



N°348

JUIN 2018

REVUE DES

enil



L'AFFINAGE



REVUE DES ECOLES NATIONALES D'INDUSTRIE LAITIÈRE, DE LEURS AMICALES D'ANCIENS ÉLÈVES ET DES ORGANISMES ASSOCIÉS



L'ANFOPEIL a pour mission première de coordonner la réponse des ENIL aux besoins de formation des personnels de la transformation laitière. Compte-tenu de nos difficultés à attirer des jeunes vers nos métiers, les entreprises de l'industrie laitière sont amenées à recruter des candidats sans formation initiale ou sans formation laitière. Dans les 2 cas, ces personnes auront besoin de formations spécifiques qui apporteront les connaissances nécessaires sur notre matière première, nos produits finis et les process de transformation.

Pour répondre à ces besoins, l'ANFOPEIL regroupe l'ensemble des Écoles Nationales d'Industrie Laitière (ENIL) qui mettent tous leurs formateurs spécialisés à disposition des entreprises pour contribuer à la formation de leur personnel (formation initiale, en alternance, continue en face à face ou à distance, ...)

Notre Revue des ENIL, à destination des technologues laitiers, est le reflet de l'expertise de nos formateurs, elle est diffusée gratuitement au format papier vers nos clients et est disponible, en accès libre, sur notre site internet. Le format thématique permet de regrouper nos connaissances sur un sujet et de montrer que chacune des ENIL peut apporter son expertise.

Je vous souhaite une bonne lecture de ce 4^{ème} dossier thématique consacré à l'affinage, sujet majeur pour garantir la qualité et la diversité de nos fromages.

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

MISE EN PAGE :

Camille BARBIER

N° ISSN: 0395-6865

IMPRIMERIE Seigle-Ferrand
39800 POLIGNY
Dépot légal Juin 2018

ANFOPEIL

BP10025
39800 POLIGNY

accueil@anfopeil-enil.fr
03 84 37 27 24

SOMMAIRE



INTRODUCTION	3
Christelle BOURQUI, formatrice technologie laitière ENILV, La Roche sur Foron	
LES PRINCIPES DE L’AFFINAGE	3
Franck NEYERS, formateur, ENILIA Surgères	
INTERVIEW D’ENTREPRISE	7
Sébastien COTTET, formateur, ENILV La Roche sur Foron	
PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES FLORES D’AFFINAGE	10
Thierry LERENDU, formateur, ENIL Saint-Lô	
LES SUPPORTS D’AFFINAGE	14
Valérie MICHEL et Nadège BEL, ACTALIA	
AFFINAGE SOUS FILM	16
Franck NEYERS, formateur, ENILIA Surgères	
LES LOCAUX D’AFFINAGE, ÉQUIPEMENTS, GESTION DES FLUX ET IMPACTS DES VARIATIONS SUR LES FROMAGES	20
Sébastien LAGNAUX, intervenant société CLAUGER et Benoit PANCHER, formateur technologie fromagère, ENIL Mamirolle	
LES DÉFAUTS D’AFFINAGE PAR GRANDES FAMILLES DE FROMAGE	27
Franck NEYERS, formateur, ENILIA Surgères	
ÉVOLUTION DE LA BIO DIVERSITÉ AU COURS DE L’AFFINAGE D’UN FROMAGE AU LAIT CRU	30
Nicolas ORIEUX, docteur en écotoxicologie, enseignant en biotechnologie et génie biologique, ENILV la Roche-sur-Foron	
INTÉRÊT DE L’ANALYSE SENSORIELLE EN FROMAGERIE	33
Sébastien COTTET, formateur, ENILV La Roche sur Foron	
STAGES ANFOPEIL	35
Thierry MICHELET, coordinateur-responsable pédagogique, ANFOPEIL	

INTRODUCTION

Christelle BOURQUI, formatrice technologie laitière ENILV LA ROCHE SUR FORON

Selon que l'on soit simple consommateur, étudiant en fromagerie, ou professionnel ce simple terme n'évoque pas les mêmes images ou notions.

Pour les premiers, le message véhiculé par les publicitaires a fait son office : qui ne songe pas aux caves de roquefort et à son maître-affineur à moustache emblématique ou aux immenses caves de comté ? Certains vous parleront sans doute aussi de quelque chose d'un peu mystérieux voir magique...

Pour nos étudiants, l'affinage souffre bien souvent d'une image négative : la tendance est bien souvent de préférer la transformation à l'affinage, vécu comme des tâches répétitives ou rébarbatives. Le challenge est de les attirer vers le métier, de leur transmettre la passion

de l'affinage, de leur faire comprendre l'importance de cette étape. Cet amour du métier d'affineur sera certainement transmis aux générations futures à travers les nouvelles technologies : robots d'affinage, contrôle du conditionnement d'air par informatique qui rendent ce travail plus agréable, mais surtout toujours plus pointus dans la maîtrise de la technologie.

Enfin pour les professionnels avérés, c'est tout une succession de transformations que l'on doit être capable d'orienter et de maîtriser, et souvent des problèmes qu'il faut être capable de comprendre pour mieux les contrôler. Cela peut être également du capital immobilisé qu'il faut à tout prix valoriser, voire sublimer mais surtout ne jamais détériorer.

Ces quelques lignes sont bien réductrices et c'est pourquoi il est opportun de consacrer un numéro entier à l'affinage pour en découvrir ou redécouvrir les principes fondamentaux.

Embarquez pour un formidable voyage au travers de la protéolyse, lipolyse et glycolyse, apportez un œil attentif aux flores d'affinage alliées ou ennemies, innovez avec la robotique et les traitements d'air. Propulsez-vous vers le futur avec la méta génomique et enfin dégustez avec notre dossier analyse sensorielle !

Très bon voyage à tous.

LES PRINCIPES DE L'AFFINAGE

Franck NEYERS, Formateur, ENILIA Surgères

L'affinage est une digestion enzymatique du caillé. Les macro-molécules issues de la coagulation et de l'égouttage sont peu sapides, donnent une texture ferme au fromage démoulé. Au fur et à mesure de l'action des différentes enzymes actives durant l'affinage, le caillé se transforme en fromage, il se solubilise, s'assouplit ; des molécules plus petites, plus sapides,

odorantes apparaissent au fur et à mesure de cette dégradation.

Lors de la fabrication, le caillé s'acidifie par la production d'acide lactique. Le pH démoulage varie de 4.2 (caillés lactiques humides) à 5.2 (caillés enzymatiques). Lors de l'affinage, les grandes voies métaboliques conduisent à une consommation plus ou moins rapide de

cette acidité, avec un développement de flores de moins en moins acido sensibles et un travail enzymatique croissant au fur et à mesure de la remonté de pH. Ces évolutions peuvent être différentes entre la croûte et le cœur du fromage, conduisant à des affinages homogènes en caillés enzymatiques et des affinages centripètes en lactique.

pH croûte et cœur relevés sur 3 fromage témoins

	Démoulage		1/2 DLUO		DLUO	
	pH à coeur	pH en surface	pH à coeur	pH en surface	pH à coeur	pH en surface
Lactique	4,3	4,3	4,3	4,5	4,3	6
Camembert	4,9	4,9	4,9	5,1	5,1	7
Saint-Paulin	5,1	5,1	5,1	5,2	5,5	5,8

Le caillé au démoulage est un réservoir de germes et d'enzymes. L'évolution va dépendre des paramètres de milieu qui vont favoriser telle ou telle voie métabolique. Globalement, la glycolyse conduit à la désacidification par consommation de l'acide lactique, mais aussi à l'ouverture par production de CO₂, et à l'aromatisation par la

synthèse de petites molécules carbonées comme des alcools ou aldéhydes. La protéolyse va principalement conduire à l'assouplissement du caillé, par solubilisation des caséines, transformation en gros peptides, puis petits peptides (amers), acides aminés, voir amine et CO₂, acide et ammoniacque. Ces composés terminaux de la protéolyse

sont responsables de la typicité organoleptique des fromages. La lipolyse va quant à elle générer des saveurs plus fruitées, piquantes, et peut conduire à des défauts majeurs en association avec des composés terminaux de la protéolyse, par saponification.

Evolutions du caillé	Détails	Conséquences	Flores responsables (Non exhaustif)
Glycolyse	Consommation lactose / acide lactique	Remonté du pH, disparition du cœur plâtreux	Levures en surface (DH) ou dans la masse (KL)
	Respiration, production de CO ₂ , alcool	Perte de poids, freintes	Levures, moisissures
Protéolyse primaire	Solubilisation des caséines	Assouplissement de la pâte, amérisation	Bactéries lactiques thermophiles
Protéolyse secondaire	Hydrolyse des gros peptides, des petits peptides	Désamérisation, solubilisation poussée de la pâte, apparition de saveurs typées	Bactéries lactiques mésophiles, microcoques, levures, moisissures
Protéolyse fine	Dégradation des acides aminés	Production de composés aromatiques et odorants	Ferments du rouge, moisissures
Lipolyse	Production d'acides gras libres, d'acides gras volatiles,	Production de composés sapides	Levures, moisissures, propioniques

La glycolyse

En début de fabrication, le lactose est dégradé par les bactéries lactiques (on parle de glycolyse car il y a passage au stade du glucose) et est transformé en acide lactique, ce qui occasionne une baisse de pH. L'acide lactique est lui-même retransformé par différents micro-

organismes avec production de déchets divers.

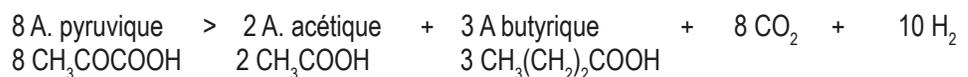
- dégradation en aérobiose par les levures et moisissures : CO₂ + H₂O
 - fermentation en anaérobiose par les levures : éthanol + acétaldéhyde + acides organiques + CO₂
- Durant l'affinage, deux fermentations sont faites en anaérobiose (sans oxygène) et

sont caractéristiques des fromages à pâte cuite de gros format entre autre :

- fermentation propionique : l'acide lactique est transformé en acide propionique et CO₂. Ce CO₂ lorsqu'il est à saturation dans le fromage, va former des yeux ; ce sont majoritairement les propioniques qui sont responsables de l'ouverture de fromages à pâte cuite.



• fermentation butyrique : la fermentation est quasiment identique sauf que l'acide produit est de l'acide butyrique, responsable de goûts piquants et de mauvaises odeurs. Le gaz produit est de l'hydrogène, insoluble dans la pâte du fromage. Il cherchera à sortir du fromage et provoquera la déformation voir l'éclatement des meules de gros fromages.



Le degré de glycolyse des fromages est mesuré par la teneur en sucre résiduel mesurée initialement au démoulage. Elle est quasiment nulle pour les fromages enzymatiques (« traces » sur l'étiquetage de la valeur nutritionnelle glucidique), elle peut représenter quelques grammes / kg pour des fromages très lactique et peu affinés (0.5 à 5).

La protéolyse

La protéolyse des fromages est suivie par l'évolution des différentes phases azotées dans le produit entre le démoulage et en cours d'affinage. Les fromages français sont surtout protéolysés et peu lipolysés. On observe les valeurs suivantes :

- 6 à 7 % d'azote soluble dans le fromage frais ;
- 16 à 20 % dans le Saint Paulin

traditionnel ;

- 30 % dans le comté ;
- 30 à 35 % dans le camembert ;
- jusqu'à 50 % dans les pâtes persillées.

La composition de cet azote soluble varie d'un fromage à l'autre :

- Saint Paulin : surtout riche en peptides et polypeptides ;
- comté : relativement riche en AA (10 % de l'azote total, soit 3 fois plus que dans

le camembert) et en NH_3 (3 %, soit 2 à 3 fois moins que pour le Camembert) ;

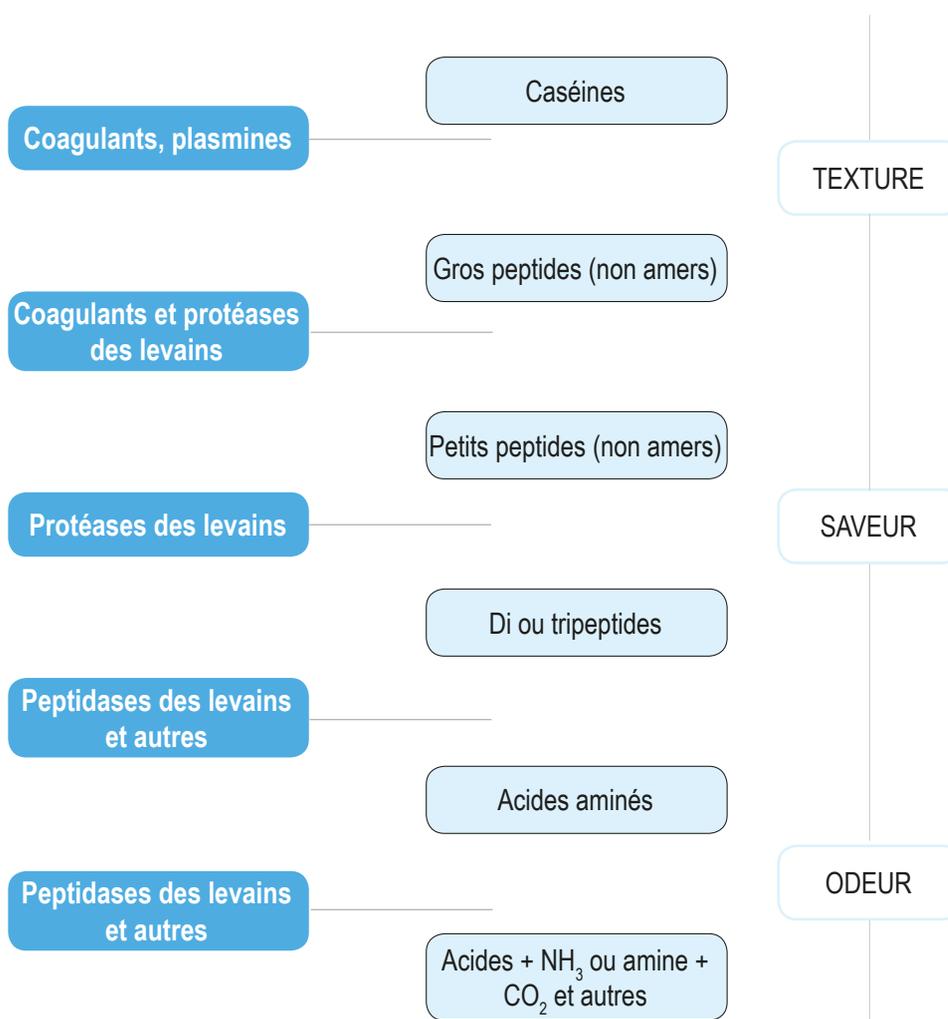
- camembert : toutes les formes de l'azote sont représentées, riche en azote ammoniacal et polypeptides ;
- bleu : riche en AA (jusqu'à 6 % du fromage total).

C'est en suivant les différentes phases azotées (méthode Kjeldhal) que l'on mesure le degré de protéolyse.

Descripteurs de la protéolyse	Acronymes	
Azote soluble /Azote total	NS/NT	Protéolyse primaire, pourcentage de caséine dégradée (biais par l'azote soluble initial du lait)
Azote phospho tungstique / azote total	NPT/NT	Protéolyse secondaire ou fine (acides aminés uniquement)
Azote non protéinique / azote total	NPN/NT	Protéolyse secondaire ou fine (acides aminés + ammoniacque)
Azote phospho tungstique / azote soluble	NPT/NS	Part de la protéolyse fine / protéolyse primaire

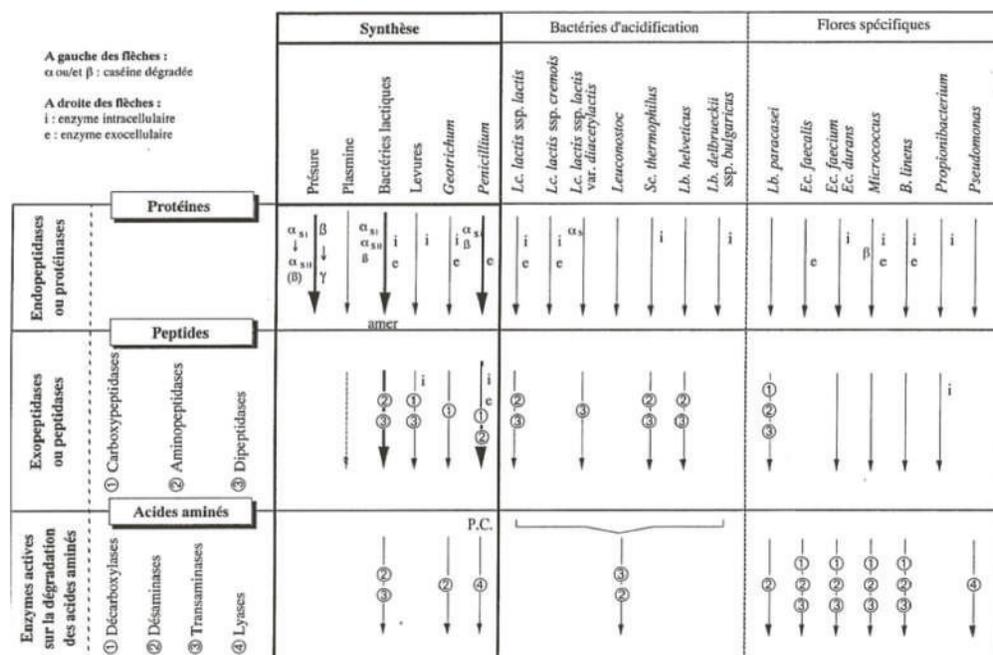
Durant l'affinage, les caséines sont d'abord dégradées en peptides plus ou moins solubles, plus ou moins amers en fonction de leur taille. La première phase de la protéolyse conduit à une modification de la texture (assouplissement). Cette action est principalement obtenue par les résidus de coagulant et la plasmine. Ces peptides sont ensuite repris par les enzymes des ferments (lactiques et d'affinage) pour être transformés en acides aminés (baisse de l'amertume), ces germes contribuent ainsi à l'aromatisation du fromage. Les acides aminés sont eux dégradés par des flores d'affinage spécifiques, et conduisent ainsi à des saveurs typiques et une odeur générées par les composés les plus petits, volatils (NH_3 , mercaptants...).

Synthèse de la protéolyse fromagère : Protéolyse à partir des caséines



Ces transformations finales s'accompagnent de production de gaz, notamment liée à la décarboxylation des acides aminés (production de CO₂ + amines diverses). La synthèse des équipements enzymatiques (protéolyse) des principales flores est synthétisée dans le tableau présenté ci-dessous.

Représentation schématique des équipements et réactions enzymatiques intervenant dans la protéolyse des caséines (d'après B. Mietton, 1985)



La lipolyse

Les triglycérides vont être hydrolysés par des lipases. Ces lipases sont généralement d'origine microbienne. On libère alors des acides gras et du glycérol. Les acides gras libérés peuvent devenir des inhibiteurs de croissance pour certaines bactéries. Les acides gras peuvent être dégradés en composés piquants (méthyl cétones) ou aromatiques (alcools secondaires).

Le taux de lipolyse des fromages est souvent plus faible que le taux de protéolyse. Ceci est dû au fait que les lipases ont des pH d'action plus élevés (pH supérieurs à 7 - 8), mais également au fait que la MG est relativement bien protégée dans le globule gras. Le taux de libération d'acides gras est variable suivant les fabrications (tableau 3).

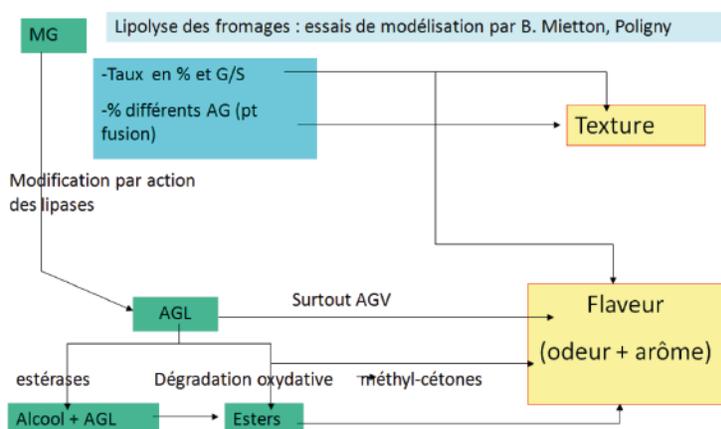
Tableau 3 : AG libres présents dans les fromages en cours d'affinage

Fromages	AG libres en g/kg	en % des AG totaux
PPNC	2 à 4	40 à 50
PPC	5 à 10	20 à 50
PM	10 à 40	95 à 100
Roquefort	25	> 95
Pâtes persillées	25 à 70	> 95

Tout traitement qui dégradera la structure du globule gras impactera la lipolyse (si cela est recherché) :

- homogénéisation ;
- utilisation de MGLA et huile de beurre (fromage à partir de lait reconstitué) ;
- utilisation de crème de sérum.

Une partie des AG libres retrouvés en fin d'affinage ne provient pas de la lipolyse mais de la re-transformation des lactates et des peptides (notamment AG à courte chaîne en C5).



Glycolyse, protéolyse et lipolyse sont contiguës durant l'affinage. Il ne faut pas chercher des transformations précises des composants du caillé par une voie seule, mais un ensemble de composés issus de voies métaboliques majeures, dues aux potentiels enzymatiques présents (enzymes des coagulants, résiduelles aux traitements thermiques, enzymes des ferments...) et aux facteurs environnementaux de l'affinage (température, Aw, pH, échange avec l'ambiance des caves et soins apportés au fromage).

INTERVIEW D'ENTREPRISE**« Joseph Paccard artisan affineur de Savoie »**

Jean-François Paccard : Co-Directeur

Créée en 1990 par Joseph PACCARD, la SARL Joseph PACCARD affine et commercialise une large gamme de fromages fermiers de Savoie.

Présentation de votre entreprise et votre parcours

Titulaire d'un BAC D (bac scientifique), je décide alors de faire un BTS Produits Laitiers à l'ENILV de la Roche sur Foron. Puis j'ai continué avec une spécialisation en Fromagerie Internationale à l'ENILBIO de Poligny où la rencontre avec B. MIETTON et Y. GAUZERE fut déterminante pour la suite de ma carrière ainsi que des périodes de stages en Colombie (près de Bogota). J'ai également participé au début de ma carrière à la mise en place de l'appellation Tome des Bauges, ce qui m'a fait rencontrer plusieurs fermiers et relever leurs spécificités, ainsi que leur amour du métier. J'ai rejoint l'entreprise familiale en plein essor car début des années 90, c'est la glorieuse époque du reblochon de Savoie. Mon père a construit un produit de qualité mais uniquement tourné sur le reblochon de Savoie Fermier. Les clients demandaient plus de diversification, ce qui a décidé mon père de me faire rentrer dans l'entreprise. A cette époque la vente de reblochon de Savoie fermier représentait 90 % des ventes, il est aujourd'hui à 50 % des volumes affinés. Il est collecté auprès de 14 producteurs fermiers, tous situés dans la vallée des Aravis. Le reste de la production, dont l'approvisionnement est réalisé auprès d'une trentaine de petits producteurs fermiers situés sur les 2 départements savoyards, se répartit de la façon suivante : tommes fermières : 15 %, beaufort : 15 %, abondances

fermières : 10 %, tommes reblochonées : 5 %, raclettes : 4 % et chevrotins des Aravis : 2,5 %. Le reste des volumes est composé de toutes petites productions fermières très originales mais qui participent grandement à la notoriété de l'offre proposée : persillée des Aravis, persillés de Tignes, bleu de Termignon, Tarentais, tommes au génépis et au marc de mondeuse...

Ce sont donc près d'une cinquantaine de producteurs fermiers qui nous fournissent leurs fromages. Les $\frac{3}{4}$ de ces producteurs ont moins de 50 ans. Le $\frac{1}{4}$ restant, même s'il est proche de la retraite, assure la pérennité de leur exploitation en la transmettant progressivement à leurs enfants ou à de possibles repreneurs hors cadre familial.

(beaucoup moins gourmandes en terme d'espace et beaucoup moins polluantes que de grosses unités fromagères) tout en affranchissant le producteur des soins à prodiguer et du temps à consacrer aux fromages pendant toute la durée de sa maturation.

De plus, proche de nos fournisseurs (plus de 80 % des fromages que nous affinons proviennent d'un rayon inférieur à 15 km autour de la fromagerie, même lorsque ceux-ci sont en alpage), nous évitons, ainsi qu'à nos producteurs, de parcourir de trop grandes distances pour l'approvisionnement en fromages.

Egalement proches des grands axes de communication (Thônes n'est qu'à 5 km de nos caves, Annecy et l'autoroute à 25 kms), nous restons ainsi au coeur de la production tout en se situant sur une zone accessible (comme en témoigne l'emplacement du bâtiment actuel à Manigod construit en 2000).

Progressivement au fur et à mesure de notre arrivée dans l'entreprise, notre père nous a transmis, à mon frère et moi, la passion et le savoir-faire

Pourquoi ne pas fabriquer ?

Afin d'éviter des problèmes d'approvisionnement de lait et je suis également très motivé par le développement des fromages fermiers et artisanaux. Je leur apporte un soutien technique et les aide dans le développement de nouveaux produits. Il n'y a pas dans l'entreprise de plan de vente mais par notre activité d'affinage, nous participons au maintien d'une activité humaine modérée dans une zone de moyenne montagne encore bien protégée. En effet, l'affineur permet la conservation de petites unités de fabrication fromagère à la ferme

Ajoutons que notre orientation récente (depuis 2007) vers l'accueil des visiteurs (visites des caves, dégustations de nos produits, démonstration de notre métier d'affineur) répond complètement à l'attente du consommateur en recherche d'authenticité, de découverte des pratiques et savoir-faire locaux. Cette activité se trouve d'ailleurs complètement en phase avec les nouvelles orientations touristiques définies récemment par la communauté de commune.

Comment avez-vous conçu votre site d'affinage ?

Nos sites sont totalement inspirés des caves d'affinage traditionnelles : enterrées et sous voûte. Ils sont réalisés à partir de matériaux traditionnels mais avec une humidité contrôlée (Humidificateur ARECO). Les salles d'affinage sont petites pour avoir des ambiances confinées et différentes selon les produits.

Nos caves d'affinage sont actuellement situées sur 2 sites distants de 3 km :

- Le site des Bréviaires est le siège social de notre structure. Lieu principal de notre activité, il regroupe une bonne partie de nos caves et l'ensemble de l'administration. D'une superficie de 1260m², il est construit sur 4 niveaux : 2 étages enterrés sur la partie arrière du bâtiment complètement dédiés à l'affinage des fromages, 1 étage intermédiaire composé de 2 chambres froides, des bureaux et locaux sociaux ainsi que d'une vaste pièce de réception dédiée à l'accueil du public. Enfin, le 4^{ème} et dernier étage, principalement destiné au stockage des conditionnements et emballages.

- Le site des Choseaux est le lieu où notre activité d'affinage a démarré en 1990. Les différentes pièces ont été laissées vacantes en 2001, après avoir rejoint les locaux nouvellement achevés. Puis, à partir de 2007/2008, suite à des besoins de places d'affinage en Raclettes, Abondances et Tomme, nous en avons réaménagé une partie. Ainsi, actuellement, ce sont 3 caves d'affinage et 2 pièces de travail qui sont utilisées.

Face aux différentes évolutions de notre activité d'affineur, dans un souci de rationalisation, nous exprimons le besoin de reconstruire de nouveaux locaux sur

notre site des Bréviaires et de réaménager une partie de notre bâtiment actuellement utilisé.

Attendant à l'édifice actuel, ces nouveaux locaux seront construits sur 3 niveaux pour une superficie totale de 1300 m² :

- 1^{er} niveau : 5 caves enterrées et voûtées + salle de réception des produits + 2 salles de lavage et de séchages de planches d'affinage
- 2^{ème} niveau : 4 chambres d'affinage + 2 salles de lavage et de séchages de planches d'affinage
- 3^{ème} niveau : consacré pour partie à l'accueil du public (salle de projection, espace de vente, laboratoire de préparation de commandes, sanitaires), une petite zone sera également utilisée pour le stockage d'emballages.



“ Le travail de l'ensemble des fromages est réalisé sur des planches d'épicéa qui respectent les méthodes ancestrales. ”

Les techniques d'affinage utilisées ?

Les caves sont climatisées en froid statique et avec une régulation de l'HR % par humidificateur à ultrasons.

Le travail de l'ensemble des fromages est réalisé sur des planches d'épicéa qui respectent les méthodes ancestrales et permettent un maximum d'échanges d'eau avec le fromage. Pour cela, lors des retournements, un contrôle des planches

est systématique et si besoin les planches sont changées.

Pour les reblochs et chevrotins : ils sont collectés en blanc et le croutage « est fait chez nous ».

Le mouillage des fromages est réalisé entre 2 et 4 fois. Nous avons augmenté ce critère par rapport au cahier des charges de l'AOP, ce qui nous permet d'obtenir un produit plus typé avec une couleur orangée plus naturelle et une pousse du *Geotricum* plus intense.

Pour les Abondances et les Raclettes : nous frottons avec une « morge » perdue pour respecter les règles imposées par la DDPF.

Cette méthode est malheureusement moins efficace que l'utilisation de morge traditionnelle. Cependant nous obtenons une bonne qualité de croutage grâce à des fromages fermiers qui possèdent déjà au départ, une flore très riche.

Vos objectifs produits ?

Nous sommes à l'écoute des clients, même les clients les plus spécialisés.

Nous nous sommes rendu compte que le goût des consommateurs évolue au fur et à mesure. Ils préfèrent désormais des reblochs moins forts et moins colorés. Cependant si on ne colore pas la croûte, nous pouvons rencontrer des défauts liés à des *Pseudomonas*. Il faut donc, pour parer cette pigmentation non recherchée, faire appel à des colorants type «Roccou».

Nous appuyons également la démarche lancée par le SIR (Syndicat Interprofessionnel du Reblochon), de demander d'intégrer au cahier des charges l'oxyde de fer.

Vos circuits de distribution ?

Nous souhaitons continuer à travailler avec des réseaux traditionnels, c'est-à-dire avec des crémiers-fromagers en direct et plusieurs grossistes. Ces derniers sont les fournisseurs de grands crémiers fromagers français (Rungis, etc...).

Cependant, nous apportons une vigilance toute particulière à la famille des grossistes, acteurs quasi-incontournables dans la distribution de nos produits vers le commerce de détail.

En effet, depuis quelques années, nous remarquons une concentration de ces spécialistes de la distribution en gros au sein de quelques enseignes nationales, avec des rapports de force pas toujours favorables à l'encontre des structures de notre taille.

Enfin, actuellement, 20 % de notre CA est réalisé à l'export : essentiellement UE mais aussi au Canada, USA, Japon. Nous avons également pris de nouveaux marchés sur la Chine.

Vos liens avec les producteurs ?

Nous avons un partenariat très fort avec nos fermiers et nous sommes toujours à l'écoute de ce qu'ils font. Nous cherchons toujours à leur fournir des solutions à leurs problèmes techniques.

Quelles techniques de contrôle de l'affinage utilisez-vous ?

Nous restons très traditionnels avec des contrôles visuels et des tests organoleptiques très réguliers. Nous passons beaucoup de temps, mon frère et moi, en cave, à scruter l'évolution des croutages et les pâtes des fromages.

Nous mettons un point d'honneur à travailler avec l'ensemble des acteurs techniques de la filière savoyarde : conventions avec le SIR et avec ACTALIA.

Nous contrôlons systématiquement la température, l'humidité et la quantité d'ammoniac dans nos salles d'affinage.

Quels sont les défauts les plus fréquemment rencontrés ?

Le plus difficile dans notre métier est la régularité des produits. Nous travaillons avec plusieurs producteurs fermiers et chaque production est différente. C'est pour cela que nous obtenons des produits différents d'une semaine à l'autre. Nos produits sont donc très hétérogènes dans le temps. Cependant, nous renforçons nos contrôles lors des périodes de mise à l'herbe.

Nos défauts les plus courants sont la présence de *Pseudomonas* sur les croûtes, ce qui entraîne un aspect moins qualitatif et des mauvais goûts.



INTERVIEW
Jean-François Paccard
Co-Directeur

Comment caractériseriez-vous votre métier d'affineur ?



**Empirisme et savoir-faire :
Etre affineur ne s'apprend pas
que dans les livres mais il faut
aussi le vivre car on travaille du
vivant et c'est tout le charme de
notre métier.**



PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES FLORES D’AFFINAGE

Thierry LERENDU, formateur, ENIL Saint-Lô

Il est fréquent de dire d’une personne qu’elle a la main verte, c’est à dire qu’elle a au fil des années, acquis une capacité à réaliser une évaluation globale de la situation, qualité des sols, conditions météorologiques pour choisir la plante qui conviendra le mieux.

Et bien, pour la conduite de l’affinage d’un fromage, il faut être doté d’une habileté assez similaire. En effet, cela passe par une bonne connaissance du support (composition chimique de la pâte), des conditions d’affinage (température, hygrométrie, composition de l’air) et au regard de l’objectif attendu, d’employer les flores les mieux adaptées.

QUELLES SONT CES FLORES ? GÉNÉRALITÉS

Parmi la flore microbienne, on peut définir 5 groupes taxonomiques : *Firmicutes* (dont font partie les bactéries lactiques), *Actinobacteria* (comprenant les bactéries propioniques et les bactéries longtemps appelées « corynéformes »), *Proteobacteria*, Levures et Moisissures.

Cette microflore est en évolution constante; certains germes se multiplient, d’autres

disparaissent ; l’équilibre microbien n’est pas stable et on assiste à une succession de flores. Les microorganismes agissent par libération d’enzymes exo-cellulaires (cellules vivantes) ou endo-cellulaires à la lyse des cellules (cellules mortes). Il faut une biomasse suffisante pour que le pouvoir enzymatique s’exprime : 10^6 - 10^9 log par gramme de fromage.

DESCRIPTIF DES FLORES D’AFFINAGE : LES BACTÉRIES LACTIQUES

Les bactéries lactiques sont anaérobies facultatives, aérotolérantes ou micro-aérophiles et, de ce fait, elles ne tolèrent que de très faibles concentrations d’oxygène (Cantéri, 1997).

Les bactéries lactiques utilisées dans l’industrie fromagère ont en commun une aptitude à produire de grandes quantités d’acide lactique à partir du lactose. Cette activité acidifiante favorise l’égouttage du caillé et règle son degré de minéralisation ainsi que son pH (Cantéri, 1997). La flore lactique des fromages permet aussi de créer des conditions de milieu inhibant le développement de nombreux micro-organismes indésirables. Outre ces fonctions, les bactéries lactiques

contribuent à l’affinage par leur activité protéolytique. Selon Law et Haandrikman (1997), de nombreuses enzymes protéolytiques sont intracellulaires, d’où l’importance de la lyse de ces bactéries lors de l’affinage des fromages.

En dépit de la présence d’enzymes lipolytiques membranaires capables d’hydrolyser des acides gras libres, les bactéries lactiques (en particulier les lactocoques) sont généralement considérées comme faiblement lipolytiques. Cependant, leur présence dans les fromages, à des concentrations élevées (ces bactéries se développent rapidement pour atteindre une population de l’ordre de 10^9 ufc/g dans la majeure partie des fromages, un jour après ensemencement) et pendant des périodes plus au moins importantes, peut les amener à libérer des quantités non négligeables d’acides gras libres (Holland et al., 2005). De plus, les bactéries lactiques hétérofermentaires produisent de petites quantités de molécules aromatiques (acétaldéhyde, acide acétique, éthanol, diacétyle), principalement à partir du lactose et/ou du citrate (Olson, 1990; Urbach, 1995) et du CO_2 . Elles participent ainsi à l’ouverture précoce des pâtes persillées et de certaines pâtes molles.

Flores les plus employées	Bactéries lactiques acidifiantes										Flores d’affinage											
	<i>Lc. lactis</i> spp <i>lactis</i>	<i>Lc. lactis</i> spp <i>cremoris</i>	<i>Lc. lactis</i> biovar <i>diacetylactis</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>St. thermophilus</i>	<i>Lb. bulgaricus</i>	<i>Lb. helveticus</i>	<i>Lb. lactis</i>	<i>Lb. acidophilus</i>	<i>Bifidobactérium</i>	<i>Lb. casei</i>	<i>Lb. rhamnosus</i>	<i>Lb. fermentum</i>	<i>Propionibactérium</i>	Levures	<i>Penicillium</i>	<i>Geotrichum</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>Brevibactérium</i>	<i>Hafnia alvei</i>	
PPNC sans croûte	■									■												
PPNC à croûte naturelle	■	■	■								■				■				■	■	■	
PPC	■				■		■	■				■	■	■								
PM à croûte fleurie	■	■	■		■										■	■	■			■	■	■
PM à croûte lavée	■	■	■		■						■				■		■	■	■	■	■	■
PM persillée	■	■	■	■											■							

BACTÉRIES À GRAM NÉGATIF : ENTEROBACTÉRIES

Dans les fromages, les espèces de la famille des *Enterobacteriaceae* appartenant au phylum des *Proteobacteria* sont le plus souvent retrouvées. Cette flore est déjà présente dans les laits crus de vache entre 10^2 et 10^3 ufc/ml et le stockage au froid ne fait qu'augmenter cette population (Tornadijo et al., 2001). Au cours de l'affinage du fromage, les entérobactéries peuvent atteindre un niveau de 10^6 à 10^7 ufc/g (Coiffier, 1992 ; Tornadijo et al., 2001). Cette population a la particularité de se retrouver aussi bien à la surface des fromages qu'au coeur.

D'un point de vue technologique, il est possible que *Hafnia alvei* joue un rôle aussi important dans l'affinage des fromages que le groupe des Actinobacteria, étant donné le niveau élevé atteint par cette espèce. Cela peut concerner la production plus ou moins directe de composés aromatiques « note : lait cru » et de composés soufrés volatils. ou être du domaine de l'écologie (interactions microbiennes à l'avantage ou non d'espèces utiles ou indésirables). Leur croissance semble suivre une évolution comparable dans les camemberts au lait cru et au lait pasteurisé. Leur nombre est maximal au démoulage, diminue jusqu'à un niveau minimal après environ une semaine d'affinage, puis augmente jusqu'à la fin de l'affinage (Richard, 1984) compte tenu que *Hafnia alvei* ne se développe que pour des valeurs de pH élevées.

LES BACTÉRIES PROPIONIQUES LAIITIÈRES

(source : Bactéries propioniques / Standa Industrie)

Ce sont des bactéries Gram+, fermentant les lactates pour donner de l'acide acétique et propionique, ainsi que du

CO₂ (fermentation propionique). Elles participent à la formation du goût et de l'ouverture des fromages à pâte pressée cuite (emmental, comté, gruyère).

Les bactéries propioniques se développent lentement, en conditions optimales, le temps de génération est voisin de 6 heures. Ce temps de génération peut atteindre une quinzaine de jours dans des fromages affinés à 10 - 12 °C. Les bactéries propioniques sont capables de se développer sur des sources carbonées (réserves énergétiques) diverses tel que : le lactose, le glucose, le galactose et certains acides organiques (acide lactique et acide citrique).

Les bactéries propioniques sont peu exigeantes en supports azotés, par contre elles requièrent la présence absolue de biotine (vitamine H), acide panthothénique (vitamine B5), thiamine (vitamine B1), riboflavine (vitamine B2), qui stimulent leur développement.

Attention : le cuivre présente un effet inhibiteur important à l'encontre des bactéries propioniques.

NON STARTER LACTIC ACID BACTERIA

Les *Pediococcus* ainsi que certaines espèces de *Lactobacillus* mésophiles homo- ou hétérofermentaires sont généralement désignés sous le nom de bactéries lactiques non-levain (en anglais NSLAB). Ce terme décrit la flore lactique « fortuite », capable de croître dans des conditions sélectives lors de l'affinage des fromages, contrairement aux levains lactiques. Cette flore tolère en effet l'environnement hostile de l'affinage, caractérisé par un très faible taux d'humidité dans le produit (68 à 61 % de matière sèche), 4 à 6 % de sel, un pH variant de 4,9 à 5,3 et une déficience en nutriments (Fox et al., 1998). *Lactobacillus casei ssp. casei*, *Lb.*

paracasei ssp. paracasei, *Lb. plantarum* et *Lb. curvatus* sont les espèces les plus couramment isolées et sont pour la plupart des hétérofermentaires facultatifs. En technologie PPC, on attribue aux *Lb.* hétérofermentaires un effet positif sur la texture, l'ouverture, l'arôme, le temps d'affinage et la protéolyse de la pâte.

LES BACTÉRIES DE SURFACE

Les bactéries dominantes à la surface des fromages sont Gram+ et appartiennent, en grande partie, aux groupes des staphylocoques non pathogènes (*Staphylococcus equorum*, *S. xylosus*, *S. lentus*) et des Actinobacteria (*Brevibacterium*, *Arthrobacter*, *Brachybacterium*, *Micrococcus*, *Microbacterium*, etc.). Leur importance relative dépend du type de fromages. Elles jouent un rôle essentiel dans la formation du goût des fromages, elles sont connues pour avoir un fort potentiel pour la production de composés soufrés qui renforcent les caractères « fromager » et « affiné » notamment des fromages à croûte lavée, fleurie ou croûte mixte (munster, camembert, pont l'évêque, etc....).

Les staphylocoques et les actinobactéries possèdent en commun certains caractères physiologiques qui expliquent leur aptitude à s'implanter à la surface des fromages : elles sont le plus souvent aérobies strictes ou non, mésophiles (capable de croître à basse température 10-12 °C), halotolérantes et acidosensibles, ne pouvant de ce fait se développer que dans une zone de pH proche de la neutralité (6 voire 6,50 à 8,5).

LES LEVURES

Diverses espèces de levures sont retrouvées fréquemment dans les produits laitiers où elles sont responsables des changements biochimiques souhaitables ou non. Elles sont souvent retrouvées dans le fromage où leur principale contribution est l'utilisation de l'acide lactique, ce qui permet la désacidification du caillé et donc la croissance, dans une deuxième étape, des bactéries d'affinage acido-sensibles. Les levures sont les principaux agents contribuant à la remontée du pH lors des quatre à cinq premiers jours d'affinage. La présence des levures dans le fromage peut être attribuée à leur capacité à assimiler/fermenter le lactose, assimiler les acides organiques comme l'acide succinique, lactique et citrique, leurs activités protéolytiques et lipolytiques, et leur résistance à des concentrations élevées en sel. Les levures ont aussi la capacité de se développer à basses températures et tolérer des basses valeurs de pH et d'activité de l'eau. En outre, elles peuvent restreindre l'implantation de micro-organismes indésirables et excréter des facteurs de croissance comme les vitamines B, l'acide pantothenique, l'acide nicotinique, la riboflavine et la biotine. Quelques espèces de levures

jouent un rôle important dans la formation des précurseurs d'arôme (tels que des acides aminés, des acides gras et des esters) en raison des leurs activités protéolytiques et lipolytiques. Les surfaces des fromages à pâte molle sont un habitat particulièrement favorable à la croissance des levures en raison du caractère acide des caillés (limitant ainsi le développement des flores bactériennes) et de l'abondance d'oxygène. Lors des fabrications fromagères, les levures peuvent également avoir un pouvoir d'inhibition sur des flores microbiennes indésirables comme les Clostridia, agents du gonflement tardif, ou les Mucor, responsables de l'accident du «poil de chat» (Bergère et Lenoir, 1997). Elles agissent aussi comme un agent naturel anti-fongique et anti-bactérien contre la flore pathogène (Corsetti et al., 2001).

LES MOISSURES

La présence de moisissures internes ou superficielles caractérise divers types de fromages. Sur le plan technologique, les espèces les plus étudiées appartiennent au genre *Penicillium*. Elles contribuent, en métabolisant l'acide lactique, à la neutralisation de la pâte et produisent de nombreuses enzymes qui participent à la maturation du fromage.

CAS DE L'ESPÈCE *PENICILLIUM* *CAMEMBERTI*

Penicillium camemberti est le champignon des fromages à pâte molle et à croûte fleurie, type camembert, brie ou carré de l'Est ou de certains fromages de chèvre. A la surface du camembert, il est visible après 6 à 7 jours d'affinage. Il recouvre ensuite toute la surface du fromage d'un feutrage blanc. Sa croissance est rapide. Ce champignon possède un système protéolytique complexe et une activité lipasique importante, ce qui lui confère un rôle important dans l'aromatization des fromages.

P. camemberti joue également un rôle majeur dans la maturation des fromages à croûte fleurie, notamment en consommant le lactate et en produisant de grandes quantités de gaz carbonique (CO₂) et d'ammoniac (NH₃) qui changent l'environnement gazeux des hâloirs. De plus, en se développant, le mycélium de *P. camemberti* forme une barrière qui empêche la prolifération de bactéries pathogènes et de moisissures indésirables. Il possède donc certaines caractéristiques biochimiques qui en font un micro-organisme indispensable à la maturation des fromages à pâte molle et à croûte fleurie.

Inventaire des principales bactéries de surface employées en technologie fromagère

Genres/Espèces	Propriétés	
<i>Brevibacterium</i> <i>B. linens</i> <i>B. auranticum</i> <i>B. antguun</i>	Ces flores neutrophiles participent activement à l'affinage des fromages par leur action biochimique, en intervenant sur la texture et sur la saveur dès que les conditions le permettent.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brevibacterium</i> se développe tardivement sur le fromage, c'est à dire lorsque le pH remonte sa croissance est favorisée par la présence de métabolites du type acides aminés; • rôle important pour la formation des croûtes lavées / pigmentation jaune – orange; • production d'arômes particuliers à partir des acides aminés soufrés (CVS et méthylcétones).
<i>Glutamicibacter arilaitensis</i> <i>anc Arthrobacter nicotianae</i> <i>Glutamicibacter arilaitensis</i> (<i>anc Arthrobacter arilaitensis</i>)	Les enzymes lipolytiques et surtout protéolytiques qu'elles émettent agissent sur la matière grasse et la caséine du fromage ce qui permet à la fois la maturation du caillé et la formation de produits aromatiques	<ul style="list-style-type: none"> • forte activité aminopeptidasique; • ne produit pas de C.V.S.
<i>Corynebacterium flavescens</i>		<ul style="list-style-type: none"> • bonne activité aminopeptidasique; • produit une faible quantité de C.V.S.
<i>Staphylococcus xylosus</i> <i>Micrococcus</i>	Les microcoques sont généralement associés aux cultures de <i>Brevibacterium</i> pour éviter des croûtes trop poisseuses.	<ul style="list-style-type: none"> • stimulation des cultures de Bactéries lactiques; • améliore la texture et l'arôme; • permet d'assainir et d'assécher la croûte des fromages.

Inventaire des principales bactéries de surface employées en technologie fromagère

Genres	Espèces	Nom d'usage / anc nom	Propriétés
<i>Pichia</i>	<i>Pichia kudriavzevii</i>	<i>Candida krusei</i>	<ul style="list-style-type: none"> fort pouvoir neutralisant en aérobiose « affinage du metton »
<i>Geotrichum</i>	<i>G. candidum</i>		<ul style="list-style-type: none"> consommation rapide des lactates de par ses activités amino-peptidasiques réduit l'amertume (Température mini : 12 °C)
<i>Cyberlindnera</i>	<i>C. jadinii</i>	<i>Candida utilis</i>	<ul style="list-style-type: none"> fort pouvoir neutralisant à utiliser dans le lait des PM lactiques traditionnelles et/ou en surface
<i>Kluyveromyces</i>	<i>K. marxianus</i> <i>K. lactis</i>		<ul style="list-style-type: none"> rapide consommation des sucres résiduels « levures anti-post-acidification » à utiliser dans le lait des PM mixtes voir certaines PP à forte HFD
<i>Debaryomyces</i>	<i>D. hansenii</i>		<ul style="list-style-type: none"> pouvoir neutralisant levure de surface des croûtes lavées
<i>Saccharomyces</i>	<i>S. cerevisiae</i>		<ul style="list-style-type: none"> forte production de CO₂ à utiliser en technologie bleu italien
<i>Cystofilobasidium</i>	<i>Cystofilobasidium infirmominiatum</i>	<i>R. infirmominiatum</i>	<ul style="list-style-type: none"> activité de neutralisation rapide développement aromatique important / coloration de la croûte assimilation et fermentation des sucres (aérobie stricte)

Inventaire des principales bactéries de surface employées en technologie fromagère

Genres	Espèces	Nom d'usage	Propriétés
<i>Penicillium</i>	<i>P. camemberti</i>	<i>candidum</i>	<ul style="list-style-type: none"> très bon recouvrement et inhibition de la flore de contamination par un phénomène de compétition améliore la texture et l'arôme des fromages (le pénicillium est environ 10 X plus protéolytique que le géotrichum) développement très faible en dessous de 10 °C
		<i>album</i>	<ul style="list-style-type: none"> blanc puis bleu clair en fin d'affinage est employé sur des fromages de type « Saint Marcellin, Pélardon »
	<i>P. roqueforti</i>	<i>glaucum</i>	<ul style="list-style-type: none"> moisissure de couleur bleue à verte, elle est caractéristique des fromages à pâte persillée elle joue un rôle majeur dans l'aromatization (2 lipases qui se traduit par une forte production de méthylcétones) se développe bien à basse température : 8 °C
	<i>P. nalgiovense</i>		<ul style="list-style-type: none"> moisissure blanche, rase, qui adhère bien à la croûte est employée sur des fromages type « Saint Nectaire, Cantal et certaines Tomes »
	<i>P. commune</i>	« gris »	<ul style="list-style-type: none"> moisissure vert/gris en début d'affinage et évolue vers le gris clair en fin d'affinage est employée sur les tomes grises
<i>Verticillium</i>	<i>V. lecanii</i>		<ul style="list-style-type: none"> moisissure blanche particulièrement recommandée pour la surface des Tommes présentant un ES élevé mycélium très aéré et rase
<i>Cylindrocarpon</i>	<i>Cylindrocarpon heteronema</i>		<ul style="list-style-type: none"> moisissure blanche, rase qui adhère bien à la croûte est employée sur des fromages type « Saint Nectaire, Reblochon et certaines spécialités »

LES SUPPORTS D'AFFINAGE

PLANCHES D'AFFINAGE EN BOIS : IMPLANTATION DE FLORES, DÉTECTION DE BACTÉRIES PATHOGÈNES ET EFFICACITÉ DES MÉTHODES DE DÉCONTAMINATION

Valérie MICHEL et Nadège BEL, ACTALIA

Les planches en bois sont largement utilisées comme support d'affinage dans de nombreuses fabrications fromagères. Véritables auxiliaires technologiques impliqués dans la régulation des échanges hydriques entre fromages et environnement, elles abritent également à leur surface un écosystème microbien qu'il est important de pouvoir contrôler.

Les planches en bois utilisées pour l'affinage des fromages présentent lors de leur première utilisation une charge microbienne de faible importance. En effet, nettoyées avant leur première utilisation, les populations de flores présentes à leur surface sont au maximum de quelques centaines d'ufc/cm² (programme ACTIA RA 97.31. 1997-1999). En fin du cycle d'affinage, leur surface abrite des niveaux de flores conséquents, de composition microbienne très proche de celles de la surface des fromages qui y séjournent. Ainsi, par exemple, des surfaces de planches d'affinage en épicéa, utilisées pour l'affinage de fromage PPNC à croûte lavée, abritent plus de 10⁷ ufc/cm² à la fin d'un cycle d'affinage d'une dizaine de jours. Les flores majoritaires présentes appartiennent respectivement aux groupes des microcoques et corynébactéries, à celui des levures et moisissures puis à celui des bactéries lac-

tiques (Mariani al. 2007). Les travaux du programme ACTIA de 1997-1999 montrent que cette colonisation décroît jusqu'à une profondeur de 2 mm.

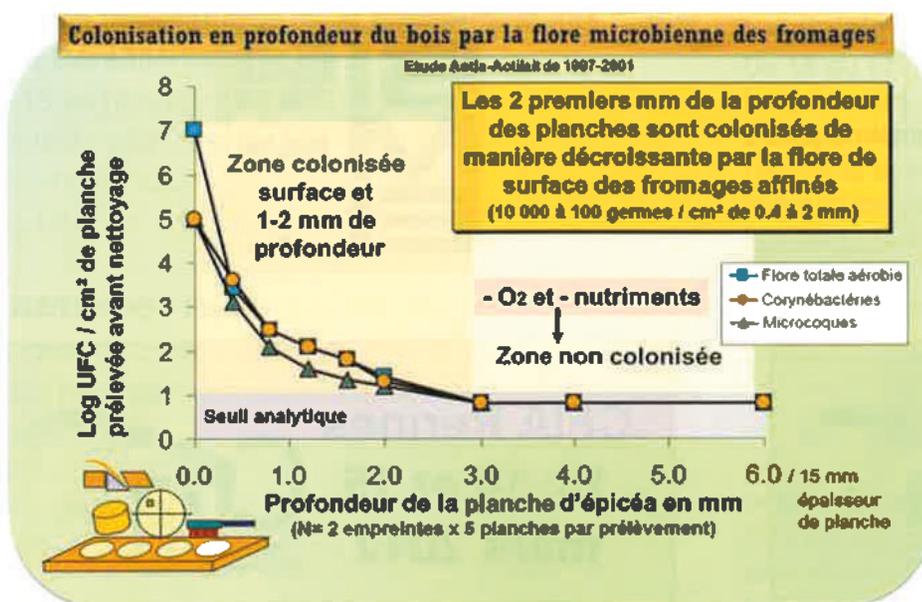
Le broissage à l'eau et le séchage de ces planches entre deux cycles d'utilisation en affinage de fromages diminuent les populations microbiennes présentes en surface de ces planches sans les éradiquer préservant ainsi un véritable « biofilm » en surface de ces planches. Ce biofilm intervient ensuite probablement dans le développement des flores de surface des jeunes fromages qui sont posés à leur surface en début d'affinage. Cela a d'ailleurs été évoqué pour d'autres supports en bois utilisés en fabrication fromagère, telles les cuves en bois.

Ainsi le biofilm microbien présent en surface de la *tina* dans la fabrication de l'AOP Ragusano participerait à l'ensemencement

du lait en flores lactiques notamment (Licitra al; 2007).

Qu'en est-il lorsqu'une bactérie pathogène vient à être en contact avec la planche d'affinage ? Les travaux réalisés par Actilait au cours de la thèse de Claire Mariani ont montré que l'écosystème microbien présent en surface des planches d'affinage limitait l'implantation de *Listeria monocytogenes* (Mariani et al. 2011). Cette inhibition est observée si le pathogène est inoculé sur les planches en fin de cycle d'utilisation mais également sur des planches nettoyées et séchées. Par contre, après autoclavage des planches, l'effet inhibiteur du consoria est perdu, suggérant l'intervention de mécanismes physiologiques (compétition nutritionnelle, production de bactériocines...) dans les interactions entre le biofilm microbien et ce pathogène.

Si les bactéries pathogènes peuvent être présentes en surface des planches en bois, il est important de disposer de méthodes permettant de les détecter. L'ensemble des techniques de dénombrement en surface de planches ne montrent pas la même efficacité (résultats du programme France AgriMerDécontabois, Ismail et al. 2014) : les techniques destructives (rabotage manuel, broyage), comparées aux méthodes non destructives (chiffonnettes, broissage) permettent un meilleur recouvrement de bactéries inoculées en surface de planches. A titre d'exemple, à partir de planches d'épicéa inoculées à 4log₁₀UFC/cm² avec *L. monocytogenes*, le rabotage permettait d'en récupérer environ 12 %.



L'efficacité de méthodes couramment employées dans les ateliers fromagers pour nettoyer les planches d'affinage en bois ont été comparées à un traitement thermique réalisé à 100 °C pendant 15 minutes et suivi d'un séchage (meth. A).

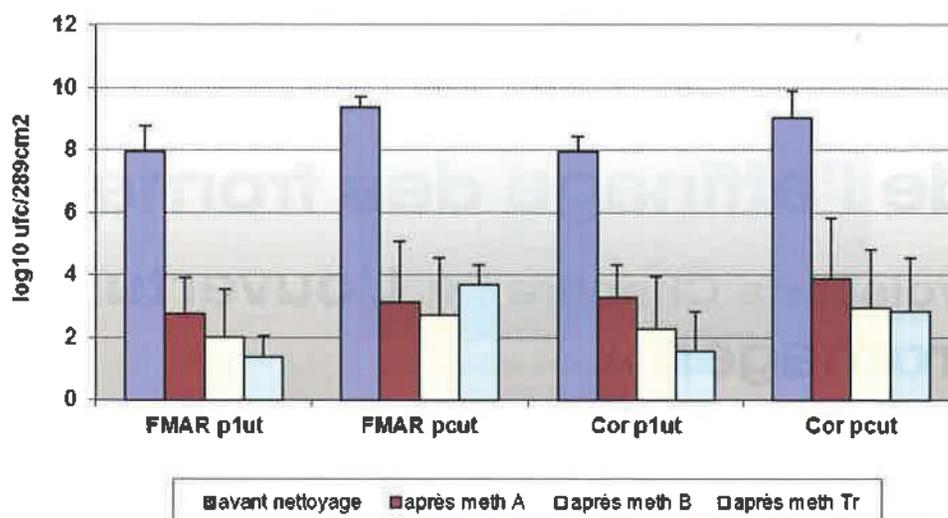
Les deux méthodes choisies étaient : 1/ Le trempage dans l'eau chaude 65 °C pendant 40 minutes (meth. Tr) et 2/ le brossage à l'eau froide en présence de détergent suivi d'un trempage dans l'eau chaude à 65 °C, 40 minutes (meth. B). Ces deux derniers procédés étaient ensuite suivis d'un séchage des planches pendant 1 heure.

Ces 3 procédés de décontamination ont été testés vis-à-vis de 3 germes indésirables en surface de planches : *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens* et *Listeria monocytogenes*. Les microorganismes étaient inoculés artificiellement en surface de planches d'affinage soit neuves (1^{ère} utilisation) soit en cycle d'utilisation (après nettoyage et avant remise en affinage), puis le lendemain de l'inoculation, un cycle d'affinage était reproduit, (pose d'un fromage PPNC pendant 12 jours en enceinte contrôlée à 96 % HR, 12 °C).

En fin d'incubation, les niveaux des flores microbiennes présentes en surface des planches étaient quantifiées, les prélèvements étant réalisés par rabotage manuel de la surface des planches. Pour chaque micro-organisme testé deux taux d'inoculation ont été étudiés, respectivement de 10^3 ufc/ml et de 10^5 ufc/ml. Les procédures de nettoyage étaient ensuite appliquées puis les niveaux de flore en surface de planche quantifiées et comparés à ceux des planches nettoyées.

Les niveaux de la flore totale et celui des micrococques et corynébactéries présents en surface de planches en fin d'affinage sont significativement diminués par les traitements de nettoyage appliqués : la réduction observée est de l'ordre de $6 \log_{10}$

Niveaux de flores microbiennes en surface des planches en 1^{ère} utilisation (p1ut) et en cycle d'utilisation (pcut) avant et après application du procédé de nettoyage testé



aussi bien pour les planches en première utilisation que celles en cours d'utilisation (résultats issus de 14 essais par type de planches). Pour les flores indésirables inoculées artificiellement, les niveaux de *Staphylococcus aureus* et de *Pseudomonas fluorescens* obtenus en surface de planches avant nettoyage et en fin de période d'affinage ne dépassaient pas respectivement $1 \log_{10}$ ufc/cm² et $3,5 \log_{10}$ ufc/cm² pour les deux taux d'inoculation testés. Après les 3 méthodes de nettoyage appliquées, leurs niveaux étaient inférieurs à 10 ufc sur la totalité de la planche (289cm²).

Concernant *Listeria monocytogenes* inoculées sur les planches en première utilisation, leur niveau en fin d'affinage en surface de planches atteignait respectivement $3,18 \pm 0,8 \log_{10}$ ufc/cm² et $4,7 \pm 0,3 \log_{10}$ ufc/cm² pour le bas et haut niveau d'inoculation. Les 3 procédés de nettoyage appliqués ont réduit à moins de 10 ufc sur la totalité de la planche (289cm²) en surface de planche (résultats de 72 échantillons). Pour les planches en cycle d'utilisation les niveaux avant nettoyage se révélaient moins élevés que sur les planches en première utilisation, confirmant le rôle inhibiteur du biofilm microbien présent en sur-

face des planches.

Les 3 méthodes de nettoyage testées ont conduit à réduire leur population à niveau inférieur à 10 ufc pour la totalité de planche (289cm²). Pour quelques prélèvements, la bactérie était encore quantifiable, son niveau ne dépassant pas le 5 ufc/cm².

Ces résultats montrent que des procédures de nettoyage permettent de réduire significativement les niveaux de flores indésirables si elles s'implantent en surface de planche. Le couplage de nettoyage suivi d'un désinfection humide des planche (65°C/15 min ou 80°C/5min) a par contre montré son efficacité pour éradiquer *L. monocytogenes* inoculées en surface de planches (Zangler et al. 2010).

AFFINAGE SOUS FILM

Franck NEYERS, formateur, ENILIA, SURGERES

L'affinage sous film est une technologie mise en œuvre sur les fromages relativement secs. Elle s'applique donc naturellement aux pâtes pressées, et notamment pour les emmentals, les tommes de brebis / chèvre, certaines pâtes pressées industrielles où l'affinage « confiné » permet de développer des arômes et textures plus précocement.

Le confinement du fromage dans une ambiance restreinte, hermétique, revient à accélérer les réactions biochimiques présentes au sein du caillé, sans développement de flore de surface, sans soin à appliquer sur la croûte. La croûte « nue » doit être travaillée ensuite, soit par des enductions « plastiques », soit par un emmorgement ou un croûtage maîtrisé avec une flore bactérienne choisie.

INTÉRÊTS DE L'AFFINAGE SOUS FILM

Limiter les pertes d'humidité

Le fromage perd de l'humidité durant l'affinage pour 2 raisons (ce sont l'essentiel des freintes) :

- d'une part la glycolyse, qui par oxydation des bases carbonées produit de l'eau ;
- d'autre part par transfert d'humidité de la croûte de fromage ($A_w = 0.95$ à 0.98), vers l'air de la cave (90 à 95 % d'humidité relative, soit 0.90 à 0.95 d' A_w).

L'affinage sous film permet de limiter la perte d'eau par transfert, en imperméabilisant la surface du fromage. Un film plastique vient faire barrière à ces transferts, limitant ainsi les freintes, notamment lors des affinages longs.

Cette technique est d'autant plus importante que l'on affine des fromages plats, où le rapport surface/volume est important, les pertes d'humidité importantes également. L'affinage sous film peut permettre d'économiser l'équivalent d'1 % d'humidité par mois d'affinage en moyenne (en fonction du format du fromage, des conditions de milieu...).

Report de matières pour les fabrications saisonnières

En fabrication de tomme de brebis ou chèvre, la production laitière ne permet pas d'avoir le lait adéquat sur toute une année. La production de lait de chèvre est pour partie dessaisonnée, ce qui permet aujourd'hui de produire en permanence, mais ce n'est pas le cas en brebis. On va donc reporter des tommes « fraîches » sous film, au froid, pour les remettre dans le circuit d'affinage et avoir ainsi une production régulière de fromages affinés. C'est d'ailleurs cette technologie qui a permis de comprendre que des fromages affinés sous film pouvaient développer des goûts plus intenses que ceux faits et affinés directement.

Les tommes de brebis restent quelques semaines à quelques mois sous film. Ces tommes doivent normalement être préparées en conséquence, afin que l'affinage ne soit pas trop rapide, du fait du confinement sous film.

Accélérer l'affinage

Confiner le fromage lui permet de garder de l'humidité, de laisser agir plus rapidement toutes les hydrolyses enzymatiques présentes dans le caillé. Du fait de cette accélération, il est nécessaire d'adapter d'autres paramètres de l'affinage pour

ne pas avoir un emballage des phénomènes d'évolution et de voir des défauts de texture (pâte fondante) et goût (amertume) apparaître.

Si on compare les deux technologies d'affinage de l'emmental, l'affinage sous film permet de gagner 2 semaines d'affinage. Gustativement, cela n'est pas forcément flagrant, mais visuellement, les ouvertures et textures de pâte sont proches pour 2 semaines d'affinage en moins (« emmental » Vs « emmental français de tradition »).



Affinage d'un emmental de tradition en 7 semaines minimum, sans passage sous film, sans ajout de protéines de sérum en technologie

(Source : <http://www.tourisme-an-necy.net/emmental-savoie.html>)

Soigner l'aspect de surface

Affiner sous film, c'est aussi travailler le croûtage en « décalé ». Durant l'affinage sous film, aucune flore d'affinage classique ne se développe en surface du fromage. S'il y a développement, c'est que l'étanchéité du film n'est pas garantie. On a donc une évolution interne du fromage, sans modification de l'externe. On peut donc raisonner le croûtage ensuite, à l'issue de la fin de la phase sous film :

- soit par l'installation d'une croûte classique (bactérienne en croûte morgée, fongique sur croûte sèche, « naturelle ») ;
- soit par l'application d'une enduction, colorée ou transparente, ou plus complexe type « Fol épi » ;

L'enduction finale donne son aspect définitif et permet également de stabiliser le croûtage dans le temps, la majorité de ces enductions contenant des antifongiques (pimaricine ou natamycine / E 235). On retrouve ces enductions sur beaucoup de pâtes pressées type « fromage des Pyrénées croûte noire », Saint Paulin...

L'affinage sous film permet de pré stabiliser la croûte en évitant le développement de flores indésirables avant enduction, même si un traitement de nettoyage mécanique de surface est mis en œuvre avant enduction.

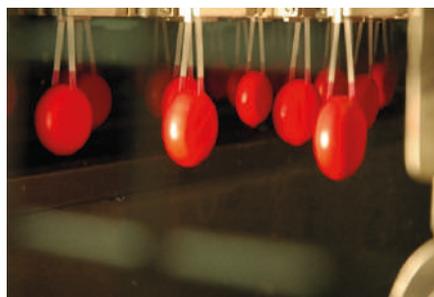
PRINCIPE ET MISE EN ŒUVRE

Un peu d'histoire...

On peut parfois confondre affinage sous film et fromages enduits. Historiquement, certaines technologies traditionnelles faisaient de l'enduction « sans le savoir ». On considère que les premiers fromages enduits sont les fromages types grana, parmesan. Les soins apportés en cave, le frottage manuel ou l'application d'huile végétale permettant d'imperméabiliser la surface du fromage. Comme dans le cas de l'affinage sous film, ces soins

limitent les déperditions d'eau par imperméabilisation de surface, et évite l'implantation de flores indésirables sur la croûte.

Les matières grasses naturelles (MG butyrique issues de l'évolution du fromage, huile végétale utilisées en enduction) ont été remplacées par des composés chimiquement proches, comme la paraffine. Cette paraffine est utilisée depuis de nombreuses années pour des fromages type « Babybel », elle est souvent colorée pour mieux identifier le produit.



Fromages après enduction à la cire rouge (Source : <https://www.gourmandiseries.fr/dis-comment-on-fait-des-mini-babybel>)

Cette paraffine, version incolore, est parfois utilisée en début d'affinage, avant enduction finale, cela revient à un affinage sous film.

L'affinage sous paraffine incolore est utilisé en pâte pressée pendant 2 à 5 semaines pour permettre une maturation correcte du fromage. La paraffine est ensuite enlevée avant enduction finale du fromage, ou développement d'une croûte plutôt fongique, sèche, pour obtenir un croûtage « naturel ».

CARACTÉRISTIQUES DE FILMS PLASTIQUES UTILISÉS

Lors de l'affinage sous film, les films utilisés pour l'affinage sont quasiment étanches, puisqu'ils ne laissent pas passer l'eau. 2 grandes types de matériaux sont utilisés :

- 1) films fins pour le report en froid négatif

suivi ensuite de l'affinage. Ces films ne possèdent pas, sauf pour certaines utilisations, de propriétés barrière à l'oxygène. Ils assurent une protection du produit tout en limitant les pertes en eau. Ces films sont appliqués sur le produit à l'aide d'équipement type flowpackeuse (HFFS) ou soudeuse en L.

- 2) Sacs rétractables qui présentent des niveaux de perméabilités aux gaz variables selon l'application ciblée (du semi-perméable jusqu'à la très haute barrière à l'oxygène).

Ces sacs permettent de mettre sous vide les produits à l'aide de machine à cloche. La rétraction pratiquée généralement à l'eau chaude apporte résistance mécanique et sécurité en limitant le développement des moisissures en cas « d'accident d'étanchéité » (accrocs, soudure faible,...).

Elle autorise également le carottage en cours de report ou affinage. En fonction des contraintes mécaniques que vont subir les produits et des exigences de production (cadences, besoin de l'utilisateur final,...) ces matériaux varient en composition, sont déclinés en différentes épaisseurs et couleur et, peuvent être imprimables.

En fonction du degré d'étanchéité des sacs à l'oxygène, on parle d'effet barrière ou d'une légère perméabilité aux molécules produites durant l'affinage.

Contrairement aux matériaux barrières, ces matériaux semi-perméables ont la particularité de voir évoluer leur niveau de perméabilité aux gaz (O_2 , CO_2), avec la température : l'effet barrière est maximal à froid (report à basse température), la perméabilité augmente lors de l'affinage en cave chaude par exemple (emmental), limitant ainsi le gonflement du sac en cours d'affinage, tout en favorisant l'ouverture de la pâte.

L'absence de perméabilité à l'oxygène à basse température couplée à la mise sous vide garantit de surcroît l'absence de développement des germes aérobies comme les moisissures. Dans le cas de certains fromages au lait cru, contenant une flore gazogène, ou de l'utilisation de ferments lactiques mésophiles aromatiques et gazogènes, la perméabilité partielle au CO₂ est recherchée afin de limiter à nouveau le gonflement des sacs.

Les dernières générations de matériau de sac permettent également de gérer une légère perméabilité à la vapeur d'eau, mais le principal critère de choix reste l'effet barrière ou non des matériaux utilisés. Pour compléter la validation des films, il est utile de vérifier leur machinabilité (facilité de mise en œuvre, soudabilité, compatibilité avec certain type de vide dit vide « soft » utilisé notamment sur les PPNC pour préserver la structure des fromages durant la mise sous vide, ...). La société Sealed Air (Marque « Cryovac »®) propose actuellement des équipements de mise en sac semi automatisé, voire complètement automatisé pour limiter les manipulations et réduire ainsi les risques de TMS (liés à la répétabilité et pénibilité des taches). Le degré d'automatisation dépend des besoins de l'utilisateur final mais aussi du format du fromage. Il est ainsi possible de déposer automatiquement le produit sur la ligne, former automatiquement le sac autour du produit à partir d'une bobine de film puis d'effectuer les opérations de mise sous vide / rétraction sans aucune intervention des opérateurs.

Mise en œuvre et adaptations technologiques

Du fait de l'accélération des phénomènes biochimiques dus au confinement, à l'humidité supérieure, l'affinage sous film demande quelques précautions pour être maîtrisé. Si on veut obtenir des fromages de caractéristiques identiques, il convient, lors de l'affinage sous film, de baisser légèrement l'HFD pour compenser l'absence de perte d'humidité. 1 à 2

points d'HFD en moins permettent de limiter une évolution trop rapide du caillé. Une baisse de température de 1 à 2 degrés permet également de compenser le filmage. Sans ces adaptations, le fromage s'affine plus vite, mais des phénomènes de protéolyse accélérée risquent de conduire dans un premier temps à une amertume accentuée, puis à un assouplissement trop important (texture de fromage « fondu »), accompagnés d'autres défauts comme un huilage supérieur.

D'un point de vue qualité du lait, le fait d'affiner sous film favorise l'anaérobiose du fromage, les accidents liés aux flores butyriques sont donc accentués. Il convient donc d'avoir des laits de très bonne qualité de ce point de vue (moins de 1000 spores / l) ou de mettre en œuvre les traitements nécessaires pour réduire ces flores en amont (bactofugation, lysozyme).

APPLICATIONS

Affinage de l'emmental

En France, il existe plusieurs catégories d'emmental (le gruyère est maintenant une AOP affiné 120 jours minimum), mais « seule », la dénomination emmental permet le passage sous film, avec une durée minimum de 6 semaines d'affinage.

L'emmental de tradition est quant à lui, affiné durant 7 semaines minimum, sans passage sous film ; l'emmental label rouge est affiné 12 semaines minimum, également sans passage sous film. La majorité des emmentals destinés à la production de fromage râpé sont affinés sous film, cela permet de gagner du temps d'affinage et voir les défauts apparaître plus tôt, pour un éventuel déclassement précoce. Cette technologie baisse les coûts de production permettant donc de diminuer la durée et les coûts d'affinage ce qui permet de proposer des emmentals premiers prix.

Tout le cycle classique d'affinage est mis en œuvre, mais sous film. Le film est

apposé après quelques heures de ressuage après salage, puis enlevé juste avant conditionnement du fromage. (voir process ci-contre)

Salage en saumure

Ressuage

Affinage en cave tempérée

Affinage en cave chaude

Affinage en cave froide

Retrait du film
écroûtage éventuel

Découpage, râpage,
conditionnement

Report de tommes de brebis

Pour pallier à la saisonnalité de la production de lait de brebis, le report de tomme sous film est une technique fréquente et satisfaisante lorsqu'elle est bien maîtrisée. Les tommes fraîches, démoulées, salées, sont mises sous film et affinées à basse température (parfois reportées en chambre froide à 2 °C). Cet affinage à basse température favorise de surcroît un affinage plus orienté vers de la lipolyse, ce qui renforce les arômes brebis (ou chèvre), par la production de petits acides gras courts.



Sources : <https://www.produits-laitiers.com/produit-laitier/etorki/>

Le fromage passe quelques semaines sous cette forme avant d'être sorti de sac, puis subit un cycle d'affinage classique ou adapté, afin d'éviter les réactions enzymatiques trop poussées suite à ce passage sous film. De part une typicité supérieure de ces produits, il

est parfois fait de façon systématique un passage sous film, à froid, pour renforcer les caractéristiques organoleptiques des pâtes pressées au lait de chèvre ou brebis.

LIMITES

Préparer son caillé à l'affinage sous film

Si le fromage s'affine plus vite par phénomène de confinement, l'affinage sous film peut être ralenti par la production d'un fromage plus sec. 1 à 2 points d'humidité du fromage dégraissé (HFD) suffisent à ralentir l'action du confinement. Cela se fait pour les tommes de chèvre et brebis, obtenues en technologie pâte pressée. L'abaissement de l'HFD doit se faire en cours de process et non à la fin, ces fromages sont trop imperméables pour sécher après salage. On préférera travailler 1 à 2°C plus chaud pour gagner cet EST supplémentaire.

Fromages gras

Lors de l'utilisation de films rétractables à chaud, il peut y avoir une fonte de la MG de surface du fromage. Il convient donc de choisir des sacs qui s'utilisent plutôt à froid, avec une mise sous vide du

fromage, pour limiter cet effet. Cette MG fondue peut ensuite être à l'origine de défauts spécifiques d'oxydation localisé, plus rarement de lipolyse.

Lors du dé-filmage, il conviendra de «laver» le fromage afin d'éliminer cette pellicule grasse, puis de le ressuyer avant de suivre le cycle d'affinage ou de choisir l'enduction finale.

L'affinage sous film est donc un moyen de réduire la durée de maturation des fromages, d'améliorer le report et la typicité des fromages obtenus à partir de laits saisonniers, de réduire les freintes par évaporation d'eau.

Cette technique s'adresse surtout aux technologies de fromages secs, pâtes pressées ; des HFD plus importantes (supérieure à 65 %) se traduiraient par une trop forte activité d'hydrolyse enzymatique dans le sac d'affinage. Des défauts majeurs peuvent alors apparaître : poissage de surface, amertume de la pâte, pâte fondue.

Il convient donc de bien préparer son caillé à cette technique, afin de limiter ses défauts et d'optimiser l'aromatization et la typicité du produit fini, en mettant sous film des caillés plus secs que les caillés de référence au démoulage.

**Morbier
Mont d'Or
Comté
Radette
Bleu de Gex
Tomme de Montagne
... de Nobles saveurs**

Les gestes changent, la nature reste !

Les Monts de Joux 50 ans
1968/2018

Fromagerie des Monts de Joux
36 rue Troutet • 25560 • BANNANS • 03 81 89 81 00

L'agence privée « Contractions non contractuelles »

LES LOCAUX D'AFFINAGE, ÉQUIPEMENTS, GESTION DES FLUX ET IMPACTS DES VARIATIONS SUR LES FROMAGES

Sébastien LAGNAUX, intervenant société CLAUGER
et Benoit PANCHER, formateur technologie fromagère, ENIL Mamirolle

INTRODUCTION

La composition de l'air et son traitement physique et/ou microbiologique constituent une clef de réussite fondamentale de l'affinage du fromage en blanc. Il oriente non seulement l'évolution des flores de surface des fromages et contribue à la formation de l'ouverture, de la pâte et du goût.

Température, hygrométrie, vitesse d'air, apport d'air neuf ou non varient très largement selon les process fromagers, d'où la nécessité de bien les définir avant d'investir dans une cave d'affinage ou système de climatisation.

La température :

La température est adaptée aux conditions de ressuyage, séchage et d'affinage avec des variations pouvant aller de 4 °C à 20-25 °C.

Elle peut se faire avec un thermomètre à alcool, une sonde Pt 100 (sonde de platine, par mesure de la résistance électrique en ohms) précise +/- 0.15 K pour les classes A.

Lors de l'affinage la température des fromages augmente naturellement la température de la salle, bien isolée et hermétique le chauffage n'est pas nécessaire ou tourne au minima.

Par exemple en cave à Pâtes Molles à croute mixte la température moyenne

mesurée des fromages est de 12°C pour une température moyenne haloir de 11°C. Lumières et personnels font augmenter cette température, les ouvertures des portes et leur étanchéité sont des éléments perturbateurs. Une augmentation de la température favorise protéolyse, lipolyse, des goûts plus intense voire piquant, ouvertures, détalonnement, croutage fongique et poisseux.

Au contraire une température basse contribue à des pâtes plus acides, des croutage moins fait favorisant par compétition les moisissures si celle a été conduite trop tôt dans la gestion de l'affinage. Un affinage plus long avec une température intermédiaire conduit à l'obtention d'arômes moins intenses mais plus diversifiés.

L'hygrométrie ou humidité relative (H.R.) :

Elle est définie comme le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau (quantité d'eau contenue dans l'air) et la pression de vapeur saturante (quantité d'eau maximale que l'air pourrait contenir).

Elle varie habituellement de 75 % à 90% lorsque l'on recherche un séchage plus ou moins prononcé et de 92 % à 98 % en condition d'affinage dit humide.

A partir de 2 % d'écart les fromages

affinés varient, sachant que des écarts de 10 % peuvent être constatés selon les installations et la conception du local d'affinage.

Les fromages positionnés aux entrées ou sous les climatiseurs, les locaux avec peu de fromages, une batterie à faible surface d'échange, un delta température augmenté entre l'air et le fluide refroidissant ou chauffant favorisé par une station de vanne on-off, un courant d'air, un excès de soufflage et orienté sur les fromages, un local mal isolé avec source chaude ou froide à proximité, génèrent des irrégularités sur un même lot affiné : pertes de poids augmentées, croûtes sèches favorables aux champignons (bleu et pénicillium).

A l'inverse une hygrométrie trop élevée, une condensation au plafond avec formation de gouttelettes, un manque de circulation d'air entre les supports, le positionnement des piles de fromages contre les cloisons ou entassées les unes contre les autres par manque de place, un climatiseur statique, favorisent des croutes crapo-teuses, un excès de développement de pseudomonas (dont vert et jaune fluorescence) et de mucors, des croutage orangé-rouge-écuit et coulant sous croute accentué en pâtes molles et lactiques.

Afin de comprendre l'évolution de l'hygrométrie, il faut également définir l'air saturé et le point de rosée.

Air saturé : l'air humide à température et pression donnée, dont la quantité de vapeur d'eau est telle que toute l'eau supplémentaire apparaît sous forme liquide (gouttelettes).

Point de rosée : température à laquelle l'humidité de l'air se condense pour former des gouttelettes d'eau.

↑ Pt de rosée (donc vapeur d'eau dans l'air) avec : air + chaud, mais condensation avec ↓ T°C. (photo N°1) Diagramme de l'air humide .

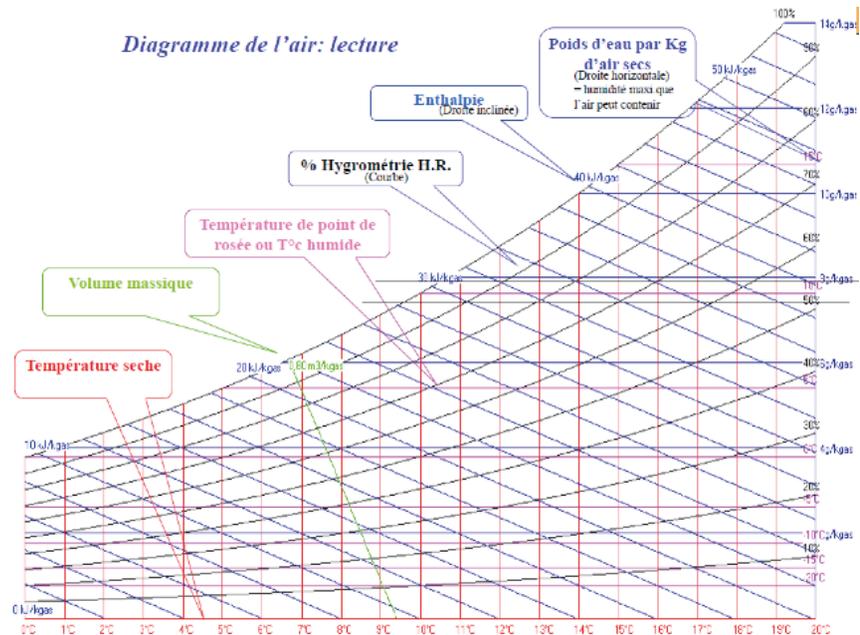


Photo N°1 : Diagramme de l'air humide

Lien humidité relative, quantité d'humidité dans l'air et freintes :

Prenons un exemple. (Photo N°2) Effet du refroidissement sur la condensation.

A 12°C et 90 % HR, si je refroidis → ligne horizontale → 10.5°C soit saturation (HR100%), et si je baisse encore la température → condensation → ↓ qté d'eau dans l'air. → pertes de poids malgré HR =100% mesurée.

Ainsi avec une baisse de 10.5°C à 9.5°C soit -1°C du point de rosée atteint, la baisse de la quantité d'eau dans l'air est de 0.5g/kg d'air sec correspondant à 0.82 m³ d'air.

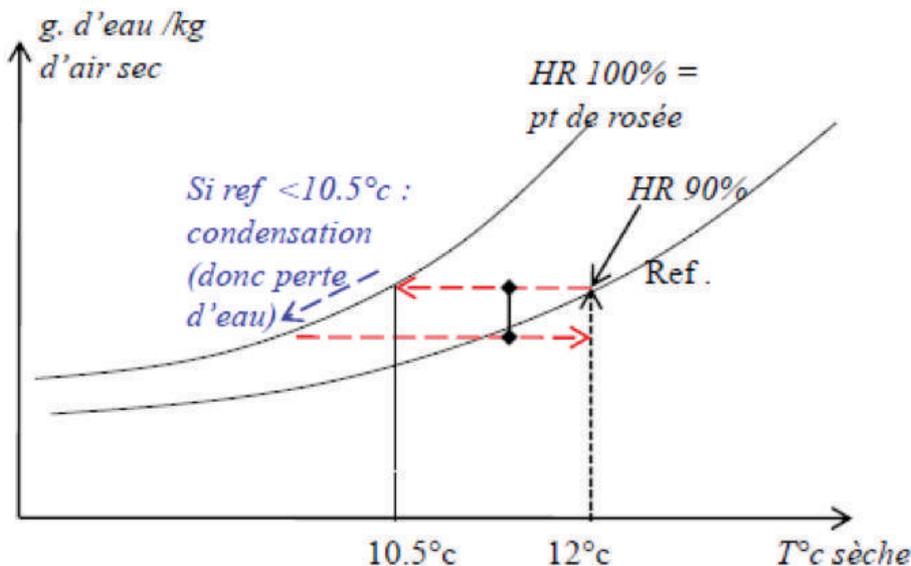


Photo N°2 : Effet du refroidissement sur la condensation

Avec un local d'affinage de 3x10x5m = 150m³ → 91g d'eau perdue passé dans batterie. Soit pour un taux de brassage de l'air de 15, en 1 heure, 15x91g = 1365 g d'eau perdu = freintes en fromages soit 32.8 kg théorique et maximale de fromage potentiellement perdu /jour.

Les appareils de mesure de l'hygrométrie utilisés et fiables sont : psychromètre avec thermomètre à alcool humide et sec (photo N°3), psychromètre avec sonde pt100 humide et sèche (photo N°4).



Photo N°3 : Psychromètre avec thermomètre à alcool humide et sec.

A la surface du thermomètre humide, l'eau se vaporise, l'air s'humidifie et la chaleur nécessaire à la vaporisation de l'eau de la chaussette est prélevée sur l'air qui se refroidit créant une différence de température.

Les sondes capacitives (photo N°5) dont les propriétés diélectriques varient en fonction de l'humidité de l'air sont moins adaptées pour des hygrométries mesurées proche de la saturation, selon les capteurs leur précision est de +ou- 0.5 à 0.8%.



Photo N°5 : Capteur par sonde à capacité.



Photo N°4 : Psychromètre avec sonde pt100 humide et sèche.

La mesure de l'hygrométrie dépend de la différence entre la température «sèche» et «humide» qui est entourée de gaz mouillé, balayé par de l'air de la salle en mouvement si possible à 2 m/s.

Les flux d'air et ventilation :

L'air circule naturellement par différence de température et le manque d'étanchéité des locaux d'affinage. Les ouvertures des portes, leur mauvaise étanchéité, clapet de décompression apporte significativement de l'oxygène nécessaire aux flores de surface, notamment pour des petits locaux <20m² et non saturés en fromages.

Taux de brassage de l'air : c'est le rapport entre le volume d'air neuf soufflé et le volume du local, en une heure. Ce brassage permet l'homogénéité en T°C et H.R.

Il varie de 10 à 25 en affinage à plus de 40 en séchage. On y associe une vitesse d'air très variable selon les systèmes de climatisations et gaines associées de 0.2 à 0.5 m/sec voire plus arrivant sur les fromages selon le souhait de sécher ou non.

L'air apporté permet d'assurer un renouvellement d'air nécessaire aux fromages à croûte fongiques et bactériennes produisant CO₂ et NH₄. L'air contient environ 0,04 % de CO₂ il peut en atteindre 0.2 à 4% en affinage, l'NH₄ pouvant atteindre qq's ppm en PMolles à plus de 100 ppm en P.P. à croûtes morgées, rendant tous deux l'air irrespirable. CO₂ et NH₄ influence favorablement la protéolyse et flore de surface type levures et bactéries neutrophiles, c'est globalement l'inverse pour les moisissures dont le pénicillium candidum favorisé par un renouvellement d'air plus élevé.

Le CO₂ ne peut être éliminé que par le renouvellement d'air, l'ammoniac par le renouvellement et le lavage de l'air.

L'apport d'air permet la surpression nécessaire pour les fromages sensibles, elle doit être la plus constante possible.

Le renouvellement d'air se définit par « le rapport entre le débit d'air neuf apporté et le volume du local, en une heure », il doit pouvoir se réguler entre 0.2 et 2 selon les cas.

L'apport d'air doit être plus ou moins filtré afin de limiter les aéro-contaminations : utilisation en amont d'un filtre grossier de type G permettant de limiter les encrassements du climatiseur et la présence de moustiques (exemple G3 à 4) soit une filtration équivalente à 5 à 10 microns.

Avec combinaison d’un filtre fin F 7 à 9 soit une filtration équivalente à 0.1 microns ou /et d’un filtre « très fin » de type H (exemple H10 en PPC à H14 en P.Molle industrielle) engendrant des pertes de charge plus élevées et maxi de 450 Pa.

Cet air doit également être tempéré ou mieux régulé afin d’éviter une augmentation des freintes lié aux différences de température (extérieur-local).

Il est indispensable de s’assurer que l’air neuf propre circule bien dans le sens “Salle Propre -> Salle sale”. Les salles propres étant les pièces où le fromage est nu donc dépourvu de protection vis-à-vis des aéro-contaminations. Les “salles sales” étant les zones dites encrassantes : exemple : stockage carton, laverie, vestiaires, ...

Si l’apport d’air neuf permet de protéger une zone et un local, les points extractions et ouvertures (personnel et passage des produits) permettent de canaliser l’air ou d’enlever l’excès d’humidité du local très différentes selon les zones. Un contrôle des flux et vitesse d’air (fumigène, flamme, anémomètre), des mesures par capteur de pression de l’air, avec et sans personnel, permettent d’établir un état des lieux de la circulation d’air. Une cartographie de la fromagerie des locaux identifiés (réception traitement, fabrication, circulations, vestiaires, séchage, affinage, conditionnement, stockages et suremballage) avec les points de soufflage, d’extraction et puissances associées, permettra avec l’installateur de maîtriser au mieux ces flux d’air, humidité et aéro-contaminations. L’air neuf étant très énergivore.

Eléments à prendre en compte pour la gestion des flux d’air : Dimensionnement de la salle (surface, volume), usage de la salle (matériel, personnel, produits), niveau de protection requis, extraction-Insufflation et positionnement, ouvertures et positionnement, T°c et H.R. moyennes souhaitées.

Enfin, un suivi des fromages au quotidien est nécessaire afin de pallier aux variations observées des crotâges du ou des « lots » affinés, avec ajustement des soins accompagné par une correction du système de climatisation (T°c, Humidité relative et ventilation).

Constat : Humidité Poissage de surface	Moins	Témoin	Plus
Hygrométrie	94-96 (Mouillage complémentaire du sol)	92-93	90-92
T°c:	13	12	11
Ventilation	Ralentir Eloigner des clim. et entrées		Accentuer Batterie : Faire + de chaud et de froid
Retournements Soins	- +		+ Moins mouiller
Positionnement des fromages	Confiner, filmer		Faire des rotations (haut-bas et centre, tourner les fromages)

Exemple d’adaptation du suivi d’affinage des fromages, selon l’humidité de surface constatée.

Sébastien LAGNAUX, intervenant société CLAUGER

Il existe 2 méthodes pour climatiser une cave d'affinage : le froid statique et le froid ventilé.

Les 2 ont leurs avantages, leurs inconvénients et leurs limites.

Le froid statique permet de maintenir des conditions de T°C dans une cave. Il est difficile de sécher avec du froid statique en raison de l'absence de système qui permet à l'air de se refroidir et de se réchauffer successivement.

L'avantage principal du froid statique est que la circulation de l'air au contact des fromages est très lente, permettant un affinage de qualité notamment au niveau des croûtes.

Son principe est très simple, s'il s'agit de mettre en mouvement des masses d'air avec des T°C et des densités différentes. En l'absence de ventilation, les circuits d'air sont relativement courts, ce qui signifie qu'il peut y avoir une hétérogénéité de l'air en cave si le nombre et la position des batteries froides statiques sont mal définis.

Ce système est donc naturellement lent et peu réactif, idéal pour maintenir des T°C initialement stables (caves enterrées par exemple) cependant il ne va pas permettre de réagir rapidement lors d'élévation brusque de T°C par exemple : ouverture prolongée de la porte, ou chargement complet de la cave avec des fromages plus chauds que la pièce.

L'humidification en froid statique est complexe. Il existe différentes manières d'humidifier : Tout d'abord la méthode la plus empirique : en mouillant le sol. Cette méthode entraîne des contraintes

: système d'évacuation permettant le blocage de l'écoulement, hygiène des chaussures de travail etc...

De plus, elle permet de maintenir une bonne hygrométrie en point bas de la cave mais ne permet pas de la maintenir homogène dans tout le volume. Un autre système est le ruissellement d'eau le long des parois de la cave mais ce système nécessite une bonne conception en génie civil dès la fabrication de la cave.

Enfin, le système qui permet d'humidifier correctement en froid statique est un système par nébulisation de l'eau via une technologie piézométrique (formation de brouillard très fin par vibration à haute fréquence sur 2 plaques céramiques).

Le froid ventilé, en opposition au système précédent, présente le grand avantage de brasser l'air de la cave dans son ensemble et d'avoir une

meilleure homogénéité dans le volume de la salle. De plus, le fait d'avoir un ventilateur va permettre d'avoir une régulation beaucoup plus réactive lors des perturbations de T°C.

Il existe différents types de conditionneurs d'air et différents critères de sélection. Tout d'abord le premier va être sa position : au sol ou au plafond ? L'avantage de la position au sol est l'accessibilité pour contrôler l'intérieur de l'appareil, pour le nettoyer et faire les opérations de maintenance.



Cave d'affinage équipée d'une batterie froide statique située en point haut de la voute.

A l'inverse, la conditionneur dit «plafonnier» permet d'avoir un gain de place au sol. Cependant il ne permet pas une accessibilité aisée pour les opérations de nettoyage. De plus, pour les caves de grandes hauteurs (au-delà de 6m) avec une T°C d'affinage dite «tempérée voire chaude», il sera très difficile de combattre le phénomène de stratification de l'air.

Dans tous les cas, il est indispensable de choisir un appareil en Acier inoxydable en 304L (ou 316L si l'ambiance est saline). La batterie froide peut être en tubes lisses ou tubes à ailettes.

En tube lisse, elle sera plus facilement nettoyable et moins encrassante. A l'inverse la batterie en tubes à ailettes permettra de disposer d'une plus grande surface d'échange Air-Eau (voir plus bas).

L'accessibilité est un point à ne pas omettre. Les appareils doivent facilement être accessibles à l'intérieur



Conditionneur d'air ventilé situé au plafond, nettoyable manuellement au canon à mousse.



Conditionneur d'air ventilé situé au sol, nettoyable en automatique avec un système embarqué.

afin de réaliser les opérations de nettoyage. Certains appareils peuvent être équipés de leur propre système de nettoyage embarqué ou mobile. Pour les caves d'affinage avec ambiance ammoniacquée, on peut y installer un système de lavage d'air qui permettra l'abattement de l'ammoniac de l'air de la cave.

Le conditionneur d'air en froid ventilé doit être associé à une diffusion par gaine textile.

Cette technologie permet une diffusion homogène sur toute la longueur de la cave. Sa conception (diamètre, type et nombre de perforation, orientation) ne doit pas être négligée.

Il est primordial d'étudier convenablement la vitesse de sortie d'air de la gaine afin de garantir une dispersion de l'air dans la salle sans venir crouter les fromages.

La gaine textile présente l'avantage d'être facilement, lavable démontable, remontable, légère, sans formation de condensation à l'intérieur.

Dans les 2 cas, (froid statique ou froid ventilé) il est primordial de ne pas négliger la surface d'échange de la batterie froide.

Plus elle est grande, plus on pourra travailler avec un fluide froid (eau glacée ou eau glycolée) dont la T°C sera proche de la T°C ambiante, ce qui permettra de s'éloigner au maximum du point de rosée et éviter la formation de la condensation sur la batterie froide (réduction de la freinte).

Pour pouvoir ajuster constamment la T°C de la batterie froide, il est primordial de disposer d'un système de régulation et de station de vannes permettant cette flexibilité. Tous les régulateurs ne permettent pas ce type de modulation constante. Une utilisation de batterie froide alimentée en fluide frigorigène (détente directe) ne permet pas une régulation fine. Son fonctionnement en «Tout ou rien» donnera une stabilité de T°C de moyenne qualité en comparaison à une régulation avec un système utilisant de l'eau froide (glacée ou glycolée).

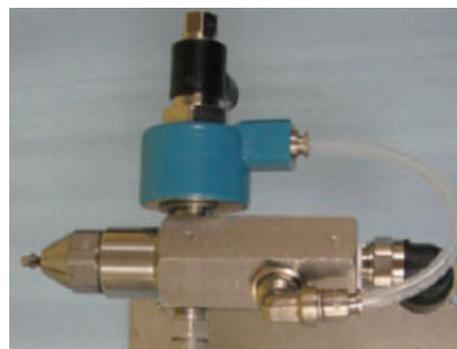
Quelques conseils avant de concevoir une cave d'affinage :

- Il est important de bien dimensionner sa cave d'affinage par rapport à la

quantité de fromage à mettre. Eviter d'avoir des caves sur dimensionnées avec peu de fromage à l'intérieur. Elle sera plus difficile à réguler et à stabiliser en haute hygrométrie (le fromage représente le réserve d'eau de la cave).

- Bien dimensionner la puissance froide mise en œuvre pour les cas les plus extrêmes (taux de chargement maxi, conditions de T°C extérieur maxi).

- Bien isoler sa cave d'affinage. Plus elle sera isolée, moins on sollicitera le froid, moins on consommera d'énergie froide et moins on risque de sécher le fromage ou de modifier le pourcentage de freintes lié aux variations des T°C externes.



Brumiseur avec buses ultrasoniques (gouttelettes < 5 micromètres).

TROUVEZ VOTRE FUTUR EMPLOYÉ AVEC ENILJOB.FR



Un service qui vous met en **relation** avec des **candidats** motivés, diplômés dans les ENIL et compétents dans **les secteurs qui vous intéressent** !

- Diffusion et Consultation d'offres en ligne
- Accès à la CVthèque
- Contact direct avec les candidats

- Affichage des offres dans les ENIL
- Suivi des offres
- Gratuité des offres de stage

TARIFS

Entreprise de -10 salariés
1 offre/ 3 mois **42 €**

Entreprise + 10 salariés
1 offre/ 3 mois **100 €**

Cabinet de recrutement/Agence intérim
1 offre / 3 mois **210 €**

PACKS ANNONCES
5 offres/ 1 an **400 €**
10 offres/ 1 an **700 €**
50 offres/ 1 an **3000 €**

**Pour diffuser une offre d'emploi ou une offre de stage :
Créez un compte en ligne sur www.eniljob.fr ou contactez-nous**



@eniljob

www.eniljob.fr

Ecrivez-nous : service.emploi@anfopeil-enil.fr

LES DÉFAUTS D’AFFINAGE PAR GRANDES FAMILLES DE FROMAGE

Franck NEYERS, formateur, ENILIA SURGERES

Les défauts d’affinage des fromages sont liés à un développement anormal des flores présentes, ou à un développement de flores contaminantes. Les conditions de milieu, le caillé lui même, peuvent également être responsables d’une évolution vers un défaut.

Dans une précédente Revue des ENIL, Jean Millet avait synthétisé les origines des défauts de croutage les plus fréquents en pâtes molles. Le tableau 1 relate cette synthèse.

Pour qu’il y ait défaut, il faut :

- Toujours une source de contamination;

- Toujours des conditions favorables de développement.

Le défaut s’exprime si modifications technologiques, si problèmes en cours de fabrication.

	Mucor	Bleu	Geo	Levures	Coliformes	Croûte poisseuse
Défauts	Couverture grise/ noire	Tâche grise à noire, bleu verte	Plissage, coulage sous croûte	Coloration des croûtes, gonflements précoces, poche de gaz, odeur d’alcool	Gonflements précoces, petits trous	Développement des flores putréfiantes
Présence	Très fréquent	Toujours	Fréquent	Fréquentes, surtout lait cru, véhiculées par l’air	Absent dans lait pasteurisé, contamination post pasto	Rare en lait pasteurisé
Développement	Humidité, acidité	Tout milieu	Humidité, acidité	Tout milieu	T°C, absence compétition microbienne	Humidité de surface, papier étanche
Elements favorables	Hausse HFD; Baisse NaCl/ H ₂ O; Absence ressuyage; Salage en saumure	Excès de sel Excès de CO ₂ Excès d’EST	Hausse HFD; Baisse NaCl/ H ₂ O; Absence ressuyage; Hausse T°C affinage	Contaminations	Retard acidification (inhibiteurs)	Pb papier d’emballage; Affinage sur planche; Pb retournements Pb salage

Tableau 1 : défauts de croutage en pâte molle (Jean Millet – 2005)

Les défauts d'affinage sont plus souvent liés à des conditions favorables de développement des flores parasites, qu'à leur présence.

Pour faciliter la résolution de problème, on peut même considérer que les flores de contamination générant des défauts sont toujours présentes, mais que ce sont des conditions de milieu et substrat favorables qui font que leur développement est effectif.

DÉFAUT DE POIL DE CHAT

Le poil de chat (*Mucor*) se développe sur les fromages humides, acides, peu salés, froids.

Il est présent parce que le milieu lui est devenu plus favorable : son développement est souvent consécutif à un défaut d'égouttage, de coagulation, de salage. Il suffit d'une température plus basse de 1 à 2 °C, pour que tout l'égouttage soit ralenti et que le développement ultérieur de Géo soit ralenti ; deux éléments qui favorisent *Mucor*. Une variation de la composition du lait, une variation du G/S du fromage, si elle conduit à une variation de l'HFD, se traduira aussi par un caillé plus humide, plus apte au développement rapide de *Mucor*.

Un travail tout au long du processus permettant de mieux réguler ses objectifs d'HFD au démoulage est la clé pour lutter efficacement contre les problèmes de *Mucor*.

GEO ET POIL DE CHAT, LES FRÈRES ENNEMIS

Le cas de *Geotrichum* est intéressant à détailler. C'est une levure qui, pour résumer, supporte le sel comme *Mucor*, mais est plus sensible aux variations de température. Pour faire simple, on peut considérer que le meilleur moyen de sélectionner *Geotrichum* / *Mucor* est de jouer sur les températures :

C'est la vitesse d'implantation de l'une et l'autre flore qui fait que le défaut apparaît ou pas.

Geo doit se développer rapidement en premier. Il convient donc d'avoir une température de début d'affinage assez élevée (13 à 15°C), ou de retarder le refroidissement du fromage avant salage. Une température plus élevée avant salage va également favoriser le développement du *geo* plus rapide, d'autant que le salage n'a pas encore eu lieu. Rester à des températures voisines de 14°C après salage, durant les heures de ressuage / levuration sera un moyen de lutte efficace contre l'éventuelle développement du *Mucor*.

Attention toutefois à ne pas sur-développer le *Geo*, une petite erreur de quelques heures à haute température et c'est la grosse peau assurée. D'autres techniques peuvent permettre de favoriser la pousse de *Geo* :

- Le saumurage, par rapport au salage à sec : le saumurage détampone la croûte du caillé, favorise la baisse du sel/eau de surface au cours du ressuage / levuration.
- Le passage en saumure « chaude » : en passant dans une saumure à 15 / 18°C, le *géo* est favorisé durant le salage également, le fromage reste chaud plus longtemps ;

- Bien raisonner « levuration » après salage : températures élevées (14 à 18°C), air relativement sec (92% d'hygrométrie) et ventilation / oxygénation importante (flux d'air plus homogène et limiter l'accumulation de CO₂).

Une autre origine de la « grosse peau » est le développement d'entérocoques. On retrouve une coute poisseuse, mais associée à une odeur de viande avariée, une couleur brune.

Ce sont des flores qui sont originaires du lait cru, la pasteurisation est le moyen de lutte le plus efficace. Le séchage poussé des fromages est également un moyen de lutte efficace, mais il peut limiter les autres flores utiles (*Géo*).

Il y a un gros travail d'hygiène à mener en amont, à la traite et au transfert du lait afin de limiter ces flores initialement dans le lait, puis le caillé. Une acidification rapide permet aussi de limiter leur développement.

Température < 12 °C	Température de 12 à 13 °C	Température > 13 °C
Geo est inhibé par la baisse de T°C, pas <i>Mucor</i>	Geo et <i>Mucor</i> se développent tous les deux à la même vitesse	Geo est boosté par la hausse de T°C, pas <i>Mucor</i>
<i>Mucor</i> s'implante à la place de <i>Geo</i> = défaut de « poils de chat »	Risque de défaut de poils de chat car <i>Geo</i> n'a pas pris le dessus sur <i>mucor</i>	<i>Geo</i> se développe rapidement, inhibe <i>Mucor</i> , mais peut générer un défaut de « grosse peau » s'il n'est pas « bridé ».

LE BLEU, LE PLUS OPPORTUNISTE

Lutter contre le bleu en pâte molle est un vaste problème. Comme pour les autres flores, on peut considérer qu'il est toujours présent, mais que ce sont des conditions de développement qui vont favoriser sa présence et les défauts :

- il est le germe qui supporte le mieux les taux de sel élevé : on le retrouvera donc en cas de salage important, ou d'EST supérieur aux objectifs (taux de sel/eau supérieur) ;
- il tolère des taux de CO₂ élevés : un manque d'oxygénation, une ventilation insuffisante, des retournements en cave insuffisants, sont des éléments de sélection qui lui sont favorable ;
- Un caillé plus acide (plus perméable, qui prend plus le sel !), c'est également un élément qui favorise le bleu.

Lorsque le bleu se développe sur une face du fromage, soit elle est plus sèche, plus salée (problème d'homogénéité du salage, ou de ressuage plus poussé sur une face), soit le fromage est resté au sérum plus longtemps en cours d'égouttage (retard de retournement). Une face est devenue favorable au bleu. Un retard de retournement en affinage peut aussi générer ce défaut, l'oxygénation étant parfois moindre en face inférieure.

Si c'est tout le fromage qui est bleu, c'est que globalement, la technologie en place ne permet pas de développer la flore voulue, et que les étapes mises en œuvre favorisent au contraire le développement du bleu : fromage trop sec, salage trop important, ressuage trop long, température de début d'affinage trop basse alliée à une contamination aéroportée.

DES CROUTES FLUORESCENTES EN PÂTES MOLLES

Les croûtes fluorescentes sont dues à *Pseudomonas fluorescens*. Les «pseudo» se développent en générant des défauts de coloration (jaune à verte), des goûts d'amertume, des croûtes poisseuses.

Ils provoquent une protéolyse de surface, en général sur les fromages peu acides. Dans le cas de *Pseudomonas*, il convient de raisonner « contamination », en plus du développement.

En effet, c'est avant tout en gérant au mieux l'hygiène de la traite que l'on va lutter contre la source surtout en lait cru.

La technologie avec une acidification rapide permettant de lutter contre le développement.

Les *Pseudomonas* viennent des fourrages. Ils contaminent le lait pas les trayons, la machine à traire. Une récurrence saisonnière des *Pseudo* est souvent liée à une variation de la richesse du lait.

Le lait plus gras (début et fin de lactation), encrasse davantage la machine à traire. Si le nettoyage n'est pas adapté (il faudrait forcer sur la phase alcaline), alors des germes s'accumulent et se développent dans les films gras résiduels aux nettoyages (ce ne sont pas des biofilms, mais des zones mal nettoyées).

Ces réservoirs de *Pseudo* viennent contaminer ensuite toute la fabrication, se développent surtout en cas de retard d'égouttage et d'acidification.

Le principal moyen de lutte reste donc une lutte en amont, dès la collecte du lait, pour limiter la présence des *Pseudo* dans le lait cru, par une meilleure hygiène à la traite, surtout lors des périodes de laits «gras», encrassant.



Duo de défaut sur une pâte molle solubilisée : *Mucor* et *Pseudo* (photothèque ENILIA)

ÉVOLUTION DE LA BIO DIVERSITÉ AU COURS DE L’AFFINAGE D’UN FROMAGE AU LAIT CRU

Nicolas ORIEUX, docteur en écotoxicologie, enseignant en biotechnologies et génie biologique, ENILV la Roche-sur-Foron

Les premiers résultats du projet ERASMO permettent d’observer l’évolution de la biodiversité bactérienne et fongique au cours du procédé de fabrication d’un fromage au lait cru. Ce dernier est très riche mais cette biodiversité disparaît lors de l’ensemencement par les ferments pour réapparaître ensuite progressivement au cours de l’affinage.

“ L’indice de Shannon chute drastiquement sous la barre des 1 dans le lait à l’ emprésurage. ”

Dans un précédent article (Orieux, 2015) nous faisons état des applications possibles des nouvelles techniques de séquençage haut débit (NGS) pour la filière laitière.

Les méthodes dites « omiques » sont des méthodes d’identification et d’études des microorganismes basées sur l’analyse du génome microbien par des techniques de biologie moléculaire et de séquençage nouvelle génération (NGS).

La puissance de ces méthodes tient dans :

- Leur spécificité : On peut cibler et identifier des microorganismes à l’échelle de l’espèce

- Leur précision : On peut atteindre des populations très minoritaires (0,01%) et non cultivables

- Leur volume d’analyse : Pour les analyses d’identification en métagénomique, on peut traiter plus de cent échantillons en une seule fois.

En fonction de la partie du génome ciblée on peut répondre à différents types de questions :

- Cible = ADN (On parle de « métagénomique ») : Qui est là ? Qui pourrait faire quoi ?

- Cible = ARN (On parle de « métatranscriptomique ») : Qui est actif ? Qui fait quoi ? – Encore expérimental.

Ces techniques sont complémentaires et permettent de répondre à un grand nombre de questions :

- Dynamique de l’écosystème au cours de la fabrication et influence des paramètres technologiques sur cette dynamique;

- Niveau d’implantation des flores du lait cru et des ferments lactiques;

- Compétition bactéries <=> levures/ moisissures ;

- Détection et identification des microorganismes non ou difficilement cultivables;

- Suivi de l’apparition d’un défaut;

- Traceurs génétiques de traçabilité et d’origine;

- Corrélation entre diversité microbienne et diversité organoleptique;

- Sélection de souches autochtones pour leur potentiel métabolique et la production de ferments.

Actuellement, une des méthodes les plus utilisées est la technique du métabarcoding (Fig. 1). Cette technique de métagénomique consiste au séquençage des amplifiats de PCR d’une zone discriminante du gène codant pour l’ARNr 16 bactérien et pour l’inter-spacers non codant ITS1 des levures moisissures (règne des fungi).

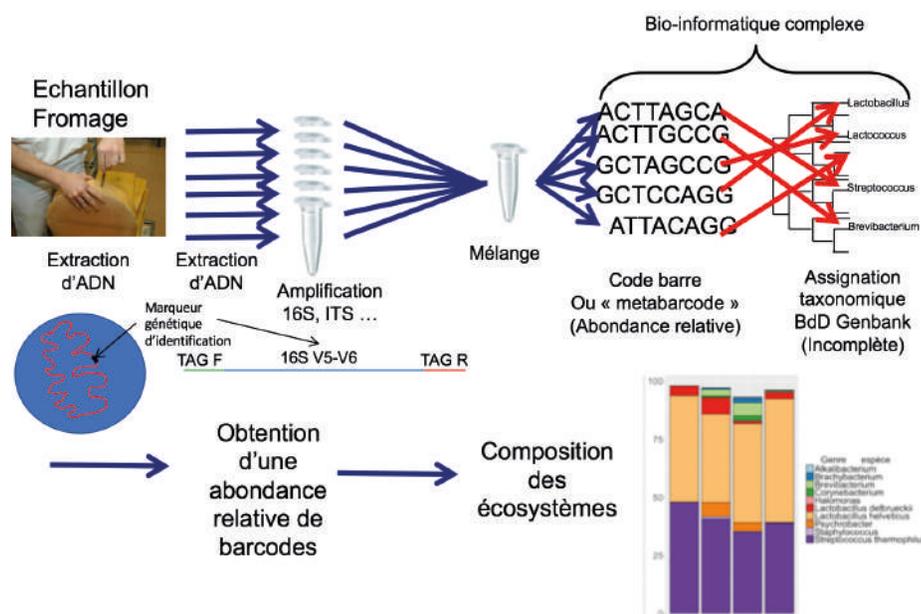


Fig 1: principe du métabarcoding

La mise en œuvre de cette analyse se passe en plusieurs temps :

- Prélèvements des échantillons de fromages;
- Extraction d'ADN;
- Amplification par PCR des séquences marqueurs d'identité microbienne (bactéries et champignons);
- Amplification par qPCR et quantification des flores totales (permettant de normaliser les données);
- Séquençage des marqueurs (aussi appelés barcodes) et analyse bio-informatique des données.

Le résultat obtenu est la liste des microorganismes présents (taxons) et les abondances relatives (un pourcentage) des taxons identifiés au niveau de l'espèce, si possible, ou au niveau du genre pour chaque point de prélèvement.

Durant les 3 dernières années, le « Pôle Lait Cru », Pôle de Recherche et Développement sur la qualité, la microbiologie et la technologie des fromages au lait cru, a mené le projet ERASMO, « Synergie des flores microbiennes et valorisation des potentialités du lait cru : exploration par métagénomique ». Ce pôle est l'association d'un centre technique, ACTALIA (La Roche-sur-Foron (74)), des filières fromagères savoyardes (AFTAIP), représentées par le Centre de Ressource pour l'Agriculture de Qualité et de Montagne (CERAQ (73-74)), et d'un centre de formation, l'Ecole Nationale des Industries du Lait et des Viandes, l'ENILV (La Roche sur Foron (74)).

L'objectif du projet ERASMO est d'étudier les dynamiques microbiennes des populations endogènes (du lait) et exogènes (des levains, les ferments et de l'environnement) en cours de fabrication sur 3 technologies fromagères savoyardes

grâce aux méthodes « omiques ».

La technique utilisée est celle du métabarcoding nous permettant d'identifier « qui est là ? » à chaque point de prélèvement. En résumé, des échantillons de lait, de ferments, de saumure, de pâte et de croûte (13 points de prélèvement/atelier au total) ont été prélevés en triplicata dans 4 ateliers par filière et sur 3 technologies fromagères à deux saisons différentes.

Les filières et les ateliers ont été sélectionnés pour :

- La variabilité des pratiques en termes de préparation et d'apport de ferments et la diversité des types de souches.
- La variabilité des étapes technologiques, des températures et des conditions d'affinage.

Ce projet va permettre de répondre à de nombreuses questions comme, par exemple :

- Quelle est la diversité des flores présentes dans les fromages au lait cru de Savoie ?
- Quelle est la part des flores du lait cru présentes dans le fromage affiné final ?
- Quelle est la dynamique des flores au cours du procédé de fabrication ?
- Comprendre un défaut de fabrication.

Nous pouvons d'ores et déjà présenter la dynamique de la biodiversité bactérienne et fongique au cours de l'affinage d'une pâte pressée.

Tout d'abord, la méthode du métabarcoding permet d'obtenir une abondance relative de taxons dans un écosystème et donc d'en déterminer un indice de biodiversité comme l'indice de Shannon par exemple dont voici la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

H' : indice de Shannon

n_i : nombre d'individus du taxon i

N : nombre d'individus total

S : nombre de taxon de la population (richesse spécifique)

L'indice de Shannon varie de 0 à log 2 (S). Il dépend donc du nombre de taxons trouvés mais aussi de la proportion de chaque taxon. Dans un environnement riche en biodiversité, H' sera élevé si les taxons sont tous équitablement représentés ou sera faible si quelques taxons sont dominants.

Dans le cadre du projet ERASMO, nous nous sommes demandés comment évoluait la biodiversité d'un fromage, du lait cru jusqu'à la fin de l'affinage.

Un résultat sur une pâte pressée est présenté Fig. 2. Cette figure représente l'évolution de la biodiversité, mesurée en indice de Shannon, sur plusieurs échantillons : le lait cru et les ferments, le lait à l'emprésurage, la tomme blanche d'un jour puis dans la pâte et la croûte durant l'affinage d'une pâte pressée.

Comme l'on pouvait s'y attendre, la biodiversité du lait cru tant bactérienne que fongique est élevée (environ 2,5).

Concernant les bactéries, l'indice de Shannon chute drastiquement sous la barre des 1 dans le lait à l'emprésurage, ce qui est l'effet recherché ; les ferments d'acidification (2 espèces uniquement) occupent tout l'espace. La biodiversité est-elle perdue ? Pas vraiment. Ensuite, au cours du processus d'affinage, les ferments lactiques s'effacent progressivement pour laisser la place aux ferments d'affinage provenant soit du lait, soit de

l'environnement de la fromagerie. La salle de fabrication, la saumure, les caves sont autant de sources de microorganismes que l'on retrouve dans le fromage. Finalement, dans la croûte, une biodiversité de 2 est retrouvée à la fin de l'affinage.

Concernant les levures moisissures on remarquera que la biodiversité diminue peu dans le lait à l'emprésurage. Les fungi y sont en réalité très minoritaires et ne se développent pas. Comme pour les bactéries, une biodiversité de 2 est retrouvée dans la pâte et la croûte à l'issue de la période d'affinage.

Ces premiers résultats montrent l'élasticité de la biodiversité au cours du procédé de fabrication. Même si l'utilisation de ferments la fait s'effondrer, les flores du lait cru restent pour partie présentes sans disparaître. Elles attendent patiemment que les flores lactiques leur laissent la place, que la pâte se désacidifie. Ce phénomène

se vérifie dans toutes les filières étudiées pour le projet ERASMO.

Nous ne manquerons pas de vous présenter, de manière plus approfondie, la dynamique des flores de l'écosystème fromager au cours du procédé de fabrication et la part des flores du lait cru qui se cachent puis réapparaissent et peuplent le produit fini.

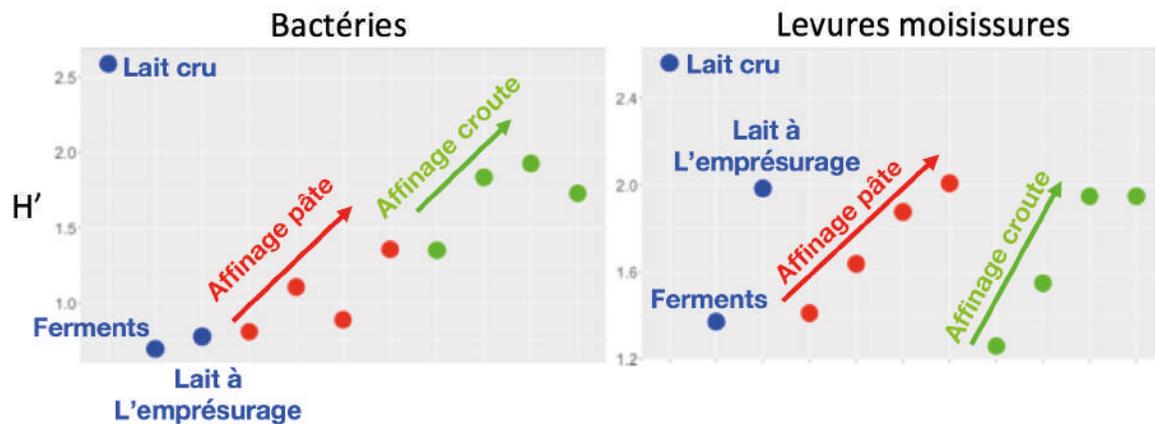


Fig. 2: Evolution de la biodiversité, mesurée en indice de Shannon, du lait cru et des ferments, du lait à l'emprésurage, de la tomme blanche d'un jour puis dans la pâte et la croûte durant l'affinage d'une pâte pressée.

Références :

Orieux Nicolas (2015). Les nouvelles technologies de séquençage au service de l'industrie laitière. Revue des ENIL n°336 mars/avril 2015.

INTÉRÊT DE L'ANALYSE SENSORIELLE EN FROMAGERIE

Interview de Djamilia DUPONT, formatrice en analyse sensorielle à l'ENILV de La Roche sur Foron, par S. COTTET.

A quoi peuvent servir des tests sensoriels pour une entreprise laitière ?

Une analyse sensorielle peut servir à caractériser son propre produit et permettre de le différencier de la concurrence, même dans le cadre d'un produit sous cahier des charges AOP/IGP/Label rouge. Cela permet de sélectionner ce que l'on veut de mieux, de trouver le moment le plus adéquat pour mettre fin à l'affinage de notre produit et de choisir ce qui plaît au consommateur. L'analyse sensorielle va donc nous donner des indicateurs techniques différents mais complémentaires de ceux classiquement utilisés sur les sites d'affinage : les 7 saveurs fromagères (fraîches, douces, fortes...) et les 9 grandes familles d'arômes (lactique, végétale, fruité...). Les fromages au lait cru créés de la variabilité naturelle entre les producteurs d'une même production fromagère, mais l'idéal est de maîtriser ces différences organoleptiques pour atteindre le plus de consommateurs possible. Il faut donc vérifier régulièrement ses productions et pour les comparer nous devons avoir un minimum de protocole, au même titre qu'une analyse physico-chimique ou microbiologique.

Quels sont les règles de base à adopter pour être un bon dégustateur ?

Il faut tout d'abord, ne pas avoir consommé de café ou autres substances qui maintiennent éveillés, ne pas avoir fumé et encore mâcher du chewing-gum, au moins une heure avant la dégustation. Ensuite, au cours de la séance, il faut avoir une attitude sérieuse, concentré et surtout prendre son temps. Entre chaque échantillon, il est recommandé de se rincer la bouche avec de l'eau à température ambiante et surtout de ré-étalonner ses sens à travers la

consommation de pains et/ou de pommes. Enfin, être un bon dégustateur, c'est avoir ses sens affûtés et cela passe par une formation à l'analyse sensorielle, mais aussi de régulièrement s'adonner à la pratique de cette analyse. En laboratoire physico-chimique, on parle de calibration des appareils et bien en test organoleptique c'est la même chose, l'appareil étant nos cinq sens.

En quoi se former apporte-t-il un plus ?

En analyse sensorielle, tous les dégustateurs ne parlent pas des mêmes choses avec les mêmes mots. On peut utiliser un mot et voir en lui des sens différents (fraîcheur, onctuosité...) selon les personnes. On s'aperçoit également que même pour les saveurs de base (sucré, salé, acide et amer), tous les dégustateurs

ne les ressentent pas de la même façon et ne les reconnaissent pas forcément. Effectivement, un dégustateur occasionnel n'aura jamais appris à les reconnaître en faible concentration et de manière isolée. C'est exactement pareil pour les arômes. Cependant, l'arôme ne se perçoit pas par la langue, mais par la voie nasale, lorsque le fromage est en bouche. On l'obtient en mastiquant et salivant le fromage jusqu'à ce que les arômes se libèrent et remontent vers le nez au contact de l'air.

Il est donc important de créer un historique de dégustation commun. Pour y arriver, il faut que dans l'entreprise tous les dégustateurs se soient mis d'accord sur les termes et les critères de dégustation. Un moyen simple d'arriver à ce but est la construction en groupe d'une grille de dégustation. Cet outil donnera lieu par la suite à un profil sensoriel (confère : exemple sur le profil sensoriel du fromage Abondance AOP).

Familles	Sous-Familles d'arômes	Aromes (et produits de références)
Lactique	Lactique frais	Beurre frais, crème fraîche, lait frais (cru)
	Lactique acidifié	Yaourt, lait caillé acidifié, crème maturée
	Lactique chauffé	Beurre fondu, lait cuit, chocolat blanc, petit lait chaud
Fruité	Lactique évolué	Beurre rance, crème rance
	Fruits à coque	Noix, noisettes, cacahuètes
	Agrumes	jus d'orange, pampelousse, citron
	Miel	Miel, toutes fleurs
	Fruits à noyaux	abricot, prunes
Torréfié	Caramel doux	Caramel mou, brioché, croûte de pain frais
	Grillé ou torréfié	Pain grillé, oignon grillé au beurre, café, chocolat
	Brulé ou fumé	Oignon brulé, pain brulé, viande fumée
Végétal	Note verte	Herbe
	Bouillon de légumes	Pomme de terre à l'eau, soupe de légumes
	Alliacées	Ail, oignon, vert de poireau
	Sous-bois	Champignons des bois, humus
Animal	Animal	Sueur, cuir, vache
	Carné	Bouillon de viande
	Jaune d'oeuf	
Épicé	Épicé	Poivre, muscade, clou de giroflles, 4 épices

JuraFlore

Fort des Rousses



Caves d'exception, Comtés d'exception



C'est à 1150 mètres d'altitude, dans les caves voûtées en pierre du Fort des Rousses que sont affinés les Comtés JuraFlore. Élevés à l'instar des plus grands vins, les Comtés JuraFlore Fort des Rousses délivrent des saveurs d'une extraordinaire richesse issues de la diversité florale du Massif du Jura. Régalez-vous d'un remarquable assemblage de saveurs torrifiées et fruitées. Cette année encore, les Fromageries Arnaud se sont distinguées au dernier Concours Général Agricole de Paris en obtenant une médaille d'or pour la huitième année consécutive dans la catégorie Comté et une médaille d'argent pour le Mont d'Or Arnaud.

Visitez les caves du Fort des Rousses au cœur du Parc Naturel du Haut-Jura. Renseignements sur www.juraflore.com

POUR VOTRE SANTÉ, ÉVITEZ DE GRIGNOTER ENTRE LES REPAS. WWW.MANGERBOUGER.FR

STAGES ANFOPEIL

Thierry MICHELET, Coordinateur-Responsable pédagogique, ANFOPEIL

Ce numéro très riche de la revue des ENIL nous confirme, s'il en était besoin, que l'affinage des fromages est une phase essentielle à l'obtention des qualités organoleptiques de nos fromages mais reste délicate à gérer.

Tous les stages ANFOPEIL relatifs aux différentes technologies fromagères abordent cette étape de manière plus ou moins approfondie en fonction du niveau de la formation.

Nous pouvons noter quatre stages qui se déroulent sur cette fin d'année 2018 et qui traitent de manière spécifique l'affinage des fromages :

Stage 6 L'affinage des fromages : conduite et caractéristiques organoleptiques 3 Jours Niveau Initiation	ENILV La Roche/Foron	Semaine 46 du 13/11 (13h30) au 16/11 (12 h)	La technologie de l'affinage - Etude des facteurs influençant la conduite de l'affinage - Les contrôles de l'affinage et indicateurs - Les bases de l'analyse sensorielle - Application au travers de la dégustation de fromages
Stage 12 Utilisation du bois pour l'affinage 3 Jours Niveau Expertise	ACTALIA	Semaine 44 15/11 (9h à 17h30)	Intérêts de l'utilisation du bois en affinage - Méthodes de gestion du bois pour une maîtrise technologique et sanitaire
Stage 18 Affinage et conditionnement des pâtes molles 4 Jours Niveau Expertise	ENIL Poligny	Semaine 50 10/12 (13h30) au 14/12 (12h)	Paramètres d'affinage - Caractérisation des fromages avant affinage - Biochimie de l'affinage - Soins, autocontrôles, accidents - Conditionnement des locaux d'affinage - Matériaux et complexes d'emballages - Choix d'un emballage pâte molle (études de cas)
Stage 19 Technologie des fromages lactiques affinés 4 Jours Niveau Expertise	ENIL Poligny	Semaine 20 14/05 (13h30) au 18/05 (12h)	Base théorique de l'obtention des gels et caillés lactiques - Moyens d'optimisation : standardisation et maîtrise de l'acidification - Conduite de l'affinage des caillés lactiques - Emballage des fromages lactiques

NB : Les descriptifs complets des stages sont disponibles sur notre site : www.anfopeil-enil.fr

N'hésitez pas à contacter le Réseau des ENIL/ANFOPEIL pour toute demande de formation « à la carte » sur ces thématiques ou d'autres.

Le réseau des ENIL/ANFOPEIL

BP 10025 • 39801 POLIGNY CEDEX
Tél : 03 84 37 27 24 • Fax : 03 84 37 08 61
accueil@anfopeil-enil.fr

Responsable administrative

Christine GRILLOT
christine.grillot@anfopeil-enil.fr

Coordinateur - Responsable pédagogique :

Thierry MICHELET : thierry.michelet@anfopeil-enil.fr
06 44 71 15 83

