous les articles, installations et équipements avec lesquels les denrées alimentaires entrent en contact doivent:

a) être effectivement nettoyés et, le cas échéant, désinfectés. Le nettoyage et la désinfection doivent avoir lieu à une fréquence suffisante pour éviter tout risque de contamination;

b) être construits, réalisés et entretenus de manière à réduire au maximum les risques de contamination;

c) à l'exception des conteneurs et emballages perdus, être construits, réalisés et entretenus de manière à ce qu'ils soient tenus propres et, au besoin, désinfectés,

et

d) être installés de manière à permettre un nettoyage convenable des équipements et de la zone environnante.

2. Si cela est nécessaire, les équipements doivent être munis d'un dispositif de contrôle approprié pour garantir la réalisation des objectifs du présent règlement.

3. S'il est nécessaire pour empêcher la corrosion des équipements et des récipients d'utiliser des additifs chimiques, ils doivent l'être conformément aux bonnes pratiques.

CHAPITRE VI : déchets alimentaires

1. Les déchets alimentaires, sous-produits non comestibles et autres déchets doivent être retirés aussi vite que possible des locaux où se trouvent des denrées alimentaires, de façon à éviter qu'ils ne s'accumulent.

2. Les déchets alimentaires, sous-produits non comestibles et autres déchets doivent être déposés dans des conteneurs dotés d'une fermeture, sauf si les exploitants du secteur alimentaire peuvent prouver à l'autorité compétente que d'autres types de conteneurs ou de systèmes d'évacuation utilisés conviennent. Ceux-ci doivent être conçus de manière adéquate, être bien entretenus et faciles à nettoyer et, au besoin, à désinfecter.

3. Des dispositions adéquates doivent être prévues pour l'entreposage et l'élimination des déchets alimentaires, des sous-produits non comestibles et des autres déchets. Les aires de stockage des déchets doivent être conçues et gérées de manière à pouvoir être propres en permanence et, le cas échéant, exemptes d'animaux et de parasites.

4. Tous les déchets doivent être éliminés de façon hygiénique et dans le respect de l'environnement, conformément à la législation communautaire applicable à cet effet, et ne doivent pas constituer une source de contamination directe ou indirecte.

CHAPITRE VII : alimentation en eau

1. a) L'alimentation en eau potable, qui doit être utilisée si nécessaire pour éviter la contamination des denrées alimentaires, doit être en quantité suffisante.

b) De l'eau propre peut être utilisée pour les produits de la pêche entiers. De l'eau de mer propre peut être utilisée pour les mollusques bivalves vivants, les échinodermes, les tuniciers et les gastéropodes marins; de l'eau propre peut aussi être utilisée pour le lavage extérieur. Lorsque cette eau est utilisée, des installations d'alimentation adéquates doivent être disponibles.

2. Lorsque de l'eau non potable est utilisée, par exemple pour la lutte contre l'incendie, la production de vapeur, la production de froid et à d'autres fins semblables, elle doit circuler dans un système séparé dûment signalé. L'eau non potable ne doit pas être raccordée aux systèmes d'eau potable ni pouvoir refluer dans ces systèmes.

3. L'eau recyclée utilisée dans la transformation ou comme ingrédient ne doit présenter aucun risque de contamination. Elle doit satisfaire aux normes fixées pour l'eau potable, à moins que l'autorité compétente ait établi que la qualité de l'eau ne peut pas compromettre la salubrité des denrées alimentaires dans leur forme finale.

4. La glace entrant en contact avec les denrées alimentaires ou susceptible de contaminer celles-ci doit être fabriquée à partir d'eau potable ou, lorsqu'elle est utilisée pour réfrigérer les produits de la mer entiers, à partir d'eau propre. Elle doit être fabriquée, manipulée et stockée dans des conditions prévenant toute contamination.

5. La vapeur utilisée directement en contact avec les denrées alimentaires ne doit contenir aucune substance présentant un danger pour la santé ou susceptible de contaminer lesdites denrées.

6. Lorsque le traitement thermique est appliqué à des denrées alimentaires contenues dans des récipients hermétiquement clos, il y a lieu de veiller à ce que l'eau utilisée pour le refroidissement de ceux-ci après le chauffage ne soit pas une source de contamination des denrées alimentaires.

CHAPITRE VIII : hygiène personnelle

1. Toute personne travaillant dans une zone de manutention de denrées alimentaires doit respecter un niveau élevé de propreté personnelle et porter des tenues adaptées et propres assurant, si cela est nécessaire, sa protection.

2. Aucune personne atteinte d'une maladie susceptible d'être transmise par les aliments ou porteuse d'une telle maladie, ou souffrant, par exemple, de plaies infectées, d'infections ou lésions cutanées ou de diarrhée ne doit être autorisée à manipuler les denrées alimentaires et à pénétrer dans une zone de manutention de denrées alimentaires, à quelque titre que ce soit, lorsqu'il existe un risque de contamination directe ou indirecte des aliments. Toute personne atteinte d'une telle affection qui est employée dans une entreprise du secteur alimentaire et est susceptible d'entrer en contact avec les denrées alimentaires informe immédiatement l'exploitant du secteur alimentaire de sa maladie ou de ses symptômes, et, si possible, de leurs causes.

CHAPITRE IX : dispositions applicables aux denrées alimentaires

1. Les exploitants du secteur alimentaire ne doivent accepter aucun ingrédient ou matière première autre que des animaux vivants, ou tout autre matériau participant à la transformation des produits, dont on sait ou dont on a tout lieu de supposer qu'ils sont contaminés par des parasites, des micro-organismes pathogènes ou des substances toxiques, décomposées ou étrangères, de manière telle que, même après que l'exploitant du secteur alimentaire a procédé normalement au triage et/ou aux procédures de préparation ou de transformation, le produit final serait impropre à la consommation humaine.

2. Les matières premières et tous les ingrédients entreposés dans une entreprise du secteur alimentaire doivent être conservés dans des conditions adéquates permettant d'éviter toute détérioration néfaste et de les protéger contre toute contamination.

3. À toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution, les denrées alimentaires doivent être protégées contre toute contamination susceptible de les rendre impropres à la consommation humaine, dangereuses pour la santé ou contaminées de manière telle qu'elles ne pourraient être raisonnablement considérées comme pouvant être consommées en l'état.

4. Des méthodes adéquates doivent être mises au point pour lutter contre les organismes nuisibles. Des méthodes adéquates doivent également être mises au point pour empêcher les animaux domestiques d'avoir accès aux endroits où des aliments sont préparés, traités ou entreposés (ou, lorsque l'autorité compétente l'autorise dans des cas particuliers, pour éviter que cet accès n'entraîne de contamination).

5. Les matières premières, les ingrédients, les produits semi-finis et les produits finis susceptibles de favoriser la reproduction de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines ne doivent pas être conservés à des températures qui pourraient entraîner un risque pour la santé. La chaîne du froid ne doit pas être interrompue. Toutefois, il est admis de les soustraire à ces températures pour des périodes de courte durée à des fins pratiques de manutention lors de l'élaboration, du transport, de l'entreposage, de l'exposition et du service des denrées alimentaires, à condition que cela n'entraîne pas de risque pour la santé. Les exploitations du secteur alimentaire procédant à la fabrication, à la manipulation et au conditionnement de produits transformés doivent disposer de locaux

adéquats suffisamment vastes pour l'entreposage séparé des matières premières, d'une part, et des produits transformés, d'autre part, et disposer d'un espace d'entreposage réfrigéré suffisant.

6. Lorsque les denrées alimentaires doivent être conservées ou servies à basse température, elles doivent être réfrigérées dès que possible après le stade de traitement thermique ou, en l'absence d'un tel traitement, après le dernier stade de l'élaboration, à une température n'entraînant pas de risque pour la santé.

7. La décongélation des denrées alimentaires doit être effectuée de manière à réduire au maximum le risque de développement de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines dans les denrées alimentaires. Pendant la décongélation, les denrées alimentaires doivent être soumises à des températures qui n'entraînent pas de risque pour la santé. Tout liquide résultant de la décongélation susceptible de présenter un risque pour la santé est évacué d'une manière appropriée. Après leur décongélation, les denrées alimentaires doivent être manipulées de manière à réduire au maximum le risque de développement de micro-organismes pathogènes ou la formation de toxines.

8. Les substances dangereuses et/ou non comestibles, y compris les aliments pour animaux, doivent faire l'objet d'un étiquetage approprié et être entreposées dans des conteneurs sûrs et séparés.

CHAPITRE X : dispositions applicables au conditionnement et à l'emballage des denrées alimentaires

1. Les matériaux constitutifs du conditionnement et de l'emballage ne doivent pas être une source de contamination.

2. Les conditionnements doivent être entreposés de telle façon qu'ils ne soient pas exposés à un risque de contamination.

3. Les opérations de conditionnement et d'emballage doivent être effectuées de manière à éviter la contamination des produits. Le cas échéant, notamment en cas d'utilisation de boîtes métalliques et de bocal en verre, l'intégrité et la propreté du récipient doivent être assurées.

4. Les conditionnements et emballages qui sont réutilisés pour les denrées alimentaires doivent être faciles à nettoyer et, le cas échéant, faciles à désinfecter.

CHAPITRE XI : traitement thermique

Les prescriptions suivantes ne s'appliquent qu'aux denrées alimentaires mises sur le marché dans des récipients hermétiquement fermés.

1. Tout processus de traitement thermique utilisé pour transformer un produit non transformé ou pour transformer davantage un produit transformé doit:

a) amener chaque élément du produit traité à une température donnée pendant un laps de temps déterminé,

et

b) empêcher le produit de subir une contamination pendant la transformation.

2. Pour faire en sorte que le processus utilisé atteigne les objectifs voulus, les exploitants du secteur alimentaire doivent régulièrement vérifier les principaux paramètres pertinents (notamment la température, la pression, le scellement et la microbiologie), y compris par l'utilisation de dispositifs automatiques.

3. Le processus utilisé devrait satisfaire à une norme reconnue à l'échelle internationale (par exemple, la pasteurisation, l'ultra-haute température ou la stérilisation).

CHAPITRE XII : formation

Les exploitants du secteur alimentaire doivent veiller:

1) à ce que les manutentionnaires de denrées alimentaires soient encadrés et disposent d'instructions et/ou d'une formation en matière d'hygiène alimentaire adaptées à leur activité professionnelle;

2) à ce que les personnes responsables de la mise au point et du maintien de la procédure visée à l'article 5, paragraphe 1, du présent règlement, ou de la mise en œuvre des guides pertinents dans leur entreprise aient reçu la formation appropriée en ce qui concerne l'application des principes HACCP, et

3) au respect de toute disposition du droit national relative aux programmes de formation des personnes qui travaillent dans certains secteurs de l'alimentation.

COULON Béatrice Sélika

Le Mont d'Or Fermier

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Lyon, 20 décembre 2011

RESUME :

Le Mont d'Or est un fromage saisonnier au lait cru de vache, à pâte molle et à croûte lavée, entouré d'une sangle d'épicéa caractéristique et présenté dans une boîte de ce même bois, produit dans le Haut-Doubs.

La Ferme Mamet située aux Fins est le seul producteur de Mont d'Or fermier.

D'installation récente, cet atelier produit environ 6 tonnes de fromage par an, vendu à des détaillants dans toute la France.

Le Mont d'Or est un produit fragile d'un point de vue sanitaire, et de nombreux dangers sont à maîtriser par le producteur, notamment à travers le respect de la réglementation sanitaire européenne.

Cette étude montre l'application de la réglementation sanitaire à un atelier de production fermière, en particulier lors de sa mise en place, et l'illustre à travers l'exemple du Mont d'Or fermier. Elle évoque par ailleurs sommairement le rôle du vétérinaire praticien dans une telle situation.

MOTS CLES :

- Fromage fermier
- Haut-Doubs (Doubs)
- Aliments-manipulation
- Législation

JURY :

Président :	Monsieur le Professeur Philippe MOULIN
1er Assesseur :	Monsieur le Professeur Pierre DEMONT
2ème Assesseur :	Madame Sylvie MIALET
Membre invité :	Monsieur le Professeur Ambroise MARTIN

DATE DE SOUTENANCE : 20 décembre 2011

ADRESSE DE L'AUTEUR :

90 rue du Château
39570 Perrigny