Contribution à l'étude de la flore levure de quelques grands types de fromages de chèvre

F Nahabieh, JL Schmidt *

INA P-G, laboratoire de recherches de la chaire de technologie (INRA),
78850 Thiverval-Grignon, France

(Reçu le 3 mai 1990; accepté le 30 juin 1990)

Résumé — Une collection de 879 souches de levures, isolées à différents stades de l'affinage de plusieurs types de fromages de chèvre, a été constituée.

L'identification de ces souches a mis en évidence une assez grande diversité dans la nature de cette flore. On retrouve, toutefois, une proportion importante des espèces *Kluyveromyces marxianus* ssp, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces cerevisiae* et de leurs formes anascosporegènes. Ces espèces forment ensemble, selon les groupes de fromages concernés, entre 20 et 80% des souches identifiées.

Pour la plupart des fromages étudiés, une part importante de la flore est représentée par des espèces qui ont été peu rencontrées dans les fromages de lait de vache, *Candida lipolytica* et *C. intermedia* par exemple, qui sont trouvées, l'une et l'autre, en proportions très significatives (20% environ) dans 5 des types de fromages étudiés.

Une certaine originalité de la flore levure des fromages de chèvre est ainsi mise en évidence et elle apparaît encore plus nettement si l'on prend globalement en compte les proportions de souches qui peuvent être classées dans le genre *Candida*, y compris les formes imparfaites des espèces sporogènes. L'ensemble *Candida* atteint alors plus de 60% de la population identifiée.

levure / fromage de chèvre / identification / affinage

Summary — Study of the yeast flora composition of some wide varieties of goat cheese. A collection was made of 879 yeast strains isolated at different stages of cheese ripening in several types of cheese. Identification of these strains showed a rather wide diversity in the nature of flora. However, an important proportion of *Kluyveromyces marxianus* ssp, *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces cerevisiae* species and their anascosporegous forms was found. These species together represent between 20 and 80% of identified strains depending on the cheese groups concerned.

For most selected cheese an important proportion of flora is represented by species rarely encountered in cow's milk cheese, *Candida intermedia* and *Candida lipolytica*, for instance, which are both found in highly significant proportions (about 20%) in 5 of the studied cheese types.

Some specificity in goat cheese yeast flora was displayed and in particular when considering proportions of *Candida* strains including imperfect forms of sporogenous species. *Candida* as a whole was found in more than 60% of the identified population.

yeast / goat's cheese / identification / cheese ripening

* Correspondance et tirés à part

INTRODUCTION

La production laitière caprine présente, en France, une double caractéristique : une spécialisation régionale accusée (Poitou-Charentes, Centre, Pays de la Loire; Midi-Pyrénées et Corse) et une forme de valorisation quasi unique, la transformation en fromage.

La collecte du lait de chèvre a été de $2,3 \cdot 10^6$ hl en 1989 ce qui représente 0,9% de celle du lait de vache. La production de fromages de chèvre est actuellement évaluée à 49 000 dont 33 000 t en fabrication industrielle. Une part importante de cette production reste donc d'origine fermière (CNIEL, 1990).

La presque totalité (85%) du lait de chèvre est transformée en fromages dont on compte environ 90 variétés plus ou moins connues. Cependant, les techniques de fabrication fromagère ne sont généralement pas identiques d'un producteur (même industriel) à l'autre chacun essayant de personnaliser ses produits (Labie, 1983).

La variété des fromages proposés est donc très étendue; toutefois, il est possible de distinguer 2 grandes techniques de fabrication (Le Jaouen, 1977) :

- La technique de coagulation lente, à prédominance lactique, qui est appliquée dans la préparation de la plupart des fromages fermiers;
- la technique de coagulation rapide, à prédominance présure, essentiellement mise en œuvre dans les fabrications industrielles.

Malgré leur prix de vente relativement élevé, les fromages de chèvre restent très appréciés, cela étant sans doute lié à l'attrait particulier de la flaveur chèvre pour un certain nombre de consommateurs, peut être aussi à l'image de ces produits plus proches du «naturel».

Mais, ces spécialités souffrent de 2 handicaps : le coût de la matière première et le caractère saisonnier accusé de la production laitière caprine (de mi-janvier à fin novembre) ce qui a obligé la profession à développer des techniques de report sous formes de caillés ou de rétentats d'ultrafiltration congelés.

Malgré leur originalité, et peut-être à cause de leur diversité, les fromages de chèvre n'ont pas fait l'objet de nombreux travaux d'ordre microbiologique, contrairement à la plupart des autres fromages.

Ainsi, des études relativement complètes ont été effectuées sur l'évolution des flores microbiennes au cours de la maturation des fromages tels que le Limburg (Kelly, 1937), le Camembert (Lenoir, 1962; Richard, 1984), le Cheddar (Marth, 1963), le Saint-Paulin (Ducastelle et Lenoir, 1965), le Roquefort (Devoyod et Sponem, 1970), le Vacherin Mont d'Or (Sozzi *et al*, 1972), le Cantal (Millet *et al*, 1974), le Saint-Nectaire (Vidal, 1975), le Cabrales (Nunez *et al*, 1981), le Mahon Cheese (Ramos *et al*, 1982), etc.

Chez les fromages de chèvre, quelques travaux ont cependant été réalisés sur des fabrications spécifiques de l'Italie (Deiana *et al*, 1977; Cattaneo *et al*, 1978; Fatichenti *et al*, 1979) mais, à notre connaissance, aucune étude n'a porté sur les fabrications françaises.

Le but du présent travail vise à une meilleure approche de la nature des microflores d'affinage de quelques grands types de fromages de chèvre originaires des régions Poitou-Charentes, Centre et Rhône-Alpes et relevant des 2 principaux types de fabrication. Une telle connaissance devrait contribuer utilement à améliorer et à personnaliser la qualité des fabrications, voire permettre la mise au point de produits nouveaux.

L'étude de la nature de la flore levure a été entreprise; en effet, compte tenu de

leur importance numérique dans les fromages précédemment mentionnés, les levures peuvent participer activement aux grandes transformations qui s'opèrent au cours de l'affinage. Ces microorganismes possèdent un large potentiel enzymatique susceptible de dégrader les constituants du caillé et peuvent ainsi contribuer à une modification de la texture de la pâte et au développement de la saveur et de l'arôme (Gripon, 1978; Schmidt *et al.*, 1979; Lenoir *et al.*, 1983).

Par ailleurs (Deiana *et al.*, 1977; Schmidt, données non publiées), il apparaîtrait que la nature de la flore levure des fromages de chèvre serait plus complexe et plus diversifiée que celle rencontrée dans les fromages de lait de vache comme le Camembert (Schmidt et Lenoir, 1978, 1980; Baroiller et Schmidt, 1990).

Ce point mérite d'être vérifié et justifie le présent travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les isollements ont été réalisés sur des fromages fabriqués à partir de lait cru ou de lait pasteurisé dans des ateliers choisis sur la base de la qualité et de la régularité de leur production.

Origine des fromages

Régions Poitou-Charentes et Centre

Quatorze fabrications relevant des principaux grands types de fromages ont été étudiées, 7 fabrications fermières et 7 fabrications industrielles à partir de lait cru ou de lait pasteurisé :

Bougon

Deux fabrications fermières au lait cru et 2 fabrications industrielles (lait cru et lait pasteurisé);

Sainte-Maure

Trois fabrications fermières (lait cru) et 2 fabrications industrielles (lait pasteurisé);

Chabichou

Deux fabrications fermières au lait cru;

*Crottin de Chavignol**

Une fabrication industrielle à partir de lait cru;

*Pouligny Saint-Pierre**

Deux fabrications industrielles au lait cru.

Région Rhône-Alpes

Les prélèvements ont porté sur 10 fabrications fermières de Chevrotin des Aravis et ont été réalisés durant 2 périodes de l'année (printemps et été).

Isolement et identification des souches

Isolement des souches

Dans chaque atelier, 2-3 fromages d'une même fabrication ont été prélevés à 2 stades de l'affinage, 3-6 et 17-25 j.

Chaque fromage est découpé aseptiquement de manière uniforme, afin de séparer la surface, constituée par la couche externe de 5 mm d'épaisseur, et l'intérieur de la pâte.

Les parties internes ou superficielles correspondant aux fromages d'un même stade sont homogénéisés au mortier. Dix g de pâte sont alors prélevés et dissous dans 90 ml d'une solution stérile de citrate de sodium à 2% préalablement chauffée à 45 °C (Schmidt et Lenoir, 1978).

En vue du dénombrement de la flore levure, des dilutions décimales sont alors effectuées dans la solution de citrate et ensemencées en boîtes de Petri sur milieu gélosé à l'extrait de pomme de terre (Potato Dextrose Agar Difco

* Appellation d'origine. En 1987, leurs productions respectives étaient de 933 et 160 tonnes.

n° 13 = PDA) ajusté à pH 3,5 par addition d'acide tartrique à 10% (Hausler, 1972).

Sur les boîtes de PDA, incubées 3 j à 25 °C, contenant une centaine de colonies, 10 à 20 colonies sont prélevées au hasard et, après une purification éventuelle, les souches sont conservées à + 4 °C sur milieu Yeast Extract Glucose (Vergeade, 1975).

879 souches de levures ont été ainsi isolées à partir des différents fromages.

Identification des souches

L'identification des souches ne pouvait se réaliser avec la grille simplifiée mise au point au laboratoire pour des levures isolées de fromages fabriqués à partir de lait de vache (Baroiller et Schmidt, 1984; Baroiller, 1988). En effet, des essais préliminaires à cette étude (Schmidt, données non publiées) avaient mis en évidence, sur quelques fromages de chèvre, l'existence d'une flore levure sensiblement différente et plus diversifiée.

En conséquence, l'identification des souches a été conduite selon les concepts classiques décrits par Lodder (1971), Barnett et Pankhurst (1974), Barnett *et al* (1979, 1983) et par Kreger Van Rij (1984). Cependant, les épreuves de croissance en milieu aérobique ont été réalisées sur milieu solide à l'aide d'un enseigneur Multipoint (Ridgway-Watt, 1979).

Les différentes épreuves morphologiques, physiologiques et biochimiques employées sont celles décrites par Schmidt et Lenoir (1978, 1980) et par Baroiller et Schmidt (1990).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La population levure est abondante tout au long de l'affinage et se rencontre, en surface, à un seuil moyen de 10^8 UFC/g, la flore interne étant environ 100 fois moins abondante, ce qui correspond, dans la plupart des cas, à l'observation déjà faite sur des fromages à pâte molle de type Camembert (Lenoir, 1962; Schmidt et Lenoir, 1978).

Identification de la flore levure

Le tableau I mentionne la répartition des souches isolées des différentes fabrications aux divers stades de l'affinage.

879 souches ont été isolées et identifiées. Les principales espèces sont les suivantes :

- *Debaryomyces hansenii* (Zopf) Lodder et Kreger Van Rij et sa forme anascosporegène *Candida famata* (Harrison) Meyer et Yarrow : 212 souches;
- *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex Hansen et sa forme asexuée *Candida robusta* Diddens et Lodder : 128 souches;
- *Kluyveromyces marxianus* (Hansen) Van Der Walt var *lactis* (Dombrowski) Johannsen et Van Der Walt et sa forme imparfaite *Candida sphaerica* (Hammer et Cordes) Meyer et Yarrow : 126 souches;
- *Yarrowia lipolytica* (Wicherham *et al*) Van Der Walt et Von Arx et sa forme anascosporegène *Candida lipolytica* (Harrison) Diddens et Lodder : 116 souches;
- *Candida intermedia* (Cifferri et Ashford) Langeron et Guerra : 64 souches;
- *Kluyveromyces marxianus* (Hansen) Van Der Walt var *marxianus* et sa forme asexuée *Candida kefyr* (Beijerinck) Van Uden et Buckley : 50 souches;
- *Candida valida* (Leberle) Van Uden et Buckley : 27 souches;
- *Trichosporon beigeli* (Küchenmeister et Rabenhorst) Vuillemin : 21 souches.

La répartition de ces espèces entre les différentes fabrications figure sur le tableau II.

La flore levure des fromages de chèvres paraît donc dominée par le groupe *Debaryomyces hansenii* et *Saccharomyces cerevisiae* et leurs formes anascosporegènes qui représente près de 40% de la population (respectivement 24 et 15% de la flore).

Tableau I. Répartition des souches de levures isolées à partir des différentes fabrications de fromages de chèvre (résultats exprimés en nombre de souches).*Breakdown of yeast strains from different goat cheeses (number of strains).*

Stade**	Fromage*	BC	BP	CC	PSP	SMC	SMP	CH	CA
3 - 6 j	S	46	59	17	16	46	21	23	-
	I	34	24	14	10	12	20	10	-
17 - 25 j	S	33	55	16	16	34	18	20	212
	I	25	24	12	15	19	17	11	-
Total = 879		138	162	59	57	111	76	64	212

- : absence de prélèvement, *no sampling*; * : fromage : BC : Bougon cru, *non pasteurised Bougon*; BP : Bougon pasteurisé, *pasteurised Bougon*; CC : Crottin de Chavignol cru, *non pasteurised Crottin de Chavignol*; PSP : Pouligny Saint-Pierre cru, *non pasteurised Pouligny Saint-Pierre*; SMC : Sainte-Maure cru, *non pasteurised Sainte-Maure*; CH : Chabichou cru, *non pasteurised Chabichou*; CA : Chevrotin des Aravis. ** : stade de prélèvement (en jours); S : surface du fromage, *cheese surface*; I : intérieur de la pâte, *interior of cheese paste*.

À côté de cet ensemble, se trouve le groupe des *Kluyveromyces marxianus* avec ses 2 variétés, *marxianus* et *lactis*, et ses formes imparfaites, qui représente 20% des souches identifiées. Suivent ensuite *Y lipolytica* (13%), *C intermedia* (7%), *C valida* (3,5%) et *T beigelii* (2%).

Il convient cependant d'observer que, selon les fabrications, l'importance relative de toutes ces espèces est très variable.

Ceci est particulièrement le cas de *C famata*, *S cerevisiae*, *C sphaerica*, *Y lipolytica*, *C intermedia*, *C kefir*, *C valida* et *T beigelii*.

À côté de ces espèces dominantes totalisant 744 souches, soit près de 85% de la flore, de nombreux genres et espèces regroupant 135 souches ont été mis en évidence (tableau III). Parmi celles-ci, figurent, en dehors de *C sake* (18 souches), de nombreuses souches mal typées où seul le genre ou l'espèce a pu être établi : *Candida* sp (28 souches) et *K marxianus*

ssp (15 souches). Par ailleurs, sur ce tableau, on peut relever la présence significative de levures anascosporogènes appartenant au genre *Candida* (9% de la flore totale) et de souches du genre *Geotrichum* considéré par certains taxonomistes (eg Barnett et al, 1983) comme figurant parmi les levures.

Évolution qualitative de la flore levure

La répartition des différentes espèces de levures au cours de la maturation des fromages des 8 fabrications est donnée dans les tableaux IV, V, VI et VII.

La flore dominante du Crottin de Chavignol (tableau IV)

Elle est essentiellement constituée de levures du genre *Candida* qui sont des formes imparfaites, sauf pour *C interme-*

Tableau II. Répartition des principales espèces de levures isolées à partir des différents fromages (résultats exprimés en nombre de souches).

Breakdown of main yeast species from different cheeses (number of strains).

Souches identifiées	BC	BP	CC	PSP	SMC	SMP	CH	Ca	%*
<i>Debaryomyces hansenii</i> (60)**	3	15	0	0	2	8	1	31	24
<i>Candida famata</i> (152)	9	29	1	2	0	32	2	77	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (59)	3	3	0	0	0	0	9	44	15
<i>C. robusta</i> (69)	17	11	9	8	0	5	2	17	
<i>Kluyveromyces marxianus</i> var <i>lactis</i> (39)	2	12	0	0	4	1	12	8	14
<i>C. sphaerica</i> (87)	17	16	3	5	35	0	11	0	
<i>Yarrowia lipolytica</i> (73)	5	24	0	0	32	12	0	0	13
<i>C. lipolytica</i> (43)	1	9	16	13	0	2	0	2	
<i>C. intermedia</i> (64)	23	17	6	7	1	10	0	0	7
<i>K. marxianus</i> var <i>marxianus</i> (8)	0	0	0	0	0	1	1	6	6
<i>C. kefir</i> (42)	4	3	2	3	0	4	5	21	
<i>C. valida</i> (27)	1	3	2	1	20	0	0	0	3
<i>Trichosporon beigeli</i> (21)	17	3	0	0	0	0	0	1	2

La signification des lettres est précisée dans le tableau I, for abbreviated cheese names, see table I; * : nombre total de souches isolées (879), numbers of identified strains; * : du nombre total de souches isolées (879), of the total number of isolated strains.

dia, de levures ascosporogènes. Aussi est-il intéressant de noter que, pour ce type de fromage, la flore levure appartenant aux *fungi imperfecti* représente 97% de la flore totale.

C. lipolytica est bien implantée à la surface de la pâte dans la 1^{re} phase de l'affinage (35% du prélèvement) et elle domine largement, tant en surface qu'à l'intérieur, lors de la seconde phase. *C. robusta* se rencontre à l'intérieur du fromage tout au long de la maturation. *C. lambica*, forme imparfaite de *P. fermentans*, représente 35% du prélèvement en surface, au stade

3–6 j, sa présence relativement massive semblant caractéristique de ce type de fromage. *C. intermedia* est également fortement implanté au stade 3–6 j, mais à l'intérieur de la pâte.

La présence de *C. pintolopesii* (forme anascosporogène de *S. telluris*), à l'intérieur, est également à noter, le Crottin de Chavignol étant le seul fromage analysé où cette espèce a été rencontrée. Quant à *C. sphaerica*, elle n'apparaît qu'en fin d'affinage, en surface comme à l'intérieur. Enfin, et ceci est valable pour les autres pâtes fromagères, on rencontre, tout au

Tableau III. Espèces de levures rencontrées en faible nombre dans les fromages.
Minor yeast species encountered in cheese.

Espèces identifiées	Nombre de souches	Espèces identifiées	Nombre de souches
<i>Levures ascosporogènes</i> (39)		<i>Levures anascosporogènes</i> (78)	
<i>Kluyveromyces marxianus</i> ssp	15	<i>Candida sake</i>	18
<i>K marxianus</i> var <i>bulgaricus</i>	12	<i>C lambica</i> *	9
<i>Kluyveromyces</i> sp	1	<i>C catenulata</i>	5
<i>Debaryomyces tamaris</i>	4	<i>C pintolopesii</i> **	5
<i>Saccharomyces unisporus</i>	1	<i>C curvata</i>	3
<i>Pichia farinosa</i>	2	<i>C tenuis</i>	1
<i>P fermentans</i>	1	<i>C lactiscondensi</i>	1
<i>Pichia</i> sp	1	<i>C mesenterica</i>	1
<i>Lodderomyces elongisporus</i>	1	<i>C silvae</i>	1
<i>Hansenula</i> sp	1	<i>C tropicalis</i>	1
		<i>C mogii</i>	1
<i>Geotrichum</i> (18)		<i>Candida</i> sp	28
<i>G candidum</i>	9	<i>Brettanomyces</i> sp	4
<i>Geotrichum</i> sp	7		
<i>G fermentans</i>	2		

* : *C lambica* : forme imparfaite de *P fermentans*, *C lambica*: imperfect form of *P fermentans*; ** *C pintolopesii* : forme imparfaite de *Saccharomyces telluris*, *C pintolopesii* : imperfect form of *Saccharomyces telluris*.

long de la maturation, une proportion élevée d'espèces diverses qui représente, dans le cas présent, environ 22% du prélèvement total.

Le Pouligny Saint Pierre (tableau IV)

Là aussi les levures appartenant au genre *Candida* dominent largement puisqu'elles représentent 77% de la flore. Ces levures sont, pour l'essentiel, des formes anascosporées d'espèces sporogènes.

C lipolytica est bien implantée tout au long de la maturation; elle représente, en surface, de 19–38% du prélèvement total et, à l'intérieur, 13–20%.

C robusta est une espèce massivement présente dans les premiers stades où, à l'intérieur, elle constitue 40% de la flore; sa présence est plus modeste en fin d'affinage (13%).

C lambica n'apparaît que faiblement et seulement dans la première phase. *C intermedia* est l'espèce majeure rencontrée en surface, à 17–25 j. *C sphaerica* est présente dans des proportions non négligeables en surface, au stade 3–6 j, et à l'intérieur, à 17–25 j, où elle représente d'ailleurs l'essentiel de la population levure (20%).

Seule levure ascosporogène dont la présence est significative, *K marxianus* var

Tableau IV. Répartition des espèces de levures dans les fabrications de Crottin de Chavignol (CC) et de Pouligny Saint-Pierre (PSP) au cours de l'affinage des fromages.

Breakdown of yeast species in Crottin de Chavignol and Pouligny St Pierre cheese during ripening.

Espèces de levures	Stades de maturation (jours)					
	3 – 6			17 – 25		
	Nombre de souches	(%) du prélèvement		Nombre de souches	(%) du prélèvement	(%) du prélèvement total
CC						
<i>Candida lipolytica</i>	S	6	35	7	44	39
	I	0	0	3	25	11,5
<i>C robusta</i>	S	1	6	1	6	6
	I	4	29	3	25	27
<i>C lambica</i>	S	6	35	1	6	21
	I	0	0	0	0	0
<i>C intermedia</i>	S	1	6	0	0	3
	I	5	36	0	0	19
<i>C pintolopesii</i>	S	0	0	1	6	3
	I	2	14	2	17	15
<i>C sphaerica</i>	S	0	0	2	12,5	6
	I	0	0	1	8	4
Espèces diverses	S	3	18	4	25	21
	I	3	21	3	25	23
PSP						
<i>C lipolytica</i>	S	6	37,5	3	19	28
	I	2	20	2	13	16
<i>C robusta</i>	S	0	0	2	12,5	6
	I	4	40	2	13	24
<i>C lambica</i>	S	1	6	0	0	3
	I	1	10	0	0	4
<i>C intermedia</i>	S	1	6	4	25	16
	I	0	0	2	13	8
<i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>var bulgaricus</i>	S	3	19	1	6	12,5
	I	2	20	2	13	16
<i>C sphaerica</i>	S	2	12,5	0	0	6
	I	0	0	3	20	12
Espèces diverses	S	3	19	6	37,5	28
	I	1	10	4	27	20

bulgaricus se rencontre dans les premiers stades de l'affinage, en surface comme à l'intérieur (20% de la population). On relève que le Pouligny Saint-Pierre est le seul fromage de chèvre analysé où cette espèce apparaît à un seuil relativement élevé.

Enfin, le groupe constitué par les espèces diverses est relativement important puisqu'il représente environ un quart de la flore totale; dans ce groupe, figurent quelques souches mal typées appartenant aux genres *Kluyveromyces* et *Geotrichum*.

Le Bougon

Le tableau V met clairement en évidence une très grande différence dans la flore levure, tant au plan quantitatif que qualitatif, entre les Bougons fermiers au lait cru et les Bougons industriels au lait pasteurisé.

Chez les premiers, les levures du genre *Candida* constituent 62% de la flore. *C. intermedia* est l'espèce globalement la plus fréquemment rencontrée. Elle est bien implantée, en surface, dans la première phase de l'affinage et, par la suite, en surface comme à l'intérieur, où elle constitue 20% du prélèvement. *K. marxianus* var *lactis*, et surtout sa forme anascosporogène *C. sphaerica*, significativement présente, en surface, au stade 3-6 j, devient l'espèce majeure à l'intérieur de la pâte en fin de maturation (36% du prélèvement). *D. hansenii* et *C. famata* ne sont rencontrées qu'en surface et voient leur population augmenter sensiblement (jusqu'à 18%) au cours de l'affinage. *Y. lipolytica* est présente seulement en surface, à 3-6 j, et à l'intérieur, à 17-25 j; *C. sake* est surtout représentée dans la première phase, en surface comme à l'intérieur.

Deux espèces méritent, par ailleurs, l'attention :

— *C. robusta* et sa forme ascosporogène *S. cerevisiae* ont une implantation massive; elles constituent environ 60% de la flore, mais ceci uniquement à l'intérieur de la pâte entre 3 et 6 j. Elles disparaissent ensuite totalement.

— *T. beigeli* (ex *T. cutaneum* [De Beurm, Gougerot et Vaucher] Ota), levure anascosporogène trouvée en proportion non négligeable en surface, en début d'affinage, représente, toujours en surface, dans la deuxième phase, 33% de la flore. Dans notre étude, cette espèce n'est pratiquement rencontrée que sur les Bougons fermiers. Il paraît cependant difficile d'en conclure qu'elle est caractéristique de ce type de fromage. En effet, cette levure, essentiellement d'origine humaine, est considérée par les hygiénistes comme pathogène pour l'homme et les animaux chez lesquels elle est responsable de dermatoses (piedra blanche) (Lodder et Kreger Van Rij, 1952). Une présence aussi massive enregistrée sur 2 fabrications provenant d'ateliers différents est plutôt à noter avec une certaine réserve.

Enfin, le groupe des espèces diverses qui représente 20-30% de la population est composé de levures appartenant aux genres *Candida* et *Geotrichum* (environ 14% de la flore) et de quelques souches de *D. tamarit*.

En ce qui concerne le Bougon industriel (tableau V), la nature de la flore levure et les équilibres entre les espèces apparaissent nettement différents.

D. hansenii et surtout *C. famata* sont les espèces les plus fréquemment rencontrées et elles représentent, à l'intérieur, au stade 3-6 j, plus de 40% de la flore. Leur implantation reste forte en fin de maturation, en surface comme à l'intérieur (environ le tiers des souches prélevées).

— *K. marxianus* var *lactis* est pratiquement aussi fréquente que sa forme anascospo-

Tableau V. Répartition des espèces de levures dans les fabrications de Bougon cru (BC) et de Bougon pasteurisé (BP) au cours de l'affinage des fromages.
Breakdown of yeast species in pasteurised and non pasteurised Bougon cheese during ripening.

Espèces de levures		Stades de maturation (jours)				(%) du prélèvement total
		3 – 6		17 – 25		
		Nombre de souches	(%) du prélèvement	Nombre de souches	(%) du prélèvement	
BC						
<i>Debaryomyces hansenii</i>	S	6	13	6	18	15
et <i>Candida famata</i>	I	0	0	0	0	0
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	S	6	13	2	6	10
var <i>lactis</i> et <i>C Sphaerica</i>	I	2	6	9	36	19
<i>Yarrowia lipolytica</i>	S	4	9	0	0	5
et <i>C lipolytica</i>	I	0	0	2	8	3
<i>C intermedia</i>	S	9	19,5	6	18	19
	I	3	9	5	20	13,5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	S	0	0	0	0	0
et <i>C robusta</i>	I	20	59	0	0	34
<i>Trichosporon beigelii</i>	S	4	9	11	33	19
	I	0	0	2	8	3
<i>C sake</i>	S	5	11	0	0	6
	I	3	9	2	8	8
Espèces diverses	S	12	26	8	24	25
	I	6	13	5	20	19
BP						
<i>Debaryomyces hansenii</i>	S	11	19	15	27	23
et <i>C famata</i>	I	10	42	8	33	37,5
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	S	20	34	3	5,5	20
var <i>lactis</i> et <i>C sphaerica</i>	I	2	8	3	12,5	10,5
<i>Y lipolytica</i>	S	3	5	22	40	22
et <i>C lipolytica</i>	I	0	0	8	33	17
<i>C intermedia</i>	S	5	8	7	13	10,5
	I	5	21	0	0	10,5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	S	5	8	1	2	5
et <i>C robusta</i>	I	6	25	2	8	17
Espèces diverses	S	15	25	7	13	19
	I	1	4	3	12,5	8

rogène, ces espèces étant plus fortement présentes, en début d'affinage, à la surface des fromages (34% de la flore).

– *Y lipolytica* et *C lipolytica*, faiblement rencontrées dans la première phase, ont une implantation massive en fin de maturation, où leur population atteint 40% en surface et plus de 30% dans la pâte.

– *C intermedia* n'est, cette fois, bien représentée (21%) qu'à l'intérieur au stade 3–6 j, et, à un niveau moindre, à la surface, en fin de maturation. Dans la première phase, *C robusta* a un comportement analogue à celui de *C intermedia* mais elle chute par la suite pour ne représenter qu'environ 5% de la flore.

Parmi les espèces diverses, en dehors des souches appartenant au genre *Candida*, on peut relever la présence de quelques *T beigellii* (3 souches) et de souches identifiées à *K marxianus* sans qu'il ait été possible d'aller plus loin dans la définition de la sous-espèce (*K marxianus* ssp).

Le Sainte-Maure

Comme dans le cas du Bougon, des différences quantitatives et qualitatives nettement marquées apparaissent entre Sainte-Maure fermier au lait cru et Sainte-Maure industriel au lait pasteurisé (tableau VI).

Pour les 2 types de fabrications, il est possible de noter que la flore levure, par rapport aux autres fromages de chèvre analysés jusqu'à présent, connaît, en ce qui concerne les grands groupes, une certaine simplification.

Sur le Sainte-Maure fermier, *K marxianus* var *lactis* et surtout sa forme anascosporegène *C sphaerica*, sont les espèces globalement dominantes (39% du prélèvement total en surface et 26% à l'intérieur). Elles s'implantent de plus en plus massivement au cours de la maturation; en surface, leur niveau passe ainsi de 30 à 50%

de la flore et, à l'intérieur, il est pratiquement multiplié par 4 pour atteindre environ 40%.

Y lipolytica n'est représentée que sous cette forme, ce qui distingue le Sainte-Maure des autres fromages. À l'intérieur de la pâte, tout au long de l'affinage, cette espèce constitue le tiers de la flore et elle connaît, en surface, un certain développement pour se situer, au stade 17–25 j, à un niveau proche de 40%.

C valida, forme anascosporegène de *P membranaefaciens*, est fortement implantée, à l'intérieur notamment, même si sa population décroît sensiblement entre les 2 stades de 40 à 20% du prélèvement. Sa présence peut paraître caractéristique des fromages de Sainte-Maure fermiers; elle est, en effet, très faible dans les autres fromages.

Le groupe des espèces diverses est important, en début d'affinage, en surface comme à l'intérieur où il constitue respectivement environ 30 et 20% de la flore. Il est composé essentiellement de levures appartenant au genre *Candida* (*C sake*, *C catenulata*, *C silvae*, *C tropicalis* et *Candida* sp).

Ainsi, finalement, plusieurs points apparaissent remarquables :

- absence totale de *S cerevisiae* et *C robusta* et de *K marxianus* var *marxianus* et *C kefir*;
- absence pratiquement totale de *D hansenii* et *C famata* et de *C intermedia*;
- présence massive de *C sphaerica* et de *Y lipolytica* sans que leurs formes ascosporegènes pour l'un et imparfaite pour l'autre se manifestent de manière significative;
- présence également importante de *C valida*.

En ce qui concerne le Sainte-Maure industriel (tableau VI), sa flore est différente de celle du fromage au lait cru.

Tableau VI. Répartition des espèces de levures dans les fabrications de Sainte-Maure cru (SMC) et de Sainte-Maure pasteurisé (SMP) au cours de l'affinage des fromages.
Breakdown of yeast species in pasteurized and non pasteurized Sainte-Maure cheese during ripening.

Espèces de levures	Stades de maturation (jours)				
	3 – 6		17 – 25		
	Nombre de souches	(%) du prélèvement	Nombre de souches	(%) du prélèvement	(%) du prélèvement total
SMC					
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	S	14	30	17	50
<i>var lactis</i> et <i>Candida sphaerica</i>	I	1	8	7	37
					39
<i>Yarrowia lipolytica</i>	S	8	17	13	38
	I	4	33	7	37
					26
<i>C. valida</i>	S	9	20	2	6
	I	5	42	4	21
					14
Espèces diverses	S	15	33	2	6
	I	2	17	1	5
					21
SMP					
<i>Debaryomyces hansenii</i>	S	12	57	8	40
et <i>C. famata</i>	I	7	39	13	76,5
					49
<i>Y. lipolytica</i> et <i>C. lipolytica</i>	S	5	24	3	15
	I	8	11	4	23,5
					19,5
<i>C. robusta</i>	S	0	0	2	10
	I	3	17	0	0
					5
<i>C. intermedia</i>	S	0	0	4	20
	I	6	33	0	0
					10
Espèces diverses	S	4	19	3	15
	I	0	0	0	0
					17

C. famata et, à un degré moindre, sa forme ascosporegène *D. hansenii*, sont fortement implantées puisqu'elles représentent globalement plus de la moitié du prélèvement total, leurs niveaux étant toutefois plus élevés en surface à 3–6 j (57%) et à l'intérieur de la pâte (plus de 75% de la flore) en fin de maturation.

Y. lipolytica est nettement plus fréquente que sa forme anascosporegène et toutes 2 représentent environ 18% du prélèvement, avec cependant une implantation plus forte en surface à 3–6 j et à l'intérieur au stade 17–25 j (24% de la flore dans les 2 cas).

C. robusta qui n'avait pas été rencontrée dans les fromages au lait cru apparaît à un

seuil significatif en début d'affinage à l'intérieur de la pâte (17%) et en surface (10%) par la suite. *C. intermedia* suit la même évolution que *C. robusta* mais à des niveaux nettement plus élevés (respectivement 33% et 20% de la flore).

Les espèces diverses ne sont rencontrées qu'à la surface des fromages où elles représentent 17% du prélèvement total. Parmi elles, on rencontre des souches de *K. marxianus* var *lactis* (1 souche) et de *Kluyveromyces* sp (1 souche).

Le Chabichou

Ce fromage présente une originalité certaine par rapport aux autres pâtes fromagères (tableau VII-A).

Il se caractérise, en effet, par l'absence de *Y. lipolytica* et de sa forme anasporée ainsi que par celle de *C. intermedia* et de *C. valida*. Par ailleurs, *D. hansenii* et sa forme imparfaite *C. famata* sont très peu représentées (sauf à l'intérieur, à 3-6 j : 20% de la flore) ce qui avait déjà été observé pour le Crottin de Chavignol, le Pouligny Saint-Pierre et le Sainte-Maure fermier.

K. marxianus var *lactis* et sa forme anasporogène *C. sphaerica* sont présentes en proportions pratiquement identiques et constituent la flore dominante de ce fromage (40% du prélèvement total en surface et 30% à l'intérieur). Leur implantation varie cependant selon le stade de maturation; elle est ainsi particulièrement massive à 3-6 j, où elle représente, en surface, 44% de la flore et 60% à l'intérieur de la pâte. Au stade 17-25 j, ces 2 espèces ne sont présentes qu'en surface à un niveau proche du tiers de la population levure.

S. cerevisiae domine largement sa forme anasporée *C. robusta*, ce qui constitue également une caractéristique originale. Mais, l'originalité la plus intéressante vient de l'absence de l'espèce en début

d'affinage et de son explosion ensuite à l'intérieur de la pâte où elle forme plus de 80% de la flore levure.

C. kefir domine sa forme ascosporegène *K. marxianus* var *marxianus* et toutes 2 représentent environ 20% de la flore avec une implantation uniquement au stade 3-6 j, à l'intérieur comme en surface.

Des souches identifiées à *K. marxianus* ssp sont significativement présentes tout au long de l'affinage, sauf à l'intérieur de la pâte où elles n'apparaissent pas au stade 3-6 j.

Quant au genre *Geotrichum*, il est constitué de souches mal typées essentiellement rencontrées, en surface, en fin de maturation (20% de la flore).

Parmi les espèces diverses, qui représentent en surface environ 20% du prélèvement total, outre *D. hansenii* et *C. famata* (3 souches), on peut relever la présence de *K. marxianus* var *bulgaricus*, le reste étant composé de levures appartenant au genre *Candida*.

Le Chevrotin des Aravis

Ce fromage au lait cru se démarque totalement des autres pâtes fromagères étudiées par la simplification et l'originalité de sa flore levure (tableau VII-B).

Lors de cette étude, seuls les prélèvements réalisés chez 10 producteurs fermiers, au stade 17-25 j et uniquement en surface, ont été analysés, cela lors de 2 périodes différentes de l'année (printemps et été).

Trois groupes de levures apparaissent prépondérants.

D. hansenii constitue plus de 50% du prélèvement total avec 2 aspects intéressants à noter : la forme anasporogène, *C. famata*, est 2 fois plus importante que la forme parfaite et, selon les saisons, leur

Tableau VII. A : Répartition des espèces de levures dans les fabrications de Chabichou au cours de l'affinage des fromages.*Breakdown of yeast species in Chabichou cheese during ripening.***B :** Répartition des espèces de levures en surface, au stade 17–25 jours, dans les fabrications de Chevrotin des Aravis.*Breakdown of surface yeast species, after 17 to 25 days, in Chevrotin des Aravis cheese ripening.*

A	Espèces de levures	Stades de maturation (j)				
		3 – 6		19 – 25		(%) du prélèvement total
		Nombre de souches	(%) du prélèvement	Nombre de souches	(%) du prélèvement	
<i>Kluyveromyces marxianus</i> var <i>lactis</i> et <i>C sphaerica</i>	S	10	43,5	7	35	39,5
	I	6	60	0	0	28,5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> et <i>C robusta</i>	S	0	0	2	10	5
	I	0	0	9	82	43
<i>K marxianus</i> var <i>marxianus</i> et <i>C kefir</i>	S	4	17	0	0	9
	I	2	20	0	0	9,5
<i>Kluyveromyces marxianus</i> ssp	S	3	13	3	15	14
	I	0	0	2	18	9,5
<i>Geotrichum</i> sp	S	1	4	4	20	12
	I	0	0	0	0	0
Espèces diverses	S	5	22	4	20	21
	I	2	20	0	0	9,5

B	Espèces de levures	Nombre de souches		(%) du prélèvement		(%) du prélèvement total
		P*	E*	P	E	
	<i>Debaryomyces hansenii</i> et <i>Candida famata</i>	73	35	68	33	51
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> et <i>C robusta</i>	11	50	10	48	29
	<i>Kluyveromyces marxianus</i> var <i>marxianus</i> et <i>C kefir</i>	13	14	12	13	13
	<i>Kluyveromyces marxianus</i> var <i>lactis</i>	6	2	6	2	4
	Espèces diverses	4	4	4	4	4

P* : printemps; E* : été

implantation est plus ou moins massive (70% au printemps et 30% en été).

S. cerevisiae est 3 fois plus abondante que sa forme asporogène *C. robusta*, toutes 2 représentant près de 30% du prélèvement; selon les saisons, leur implantation est à l'inverse de celle de *D. hansenii*: 10% au printemps et environ 50% en été.

Le troisième groupe est formé de *K. marxianus* var *marxianus* et de sa forme asporogène *C. kefir*, cette dernière étant environ 3 fois plus importante que la forme parfaite. Ce groupe représente, aux 2 saisons, une part non négligeable de la flore (13%).

K. marxianus var *lactis* représente seulement 4% du prélèvement, sa forme anascosporogène *C. sphaerica* étant absente.

Parmi les espèces également absentes, notons *Y. lipolytica*, *C. intermedia* et *C. valida*.

Enfin, les souches de nature diverse appartiennent à *C. lipolytica*, *T. beigellii* et aux genres *Pichia* et *Hansenula*.

En considérant l'ensemble des résultats enregistrés sur les différents fromages de chèvre étudiés, il apparaît que les espèces appartenant au genre *Candida* représentent plus de 60% de la flore. Les formes anascosporogènes des principales espèces de levures rencontrées, *D. hansenii*, *S. cerevisiae*, *K. marxianus* var *lactis* et *Y. lipolytica*, constituent, ensemble, 40% de la population (tableau VIII). Par ailleurs, sur ce tableau, on peut noter la forte variation de la répartition des espèces entre la surface et le centre, en fonction du type de fromage et du stade d'affinage.

Si l'on regroupe les 3 premières espèces, ainsi que leurs formes imparfaites, les 2 stades de maturation étant confondus, on note qu'elles sont toujours mieux implantées à l'intérieur de la pâte (I) qu'à la surface des fromages (S); le rapport I/S

varie, selon les fromages, de 1,2 à 2,6. Il existe cependant une exception: le Sainte-Maure au lait cru où ces espèces sont davantage présentes en surface qu'à l'intérieur de la pâte (I/S = 0,5).

Si l'on compare ces résultats à ceux observés sur le fromage de Camembert au lait cru (Schmidt et Lenoir, 1978; 1980), on constate que la répartition des espèces est, dans le cas présent, différente. En effet, *K. marxianus* var *lactis* est en proportion relative plus élevée à l'extérieur du Camembert et *D. hansenii* plus fortement représentée à l'intérieur de la pâte. Chez les fromages de chèvre, ces espèces représentent globalement, au cours de la maturation, 36% de la flore levure de surface et 50% de la flore interne, ces proportions étant identiques en début et en fin d'affinage.

L'implantation de *Y. lipolytica* et de sa forme imparfaite *C. lipolytica*, qui peut être massive, est intéressante à noter. Leur évolution, quel que soit le type de fromage, est à l'inverse de celle des autres espèces majeures. On observe, en effet, un rapport I/S variant de 0,8 à 0,6 (0,3 pour le Crottin de Chavignol) avec, là aussi, une exception: le Sainte-Maure au lait cru où le rapport I/S est de 1,3.

Si l'on considère le rapport I/S, selon le stade de l'affinage, pour les principales espèces, à 3-6 j, il est compris entre 1,2 et 4,8 et entre 1,3 et 1,8 à 17-25 j. Pour le fromage de Sainte-Maure cru, les rapports I/S sont respectivement de 0,3 et 0,7. Le Sainte-Maure au lait pasteurisé se démarque totalement des autres fromages avec un rapport I/S de 0,5 à 3-6 j et de 1,5 à 17-25 j.

Selon les stades de l'affinage, l'ensemble *Y. lipolytica* et *C. lipolytica* présente (lorsqu'il peut être calculé car dans certains cas on note son absence à l'intérieur de la pâte) un rapport I/S variant de 0,6 à

0,5 au stade 3-6 j et de 1 à 0,6 à 17-25 j. Deux exceptions apparaissent concernant les fromages de Sainte-Maure; dans ceux au lait cru, le rapport I/S est de 1,9 à 3-6 j et dans ceux au lait pasteurisé, il est de 1,6 au stade 17-25 j.

Par ailleurs, on peut observer que *C intermedia*, lorsqu'elle est présente, est plutôt bien implantée, au stade 3-6 j, à l'intérieur de la pâte, exception faite toutefois pour le Bougon au lait cru; au stade 17-25 j, cette espèce se manifeste essentiellement à la surface des fromages et peut alors constituer jusqu'à 25% de la flore.

L'originalité du Chevrotin des Aravis réside notamment dans la simplification de la flore levure; *D hansenii* et *S cerevisiae* (et leurs formes asporogènes) représentent, en effet, 80% de la flore totale. Une autre originalité réside dans l'implantation assez forte par rapport au niveau enregistré pour cette espèce sur les autres fromages de chèvre étudiés, de *K marxianus* var *marxianus* et de sa forme anascospore *C kefir* (13%) qui rejoint ainsi celle observée sur des fromages comme le Roquefort (Devoyod et Sponem, 1970), le Cantal (Millet et al, 1974) ou le Camembert (Schmidt et Lenoir, 1978; 1980).

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que la flore levure des fromages de chèvre est originale par rapport à celle des fromages élaborés à partir de lait de vache ou de brebis (Choisy et al, 1987).

La flore mise en évidence dans la présente étude, malgré le nombre limité de fabrications de chaque type, présente des différences qualitatives importantes selon les fromages (tableau VIII).

Par ailleurs, il est possible de relever que l'on trouve au sein de chacune des

populations une proportion élevée des espèces dominantes des fromages à pâte molle de type Camembert. On enregistre ainsi la présence très significative de *K marxianus* var *lactis*, *D hansenii* et *S cerevisiae* qui forment, ensemble, de 20 à 85% des souches identifiées.

Cependant, et ceci est l'un des éléments originaux de cette étude, ces 3 espèces sont principalement représentées par leurs formes anascospore, respectivement *C sphaerica*, *C famata* et *C robusta*.

En outre, chez la plupart des fromages étudiés, une part importante de la flore levure est constituée par des espèces pas (ou peu) rencontrées sur des fromages fabriqués à partir de lait de vache; tel est le cas de *C lipolytica* et de *C intermedia* qui sont trouvées, l'une et l'autre, en proportions très significatives (environ 20%) dans certaines pâtes.

Une autre originalité dans la nature de la flore levure des fromages de chèvre apparaît nettement si l'on somme toutes les espèces appartenant au genre *Candida* y compris les formes imparfaites des espèces sporogènes. Ce genre représente, en effet, plus de 60% de la population isolée.

Notre étude met également nettement en évidence les différences observées entre les fromages fabriqués à partir de lait cru et ceux élaborés à partir de lait pasteurisé et il apparaît clairement que la nature de la flore peut différer tant en surface qu'à l'intérieur des pâtes.

Il est permis de s'interroger sur les causes de la place dominante des levures du genre *Candida* et sur la signification de la présence d'espèces comme *C intermedia* et *C lipolytica* qui apparaissent relativement spécifiques de ces types de fromages.

Tableau VIII. Répartition des principales espèces de levures en % du prélèvement au cours de l'affinage des fromages selon les différentes fabrications.

Breakdown of main yeast species (percentage) of sampling during cheese ripening according to different manufacturing processes.

Espèces de levures	Fromages	CC	PSP	BC	BP	SMC	SMP	CH	CA
Stade de maturation : 3 – 6 j									
<i>Debaryomyces hansenii</i> (7)*	S	6	0	13	19	0	57	4	–
et <i>Candida famata</i> (17)	I	0	0	0	42	0	39	20	–
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (7)	S	6	0	0	8	0	0	0	–
et <i>C. robusta</i> (8)	I	29	40	59	25	0	17	0	–
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	S	0	12,5	13	34	30	5	43,5	–
var <i>lactis</i> (4,5) et <i>C. sphaerica</i> (10)	I	0	0	6	8	8	0	60	–
<i>Yarrowia lipolytica</i> (8)	S	35	37,5	9	5	17	24	0	–
et <i>C. lipolytica</i> (5)	I	0	20	0	0	33	11	0	–
<i>C. intermedia</i>	S	6	6	19,5	8	2	0	0	–
	I	36	0	9	21	0	33	0	–
Stade de maturation : 17 – 25 j									
<i>Debaryomyces hansenii</i> (7)*	S	0	12,5	18	27	6	40	0	51
et <i>C. famata</i> (17)	I	0	0	0	33	0	76,5	0	–
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (7)	S	6	12,5	0	2	0	10	10	29
et <i>C. robusta</i> (8)	I	25	13	0	8	0	0	82	–
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	S	12,5	0	6	5,5	50	0	35	4
var <i>lactis</i> (4,5) et <i>C. sphaerica</i> (10)	I	8	20	36	12,5	37	0	0	–
<i>Yarrowia lipolytica</i> (8)	S	44	19	0	40	38	15	0	1
et <i>C. lipolytica</i> (5)	I	25	13	4	33	37	23,5	0	–
<i>C. intermedia</i>	S	0	25	18	13	0	20	0	0
	I	0	13	20	0	0	0	0	–

– : analyse non effectuée, *analysis not done*; la signification des lettres est précisée dans le tableau I, *for abbreviated cheese names, see table I*, () * : % du nombre total de souches isolées (879); (%) of total number of isolated strains.

Des études ultérieures devront porter sur les aptitudes biochimiques de ces espèces afin de préciser le rôle qu'elles peuvent jouer sur les qualités organoleptiques des fromages de chèvre.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une convention entre l'INRA et la région Poitou-Charentes relative à un programme de re-

cherche sur la technologie du lait de chèvre. Elle s'est également inscrite dans le cadre d'une étude de caractérisation du Chevrotin des Aravis. Nous tenons à remercier l'ensemble des producteurs, fermiers et industriels, pour la mise à disposition des échantillons de fromages.

Nos remerciements s'adressent également à J Lenoir, Professeur à l'INA-PG, directeur du laboratoire de recherches de la chaire de technologie (INRA) pour la lecture critique de ce manuscrit.

Nous tenons enfin à remercier P Bombonel, L Cornec, I Lherbier et M Sorrentino, stagiaires du laboratoire, pour leur participation à l'identification des souches de levures.

RÉFÉRENCES

- Barnett JA, Pankhurst RJ (1974) *A New Key to the Yeasts*. North Holland Publ Co, Amsterdam, Londres
- Barnett JA, Payne RW, Yarrow D (1979) *A Guide to Identifying and Classifying Yeasts*. Cambridge Univ Press, Cambridge
- Barnett JA, Payne RW, Yarrow D (1983) *Yeasts: Characteristics and Identification*. Cambridge Univ Press, Cambridge
- Baroiller C (1988) Mise au point d'une méthode simplifiée d'identification en vue d'une contribution à l'étude de l'origine des levures du fromage de Camembert. Thèse Doct ès Sci Univ Caen
- Baroiller C, Schmidt JL (1984) Mise au point d'une grille simplifiée d'identification des principales espèces de levures présentes dans les fromages. *Lait* 64, 16-28
- Baroiller C, Schmidt JL (1990) Contribution à l'étude de l'origine des levures du fromage de Camembert. *Lait* 70, 67-84
- Cattaneo P, Riva L, Renon P, Crespi A (1978) Recherche sulla maturazione del formaggio di capra. *Ind Latte* 3, 3-21
- Choisy C, Gueguen M, Lenoir J, Schmidt JL, Tourneur C (1987) L'affinage des fromages : les phénomènes microbiens. In: *Le Fromage* (Eck A, éd), Tech et Doc Lavoisier, Paris, 259-290
- CNIEL (1990) *L'Économie laitière en chiffres*. CIDIL, Paris
- Deiana P, Fatichenti F, Farris GA (1977) Indagini microbiologiche su latte e sul formaggio di capra in Sardegna. Nota I : I Lieviti. *Ind Latte* 2, 49-56
- Devoyod JJ, Sponem D (1970) La flore microbienne du fromage de Roquefort. VI. Les levures. *Lait* 50, 524-543
- Ducastelle A, Lenoir J (1965) Contribution à l'étude de la flore microbienne du fromage de type Saint-Paulin. II. Ses espèces dominantes. *Lait* 45, 509-518
- Fatichenti F, Deiana P, Farris GA, Soggia G (1979) Études microbiologiques sur le lait et le fromage de chèvre en Sardaigne. *Lait* 59, 387-400
- Gripon JC (1978) Levures et moisissures intervenant dans la préparation des produits laitiers. *CR 20^e Congr Int Lait* 4ST, Paris
- Hausler WJ (1972) *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*. Am Public Health Assoc 13
- Kelly CD (1937) The microbiological flora on the surface of Limburger cheese. *J Dairy Sci* 20, 239-246
- Kreger Van Rij NJW (1984) *The Yeasts, a Taxonomic Study*. 3rd edition. Elsevier Sci Publ, Amsterdam
- Labie C (1983) Collecte et traitement du lait de chèvre en Poitou-Charentes. *Tech Lait* 15, 15-20
- La Jaouen JC (1977) *La fabrication du fromage de chèvre fermier*. ITOVIC, Société de presse et d'édition ovine et caprine
- Lenoir J (1962) La flore microbienne du Camembert et son évolution au cours de la maturation. *CR Acad Agric Fr* 48, 392-399
- Lenoir J, Lamberet G, Schmidt JL (1983) L'élaboration d'un fromage : l'exemple du Camembert. *Pour Sci* 69, 30-42
- Lodder J (1971) *The Yeasts. A Taxonomic Study*. North Holland Publ Co, Amsterdam, Londres
- Lodder J, Kreger Van Rij NJW (1952) *The Yeasts, a Taxonomic Study*. John Wiley & Sons, New York
- Marth EH (1963) Microbiological and chemical aspects of Cheddar cheese ripening. A review. *J Dairy Sci* 46, 869-890
- Millet L, Melcion D, Devoyod JJ (1974) La flore microbienne du fromage de Cantal fabriqué à

- partir de lait cru. III. Rôle des levures dans la fabrication de la "Tome". *Lait* 54, 616-626
- Nunez M, Medina M, Gaya P, Diaz-Amado C (1981) Les levures et les moisissures dans le fromage bleu de Cabrales. *Lait* 61, 62-79
- Ramos M, Barneto R, Suarez JA, Inigo B (1982) Contribution to study of Mahon cheese. I. Microbiological and biochemical aspects. *Chem Mikrobiol Technol Lebensm* 7, 167-172
- Richard J (1984) Évolution de la flore microbienne à la surface des Camemberts fabriqués avec du lait cru. *Lait* 64, 496-520
- Ridgway-Watt P (1979) An improved automatic multipoint inoculator. In: *Identification Methods for Microbiologists*. 2d ed (FA Skinner et DW Lovelock, eds), Acad Press, London, 297-304
- Schmidt JL, Lenoir J (1978) Contribution à l'étude de la flore levure du fromage de Camembert. Son évolution au cours de la maturation. *Lait* 58, 355-370
- Schmidt JL, Lenoir J (1980) Contribution à l'étude de la flore levure du fromage de Camembert. *Lait* 60, 275-282
- Schmidt JL, Graffard C, Lenoir J (1979) Contribution à l'étude des aptitudes biochimiques de levures isolées du fromage de Camembert. I. Essais préliminaires. *Lait* 59, 142-163
- Sozzi T, Sheperd D, Cleland M (1972) Évolution de la composition chimique et de la flore microbienne du fromage Vacherin au cours de la maturation. *Lait* 52, 203-219
- Vergeade J (1975) Étude des levures du fromage de Saint-Nectaire. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, Université de Clermont-Ferrand.
- Vidal J (1975) Évolution quantitative comparée de la microflore interne des fromages laitiers et fermiers de Saint-Nectaire. *Rev Lait Fr* 335, 643-647