



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 3037

To cite this document :

Léger, Benjamin (2009) [Le Vieux-Lille](#) Thesis

Any correspondance concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr

LE VIEUX-LILLE

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2009
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Benjamin, Patrice, Didier LEGER
Né le 20 Mai 1984 à Seclin (Nord)

Directeur de thèse : M. le Professeur Jean-Denis BAILLY

JURY

PRESIDENT :
M. Dominique LANGIN

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :
M. Jean-Denis BAILLY
M. Hubert BRUGERE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**Ministère de l'Agriculture et de la Pêche
ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Directeur : M. A. MILON

Directeurs honoraires M. G. VAN HAVERBEKE.
M. P. DESNOYERS

Professeurs honoraires :

| | | |
|---------------|---------------|---------------------------------|
| M. L. FALIU | M. J. CHANTAL | M. BODIN ROZAT DE MENDRES NEGRE |
| M. C. LABIE | M. JF. GUELFY | |
| M. C. PAVAU | M. EECKHOUTTE | |
| M. F. LESCURE | M. D.GRIESS | |
| M. A. RICO | M. CABANIE | |
| M. A. CAZIEUX | M. DARRE | |
| Mme V. BURGAT | M. HENROTEAUX | |

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1° CLASSE

M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **CLAUW Martine**, *Pharmacie-Toxicologie*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les Industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie Pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

PROFESSEURS 2° CLASSE

Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*
M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistique, Modélisation*
M. **DUCOS Alain**, *Zootchnie*
M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Réproduction, Endocrinologie*
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
Mme **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

INGENIEUR DE RECHERCHE

M. **TAMZALI Youssef**, *Responsable Clinique Equine*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*

M **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-cour*

MAITRES DE CONFERENCES (classe normale)

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*

M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*

Mme **BENNIS-BRET Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*

M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*

M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*

Mme **BOUCLAINVILLE-CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*

Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*

Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*

M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*

Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*

M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*

Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

M. **DOSSIN Olivier**, (DISPONIBILITE) *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du Bétail*

M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé avicoles et cunicoles*

M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*

M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*

Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologique des animaux de rente*

M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*

M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*

M **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants.*

Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie Chirurgicale*

M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*

M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*

Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*

Mme **TROGELER-MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation*

M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et Infectiologie*

M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUEL

Mlle **BUCK-ROUCH**, *Médecine interne des animaux de compagnie*

M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie du bétail*

M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie*

M. **SEGUELA Jérôme**, *Médecine interne des animaux de compagnie*

M **VERSET Michaël**, *Chirurgie des animaux de compagnie*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

Mlle **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et Industrie des Denrées alimentaires d'Origine animale*

M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*

M. **GIN Thomas**, *Production et pathologie porcine*

M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*

M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*

M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*

Mlle **TREVENNEC Karen**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles et porcins*

A Monsieur le président de thèse,

Monsieur le Professeur Dominique LANGIN

Professeur universitaire praticien hospitalier,

Spécialité nutrition,

Qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider notre jury de thèse. Nous lui adressons nos remerciements les plus sincères.

Aux membres du jury de thèse,

Monsieur le Docteur Jean-Denis BAILLY,

Maître de conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale,

Qui a accepté d'être le directeur de thèse et qui m'a constamment aidé et suivi dans l'élaboration de cette thèse. Merci pour votre gentillesse et votre disponibilité.

Monsieur le Docteur Hubert BRUGERE,

Maître de conférence à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale,

Qui a accepté de faire partie du jury. Sincères remerciements.

Remerciements

A mes parents, qui ont toujours été là, qui m'ont continuellement aidé dans les études, qui ont toujours su garder et entretenir cet amour et cette union familiales si importantes à leurs yeux. Votre dévouement, votre ténacité, votre passion, votre éducation ont été parfaites. Je vous remercie pour cette enfance merveilleuse que j'ai vécue et qui m'a amené jusque là où je suis. Continuez comme vous êtes, je vous aime.

A mon frère Seb, pour cette aide précieuse que tu m'as apporté, pour ces parties de pêche interminables à Bord, pour ton soutien important en prépa, pour m'avoir ramené Safir, pour ton zinzin de Babe et pour toutes ces belles choses à venir.

A ma sœur Luly, pour t'avoir embêté si souvent, qui a si bien réussi dans la vie, pour Sire, Opaline, Uranie, Dolce tes petits protégés.

A mon arrière grand-mère qui nous a quitté récemment mais qui restera la matriarche de toute la famille, ne t'inquiète pas pour Bord, on continuera à faire vivre cette petite maison pleine de souvenirs et de bons moments que tu nous as laissée.

A grand- mère et grand-père, pour tous ces bons repas chez vous, ces vacances magiques à Aiguebelette, ces parties de carton dont vous raffolez, restez comme vous êtes.

A mon petit papy, tu restes toujours très élégant même quand tu nous racontes ces histoires farfelues dont toi seul comprend le sens. Merci à toi et à mamie pour nous avoir inculqué ces valeurs de travail et de famille.

A mon parrain Didier, pour me faire toujours autant rire avec tes histoires, pour tes deux beaux enfants et leur réussite.

A ma marraine Claire- Marie, pour toutes ces cartes postales que tu m'as envoyées et avec lesquelles je peux presque faire le tour du monde. A bientôt.

A Leug et à tous ses enfants cachés sur la planète, pour toutes nos balades nocturnes dans Mérignies, nos séjours aux Carroz, nos meilleures années lycéennes, nos vacances estivales et nos voyages, tu es et resteras notre maître à tous.

A Stick, depuis ces mémorables batailles de cartables au collège, les batailles de tapis avec boule et dru, les parties de beach-volley, les descentes en snow avec les deux plots, ton soutien en prépa, exauce toujours nos prières déus.

A Duch, pour toutes ces parties de manille, ces tournois de crash, ces soirées au camping l'été, tes danses mythiques aux Deux-Alpes, ne nous perd plus de vue !

A Nup, pour ces batailles d'encre, ces pizzas cambodgiennes, les tournois de poker dans tes colocs si accueillantes.

A Céline, Pierre, Nico, pour ces tournois de poker, de fléchettes, pour ces tornades nocturnes sur autoroutes, pour votre accueil toujours si chaleureux.

A So, pour ces années collégiennes et lycéennes à supporter nos bêtises, pour s'être retrouvés après des années et pour ne plus se perdre de vue.

A Clé, Snoop, Caro, Cam, Tox, Cécile pour ces années de prépa mémorables.

A Alex, pour toutes ses bonnes dash et le reste, je suis fier de tout ce que tu fais et de ce que tu continues de faire, pour ta moumoune et ta maman, j'ai confiance en toi.

A Marco, pour ces randos, ces Gers, ces club des poches, ces soirées galéguennes.

A La Fouine, pour ces ludi, ces tennis, ces pes, sans oublier ton vieux chat.

A Walou, la pince du haut, pour ces bonnes vieilles pica pica, ces pigeons, et le bon vieux chat noir dans l'arbre... A Russia Project, time, formula one qui ont accompagné nos tournois et à tout le reste encore à venir.

A Mado, la vieille nana, la old, chouquette, que sais-je encore, pour tous ces oublis, tous ces fous rires, toutes ces soirées dans la coloc et pour ces virées nantaises. En espérant faire encore de nombreuses crémaillères en ta compagnie....

A Majida, la coloc du bas, ou la nouvelle poulotte, pour ces bonnes bouffes, ces boomettes, et pour la vieille bouliche et maintenant la p..... de Java.

A Foufoune et Pascal, je m'excuse encore pour toutes ces raclées que je vous ai mis à pes, ou au squash ou au tennis, en espérant continuer à vous voir régulièrement.

A Justine, la vieille raide qui m'a toujours soutenu et remonté les bretelles, pour toutes ces fiestas et toutes les autres à venir.

A Cariou, l'éternel chambreur qui n'aime pas être chambreur, le petit coq de l'école, toujours le premier à être là pour la bière et le dernier à la finir..

A Annou, pour ces inoubliables virées dans le Gers, et nos années de poulot.

A Milou, Baptiste, Aude, Léni, Bousse, Marie, Taquet, JM, La Dub, Crado, Alex, Clément, Anne-Lyse, La Huche, Brice, Cyrielle, Fanny, Ronsard, tous les Guillaume, Mathilde, Mickael, Myriam, Nath, Pauline, Sabrina, Simon, Maud, Sonia, Stef, Abdel, Guillaume-Pierre, pour de bons souvenirs dans toutes les situations et les états possibles et imaginables.

A Kristel et Vivi.

A Eddy et Nanou, pour ces raclées à trackmania et à pes et pour ces bons petits plats si bien préparés.

A Pillot, Ti Nico, Nico Eraltt, Romu, Matt pour ces bons petits gâteaux et toutes ces soirées.

A nos poulots Pierrot, Florent, Germain, Gegette, Julien, Edouard, Julie, Laura, Manon, FX, Christelle, Coralie.

A mon beau Safir, ma hot pince, mon seraphin, mon malus, mon papel, ma pinçoute pour être toujours là à mes côtés et à Isis et Hercule .

A la plus belle chose qui me soit arrivée depuis bien longtemps, qui me donne la joie de vivre et le sourire chaque jour, qui me rend plus fort à ses côtés, qui a infiltré mon cœur depuis des années à tel point qu'il ne bat plus que pour elle, à toi Laura la femme de ma vie que j'aime tant.

Sommaire

Première partie : La Thiérache, lieu de production du Vieux-Lille

| | |
|---|--------|
| 1.1 Délimitation de la Thiérache | page 2 |
| 1.2 Facteurs physiques de production du Vieux-Lille | page 3 |
| 1.2.1 Le sol | |
| 1.2.2 La végétation | |
| 1.2.3 Le climat | |
| 1.3 Facteurs humains | page 5 |
| 1.3.1 Historique de l'activité agricole | |
| 1.3.2 Elevages et producteurs de lait | |
| 1.3.2.1 Les différentes races bovines utilisées | |
| a. La Maroillaise | |
| b. La Française Frisonne Pie Noire | |
| c. La Flamande | |
| 1.3.2.2 Alimentation des vaches laitières | |
| 1.3.2.3 Structures et modalités d'exploitation | |

Deuxième partie : Fabrication du Vieux-Lille

| | |
|---|---------|
| 1.1 Du lait à la fabrication du caillé | page 11 |
| 1.1.1 Réception et préparation du lait | |
| 1.1.2 Coagulation | |
| 1.1.1.1 Addition de chlorure de calcium | |
| 1.1.1.2 Réensemencement et coagulation lactique | |
| a. Différents types de ferments | |
| b. Choix des ferments | |
| c. Préparation du levain | |
| d. Contrôle des ferments | |
| e. Ensemencement | |
| 1.1.1.3 Coagulation présure | |

| | | |
|---------|-------------------------------|---------|
| 1.1.1.4 | Coagulation mixte | |
| 1.1.3 | Egouttage | |
| 1.1.4 | Moulage | |
| 1.1.5 | Salage | |
| 1.2 | Du caillé à la pousse du bleu | page 18 |
| 1.2.1 | Le hâloir et le ressuyage | |
| 1.2.2 | Le resalage | |
| 1.2.3 | Le lavage | |

Troisième partie : L'affinage du Vieux-Lille

| | | |
|---------|---------------------------------------|---------|
| 1.1 | Affinage et microorganismes | page 22 |
| 1.1.1 | Les microorganismes en jeu | |
| 1.1.1.1 | Flore interne | |
| a. | Les bactéries | |
| b. | Les levures | |
| c. | Les moisissures | |
| 1.1.1.2 | Flore externe | |
| 1.1.1.3 | Enzymes en présence | |
| 1.1.2 | Interaction entre microorganismes | |
| 1.2 | Transformations subies par le fromage | page 27 |
| 1.2.1 | Modifications d'aspect | |
| 1.2.2 | Transformations biochimiques | |
| 1.3 | Facteurs influençant l'affinage | page 30 |
| 1.3.1 | Facteurs internes | |
| 1.3.2 | Facteurs externes | |

Quatrième partie : Accidents de fabrication et altération du Vieux-Lille

| | | |
|-------|-------------------------------|---------|
| 1.1 | Défauts d'aspect ou de croûte | page 39 |
| 1.1.1 | La « peau de crapaud » | |

- 3.0.0 Colorations anormales
 - 3.0.0.0 Tâches noires
 - 3.0.0.0 Poil de chat
 - 3.0.0.0 Accident du bleu
 - 3.0.0.0 Tâches brunes
 - 3.0.0.0 Coloration anormale étendue à la croûte
- 3.0.0 Développement anormal des levures
- 3.0.0 Tâches graisseuses

3.0 Défauts de texture

page 42

- 3.0.0 Les gonflements
 - 3.0.0.0 Gonflement précoce
 - 3.0.0.0 Gonflement tardif
- 3.0.0 Les accidents du caillé
 - 3.0.0.0 Caillé mou
 - 3.0.0.0 Caillé friable
- 3.0.0 Pâtes sèches
- 3.0.0 Galeries dans la pâte

3.0 Défauts de saveur

page 44

- 3.0.0 Le goût de rance
- 3.0.0 L'amertume
- 3.0.0 La putréfaction

INTRODUCTION

Incontournable invité de la fin du repas dans les régions du Nord, le « Vieux-Lille » est un cousin du Maroilles affiné différemment. On dit qu'au 19^{ème} siècle, ce fromage était vendu aux mineurs de la région lensoise.

C'est un fromage à pâte molle, à égouttage spontané, de forme carrée, fabriqué avec du lait de vache emprésurée, à pâte salée et fermentée et à croûte resalée puis lavée. Sa teneur en matières grasses est d'au moins 45%. Il se présente sous 2 formes ; la plus classique avec un poids d'environ 700 grammes (de 11 à 13 cm de côté, de 4 à 4,5 cm d'épaisseur) puis une forme plus petite d'environ 200 grammes.

Baptisé aussi « Vieux Gris » ou « Gris de Lille » ou « Puant de Lille » ou encore « Vieux Puant », ce fromage n'est pas fait à Lille comme son nom le laisse penser. Autrefois, les fermiers de Thiérache envoyaient des Maroilles dans la région Lilloise, où ceux-ci étaient très appréciés. Ces fromages voyageaient en charrette et à l'époque le trajet était assez long. De plus, on comprendra que l'été les fromages souffraient de la chaleur. En route, on les mouillait pour ne pas qu'ils se dessèchent trop. On les resalait pour éviter une fermentation trop active. Quand ils arrivaient à destination, leur croûte était grise et l'odeur plutôt forte. Cet état a donné le nom de Vieux-Lille ou « Gris de Lille ».

Plus piquant, plus puissant que le Maroilles, sa saveur est particulièrement appréciée dans les régions minières et dans la région de Lille, d'où la deuxième explication de son appellation. On dit même qu'en 1960, Nikita Khrouchev, ancien maître de l'URSS, en visite à Lille, y fit grand honneur.

1 Première partie : La Thiérache et sa description

1.1 Délimitation de la Thiérache

Quatre entités territoriales composent la Thiérache que l'histoire a tenu séparées : une partie s'étend en France et l'autre en Belgique (Entre-Sambre-et-Meuse, région de Chimay). La partie française est elle-même séparée entre trois départements (Aisne, Ardennes, Nord) et trois régions (Picardie, Champagne-Ardenne, Nord-Pas-de-Calais). Ainsi, comme le note Jean Vaudois, « vue du dehors, la Thiérache s'individualise nettement des régions encadrantes par une série de traits qui lui confèrent une personnalité incontestable » (une région essentiellement rurale, laitière et forestière, ces activités étant couplées avec une industrialisation ancienne), mais dans le même temps, « vécue du dedans, la Thiérache apparaît comme un espace éclaté, périphérique et hétérogène » (62).

René de la Gorce, au cours des années 1930, consacre de plus en plus d'articles à la définition de la Thiérache, et intervient à de très nombreuses reprises à la chambre départementale d'Agriculture du Nord sur son « pays », son économie et son histoire (30,62). Membre, puis président de la société archéologique et historique de l'arrondissement d'Avesnes, il cherche à étudier et à connaître la Thiérache dans toutes ses composantes. Il se réfère à la fois aux travaux des géologues, mais aussi des géographes qu'il fréquente.

Suit la partie sur les limites : « Située au nord de la grande plaine crayeuse de Picardie et adossée au massif schisteux d'Ardenne, la Thiérache s'étend sur une partie de l'arrondissement d'Avesnes (département du Nord) et de l'arrondissement de Vervins (département de l'Aisne). Nous négligeons la portion, peu importante d'ailleurs située sur le territoire belge. Elle comprend plus de 110 000 hectares (dont 58 000 environ dans le département du Nord) presque exclusivement engazonnés ou boisés qui forment un bocage très frais aux horizons fermés. Les limites du pays naturel ne sont pas, on le conçoit, aussi simples que celles d'une division administrative. À l'ouest, elles sont toutefois nettement marquées par le cours de la Sambre. Au Nord la vallée du Tarsy qui se jette dans la Sambre à Leval sépare le "pays à terres" du "pays à pâtures". À l'est, il faudrait dépasser la frontière politique pour gagner à proprement parler le pays d'Ardenne. Au sud, enfin, la transition est peut-être moins nette, les vallées conservant un caractère thiérachien alors que les plateaux participent de la nature picarde aux horizons découverts et lointains. D'une façon schématique, on pourrait donner à ce pays naturel la forme d'un parallélogramme de 40 kilomètres sur 28 kilomètres de largeur » (62).



Illustration 1 : Aire de production du Vieux-Lille, limitée à la Thiérache

Depuis le décret du 24 Mai 1976, des limites fixes sont définies avec :

- A l'Est par les Ardennes, la limite étant la frontière et la départementale Aisnes-Ardennes.
- Au Sud par le plateau de Lannois, la limite étant la ligne parallèle à la vallée de l'Oise passant par Vervins.
- A l'Ouest par la vallée de la Sambre
- Au Nord par les plaines de Picardie, la limite étant une ligne parallèle au ruisseau de Tarsq passant par Berlaimont.

1.2 Facteurs physiques de production du Vieux-Lille

1.2.1 Le climat

La région de la Thiérache est très largement ouverte aux vents d'Ouest qui franchissent les plaines flamandes et picardes sans véritable obstacle. Elle subit ainsi l'influence du climat océanique qui amène ces dépressions qui vont se déverser sur le massif ardennais car légèrement plus en altitude. Les précipitations y sont donc importantes avec en moyenne annuelle de 800 à 1100 mm. Ces précipitations sont réparties sur toute l'année, toutefois avec un pic en été dû aux précipitations orageuses.

L'ensoleillement est l'un des plus faibles de France avec seulement 70 jours de soleil par an en moyenne.

Mais le climat subit également des influences continentales qui amènent la fraîcheur et des hivers rudes. Le gel est présent de 2 à 3 mois par an et la neige est relativement fréquente.

Tout ces conditions cumulées entraînent un retard de maturation des cultures d'où la prédominance des herbages (52).

1.2.2 Le sol

Du point de vue géologique, le sous-sol est composé de craie marneuse recouverte de limons argileux quaternaires qui forment une couche pouvant atteindre 10 mètres au nord et dont l'épaisseur va en diminuant vers le sud.

Cette couche forme un socle imperméable, qui contribue à l'humidité de la région et est responsable d'un dense réseau hydrographique qui traverse d'est en ouest la Thiérache par les plaines alluviales de l'Helpe majeure et de l'Helpe mineure, affluents de la Sambre qui forme la limite Ouest et Nord-Ouest de la Thiérache, et par celle de l'Oise qui s'écoule vers le bassin parisien.

1.2.3 La végétation

L'abondance des précipitations et la fraîcheur du climat associées à l'imperméabilité du sol donnent un paysage très verdoyant. Les forêts qui autrefois couvraient les 200000 hectares ont été en partie déboisées. Sur les 150000 hectares de surface agricole utile actuelle, 90% sont toujours en herbe et pour la grande majorité ce sont des prairies naturelles. Le contraste avec les pays qui l'avoisinent est si net que le langage populaire a consacré ce coin de terre,

l'appellation de "pays vert" ou de "pays à pâtures". À l'heure actuelle c'est un coin de terre, couvert de pâturages entrecoupés de bois et de haies sauvages avec parfois la présence de pommiers. On parle ainsi d'un territoire de bocage par opposition aux plaines de culture de la Picardie et du Cambrésis. [...]



Photo 1 : région de la Thiérache (64)

Les forêts, les prairies naturelles, les haies sauvages confèrent à cette région une grande diversité végétale comparable parfois à certaines flores d'alpage. Cette diversité procure un lait riche en lipides qui va influencer sur l'arôme des fromages qui en découlent.

Le Vieux-Lille bénéficie même d'un label régional depuis un arrêté du 5 Novembre 1986.

1.3 Facteurs humains

1.3.1 Historique de l'activité agricole

Les moines des abbayes créées au Moyen Age par Saint-Amand à Maroilles et à Liessies organisèrent le défrichage et la mise en valeur de ces terres pauvres, couvertes de forêts. Ils régèrent la production fromagère.

Jusqu'au XVIIIème siècle, l'absence de voies de communication et donc d'échanges commerciaux importants contraignait chaque région à une économie autarcique et donc à la production de cultures vivrières. La pauvreté du sol et les rigueurs climatiques interdisaient la culture du blé et imposaient celle de l'avoine, alors que le Hainaut voisin voyait croître le blé et la vigne.

Le développement des échanges commerciaux, l'amélioration du niveau de vie et la baisse du prix des céréales à la fin du XIXème siècle ont favorisé une spécialisation herbagère en accord avec la nature du sol et du climat (52).

Cet engouement pour la production herbagère s'est progressivement détourné vers la production d'animaux de boucherie puis vers la production laitière. A la veille de la première guerre mondiale, la Thiérache comptait 100000 vaches de race flamande pour une production de 300 millions de litres de lait par an.

1.3.2 Elevages et producteurs de lait

1.3.2.1 Les différentes races bovines utilisées

a. La Maroillaise

Aujourd'hui décimée, la race Maroillaise fut l'une des premières races du paysage de Thiérache. Cette race rustique et peu productive était particulièrement adaptée au climat assez rude de la Thiérache, elle pouvait notamment résister à des mauvaises conditions hivernales en diminuant ses besoins et ses productions par la même occasion mais sans avoir besoin d'attention particulière. Car il faut se rappeler qu'à l'époque les cultures fourragères n'étaient pas encore pratiquées.

René de la Gorce l'a parfaitement décrite : elle avait « la tête petite, le cou mince, la croupe avalée, la cuisse peu fournie, l'avant-bras grêle, les membres secs et minces, la peau fine, les mamelles très développées. La robe est tantôt rouge et rouge-brun, tantôt rouge froment,

tantôt pagne ou rouanne. C'est une race essentiellement laitière, sa taille se situe entre 1,30 et 1,40 mètres, son poids oscille entre 450 et 500 kg. » (15).

Il disait même qu'elle ne serait pas suppléer par une autre race comme la Flamande : « ses qualités beurrières lui étaient bien supérieures et son aptitude laitière presque égale : près de 3000 litres de lait par an pour une lactation de 9 à 10 mois ».

Quant à l'origine de cette race Maroillaise, elle serait probablement due à des Abbés de Maroilles. Ils auraient croisé des vaches flamandes avec des souches locales d'origine Celtique.

Avant 1914, cette Maroillaise et la flamande représentaient la majorité des vaches en Thiérache. Malheureusement la Grande guerre a provoqué l'extinction de la Maroillaise, et la Flamande insuffisamment améliorée a été remplacé par la Française Frisonne Pie-Noire aux rendements bien plus élevés.

Aujourd'hui la Française Frisonne Pie-Noire devenue la Prim'Holstein représente plus de 90% du cheptel bovin en Thiérache.

b. La Française Frisonne Pie Noire

Après la seconde guerre mondiale les objectifs de la race évoluent pour obtenir des animaux mixte, c'est à dire qu'un équilibre entre production de lait et de viande est recherché. Cette orientation est celle adoptée également dans le berceau de la race, les similarités entre animaux incitent à rebaptiser en 1952 la race « française frisonne pie noire ». Dans les années 1970 - 1980, de nombreux animaux "Holstein friesland" et de la semence issus des élevages nord américains sont introduits en France. Cette origine a des animaux généralement plus laitiers et mieux conformés du fait d'une sélection non mixte des frisonnes d'Amérique. L'introduction de plus en plus de reproducteurs issus de la population Holstein américaine dans les élevages français de Française Frisonne Pie Noire va modifier les caractéristiques de la race. En 1990, la race est renommée « Prim'Holstein ». C'est la vache laitière la plus répandue en France.



Photo 2 : la race Prim'Holstein (64)

c. La Flamande

La Flamande se démarque par ses taux protéiques et butyreux élevés, qui assurent une grande qualité fromagère au lait mais sa production reste limitée autour de 4500 litres par lactation. De plus la valorisation bouchère de cette race est faible. Elle a donc été abandonnée progressivement.

d. La bleue du Nord

Dans le groupe des races mixtes, la Bleue du Nord occupe un créneau particulier qu'elle doit à une prise en compte plus forte des aspects bouchers dans les objectifs de sélection : une production laitière sensiblement inférieure à celles d'autres races a ainsi toujours été compensée par une meilleure conformation bouchère. Cette race est dorénavant anecdotique dans la région de la Thiérache.



Photo 3 : la race bleue du Nord (65)

e. La Normande

C'est une race qui a d'excellentes aptitudes laitières, plus pour la qualité que pour la quantité, qui n'est cependant pas négligeable avec 6 800 kg par an. Le lait riche en matières grasses (taux butyreux à 42.7 pour 1 000) et en protéines (34,5 pour 1 000 de taux protéique) est apprécié pour la fabrication de fromage du fait de la présence d'un variant B de la kappa caséine. Cette richesse du lait est un atout pour les éleveurs. La race a toutefois été supplantée par la Prim'Holstein.

1.3.2.2 Alimentation des vaches laitières

Il existe dans cette région une forte proportion de prairies naturelles. Ces prairies naturelles assurent l'alimentation de la vache d'avril à octobre.

Toutefois on note une grande différence de qualité de l'herbe et donc du lait par rapport aux années du début du XXème siècle. La flore y était très diversifiée et apportait une grande multitude de lipides qui conféraient au fromage un goût et des arômes si particuliers. Mais la Thiérache tout comme les autres régions françaises a subi l'intensification herbagère qui a conduit à une disparition de nombreuses espèces végétales. De plus l'apparition des ensilages,

avec leur degré d'acidité élevé, pour nourrir les vaches dans les stabulations l'hiver a largement altéré les qualités organoleptiques des fromages et du Vieux-Lille.

1.3.2.3 Structure et modalités d'exploitation

Abordons maintenant plus directement les productions agricoles à travers l'étude de l'élevage et de la production du lait, du cidre et de Vieux-Lille. L'élevage en Thiérache possède des caractéristiques originales que l'on peut présenter de la façon suivante : on y trouve de très nombreuses prairies naturelles, un bocage très construit, une charge à l'hectare supérieure à la moyenne nationale (une bête et demie à l'hectare), un encadrement professionnel et syndical important. Les exploitations ne sont pas de tailles uniformes et les moyens techniques diffèrent entre la ferme productiviste de cinquante bêtes et la petite exploitation traditionnelle de moins de dix têtes. Le lait demeure la principale production agricole locale et a accompagné la mise en herbe de la Thiérache depuis le début du XXe siècle. Cette production a fait l'objet d'un remarquable investissement financier et humain. Le phénomène surprend par sa rapidité et par l'importance des moyens mis en œuvre. Au début du XXe siècle on signale déjà trois formes diversifiées d'industries laitières : la laiterie domestique ou fermière traitant le lait sur place ou le transformant en beurre et fromage, la laiterie de village ou fruitière et la grande usine laitière. Ces trois formes ont toujours coexisté à des degrés plus ou moins forts.

La Thiérache apparaît aujourd'hui comme une région très « traditionnelle », repliée sur elle-même, à l'écart des centres de décisions départementaux ou régionaux. Les expressions couramment employées pour la qualifier vont dans ce sens : îlot froid et humide, pays en ruine. La réalité n'est pas très éloignée de ces clichés, la Thiérache est en proie, depuis une dizaine d'années, à de gros problèmes économiques liés à la crise agricole et à l'instauration des quotas laitiers. La population vieillit, les fils ou filles d'herbagers ne reprennent pas la ferme de leurs parents, de plus en plus de terres sont « gelées », l'habitat se dégrade. Mais la Thiérache est aussi un pays qui bouge ; outre le rôle prépondérant de structures comme le Syndicat mixte, nombre d'associations tentent de sauvegarder le patrimoine local. Dans des domaines très variés comme l'habitat, les productions agricoles (le cidre, le Vieux-Lille...), l'entretien du paysage, les pratiques de solidarité, la vie religieuse, les Thiérachiens se mobilisent pour affirmer leur identité.

2 Deuxième partie : fabrication du fromage le Vieux-Lille

La fabrication du Vieux-Lille est soit fermière soit industrielle. Cependant les grandes étapes de fabrication sont similaires :

- Du lait à la fabrication du caillé
- Du caillé à la pousse du bleu

2.1 Du lait à la fabrication du caillé

2.1.1 Réception et préparation du lait

Pour la production fermière, le lait est utilisé de suite et directement emprésuré à chaud. Pour sa production industrielle, juste après sa réception, le lait est stocké à 7°C en agitation permanente pour éviter la remontée des globules gras. Il va alors subir une transformation pour atteindre les paramètres et les qualités requises.

L'objectif à atteindre pour le taux butyreux est de 29 g/L. Cela correspond à un taux de matières grasses par rapport à l'extrait sec de 45% au minimum pour la fabrication du Vieux-Lille. Cette correction passe par un écrémage d'une quantité de lait calculée en tenant compte du taux butyreux initial, du taux d'écrémage et du taux butyreux désiré. Le lait standardisé obtenu va ensuite subir un traitement thermique.

Le but de cette étape est d'essayer d'éliminer la flore pathogène sans compromettre la fabrication ultérieure du Vieux-Lille. Pour cela, le lait subit soit une pasteurisation « haute », 72°C pendant 15 secondes, soit une pasteurisation « basse », 63°C pendant 30 minutes. Le lait est ensuite rapidement refroidi en absence d'air pour éviter la précipitation des sels de calcium indispensables à la coagulation. Cette thermisation va éliminer les flores psychotrophes et mésophiles banales cependant les germes sporulés et thermorésistants persistent. Cette étape est donc fondamentale pour l'amélioration de la qualité bactériologique du lait.

Toutefois ce chauffage modifie l'aptitude à la coagulation car le calcium précipite en phosphate tricalcique insoluble (=pierre de lait) qui forme un dépôt le long des parois des pasteurisateurs. Ce sont des pertes inévitables que l'on doit ensuite compenser par ajout, à l'étape suivante, de chlorure de calcium. La destruction de la flore banale du lait implique aussi un réensemencement avec des ferments qui ont été détruits.

2.1.2 Coagulation

2.1.2.1 Addition du chlorure de calcium

L'ajout des ions Ca^{++} est essentiel pour la phase d'emprésurage qui suit. Elle permet en outre l'utilisation de certains laits d'hiver parfois pauvres en calcium. Cette addition est permise jusqu'à une valeur de 0,2 g/L. Au-delà le goût et la texture du fromage sont altérés (voir 4^{ème} partie).

2.1.2.2 Réensemencement et coagulation lactique

Pour remplacer la flore détruite lors de l'étape de thermisation, on utilise des levains sélectionnés ; ce sont des cultures de ferments lactiques préparées à partir de cultures congelées ou lyophilisées.

a. Les différents types de ferments

- Il y a des ferments mésophiles (température optimum de 20 à 30°C). On les sépare en 2 groupes d'après la classification d'Orla-Jensen :

- Ferments homofermentaires

L'acide lactique représente 90 à 97% des produits de fermentation du lactose. La production de lactate va faire diminuer le pH, ce sont des « acidifiants ». La souche *Lactococcus lactis* spp *lactis* possède des enzymes dégradant la caséine. La variété *Lactococcus lactis* spp *lactis* var *diacetylous* est utilisée notamment pour ses caractéristiques aromatisantes. La souche *Lactococcus lactis* spp *cremoris* est aussi utilisée et rend le lait visqueux. (37)

- Ferments hétérofermentaires

La production d'acide lactique est plus faible (50%) et il y a de nombreux produits annexes de fermentation du lactose. La souche utilisée est *Leuconostoc citrovorum*. Elle est peu acidifiante, produit du CO_2 et le ferment des arômes.

b. Choix des ferments

Les cultures utilisées sont des combinaisons commerciales variables de ferments. Ces préparations commerciales diffèrent de par :

- Leur composition
- Leur concentration
- Leur pourcentage en bactéries actives, les meilleurs résultats étant sur souches congelées
- Leur activité
- Leur qualité bactériologique

En effet la présence d'agents inhibiteurs ou de bactériophages peut inactiver les levains. Il existe deux possibilités pour les producteurs :

- Soit ils utilisent des souches de lysotypes différents chaque jour ; ainsi le levainensemencé est de même espèce mais de souches à lysotypes différents, ce qui les protège des phages qui auraient pu se multiplier sur les ferments utilisés la veille.
- Soit ils utilisent un cocktail de levains identique chaque jour mais dans ce cas composé de nombreuses souches bactériennes, l'ensemble représentant une grande variété de lysotypes différents. Ainsi si des bactériophages se multiplient, ils ne vont agir que sur un type de souches précises, les autres souches restant intactes et actives. Ces levains proviennent des laiteries où leur pouvoir acidifiant et leur fiabilité sont contrôlés (12).

c. Préparation du levain

Les ferments lactiques sont cultivés sur un lait stérile aux paramètres favorables à leurs développements. Ces milieux contiennent des activateurs de croissance, du dextrose, des acides aminés et des extraits pancréatiques riches en acides nucléiques. Ce milieu est préparé à partir de poudre de lait écrémé. Les cultures congelées ont modifié le travail du fromager. Ces cultures subissent une ultracentrifugation pour les concentrer puis la congélation. L'avantage pour le fromager est de disposer de cultures de haute qualité en permanence.

d. Contrôle des ferments

Le contrôle des ferments reste une étape importante de la réussite et présente plusieurs points :

- La température

On cherche à maintenir la température optimale pour le développement des bactéries lactiques qui est autour de 25°C. Les contrôles sont très fréquents pour vérifier que la température est correcte. Puis un abaissement de température est réalisé à la suite de l'incubation pour éviter une diminution de nombre de bactéries par épuisement du milieu en certains composants ou par intoxication par des métabolites du métabolisme microbien.

- L'acidité

La mesure de l'acidité va permettre de vérifier le bon déroulement des étapes. En effet c'est le métabolisme du lactose en acide lactique qui fait diminuer le pH. En mesurant le pH, on va ainsi vérifier l'activité des levains. On stoppe l'incubation lorsque l'acidité atteint 90° Dornic car au-delà la plupart des molécules et des réactions sont inactivées.

- Le test d'activité des levains

Ce test est important depuis l'utilisation de la réfrigération et de la surgélation des levains. On va ainsi vérifier l'activité des levains en ensemençant un litre de lait de lait stérile et un litre de lait cru avec les levains à utiliser. L'abaissement du pH va être le témoin de la bonne activité et de la bonne multiplication bactériennes. Si l'acidité n'apparaît pas ou si elle apparaît tardivement, le mélange à utiliser n'est pas efficace et est à proscrire.

e. Ensemencement

Le levain ainsi préparé en cuve de grande capacité est mélangé au lait peu de temps avant la fabrication.

2.1.2.3 Coagulation mixte

Pour la fabrication du Vieux-Lille, la coagulation est mixte (présure et lactique). Dès le début de la coagulation, c'est la présure qui va agir et imprimer des caractères présure qui vont par la suite favoriser la synérèse du caillé sous l'effet de l'acidification.

On rappelle que la présure est une enzyme provenant de la macération de caillettes de jeunes bovidés tenus au régime du lait. L'extrait obtenu peut être liquide, pâteux ou en poudre. La force coagulante est définie par le nombre de volumes de lait coagulé par volume de présure en 40 minutes à 35°C.

La présure la plus utilisée est une présure de force 1/10000. Les conditions optimales de la présures sont pour un pH entre 5,6 et 6,3 et une température de 35 à 40°C.

Ici, la température de coagulation est d'environ 30°C, température à laquelle la coagulation lactique est importante et température à laquelle la présure reste efficace.

La durée de coagulation est de 1 à 3 heures afin que le caillé présure puisse acquérir les caractères lactiques suffisants pour l'égouttage ultérieur.

Le caillé ainsi obtenu présente des caractéristiques mixtes ; il est moins rétractile qu'un gel présure, le gel est relativement ferme mais reste assez friable, et il a une perméabilité modérée.

2.1.3 Egouttage

Une fois la coagulation effectuée, le gel est une structure tridimensionnelle composée de micelles de caséines elles-mêmes formées de sub-micelles. Le lactosérum est à l'intérieur de ce réseau fragile. Il va progressivement être expulsé pour ne laisser que la phase solide ; le caillé. Cette phase est la phase d'égouttage.

Durant l'égouttage, deux mécanismes interviennent :

- Déshydratation des micelles du fait de l'acidification

En effet quand le milieu s'acidifie progressivement, on observe une déminéralisation des micelles qui étaient regroupées par des liaisons phosphocalciques. Ces liaisons sont coupées, il y a ainsi libération progressive des sub-micelles qui restent quand même stables car toujours entourées de caséines kappa. Quand le pH diminue encore, il y a neutralisation des charges négatives des caséines donc disparition des dipôles d'eau autour des caséines. Cette déshydratation entraîne la formation de liaisons hydrophobes entre les caséines : on a ainsi un réseau fragile qui retient le lactosérum dans ses mailles.

- Contraction progressive des micelles favorisant l'exsudation spontanée du lactosérum

Le coagulum présure est quasi imperméable et ne peut laisser exsuder le sérum spontanément comme le ferait un coagulum lactique. La para kappa caséine libérée par l'action de la présure va précipiter grâce aux ions phosphates et cela va renforcer les liens entre toutes les micelles. Ce renforcement va favoriser l'expulsion des molécules d'eau qui se trouvaient entre les micelles. Ce mécanisme est accéléré par le découpage et le brassage du caillé.

Ces deux mécanismes interviennent ici.

Au départ le caillé se décolle légèrement des parois de la cuve, puis quelques gouttelettes apparaissent en surface ; le caillé « perle ».

Le découpage ou rompage est réalisé à l'aide d'un tranche-caillé qui présente des fils très fins tendus. Le découpage doit être effectué lentement pour éviter de déchirer le coagulum. Cette étape est à risque et le moment choisi pour le tranchage et le brassage est fondamental. Ainsi si cette étape est trop précoce, le caillé est encore trop mou et il s'émiette. Le rendement est diminué. Si cette étape est trop tardive, le caillé a pris en masse et devient difficile à travailler. Dans la fabrication du Vieux-Lille, la transformation du lait en coagulum demande entre 5 à 10 minutes à une température de 36°C. Le coagulum est laissé à lui-même pendant trois fois le temps de prise environ. Puis le rompage est effectué ; le gel présente alors des caractères présures importants bien que l'acidification ait déjà commencé. Les petits cubes obtenus de côté sont laissés au repos, temps pendant lequel ils vont encore expulser du lactosérum. L'ensemble du caillé est ensuite brassé pour homogénéiser la température dans la cuve. Au bout d'environ 60 à 70 minutes, le caillé est prêt à être moulé.

2.1.4 Moulage

Autrefois, le bois était utilisé pour le moulage des fromages. On utilisait des petits moules carrés en bois, de différentes tailles selon le format désiré. L'intérieur de ces moules était recouvert de stries qui avaient pour rôle de favoriser l'écoulement du sérum.

Les mesures d'hygiène obligatoires exigent aujourd'hui la conception de ces moules à partir de plastique ou de métal à base d'alumine.

La disparition du fond a été permise par l'introduction de stores faisant orifice de fond de moule. Les moules ou encore appelés équinons ne sont donc plus formés que de 4 faces possédant des stries ou des trous.

Ces nouveaux moules ont facilité le retournement du fromage, indispensable pour finir l'égouttage. Ces retournements ont lieu 3 à 4 fois par jour (à 2, 4 et 12 heures après le moulage).

L'égouttage se poursuit donc après le moulage. La salle en question doit être très humide pour éviter le dessèchement des fromages et doit présenter une température favorable au développement des bactéries lactiques, c'est-à-dire autour de 25°C.

2.1.5 Salage

Le démoulage s'effectue le lendemain de la fabrication. Les fromages ainsi obtenus sont déposés sur des claies en acier inoxydable. Les fromages vont alors subir le saumurage. Les claies sont plongées dans des bains de saumure pour régulariser le salage à l'aide de palans. Les bains de saumure sont saturés ou non saturés.

Pour les saumures non saturées, l'inconvénient va être leur renouvellement fréquent pour avoir la bonne concentration de sel mais aussi car il y a contamination de la saumure par les bactéries et les levures. Une pasteurisation fréquente est donc nécessaire.

Pour les saumures saturées, l'avantage est indéniable au niveau temps. La durée d'immersion est largement réduite de quelques heures seulement au lieu de 16 heures environ. De plus, l'effet bactériostatique est plus marqué car la concentration en sel est plus importante.

On rappelle les principaux intérêts du salage :

- Le salage est tout d'abord indispensable pour parfaire l'égouttage du fromage grâce à l'appel d'eau qui est créé.
- Le salage aura son rôle dans l'affinage ultérieur en modifiant les qualités organoleptiques.
- L'effet bactériostatique cité avant permet de limiter les contaminations microbiennes défavorables.

A la suite du saumurage, les fromages vont subir un ressuyage ; les claies superposées sont inclinées d'un côté pour éliminer la saumure superficielle, les claies sont toutes légèrement décalées pour éviter que l'écoulement ne tombe sur les autres fromages.

2.2 Du caillé à la pousse du bleu

2.2.1 Le hâloir et le ressuyage

Le ressuyage du fromage est en quelque sorte un « séchage superficiel » qui a pour but d'éliminer l'eau en excès en surface et de favoriser ainsi le développement de moisissures utiles en surface.

Ce ressuyage va être permis par l'action de l'air frais. La pièce est à une température de l'ordre de 13°C et l'hygrométrie avoisine les 80%. Ce hâloir présente des ouvertures qui sont orientées au Nord et à l'Est face aux vents secs et desséchants.

Le séchage dure 10 jours l'hiver et autour de 6 jours l'été.

2.2.2 Le resalage

Quelques jours après le ressuyage et donc toujours dans le hâloir, les fromages sont resalés fortement au gros sel. Autrefois on roulait même ces fromages dans le sel jusqu'à ce que leur surface soit recouverte en totalité.

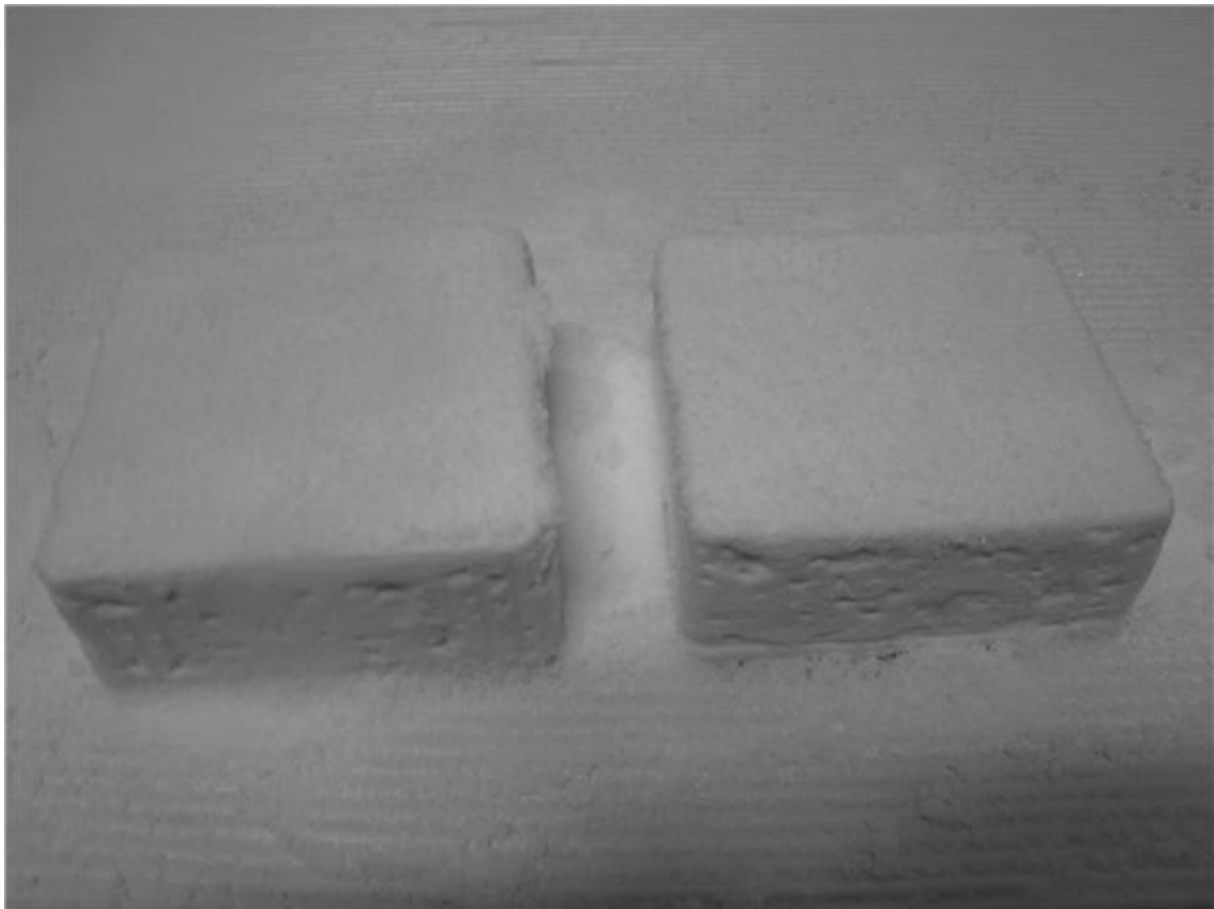


Photo 4 : le resalage abondant du Vieux-Lille par Thibaud Bricard (19)

Le sel additionné va être véritablement absorbé par le fromage. Il se dissout complètement sur la croûte. Cette étape dure environ une quinzaine de jours.

En réalité dès les 4 à 5 premiers jours, on peut remarquer un certain suintement du fromage, un léger relâchement du sel qui a été appliqué jusqu'à saturation. Les fromages appelés alors « blancs » à cause de leur aspect sont descendus en cave où la lente maturation commence.

Autrefois le procédé de fabrication pouvait être un peu différent. Dans un premier temps, un pré salage au gros sel était effectué puis seulement les fromages étaient immergés dans un bain de saumure. Cette immersion avait le rôle de laver et d'éliminer les particules résiduelles de sel. Le problème de cette technique était qu'en fonction de l'égouttage il pouvait y avoir absorption irrégulière du sel par les fromages.

Aujourd'hui le passage des fromages d'abord dans les bains de saumure assure une régularité de salage.

La durée dans le bain de saumure est à l'appréciation du fromager car l'absorption de sel va dépendre de l'état du fromage. S'il est plus souple, le fromage absorbera plus facilement le sel et le temps de saumurage devra être plus court et inversement.

2.2.3 Le lavage

Une fois les « blancs » descendus à la cave, on constate rapidement un léger suintement du fromage. Les bords prennent une couleur jaunâtre. Le fromage dégage une odeur de levure qui correspond au développement des levures en surface. C'est à ce stade que les fromages sont vendus aux affineurs.

Puis ce sont les *Penicillium* qui vont se développer en surface pour former un voile blanchâtre. Ce voile blanc au départ va évoluer vers le bleu suite à la maturation des spores. Le fromage « pousse son bleu ». Cette étape est favorisée par le rapprochement des fromages qui sont disposés très proches des autres et retournés tous les 3 jours.



Photo 5 : le rapprochement des fromages par Thibaud Bricard (19)

Par la suite, avec l'apparition des spores la teinte vire au gris.

Après 15 jours en cave, le premier lavage ou débleuissage a lieu. Le brossage est manuel et est effectué sur les six faces du Vieux-Lille à l'aide d'une brosse à poils souples. Le brossage doit être minutieux pour ne pas détruire la croûte. Ce lavage va ainsi limiter le développement des moisissures et créer un milieu favorable aux bactéries halophiles.

3 Troisième partie : L'affinage du Vieux-Lille

L'affinage proprement dit est la partie déterminante dans la fabrication du Vieux-Lille. C'est au cours de cette étape que vont se développer une multitude de germes qui vont apporter texture, flaveur et couleur au fromage. Mais cet écosystème est très fragile, il va falloir contrôler les multiplications microbiennes et ceci nécessite une surveillance quotidienne des fromages et un contrôle strict des conditions des locaux d'affinage.

Pour le Vieux-Lille, tout la difficulté réside dans le fait que la maturation du fromage est très avancée, parfois à la limite de la putréfaction donc la durée d'affinage est importante mais l'évolution du fromage doit être lente pour permettre cette maturation idéale.

3.1 Affinage et microorganismes

3.1.1 Etat des lieux des microorganismes

3.1.1.1 La flore interne (cf 2.1.2.2.)

Les bactéries lactiques, issues du levain (2^{ème} partie), contribuent à l'affinage par leur activité protéolytique. De nombreuses enzymes protéolytiques sont intracellulaires, d'où l'importance de la lyse de ces bactéries lors de l'affinage des fromages (41). En dépit de la présence d'enzymes lipolytiques membranaires capables d'hydrolyser des acides gras libres, des tri, di et mono-acylglycérides, les bactéries lactiques (en particulier les lactococcus) sont généralement considérées comme faiblement lipolytiques.

Cependant, leur présence dans les fromages, à des concentrations élevées, et pendant des périodes plus au moins importantes, peut les amener à libérer des quantités non négligeables d'acides gras libres. De plus, les bactéries lactiques produisent de petites quantités de molécules aromatiques (acétaldéhyde, acide acétique, éthanol, diacétyl), principalement à partir du lactose et/ou du citrate (51,59). En général, leur concentration reste constante durant l'affinage dans le hâloir (41). De par leur pouvoir protéolytique et lipolytique et la libération de composés aromatiques comme l'acétaldéhyde et des acides volatiles, cette flore assure les premières étapes de la transformation de la pâte.

La flore interne est également représentée par des microcoques qui sont de véritables facteurs de croissance pour les lactococcus.

3.1.1.2 La flore externe

Après l'étape de démoulage et avant le séchage, les flores internes et externes diffèrent encore peu avec une prédominance des ferments lactiques mais très rapidement les germes présents dans le hâloir vont se déposer et se développer à la surface du fromage.

a. Les bactéries

Les bactéries dominantes à la surface des fromages sont Gram+ et appartiennent, en grande partie, aux groupes des staphylocoques et des bactéries corynéformes. Des tests d'assimilation (60) nous donnent la représentation bactérienne dans ces fromages à pâte molle :

- 41% de *Corynebacterium*
- 24% d'*Arthrobacter*
- 17% de *Brevibacterium*
- 10% de *Rhodococcus*
- 5% de *Microbacterium*
- 2% de *Cellulomonas*

Cette flore de surface joue un rôle majeur dans l'affinage des fromages. En effet, les bactéries corynéformes sont connues pour avoir un fort potentiel pour la production de composés soufrés qui renforcent les caractères "fromager" et "affiné" d'un fromage (1,11,57).

Un des gros problèmes actuels reste l'identification précise des souches d'origine fromagère car les critères phénotypiques utilisés pour les identifier sont insuffisants. Cela vient du fait que les galeries d'identification reposent sur l'acidification des sucres or les souches fromagères ont la particularité de n'utiliser que peu de sucres (28). Récemment une équipe (4,7) a étudié cette flore en utilisant des outils moléculaires. Les résultats montrent que la flore bactérienne de surface constitue une part importante voire dominante de la flore microbienne de certains fromages.

Au sein de cette flore, le genre *Brevibacterium* est particulièrement important dans l'affinage du Vieux-Lille. *B. linens* est l'espèce type du genre *Brevibacterium*. Cependant, une étude de l'homologie ADN-ADN a révélé la présence d'une hétérogénéité au sein de cette espèce (21). Quatre espèces différentes ont ainsi pu être décrites, dont *B. aurantiacum* est la plus représentée en surface des fromages (23). La souche type décrivant cette nouvelle espèce est ATCC 9175, anciennement souche de référence de l'espèce *B. linens*.

B. aurantiacum ou ferment du rouge tient son nom à sa coloration qui varie de jaune-orange à rose pourpre, cette couleur est donnée par les pigments caroténoïdes. Cette bactérie est aérobie stricte, acido-sensible et halotolérante. Du fait de sa sensibilité aux pH acides, sa croissance n'est permise que si des levures ou des moisissures ont assuré la désacidification au préalable. L'intensité de la coloration va donc dépendre de la levure utilisée pour désacidifier.

La croissance de *B. aurantiacum* à la surface des fromages permet le développement de l'arôme, de la texture et de la couleur caractéristique du fromage. Les enzymes extracellulaires et membranaires qu'elle contient (protéases, aminopeptidases et estérases) vont agir sur la caséine et la matière grasse du lait et des molécules de faible poids moléculaire précurseurs d'arôme vont ainsi être libérées.

b. Les levures

Pour le Vieux-Lille, les levures dominantes appartiennent au genre *Kluyveromyces* et/ou *Debaryomyces* (10). L'espèce majoritaire est *Debaryomyces hansenii* (4,5). À côté de cette flore dominante, cohabitent des souches appartenant essentiellement aux genres *Geotrichum* et *Saccharomyces*.

Les levures commencent leur action dès le début de l'égouttage puis sont actives durant tout l'affinage. Les levures vont dégrader le lactose et le lactate. Les produits de dégradation du lactose sont le dioxyde de carbone, des alcools et de l'eau. Quant au lactate, il est produit par les bactéries lactiques. En métabolisant le lactate, les levures vont largement contribuer à la remontée du pH les 5 premiers jours de l'affinage. Cette remontée de pH est indispensable car elle va permettre le développement de bactéries inhibées à pH acide. Ici c'est *G. candidum* qui va permettre l'implantation précoce de *B. aurantiacum* (38). De plus l'élévation de pH qui se produit va aider à la modification de la texture, à l'augmentation des activités enzymatiques et à la répartition des minéraux dans le fromage (40,62). En plus de leur activité désacidifiante et de leur potentiel antimicrobien, les levures sont dotées d'activités enzymatiques variées qui leur permettent de contribuer à l'affinage et au développement de la saveur.

c. Les moisissures

Durant les premiers jours de l'affinage, les moisissures vont largement se développer en surface du fromage. Les moisissures en cause sont principalement les *Penicillium* avec

notamment *P. candidum* et *P. roqueforti* qui libèrent dans la pâte fromagère des enzymes (cf paragraphe suivant).

3.1.1.3 Enzymes en présence

Les enzymes que l'on retrouve dans le fromage ont plusieurs origines ; soit elles sont déjà présentes dans le lait utilisé, soit elles sont rajoutées dans les étapes de fabrication soit elles sont libérées par les microorganismes.

- Les enzymes du lait : la majorité des enzymes présentes dans le lait à savoir les lipases, les protéases et les phosphatases vont être détruites par la thermisation. Seule la phosphatase acide reste active et agira en début d'évolution du caillé car son pH optimal est de 4,7. Une autre enzyme n'est pas inactivée mais ne jouera aucun rôle, c'est la protéase naturelle du lait car son pH optimum est autour de 8,5.
- Les enzymes ajoutées : la présure, issue de caillette de veaux sous la mère nourris exclusivement au lait. Outre son action dans la formation du coagulum par la dégradation de la caséine, elle va permettre la libération de polypeptides de faible poids moléculaires. Ces peptides ont des pouvoirs aromatisants intéressants.
- Les enzymes des microorganismes :
 - Les lipases : la majorité des lipases est issue des levures et des moisissures. En effet les bactéries ont une action lipolytique faible.
 - Les protéases : les protéases extracellulaires (sécrétées dans la pâte fromagère) viennent des moisissures et de quelques levures. Avant la désacidification, ce sont les protéases de moisissures qui agissent. Alors qu'une fois la remontée de pH effectuée, ce sont les protéases des microcoques qui prennent le relais. Quant aux bactéries lactiques qui possèdent des protéases intracellulaires, vu leur nombre élevé, on peut considérer qu'une fois libérées elles jouent un rôle dans la maturation du fromage.
 - Les décarboxylases et les désaminases : présentes chez les bactéries lactiques, et chez les *Brevibacterium*, ces enzymes sont déterminantes pour le goût du produit final car elles vont libérer de l'ammoniaque, du dioxyde de carbone, des phénols, des amines qui sont des composés aromatisants.

3.1.2 Interactions entre les microorganismes

➤ Interactions levures et bactéries

Alors que le relais entre levures et bactéries est bien connu, les interactions fonctionnelles dans le fromage entre levures et bactéries sont inconnues. Une étude récente (54) sur l'association entre levures et *Brevibacterium linens* a montré que *Brevibacterium linens* ne poussait pas sur un milieu sans vitamine. Cependant, quand ce même milieu était inoculé avec des levures, *B. linens* poussait autour des colonies de levures. Certaines levures et souches bactériennes ont été sélectionnées par l'industrie fromagère pour des propriétés technologiques intéressantes comme la pigmentation ou les arômes. Pourtant il a été montré que ces cultures commerciales ne s'implantent pas nécessairement à la surface du fromage, malgré leurs inoculations massives dans les premières étapes de l'affinage. (7, 20, 48, 49). Mounier et al. (49) ont montré que les microorganismes qui se développaient en surface étaient une flore accessoire de l'environnement du fromage qui rapidement supplémentaient en nombre les levures commerciales.

Plusieurs hypothèses ont été avancées. Ces cultures commerciales pendant l'affinage seraient impropres à l'habitat du fromage ou des inhibitions pourraient s'établir entre ces cultures et la flore initiale.

Les bactéries et les souches de levures ont été aussi sélectionnées pour leur activité anti-listéria. Mais l'effet anti-listéria ne serait probablement pas en relation avec la production de substances inhibitrices pendant la croissance du fromage (18, 42).

➤ Influence de la levure et du pH associé

Il a été démontré que le développement bactérien et la répartition des différentes espèces étaient modifiés en fonction de la présence de levure dans l'écosystème. Il est évident, à cause des différents niveaux de sensibilité face à l'acidité des bactéries, que le taux de désacidification des levures a influencé le développement bactérien à la surface du fromage. De plus dans de nombreux cas la bactérie atteint des niveaux de population plus élevés quand la désacidification est plus rapide. Cela pourrait être une raison de la faible représentation de certaines bactéries dans les fromages.

Mais le pH en surface n'est pas le seul facteur qui influence le développement bactérien.

➤ Rôle de *Geotrichum candidum*

Dans cette étude, *Leucobacter sp.* ne pousse seulement que dans des fromages contenant *Geotrichum candidum*. Cela pourrait vouloir dire que *Leucobacter sp.* est fortement dépendant des activités de *G. candidum*, ou que *G. candidum* désacidifie rapidement la surface du fromage ou encore que *G. candidum* produit des métabolites qui potentialisent la pousse de *Leucobacter*. Pareillement, *B. Aurantiacum* représente 10% des colonies isolées après 21 jours d'inoculation du fromage avec *G. candidum* alors que *B. auriantacum* était sous dominante dans les autres communautés microbiennes. Il est possible que *G. candidum* détoxifie l'environnement et débloque des substrats utiles à la pousse de *B. auriantacum*.

➤ Développement de la couleur à la surface du fromage

Cette étude va dans le sens des résultats d'une étude antérieure (36) dans laquelle il est montré que la pigmentation de *B. linens* diffère en fonction de la levure utilisée lors de la désacidification.

Les producteurs de fromages du vieux-lille comme d'autres fromages à maturité mettent en avant un aspect attractif surtout par la couleur grise, surface collante (16), qui résulte du développement d'une flore de surface (55) et surtout de *B. linens* (56). Le rouge de *B. linens* vient de la synthèse de 3 pigments caroténoïdes (18). Cette couleur, importante pour la production de fromages standards et attrayants, semble être dur à contrôler. Des interactions avec des microorganismes de la croûte peuvent exister. Bockelmann (4) a montré que le développement de pigments rouge orangé ne pouvait pas être reproduit par addition simple d'acides aminés dans le milieu.

Ainsi la pigmentation de *B. linens* a été directement reliée à la bactérie utilisée pour désacidifier le milieu du fromage.

3.2 Transformations subies par le fromage

3.2.1 Maturation et modification d'aspect

Tout d'abord, la croûte ou morge commence à poisser et dégage une forte odeur de levure. Le centre de la pâte reste crayeux et acide.



Photo 6 : développement de la morge par Thibaud Bricard (19)

Tout est mis en œuvre pour faciliter le développement de la morge. Les frottages circulaires vont encore moins altérés cette morge mais restent indispensables pour éviter le dessèchement du fromage. La teinte rougeâtre du départ va disparaître pour laisser place à une teinte grisâtre qui résulte de la dénaturation de *Brevibacterium*. Le sel va en effet inhiber les pigments caroténoïdes responsables de cette coloration rouge d'origine. La maturation centripète de la pâte se poursuit lentement.

En fin de maturation (de 1 à 1,5 mois pour les petits à 3 mois pour les plus gros), le fromage s'avachit, les claies laissent leur empreinte sur le « gras ». Le stade optimal est atteint quand le cœur du fromage présente cette même coloration grisâtre. Après quoi, le fromage devient alcalin, libère de l'ammoniaque et entre en phase de putréfaction.

3.2.2 Transformations biochimiques

Plusieurs types de réactions concernent, simultanément ou successivement, les trois principaux constituants du caillé : les sucres (principalement le lactose et le lactate), les protéines et la matière grasse, ainsi que leurs produits de dégradation (58).

3.2.2.1 Métabolisme du lactose et du lactate

Le lactose est donc métabolisé, très tôt lors des fabrications fromagères, en D- et L-lactate principalement par les bactéries lactiques (46).

D'après une étude récente (35), en surface le lactose est consommé rapidement, durant les 8 premiers jours. Au coeur, la concentration en lactose est un peu plus importante et il est métabolisé plus lentement. Ce composé ne disparaît entièrement que vers le 15^{ème} jour d'affinage. Cette disparition peut être attribuée à l'action des bactéries lactiques, mais aussi à celle des levures capables de consommer le lactose à la surface des fromages (voir avant).

L'acide lactique, présent essentiellement sous forme de lactate, est lui-même métabolisé selon plusieurs voies (46). La concentration en lactate augmente rapidement durant les 6 premiers jours d'affinage au coeur et à la surface du fromage. L'évolution de la concentration du lactate au coeur suit la même évolution que celle de la surface mais ne devient nulle qu'au bout du 40^{ème} jour.

3.2.2.2 Protéolyse et transformation des acides aminés

L'évolution du degré de protéolyse, au cours de l'affinage, est différente entre la surface et le coeur des fromages à pâte molle. Il y a deux explications (50) :

- les enzymes microbiennes (principal agent de la protéolyse) ne diffusent pas dans la matrice fromagère.
- la croissance des micro-organismes les plus protéolytiques (*G. candidum* et *Penicillium*) est beaucoup plus importante à la surface qu'au coeur du fromage.

Outre l'action de *Penicillium* et de *Geotrichum*, cette dégradation peut être également du fait de la flore bactérienne de surface, telles les bactéries corynéformes et les microcoques.

3.2.2.3 Lipolyse et transformation des acides gras

La matière grasse (constituée à 98 % de triglycérides) joue un rôle important dans l'aromatisation des fromages et particulièrement du Vieux-Lille ; non seulement du fait de leur pouvoir aromatisant, mais aussi en tant que précurseurs des méthylcétones, des alcools, des lactones et des esters.

La dégradation des lipides, lors de l'affinage, est un phénomène qui a été largement décrit (46, 47). En fait, la majeure partie des acides gras libres ayant un nombre de carbone entre 4 et 20 provient de la lipolyse des triglycérides par les moisissures, alors que ceux ayant un nombre de carbone entre 2 et 6 proviennent principalement de la dégradation du lactose et des acides aminés (47). De leur côté, une autre équipe (45) montre que la lipolyse est près de deux fois plus importante en surface qu'au centre du fromage, et que l'accélération de la lipolyse superficielle semble être corrélée à la croissance de la moisissure.

3.3 Facteurs influençant l'affinage

Durant l'affinage, de nombreux facteurs influent sur le développement microbien et sur les activités enzymatiques. Ces facteurs peuvent être liés à l'environnement, aux paramètres externes mais aussi les facteurs peuvent être propres au fromage.

3.3.1 Facteurs internes

3.3.1.1 Le pH

Durant toutes les étapes de l'affinage, le pH va avoir un rôle prépondérant. En effet c'est un paramètre fondamental pour la croissance et le développement microbien mais aussi pour les réactions enzymatiques qui s'y jouent (58).

Parmi les micro-organismes intervenant dans l'affinage, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à des pH inférieurs à 5 ; en revanche certaines espèces comme *Brevibacterium* sont inhibées dans les milieux à pH bas (57).

L'activité des enzymes est également très sensible aux variations de pH. En effet, l'activité de la plupart des protéases microbiennes est maximale pour des pH compris entre 5,5 et 7,5 et

celle des lipases pour des pH allant de 7,5 à 9,0. Au dessous de pH 4,5, l'activité et la stabilité de nombreuses enzymes sont fortement réduites (25, 63).

Le caillé du Vieux-Lille a un pH inférieur à 5.

Un tel pH ne permet ni le développement des *Micrococcacees* et des *Coryneformes*, qui sont des agents de la maturation de ce type de fromage, ni une action suffisante des protéases et des lipases ; en outre, il interdit les interactions protéines-minéraux et protéines-eau qui confèrent à la pâte une texture souple et homogène.

Une certaine neutralisation du caillé est donc nécessaire. Celle-ci est assurée par les actions conjuguées des levures et de l'atmosphère ammoniacale de certaines caves d'affinage.

3.3.1.2 L'activité de l'eau

Tout comme le pH, l'activité hydrique joue un rôle important pour toutes les réactions et les étapes qui dépendent des microorganismes lors de l'affinage (58).

Ainsi chaque microorganisme a des conditions particulières pour se développer, la teneur en eau disponible ou activité hydrique en est une. En effet, l'abaissement de l'activité de l'eau augmente la durée de la phase de latence des micro-organismes et diminue sélectivement leur vitesse de croissance.

Ainsi, les bactéries sont très sensibles à l'abaissement de l'activité de l'eau et aucun développement n'a été enregistré en dessous d'une activité de l'eau de 0,85, sauf pour quelques espèces halophiles. A l'exception de quelques espèces de *Saccharomyces*, les levures ne se développent plus si l'activité de l'eau est inférieure à 0,80 alors que pour les moisissures ce seuil se situe vers 0,70 (26).

Parallèlement à son effet sur la flore microbienne, l'activité de l'eau influence aussi certaines réactions chimiques. Généralement, une réduction dans l'activité de l'eau entraîne une baisse de l'activité des enzymes hydrosolubles. Des enzymes comme les peroxydases et les amylases sont complètement inactivées à une activité de l'eau inférieure à 0,85. Par contre, les lipases restent actives à des activités de l'eau aussi basses que 0,3 ou 0,1.

Compte tenu de l'importance de ce paramètre dans l'affinage du fromage, il peut paraître utile de le diriger efficacement. Certaines techniques fromagères constituent des outils susceptibles de modifier l'activité de l'eau des fromages et l'affinage lui-même fait évoluer ce paramètre.

Parmi ces techniques, nous retiendrons :

- le brossage manuel de la croûte à raison de une fois par semaine pendant quatre semaines avec de l'eau salée qui entraîne une élévation de l'aw superficielle en provoquant une dilution, voire une extraction du sel. Ce lavage du rouge est effectué pour obtenir une morge d'aspect.

- le salage est, de toute évidence, le principal moteur de la dépression de l' a_w (44). Le sel en surface diminue l' a_w et favorise donc les levures et moisissures au détriment des bactéries. Ils vont ainsi permettre la remontée du pH et le phénomène d'affinage.

De plus, le sel présent à l'origine à la surface du fromage va progressivement migrer vers le cœur du fromage.

Pendant l'affinage, l'activité de l'eau ne peut être considérée comme un facteur constant, car la déshydratation qui s'opère contribue à son abaissement. De plus, les molécules de faible poids moléculaire qui sont formées pendant l'affinage modifient aussi bien l'activité de l'eau que les propriétés de sorption de l'eau par le fromage (45). Il est donc nécessaire, pour bien définir l'activité de l'eau d'un fromage de préciser sa composition et son degré d'affinage. L'activité hydrique du Vieux-Lille est de 0,94. A cette valeur, le développement des microorganismes n'est pas inhibé.

Au cours de l'affinage du Vieux-Lille, la mesure directe de la valeur de l'activité de l'eau est très délicate, et ceci pour plusieurs raisons :

- l'activité de l'eau de ces fromages n'est pas homogène et varie entre le cœur et la surface selon la concentration en sel, mais aussi, l'humidité relative et la température de l'enceinte (43).
- comme les fromages ont des activités de l'eau très élevées (entre 0,96 et 0,99) l'appareil de mesure tend à être saturé en vapeur d'eau avant que le point d'équilibre soit atteint.
- les fromages présentent, en cours d'affinage, de faibles variations de l'activité de l'eau se situant à la limite de précision des appareils de mesure.

3.3.1.3 La diffusion des solutés dans la matrice fromagère (58)

La structure du fromage est une maille faite de micelles qui constitue une structure à l'intérieur de laquelle se trouve la phase aqueuse où diffusent les molécules. Selon Hardy (26), les principaux facteurs influençant la diffusion d'un soluté dans la matrice fromagère sont :

- la matrice de protéines, lesquelles s'opposent à la migration de solutés,
- les "pores" de la matrice qui sélectionnent les molécules selon leur taille,
- l'eau liée aux protéines qui réduit l'eau disponible pour la diffusion ; de plus, elle diminue la taille des pores de la matrice protéique et augmente les phénomènes de friction,

- la viscosité de la phase aqueuse : elle est plus forte dans le fromage à cause de la présence de substances solubles telles que le lactose, l'acide lactique, les sels ou les composés azotés,
- la tortuosité : la présence de globules gras et de protéines globulaires augmente le trajet des molécules d'un facteur λ , appelé tortuosité.

L'INRA de Rennes a confirmé que le calcium et le phosphate migrent effectivement de l'intérieur vers la croûte du fromage. De plus, il a été montré que la migration de ces minéraux coïncidait à l'augmentation de pH provoquée par les moisissures. Le calcium s'associe à l'ion phosphate formant un sel insoluble, le phosphate tricalcique qui précipite à la surface sous l'action du gradient de pH. Le Graët et Brulé (34) se sont intéressés à la migration des macro et oligo-éléments dans un fromage de type Camembert. Ils ont montré que le potassium, le sodium, le zinc et le fer ont une migration réversible : elle se fait dans les deux sens coeur-surface et surface-coeur ; cette migration se fait sous l'action de la flore de surface et non du gradient de pH. Quant au cuivre, fortement fixé aux protéines, il ne migre pas et sa concentration reste constante durant l'affinage.

Différents gradients de concentration s'installent au fur et à mesure de l'affinage et les substrats vont diffuser en obéissant à ces gradients. Le métabolisme du lactose et de l'acide lactique par les microorganismes de la flore superficielle crée un gradient qui va faire diffuser ces produits de l'intérieur du fromage vers la croûte.

Parallèlement, l'ammonium présent dans les caves d'affinage sous atmosphère ammoniacale va se retrouver en excès à la surface du fromage et va ainsi vers le cœur du fromage sous le gradient de concentration qui s'est établi.

La figure 3 schématise le sens de diffusion et les gradients de concentration des principaux solutés durant l'affinage d'un fromage à pâte molle.

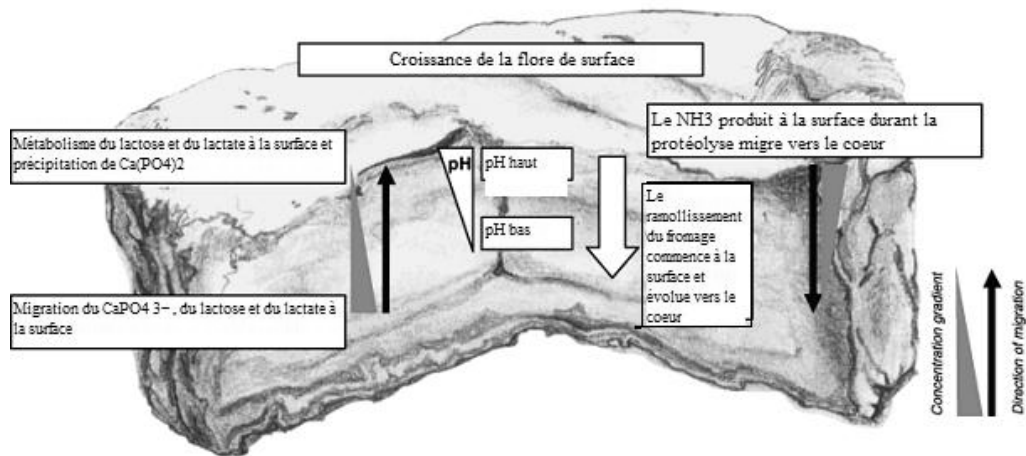


Illustration 2 : représentation schématique des changements ayant lieu lors de l'affinage d'un fromage à pâte molle en fonction des gradients de concentration qui s'installent (46).

3.3.2 Facteurs externes

3.3.2.1 L'humidité relative de la cave d'affinage

L'humidité relative de la cave d'affinage est un des 2 paramètres majeurs avec la température pour une bonne évolution du fromage. Sa valeur est ainsi vérifiée biquotidiennement par le fromager pour corriger un souci (58).

Dans les caves d'affinage du Vieux-Lille, la teneur en vapeur d'eau est de 0,94. A cette valeur, il y a toujours évaporation de l'eau de la surface du fromage vers l'atmosphère. Cette élimination d'eau dépend de plusieurs facteurs :

- Le format du Vieux-Lille : pour le « petit » Vieux-Lille la surface de contact avec l'atmosphère étant moins importante, l'évaporation est moins importante.
- L'eau disponible à l'inverse de l'eau fixée qui ne peut être éliminée, l'évaporation va donc dépendre de l'activité hydrique superficielle. Mais cette évaporation va se faire l'effet d'un gradient de concentration en eau, cela dépend donc également de la teneur en eau dans la pièce.
- La durée d'affinage dans la cave
- La vitesse de circulation de l'air (cf. ci-dessous)

Il a été montré (10) que l'affinage d'un fromage à pâte molle et à croûte lavée (type Vieux-Lille) était optimal pour une hygrométrie de 95%. Il faut savoir qu'au dessus de 95% d'hygrométrie, les flores importantes pour recouvrir la surface comme les *Penicillium* et *Geotrichum candidum* ne se développent plus. L'aspect extérieur des fromages ne rentre pas dans les critères acceptables pour la commercialisation. Par contre une hygrométrie plus faible de l'ordre de 0,92 entraînerait une diminution des échanges respiratoires et donc un développement insuffisant de la flore de surface.

3.3.2.2 La température de la cave d'affinage

La température est le deuxième paramètre fondamental pour un bon affinage, le contrôle est également biquotidien dans les caves du Vieux-Lille. Les températures optimales pour les microorganismes sont variables mais restent de l'ordre de 20 à 30°C, pour les enzymes les températures sont un peu plus élevées (de 30 à 45 °C). Mais à de telles températures, les développements microbiens sont ainsi trop importants et difficilement contrôlables que ce soit la flore utile ou la flore indésirable. On préfère donc des températures plus basses pour mieux contrôler les réactions biochimiques et chimiques du fromage.

Dans le cas du Vieux-Lille, la température est de l'ordre de 11 °C.

Ces températures sont encore plus importantes pour l'affinage du Vieux-Lille qui est l'un des plus longs et auquel on apporte un intérêt et une surveillance particulière. En effet vers la fin de l'affinage le produit est en équilibre très instable et on peut vite dériver vers la putréfaction du fromage si le développement microbien est trop rapide.

Mais la température influence la vitesse d'affinage mais aussi va modifier les caractéristiques technologiques du produit, la protéolyse et la texture sont notamment vite modifiées. D'où un double intérêt à bien maintenir la température adéquate.

3.3.2.3 L'atmosphère gazeuse de la cave d'affinage

Les gaz les plus importants durant la phase d'affinage sont l'ammoniaque, l'oxygène et le dioxyde de carbone si on retire la vapeur d'eau déjà traitée ci-dessus. Ils ont un rôle fondamental sur la respiration (aérobie, anaérobie) et la physiologie des microorganismes, l'aspect des fromages (58).

a. Influence sur la respiration des microorganismes

En étudiant l'influence du stockage sous atmosphère contrôlée, à différentes concentrations en dioxyde de carbone et en oxygène, de fromages à pâte molle et à croûte fleurie, une teneur réduite en oxygène permet de ralentir le métabolisme des micro-organismes aérobies, telles *P. camemberti* et les bactéries de surface (13).

D'autre part, une concentration en dioxyde de carbone inférieure à 5 % ralentit, voire inhibe, de façon significative la croissance des moisissures alors que des concentrations supérieures à 10 % les endommagent sérieusement. L'utilisation de l'acide lactique par la flore apparaît plus importante en conditions aérobies, et cela quelle que soit la concentration en oxygène testée (13). Ceci entraîne une plus forte remontée du pH en présence d'oxygène en favorisant l'oxydation de l'acide lactique par la flore d'affinage.

Récemment une équipe (14) a étudié l'influence de la composition gazeuse des hâloirs sur l'affinage de fromages de type Camembert. Les fromagesensemencés par une flore d'affinage composée de *Kluyveromyces lactis*, *Geotrichum candidum*, *Penicillium camemberti* et *Brevibacterium aurantiacum*, ont été affinés sous cinq atmosphères différentes. Ces auteurs ont montré que *K. lactis* n'était pas sensible à la concentration en dioxyde de carbone pendant sa phase de croissance, mais que pendant la phase de déclin une concentration plus importante de ce gaz augmentait sa mortalité. Une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone, entre 2 et 6 %, induit une amélioration significative de la croissance de *G. candidum*. Le développement du mycélium de *P. camemberti* est favorisé par une concentration en gaz carbonique de 2 %. Quand la concentration en gaz carbonique devient supérieure à 4 %, l'équilibre entre les populations de *P. camemberti* et de *G. candidum* est perturbé en faveur de ce dernier. Enfin, la croissance de *B. aurantiacum* dépend plus de la concentration de l'atmosphère en oxygène que de celle en dioxyde de carbone (14). La composition gazeuse de l'atmosphère des caves joue un rôle prédominant sur l'activité respiratoire de la flore d'affinage (61). En effet, dans le cas où l'atmosphère des caves est maintenue à 2 ou à 6 % de dioxyde de carbone durant l'affinage, l'activité respiratoire globale (consommation d'oxygène et production de dioxyde de carbone) ainsi que l'épaisseur de la sous-croûte crémeuse sont significativement plus importantes que dans les cas où l'atmosphère des caves est complètement ou partiellement renouvelée. Ces résultats montrent que le contrôle de la composition gazeuse de l'atmosphère des caves constitue une méthode susceptible d'accélérer le processus d'affinage et de réduire son coût. En extrapolant ces résultats aux fromages à pâte molle et à croûte lavée, ce qui semble être acceptable, le maintien et la surveillance de ces concentrations gazeuses pourraient aider à standardiser l'affinage. Mais dans le cas précis du

Vieux-Lille, l'affinage est plus long et doit être lent pour éviter le développement trop rapide de certaines bactéries comme *B. linens* qui donnent la saveur oui mais également la couleur rouge que l'on veut éviter pour la croûte du Vieux-Lille.

Dans les fromages, l'ammoniac se présente sous forme d'ion ammonium (NH₄⁺).

Il a été montré (2) que la dissolution de l'ammoniac ambiant en surface des fromages permet une migration plus rapide des lactates et du calcium de l'intérieur du produit vers sa surface.

Pour le Vieux-Lille, la flore bactérienne très protéolytique de type "rouge" (notamment *B. aurantiacum*), l'ammoniac de l'atmosphère contribue à la neutralisation de la surface des fromages et favorise, ainsi, le développement et l'action de la flore bactérienne acido-sensible (55).

En règle générale, l'apport éventuel de ce composé est réalisé de façon empirique, en disposant une ou plusieurs coupelles contenant de l'ammoniac dans les hâloirs au sein desquels le développement des bactéries "colorantes" est recherché.

b. Rôle sur l'apparence du fromage

L'impact du dioxyde de carbone est rarement étudié durant l'affinage. Une équipe a pourtant tenté d'évaluer ce rôle. Il a été mis en évidence qu'à une concentration en dioxyde de carbone supérieure à 6%, la sous-croûte crémeuse était beaucoup trop liquide. Ils ont réussi à conclure que la composition atmosphérique la plus favorable se situerait autour de 2% pour le dioxyde de carbone. La fermeté de la croûte semble dépendre de la concentration en dioxyde de carbone existant au voisinage des fromages. Plus cette concentration est élevée, moins la croûte est ferme. L'absence de dioxyde de carbone (fromages stockés en présence d'air) permet d'obtenir des fromages dont la croûte est, à la fois, ferme et élastique. (9).

Pour le Vieux-Lille, l'ambiance qui règne dans la cave sans renouvellement d'air contient une certaine teneur en dioxyde de carbone qui n'est pas mesurée en routine par les fromagers mais qui est indispensable en tant qu'« activateur d'affinage » (37).

3.3.2.4 L'aération et la vitesse de l'air dans l'enceinte d'affinage

Selon Ramet (55), les atmosphères confinées sont à proscrire dans tous les cas d'affinage. De telles atmosphères rendent difficile la croissance de la flore souhaitée et favorisent le développement de micro-organismes indésirables. De ce fait, les caves sont régulièrement aérées pour permettre le renouvellement de l'atmosphère. Différents ouvrages, décrivant le

processus d'affinage des fromages, soulignent le rôle important de la ventilation dans le bon déroulement de l'affinage, sans toutefois donner d'informations quantitatives précises (22, 56). Ces auteurs s'accordent à recommander une ambiance homogène, avec une circulation d'air autour des fromages "faible" et un débit d'air dans l'installation "suffisamment grand". Ceci contraste avec les anciennes pratiques d'affinage consistant à n'assurer un certain renouvellement d'air qu'à l'occasion de l'ouverture des portes des hâloirs, en particulier lors de la mise en place et de l'enlèvement des piles de fromages ou pendant les nuits. Dans la pratique industrielle actuelle, l'affinage se déroule dans des caves de grandes dimensions dont l'atmosphère est contrôlée. Dans la plupart des cas, ce contrôle se fait grâce à une unité de gestion globale des flux d'air. Cette unité permettant de fixer les taux de re-circulation et de renouvellement des gaz, par un processus de soufflage et de reprise d'air, afin d'assurer le brassage de l'atmosphère du hâloir de façon homogène en évitant la formation de zones mortes et le phénomène de stratification.

Cependant, un environnement homogène est particulièrement délicat à générer dans des locaux de grande hauteur. En effet, les réactions enzymatiques créent un réchauffement de l'air. De plus, l'évaporation de l'eau nécessite un apport d'énergie fournie par l'air entraînant son refroidissement à proximité du fromage. Il se crée alors des gradients de température (parfois plusieurs degrés) au sein de l'atmosphère et les masses d'air chaud plus légères s'accumulent dans les parties hautes du hâloir. Ces différences de température et de vitesse d'air au sein du hâloir entraînent une forte hétérogénéité dans la qualité des fromages. Une vitesse d'air trop élevée favorise la formation d'une croûte plus épaisse limitant le développement des bactéries aérobies. A l'inverse, une vitesse d'air trop faible induit l'implantation de micro-organismes pathogènes ou d'altération, comme les *Listeria* et certaines moisissures, se développant à une activité de l'eau plus élevée. Pour éviter ces défauts d'affinage, les fromagers sont contraints de placer quotidiennement les produits à des hauteurs différentes dans le hâloir. Ce surcoût économique (main-d'oeuvre) justifie la maîtrise des procédés de l'aéraulique. A notre connaissance, les problèmes d'aéraulique des hâloirs (ou la caractérisation du comportement hydrodynamique du flux d'air en leur sein) n'ont jamais été abordés de façon à aboutir à des procédures de conduite reconnues. Le fait que la circulation de l'air soit particulière à chaque installation peut expliquer cette situation. De plus, l'écoulement de l'air dans les équipements alimentaires, tels que les hâloirs d'affinage, est instable et turbulent, ce qui tend à complexifier les mesures de vitesse moyenne (58).

4 Quatrième partie : les accidents de fabrication

La fabrication du Vieux-Lille requiert ainsi une compétence et une attention particulières de la part du fromager. Toutefois il arrive que des fromages présentent des accidents lors de leur fabrication ; ils peuvent parfois présenter des défauts d'aspect, de texture et de saveur.

4.1 Défauts d'aspect ou de croûte

4.1.1 La « peau de crapaud »

Cette anomalie caractérise la croûte du fromage et se produit après l'étape de démoulage. La morge est épaisse, boursouflée, jaunâtre. Le fromage est visqueux et la croûte se décolle du fait de la solubilisation de la pâte par une grande quantité d'enzymes libérées par un développement excessif de *Geotrichum candidum*. (12, 24).



Photo 7 : anomalie de la « peau de crapaud » (65)

Afin de limiter ces anomalies, le salage doit être effectué rapidement après l'étape de démoulage car le sel inhibe le développement de *Geotrichum*. La température des caves et des hâloirs doit être étroitement surveillée et pourrait même être légèrement diminuée pour limiter ce phénomène.

4.1.2 Colorations anormales

4.1.2.1 Taches noires

On peut rencontrer parfois des taches noires à la surface et aussi juste en dessous de la croûte plutôt aux endroits plus clairs.

Il s'est révélé que ces taches contenaient une teneur élevée en fer. Cet excès de fer ne vient du fromage, il peut être présent dans les eaux de lavage réputées ferrugineuses en Thiérache ou bien sur des objets métalliques oxydables comme des claies rouillées. Le fer précipite avec du sulfure d'hydrogène qui vient de la dégradation de la cystéine présent dans caséine kappa.

Cette réaction est effectuée par des bactéries type coliformes et des germes du genre *Proteus* et *Aerogenes*. (43)

Cet accident peut être évité en assurant une bonne aération du fromage en cave pour permettre le développement des flores aérobies qui vont supplanter les *Proteus*. De plus il va falloir éviter les apports de fer en effectuant des contrôles sur la qualité de l'eau de brossage et en utilisant des claies inoxydables pour éviter les phénomènes de rouille.

4.1.2.2 « Poils de chat »

A la différence des taches noires, les « poils de chat » ne poussent qu'à la surface de la croûte. Ils tiennent leur nom de par leur aspect en petites têtes d'épingle formées d'une tache noire circulaire en relief qui fait penser aux vibrisses d'un chat.



Photo 8 : anomalie du « poil de chat » (65)

Leur apparition est très rapide dès les premiers jours d'affinage. La flore utile n'est pas encore en place et les *Mucor* vont entrer en compétition avec les *Penicillium*. Comme ils se multiplient plus vite que les *Penicillium* et supportent mieux l'anaérobiose rencontrée aux zones de contact entre les fromages et les claies, il va falloir éviter leur implantation. Cela va

passer par une bonne désinfection des locaux, du matériel, une hygiène du personnel bien surveillée.

4.1.2.3 L'accident « du bleu »

L'accident du bleu résulte du développement de moisissures du genre *Penicillium*, à l'origine de l'apparition non désirée de tâches de couleur allant du bleu pâle au vert foncé sur la croûte des fromages. Ce sont les spores de la moisissure qui donnent cette coloration.

Le bleu en vieillissant peut voir sa couleur légèrement se modifier jusqu'à devenir gris. Ces taches peuvent être sous forme de spots ou recouvrir entièrement la surface du fromage. Le bleu peut être localisé sur toutes les surfaces du fromage ou à des endroits particuliers selon le format du fromage.

L'aspect des taches peut être plutôt aérien et velouté (on le remarque dans les colorations bleues) ou au contraire plutôt ras et poudreux (cas de la coloration verte).

Les spores de *Penicillium* sont véhiculées par l'air et diffusent très facilement, d'où une surveillance accrue des entrées et mouvements du personnel et évidemment une désinfection des locaux.

4.1.2.4 Taches brunes

Au début de l'affinage, on a vu que les ferments du rouge étaient indispensables. Leur croissance est parfois inégale et dans ce cas on remarque des taches brunes ou des striations brunes.

Une étude a montré que ces taches brunes étaient composées de leucine et de tyrosine en grande quantité. Ces acides aminés peuvent en présence de nitrites donner des nitrosamines qui sont des composés cancérigènes. Quant aux nitrites, ce sont des résidus du métabolisme des bactéries du rouge ou bien ils peuvent provenir de l'eau de lavage.

Ces taches apparaissent quand la concentration en *Brevibacterium* est anormalement importante, notamment lorsque les claies sont mal nettoyées et apportent des ferments supplémentaires. Le lavage minutieux des claies est donc une solution mais peut a contrario provoquer des difficultés de pousse des ferments du rouge. Dans ce cas, le fromager pulvérise des ferments sur le fromage ou bien en inclut dans la solution de lavage.

4.1.2.5 Coloration anormale étendue à toute la croûte

Parfois on obtient des Vieux-Lille qui restent rouge ou même qui deviennent complètement jaune. Cela s'explique par un défaut de développement de la flore recherchée. Ces fromages ne peuvent être commercialisés car non conformes mais sont tout de même consommables.

4.1.3 Développement anormal des levures

Ce phénomène peut apparaître dans les premiers jours de l'affinage. Un léger feutrage blanc-grisâtre se met en place, ce duvet repousse même malgré le lavage.

Une multiplication excessive de *Candida tropicalis* a déjà été identifiée dans les saumures (33). Dans ce cas, une concentration suffisante en sel de la saumure suffit à inhiber la multiplication de la levure.

4.1.4 «Taches graisseuses»

Ce phénomène peut apparaître au cours de l'affinage après au moins semaines en cave. On observe une décoloration importante des arêtes du fromage qui serait dû à un retard ou à des difficultés de croissance des ferments du rouge. Cette arête va vite se liquéfier en quelques jours pour aboutir à une coloration noirâtre synonyme de putréfaction. Si on laisse ce fromage évoluer, c'est toute la pâte qui va aussi se mettre en phase de putréfaction.

La flore en cause appartiendrait au genre *Proteus* et serait aussi composée de *coliformes* (43).

4.2 Défauts de texture

4.2.1 Les gonflements

4.2.1.1 Le gonflement précoce

Cet accident se rencontre au tout début de la fabrication du Vieux-Lille. Certains caillés se rétractent moins et plus lentement que les autres. Le caillé s'égoutte mal et il a un aspect spongieux.

Ce défaut se produit le plus souvent l'été et dû à la fermentation du lactose en gaz carbonique et en hydrogène par des microorganismes coliformes. Ces gaz, peu solubles dans le fromage, provoquent ainsi son gonflement.

La contamination par cette flore peut être due à la pollution de l'eau de lavage, à une hygiène du matériel et du personnel déficiente, à un défaut de thermisation d'un lait contaminé, à

une acidification insuffisante par défaut d'efficacité des levains ou par la présence d'inhibiteurs dans le lait...

Les mesures de prévention sont les suivantes :

- Contrôle de la qualité bactériologique du lait avec la recherche de coliformes après thermisation
- Recherche d'antibiotiques
- Règles classiques d'hygiène du personnel et du matériel

4.2.1.2 Le gonflement tardif

Cet accident est peu fréquent et intervient après au moins 2 semaines d'affinage en cave. Le fromage gonfle, se déforme et la croûte peut même se fissurer (32,33).

Les germes en cause sont des *Clostridium*. Ils dégradent l'acide lactique en acide acétique, en acide butyrique, en gaz carbonique et en hydrogène. Leur multiplication est possible pour des pH compris entre 4,5 et 7,5 avec un pH optimum à 5,8. Ce défaut est ainsi peu fréquent dans la fabrication du Vieux-Lille car l'acidité élevée de la pâte ainsi que l'ajout important de sel inhibe fortement la germination des spores de *Clostridium*.

La contamination du lait se fait par la forme sporulée de ces bactéries que l'on retrouve dans le sol, les fécès et l'ensilage.

La prévention passe donc par :

- Une technique de fabrication d'ensilage en limitant la présence de terre dans les silos.
- Le paillage qui doit être suffisant en stabulation libre.
- Une hygiène de la traite et de la salle de traite minutieuses.

Les laiteries en pénalisant les laits selon leur qualité bactériologique ont incité les producteurs à une plus grande vigilance depuis de nombreuses années.

4.2.2 Les accidents du caillé

4.2.2.1 Caillé mou

Le caillé se retrouve avec un aspect plus flasque dû à une diminution de la fermeté du gel (52, 33).

Les causes sont multiples :

- Une température de conservation du lait trop basse (<7°C) peut allonger le temps de coagulation en inhibant la formation des micelles. Le gel est de ce

fait moins solide. Un ajout de chlorure de calcium peut compenser ce phénomène.

- Une inhibition des ferments lactiques inefficace lors de la coagulation à cause de températures trop basses (<15°C).
- Une température trop basse lors de l'égouttage. Le fromage aura alors tendance à s'affaisser lors de l'affinage.
- L'utilisation de laits modifiés déficitaires en protéines coagulables comme le colostrum ou le lait issu des vaches à mammites.
- La présence d'antiseptiques ou d'antibiotiques qui détruit les ferments lactiques et empêche l'acidification du caillé.

4.2.2.2 Caillé friable

Le caillé ainsi obtenu présente des fissures et est rétracté. Ce défaut vient d'un emploi massif et non contrôlé de ferments qui vont donner un milieu trop acide. Cela peut être dû à une température de caillage trop élevée qui va diminuer le temps d'égouttage et donner alors un fromage dur (52, 33).

4.2.3 Pâtes sèches

Ce défaut se produit quand la pâte du fromage a une teneur en eau trop faible. La cause peut être un allongement de la phase d'égouttage voire une trop grande activité de cette phase lors d'une trop grande acidité du lait. Ce peut également être dû à un allongement de la phase de séchage ou encore un excès de saumurage.

Le fromage ainsi obtenu a une pâte cassante, crayeuse, sans goût.

4.2.4 Galeries dans la pâte

Malgré les mesures préventives, il arrive que des mouches se retrouvent dans les caves. Leur impact est dans ce cas désastreux car elles pondent des vers qui peuvent sauter de fromages en fromages et qui vont creuser des galeries dans les Vieux-Lille.

4.3 Défauts de saveur

4.3.1 Le goût de rance

Ce défaut survient dès la mise en cave car la flore de *Pseudomonas* et d'*Aeromonas* se développe bien dans les conditions d'ambiance de la cave. Cette flore contient des lipases qui vont hydrolyser les triglycérides en acides gras libres de faible poids moléculaire qui donnent ce goût de rance.

Cette flore bactérienne peut se retrouver dans le lait. Pour limiter au maximum la contamination du lait, le lait doit être porté en moins de deux heures à une température de 4°C qui inhibe la formation et l'activité des lipases. L'hygiène et la désinfection des appareils de traite vont également diminuer ce risque de contamination.

4.3.2 L'amertume

Elle peut être due à la présence sur la croûte d'aldéhydate d'ammoniaque qui se forme à partir des aldéhydes présents dans la pâte et avec de l'ammoniaque gazeux, déchet métabolique des ferments du rouge. Le lavage régulier ainsi qu'une légère aération de la cave vont permettre d'éviter ce défaut.

L'amertume peut également venir d'un excès de présure.

4.3.3 La putréfaction

L'odeur putride parfois rencontrée dans certains fromages vient d'une protéolyse trop importante qui libère des acides aminés en grande quantité.

=> De nombreux accidents bactériologiques peuvent ainsi rendre invendables les Vieux-Lille depuis la phase de réception du lait jusqu'à l'affinage final. Cette fabrication est régie par de nombreux équilibres fragiles

CONCLUSION

Avec un tonnage de seulement 100 tonnes par an, le Vieux-Lille reste un fromage assez confidentiel. De l'éleveur producteur de lait à l'affineur, les professionnels de la Thiérache respectent sa fabrication ancestrale tout en y adaptant les techniques modernes. Ces produits de qualités ont permis de valoriser une production laitière en pleine crise et de maintenir une cohésion sociale autour des valeurs du terroir.

De par son affinage particulièrement long, la commercialisation du Vieux-Lille doit être assez rapide après sa fabrication. Car sinon il prend un aspect poisseux, grisâtre qui ne rentre pas dans l'idéal du produit fini pour le consommateur.

Pourtant pour les puristes et les grands amateurs de ce fromage, c'est dans cet état avancé en fin d'affinage qu'il est le meilleur mais il n'est consommable que pendant quelques jours. Ils en parlent même comme « le foie gras des fromages ».

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

Mr Benjamin, Patrice, Didier LEGER

a été admis(e) sur concours en : 2003

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 10 Juillet 2008

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, Jean-Denis BAILLY, Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
autorise la soutenance de la thèse de :

Mr Benjamin, Patrice, Didier LEGER

intitulée :

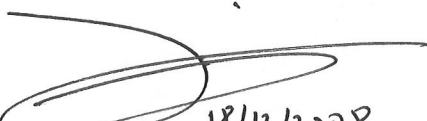
« Le Vieux-Lille. »



**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Jean-Denis BAILLY**



**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON**



**Vu : 18/12/2008
Le Président de la thèse :
Professeur Dominique LANGIN**

Vu le : 12 JAN. 2009

**Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Gilles FOURTANIER**



BIBLIOGRAPHIE

- 1) ARFI, K., AMARITA, F., SPINNLER, H.E. and BONNARME, P. 2003. Catabolism of volatile sulfurcompounds precursors by *Brevibacterium linens* and *Geotrichum candidum*, two microorganisms of the cheese ecosystem. *Journal of Biotechnology* 105(3): 245-253.
- 2) BACHMANN, HP. 1997. High ammonia content delays smear development of cheese. *Agrarforschung* 4(10): 407-410
- 3) BOCKELMANN, W. 1997. Surface-Ripened Cheeses. Pages 121–132 in 5th Cheese Symp. TEAGASC, Dublin, Ireland.
- 4) BOCKELMANN, W., FUEHR, C., MARTIN, D. and HELLER, K. 1997. Color development by redsmear surface bacteria. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte* 49(4): 285-292.
- 5) BOCKELMANN, W., WILLEMS, K.P., NEVE, H. and HELLER, K.H. 2005. Cultures for the ripening of smear cheeses. *International Dairy Journal* 15(6-9): 719-732.
- 6) BONAITI, C. LECLERCQ-PERLAT, M.N. LATRILLE, E. ET CORRIEU, G. 2004. Desacidification by *Debaryomyces hansenii* of smear cheeses ripenede in controlled conditions : Influence of relative humidity and of temperature. *Journal of Dairy Science* 87(11): 3976-3988.
- 7) BRENNAN, N.M., WARD, A.C., BERESFORD, T.P., FOX, P. F., GOODFELLOW, M. and COGAN, T.M. 2002. Biodiversity of the bacterial flora on the surface of a smear cheese. *Applied and Environmental Microbiology* 68(2): 820-830.
- 8) CANTERI, G. 1997. Les levains lactiques. *In Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.175-195.
- 9) CHAMPAGNE, CP. SOULIGNAC, L. MARCOTTE, M. and INNOCENT, J.P.2003. Texture et évolution du pH de fromages de type Brie entreposés en atmosphère contrôlée. *Le lait* 83:145-151.
- 10) CHOISY, C., DESMAZEAUD, M., GUEGUEN, M., LENOIR, J., SCHMIDT, J.-L. and TOURNEUR, C. 1997. Les phénomènes microbiens. *In Le fromage*. Eck, A. et Gillis, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.377-446.
- 11) CUER, A., DAUPHIN, G., KERGOMARD, A., DUMONT, J.P. and ADDA, J. 1979. Production of Smethylthioacetate by *Brevibacterium linens*. *Applied and Environmental Microbiology* 38(2): 332-334.

- 12) DELESALLE, A.A. A la découverte d'un grand fromage du nord : le Maroilles. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse. 2003.
- 13) DELFOSSE, C. L'appellation d'origine du maroilles. Comment définir l'aire de production d'un fromage en liaison avec celle du pays ? dans Ruralia.
- 14) DELMAS. Biotechnologies et ferments lactiques. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse. 1991
- 15) DION, R. VERHAEGHE, R. Le Maroilles, « Le plus fin des fromages forts ». Octobre 1997.
- 16) DUFOSSE, L., P. MAHON, et A. BINET. 2001. Assessment of the coloring strength of *Brevibacterium linens* strains: spectrophotometry versus total carotenoid extraction/quantification. Journal of Dairy Science. 84:354–360.
- 17) DURAND, P. Le Maroilles. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse. 1981
- 18) EPPERT, L., N. VALDES-STAUBER, H. GOTZ, M. BUSSE, et S. SCHERER. 1997. Growth reduction of *Listeria* spp. caused by undefined industrial red smear cheese cultures and bacteriocin-producing *Brevibacterium linens* as evaluated in situ on soft cheese. Applied Environmental Microbiology. 63:4812-4817.
- 19) FAUQUET. Fromagerie du Nouvion en Thiérache.
- 20) FEURER, C., F. IRLINGER, H. E. SPINLER, P. GLASER, et T. VALLAEYS. 2004. Assessment of the rind microbial diversity in a farmhouse-produced vs a pasteurized industrially produced soft red-smear cheese using cultivation and rDNA-based methods. Journal of Applied Microbiology. 97:546-556.
- 21) FIEDLER, F., SCHAFFLER, M. and STACKEBRANDT, E. 1981. Biochemical and nucleic acid hybridisation studies on *Brevibacterium linens* and related strains. Archives of microbiology 129(1): 85-93.
- 22) FOX, P.F., LAW, J., MC SWEENEY, P.L.H. et WALLACE, J. 1993. Biochemistry of cheese ripening. In Cheese : chemistry, physics and microbiology Fox (ed). London. vol1, p.389- 438.
- 23) GAVRISH, E. Y., VRAUZOVA, V.I., POTEKHINA, N.V., KARASEV, S.G., POLTNIKOVA, E.G., ALTYNTSEVA, O.V., KOROSTELEVA, L.V. et EVTUSHENKO, L.I. 2004. Three new species of Brevibacteria, *Brevibacterium antiquum* sp. nov., *Brevibacterium aurantiacum* sp. nov., *Brevibacterium permense* sp. nov. Microbiology 73(2): 176-183.

- 24) GIRAUDET, C. Etude et prophylaxie des accidents de fromagerie dus à une contamination du lait par des germes de souillure. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse. 1978.
- 25) GOBBETTI, M., LANCIOTT, R., DE ANGELIS, M., ROSARIA CORBO, M., MASSINI, R. et FOX, P. F. 1999. Study of the effects of temperature, pH, NaCl, and aw on the proteolytic and lipolytic activities of cheese-related lactic acid bacteria by quadratic response surface methodology. *Enzyme and Microbial Technology* 25(10): 795-809.
- 26) HARDY, J. 1997. L'activité de l'eau et le salage. *In* Le fromage Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.62-84.
- 27) HASSOUNA, M. et GUIZANI, N. 1995. Evolution de la flore microbienne et des caractéristiques physico-chimiques au cours de la maturation du fromage tunisien de type Camembert fabriqué avec du lait pasteurisé. *Microbiologie, hygiène alimentaire* 7(18): 14-23.
- 28) IRLINGER, F., 2000. Caractérisation phénotypique et moléculaire de la diversité des bactéries d'intérêt technologique, de la surface des fromages. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.
- 29) KOHL, W., H. ACHENBACH, et H. REICHENBACH. 1983. The pigments of *Brevibacterium linens*: aromatic carotenoids. *Phytochemistry* 22:207–210.
- 30) LA GORCE, R. « L'évolution agricole du pays de Thiérache de la fin du 18^e siècle à nos jours », dans *Bulletin de la Société archéologique et historique d'Avesnes*, 1935.
- 31) LAW, J. et HAANDRIKMAN, A. 1997. Proteolytic Enzymes of Lactic Acid Bacteria. *International Dairy Journal* 7(1): 1-11.
- 32) LE BARS-BAILLY, S. Moisissures utiles et nuisibles en fromagerie. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse. 1998.
- 33) LE BARS-BAILLY, S. BAILLY, JD. BRUGERE, H. Accidents de fabrication dus aux moisissures en fromagerie. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 150, 413-430, 1999.
- 34) LE GRAET, Y. LEPIENNE, A. BRULE, G. et DUCRUET, P. (Rennes), Migration du calcium et des phosphates inorganiques dans les fromages à pâte molle de type Camembert au cours de l'affinage. *Le Lait*, 63, (1983), 317-332.
- 35) LECLERCQ-PERLAT, M. N., BUONO, F., LAMBERTD., SPINNLER, H. E. et CORRIEU, G. 2004. Controlled Production of Camembert-Type Cheeses : Part I. Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research* 71(3): 346-354.

- 36) LECLERCQ-PERLAT, M.-N., G. CORRIEU, et H.-E. SPINNLER. 2004. The color of *Brevibacterium linens* depends on the yeast used for cheese deacidification. *Journal of Dairy Science*. 87:1536-1544.
- 37) LECLERCQ-PERLAT, M. N., PICQUE, D., RIAHI, H. et CORRIEU, G. 2006. Microbiological and Biochemical Aspects of Camembert-Type Cheeses Depend on Atmospheric Composition in the Ripening Chamber. *Journal of Dairy Science* 89(8): 3260-3273.
- 38) LECOCQ, J., GUEGUEN, M. et COIFFIER, O. 1996. Importance de l'association *Geotrichum candidum-Brevibacterium linens* pour l'affinage de fromages à croûte lavée. *Science des Aliments* 16(3): 317-327.
- 39) LEDUC Sarl. Fromagerie à Sommeron.
- 40) LENOIR, J., LAMBERT, G., SCHMIDT, J.L. et TOURNEUR, C. 1985. La maîtrise du bioréacteur fromage. *Biofutur* 41: 23-50.
- 41) LORTAL, S. et CHAPOT-CHARTIER, M.-P. 2005. Role, mechanisms and control of lactic acid bacteria lysis in cheese. *International Dairy Journal* 15(6-9): 857-871.
- 42) MAOZ, A., R. MAYR, et S. SCHERER. 2003. Temporal stability and biodiversity of two complex antilisterial cheese-ripening microbial consortia. *Applied Environmental Microbiology*. 69:4012-4018.
- 43) MARCOS, A., ALCALA, M., LEON, F., FERNANDEZ-SALGUERO, J. et ESTEBAN, M.A. 1981. Water activity and chemical composition of cheese. *Journal of Dairy Science* 64: 622-626.
- 44) MARCOS, A. et ESTEBAN, M.A. 1982. Nomograph for predicting water activity of soft cheese. *Journal of Dairy Science* 65: 1795-1797.
- 45) MATHLOUTHI, M. 2001. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control* 12(7): 409-417.
- 46) MCSWEENEY. 2004. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology* 57(2-3): 127-144.
- 47) MOLIMARD, P. et SPINNLER, H. E. 1996. Review: Compounds involved in the flavor of surface mold ripened cheeses: origins and properties. *Journal of Dairy Science* 79: 169-184.
- 48) MOUNIER, J., R. GELSOMINO, S. GOERGES, M. VANCANNEYT, K. VANDEMEULEBROECKE, B. HOSTE, S. SCHERER, J. SWINGS, G. F. FITZGERALD, et T. M. COGAN. 2005. The surface microflora of four smear-ripened cheeses. *Applied Environmental Microbiology*. 71:6489-6500.

- 49) MOUNIER, J., S. GOERGES, R. GELSOMINO, R. VANCANNEYT, K. VANDEMEULEBROECKE, B. HOSTE, N. M. BRENNAN, S. SCHERER, J. SWINGS, G. F. FITZGERALD, et T. M. COGAN. 2006. The sources of the adventitious microflora of a smear-ripened cheese. *Journal of Applied Microbiology*. 101:668-681.
- 50) NOOMEN, A. 1983. Proteolysis in cheese: sources and consequences. *Netherlands Milk & Dairy Journal* 37(1/2): 96-97.
- 51) OLSON, N. F. 1990. The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor. *FEMS Microbiology Letters* 87(1-2): 131-147.
- 52) PAUL, G. Du fromage de Vieux-Lille. Thèse de médecine vétérinaire. Toulouse 1986.
- 53) PICQUE, D., LECLERCQ-PERLAT, M. N. et CORRIEU, G. 2006. Effects of Atmospheric Composition on Respiratory Behavior, Weight Loss, and Appearance of Camembert-Type Cheeses During Chamber Ripening. *Journal of Dairy Science*. 89(8): 3250-3259.
- 54) PURKO, M., W. O. NELSON, et W. A. WOOD. 1951. The associative action between certain yeast and *Bacterium linens*. *Journal of Dairy Science*. 34:699-705.
- 55) RAMET, J.P. 1985. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO Production et santé animale 48, Rome.
- 56) RAMET, J.P. 1997. Technologie comparée des différents types de caillé. *In Le fromage*. ECK, A. et GILLIS, J.-C. Lavoisier Tec & Doc. Paris. p.334-364.
- 57) RATTRAY, F.P. et FOX, P.F. 1999. Aspects of enzymology and biochemical properties of *Brevibacterium linens* relevant to cheese ripening : A review. *Journal of Dairy Science* 82(5): 891-909.
- 58) RIAHI, M.H. 2006. Modélisation de phénomènes microbiologiques, biochimiques et physico-chimiques intervenant lors de l'affinage d'un fromage de type pâte molle croûte lavée. Thèse de doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- 59) URBACH, G. 1995. Contribution of Lactic Acid Bacteria to Flavour Compound Formation in Dairy Products. *International Dairy Journal* 5(8): 877-903.
- 60) VALDES-STAUER, N., SCHERER, S. et SEILER, H. 1997. Identification of yeasts and coryneform bacteria from the surface microflora of brick cheeses. *International Journal of Food Microbiology* 34: 115-129.
- 61) VASSAL, L., MONNET, V., LE BARS, D., ROUX, C. et GRIPON, J.-C. 1986. Relation entre le pH, la composition chimique et texture des fromages de type Camembert. *Le Lait* 64(397-417).

- 62) VAUDOIS, J. « La Thiérache : économies et territoires », dans *Compte-rendus de l'Académie d'agriculture de France*, volume 78, n° 5, 1992, pp. 13-22.
- 63) WEIMER, B., DIAS, B. and UMMADI, M. 1997. Influence of NaCl and pH on intracellular enzymes that influence cheddar cheese ripening. *Le Lait* 77: 383-398.
- 64) www.aisne.com
- 65) <http://fr.wikipedia.org/wiki/bleuedunord>
- 66) www.inst-elevage.asso.fr

Achevé d'imprimer à TOULOUSE par
la S.A.R.L. NOTREL



84, chemin des Capelles • 31300 TOULOUSE
notrel.sarl@wanadoo.fr