



HAL
open science

Nomenclature des *Penicillium* utiles à la préparation du Camembert

Claude Moreau

► **To cite this version:**

Claude Moreau. Nomenclature des *Penicillium* utiles à la préparation du Camembert. *Le Lait*, 1979, 59 (585_586), pp.219-233. hal-00928821

HAL Id: hal-00928821

<https://hal.science/hal-00928821>

Submitted on 11 May 2020

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

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

Nomenclature des *Penicillium* utiles à la préparation du Camembert

par

Claude MOREAU

Centre National de la Recherche Scientifique
Laboratoire de Biologie Végétale et de Microbiologie
Université de Bretagne Occidentale - 29283 Brest cedex

La petite fermière Marie Harel fut, selon l'histoire, la première à fabriquer le fromage qui rendit mondialement célèbre son village, Camembert, mais elle ne s'est certainement guère préoccupée, à l'époque, du nom scientifique qu'il convenait d'accorder au « ferment » qu'elle utilisait.

Dans une communication à la Société d'Agriculture de Meaux, en 1898, Roger fait état d'un « *Penicillium blanc* » sur les fromages ; il en souligne l'ancienneté, citant à ce propos un reçu de « vingt dizaines de fromaiges du país de Brie » en date du 9 décembre 1407, signé de Guillaume Ligier, concierge de l'hôtel du Duc Charles d'Orléans, père de Louis XII (Desfleurs, 1966).

Il s'avère nécessaire, à une époque où tant de dénominations variées ont été appliquées à ces moisissures, de mettre de l'ordre dans leur nomenclature. Le prétexte en est fourni par le récent travail de Samson *et al.* (1977) qui a quelque peu bouleversé les données qu'on croyait définitivement acquises.

LES PRECURSEURS

Le « *Penicillium candidum* »

Lorsque Link (1809) créa le genre *Penicillium*, il le subdivisa en trois espèces : *P. glaucum*, *P. candidum* et *P. expansum* ; on ne sait pas aujourd'hui à quel taxon exact se rapportent les deux premières : la description de *P. glaucum* correspond à n'importe quel *Penicillium* bleu-vert, celle de *P. candidum* à n'importe quel *Penicillium* blanc ; seul subsiste le *P. expansum* Link, agent de pourriture des fruits.

Il semble probable, comme l'a interprété Roger (in Biourge, 1923, p. 193-194) que le *P. candidum* Link correspond à la moisissure blanche utilisée depuis longtemps pour la préparation des Camemberts. Les fromagers français, d'ailleurs, continuent à employer cette dénomination « *Penicillium candidum* » bien qu'elle n'ait aucune base scientifique solide.

Le « *Penicillium album* »

Le nom de *Penicillium album* a été donné par plusieurs auteurs :

— Preuss (1851) (p. 135) l'a conféré à un champignon actuellement non identifiable ;

— Rivolta (1873) (p. 452) appelle ainsi un *Penicillium* qui serait un mutant blanc d'un *P.* vert ;

— Costantin (1888) (p. 67) désigne sous le nom de *P. (Synpenicillium) album* un champignon croissant sur divers débris organiques ; il a été ensuite nommé *Penicillium costantini* Bainier (1906) (p. 205) et on le rapporte maintenant au *Doratomyces putredinis* (Corda) Morton et Smith (1963) (p. 83) ;

— Epstein (1902) (p. 360) nomme *P. album* un *Penicillium*, renommé par la suite *P. epsteinii* par Lindau (1907) (p. 166) et qui (selon Thom) serait vraisemblablement un *Penicillium* blanc du Camembert ;

— Mazé (1905), semblant ignorer que ce nom spécifique a déjà été donné, appelle *P. album* le champignon du Camembert (c'est pourquoi cette dénomination est fréquemment utilisée par les fromagers français qui avaient eu souvent recours aux travaux de Mazé) ; mais il n'en donne aucune diagnose valable.

Autres dénominations douteuses

Dès 1898, Johan-Olsen dans son étude des champignons utiles à la maturation des fromages parle d'un « *Penicillium aromaticum III* » qui semble bien être le *Penicillium* du Camembert puisque le même auteur (devenu par la suite Mme Sopp) indique ce nom comme synonyme d'un « *Penicillium Camembert Sopp* » dans sa monographie (p. 179-180) parue en 1912. (On évitera de confondre ce « *Penicillium aromaticum III* » avec le « *Penicillium aromaticum II* » et le « *Penicillium aromaticum casei* » du même auteur qui semblent se rapporter au *Penicillium* du Roquefort).

LES CLASSIQUES

L'école de Peoria

C'est aux chercheurs américains de Peoria, Illinois, que l'on doit les meilleures contributions à l'étude, fort délicate, des *Penicillium*.

Charles Thom publia en 1930 une gigantesque monographie concernant ce genre. Il avait précisément débuté ses travaux par des recherches concernant les moisissures des fromages (1906, 1909, 1914). Une nouvelle édition de cette monographie, en collaboration avec Raper, parut en 1949 et fut réimprimée en 1968.

Parmi les *Penicillium* à pinceaux biverticillés, asymétriques (section *asymmetrica*), Raper et Thom (1949) reconnaissent cinq sous-sections. C'est dans l'une d'elles, la sous-section *lanata*, que sont placés les *Penicillium* du Camembert.

La sous-section *lanata*

Chez les champignons de ce groupe, le mycélium aérien constitue des gazons ou feutrages cotonneux, laineux ou floconneux. Les conidiophores sont généralement de simples ramifications du mycélium aérien, plus rarement ils prennent naissance au niveau du substrat ; ils se différencient d'abord selon une zone circulaire au centre des cultures et gagnent progressivement les régions marginales. Les pinceaux conidiens sont assez grands, irrégulièrement ramifiés avec des metulae et stérigmates (fig. 1) émergeant souvent à différents niveaux. Les conidiophores sont assez trapus, à parois lisses ou légèrement échinulées. Les chaînes conidiennes sont plutôt enchevêtrées et constituent rarement de véritables colonnes.

Raper et Thom (1949) reconnaissent essentiellement deux séries dans la sous-section *lanata* :

- la série *camemberti* avec des thalles blancs ou à peine gris ,
- la série *commune* dont les thalles sont rapidement verts au niveau des zones sporifères.

Deux espèces constituent la série *camemberti* : le *Penicillium camemberti* et le *P. caseicolum*.

Le *Penicillium camemberti*

En 1906 (p. 33) Thom décrit sous le nom de *Penicillium camemberti* Thom un champignon qu'il avait isolé 2 ans auparavant d'un Camembert venant de France. La souche, répertoriée n° 5 (= NRRL 877) (1), semble stable. Elle forme, en culture, des thalles d'une texture assez lâche, d'abord d'un blanc pur puis devenant faiblement gris-vert pâle à verdâtre-glaucue après 1 semaine, au moment de la différenciation des spores.

(1) NRRL désigne la collection de cultures de champignons entretenues au laboratoire de Peoria (Illinois).

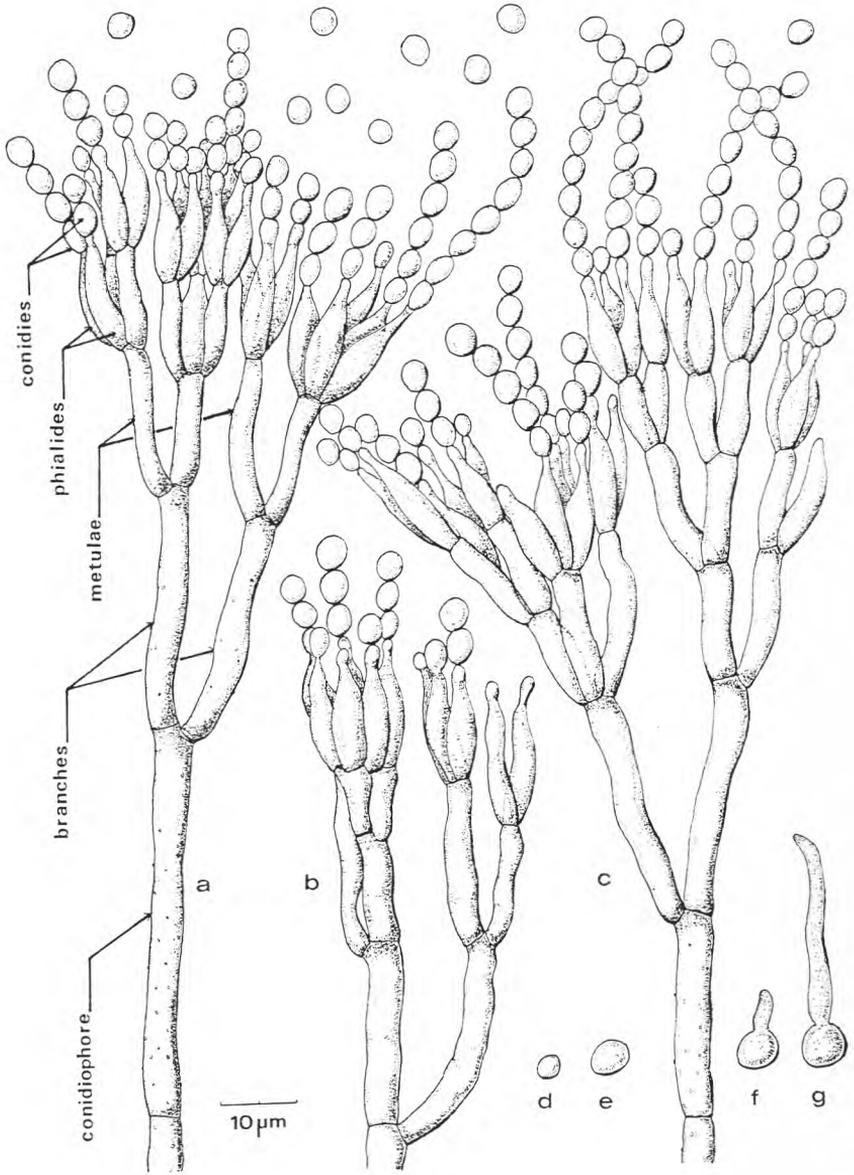


fig. 1

Penicillium camemberti Thom.

a, b, c : trois aspects de pinceaux conidiens.
d, e, f, g : divers stades de germination d'une conidie.

C'est, semble-t-il, une souche voisine que Mazé (1905) avait vulgarisée en France sous le nom de *P. album* et qui, pendant plusieurs décennies fut communément utilisée pour la préparation des Camemberts.

En 1941 (p. 156), von Szilvinyi a décrit sous le nom de *P. paecilomyceforme* un champignon qui semble bien tomber en synonymie avec *P. camemberti* Thom. Il en serait de même du *P. henebergi* de Drewes (1937).

Le *Penicillium caseicolum*

Dans sa remarquable série « Mycothèque de l'École de Pharmacie » Bainier (1907) fournit (p. 94) la description d'une espèce nouvelle qu'il appelle *Penicillium caseicolum* Bainier, isolée d'un Camembert. Ce champignon donne, en culture, des thalles floconneux, sans zonation, d'un blanc pur, sporulant abondamment. Ces thalles ne changent pas de couleur avec l'âge.

La souche, adressée à Thom, fut répertoriée NRRL 875. On s'aperçut qu'elle était semblable au *P. rogeri* Wehmer (1906) (p. 266), espèce qui devint *P. camemberti* var. *rogeri* Thom (1910) (p. 52) (souche n° 6 de Thom = NRRL 874).

C'est la souche de Bainier que Roger (1930) a vulgarisée en France sous le nom de *P. candidum* Link. C'est cette même dénomination qui est employée par Mazé (1905) pour un *Penicillium* du Camembert qui demeure toujours blanc (par opposition au « *P. album* » qui grisonne après 1 semaine).

Souches commercialisées

La fabrication fermière du Camembert utilisait jadis un ensemencement spontané des fromages dans les caves. Peu à peu, cette préparation devint artisanale, puis industrielle ; on eut alors de plus en plus recours à l'ensemencement artificiel.

Des ateliers spécialisés préparèrent des souches et on se trouva essentiellement en présence de deux groupes de souches :

— les unes vendues sous le nom de « *P. album* », correspondant au *P. camemberti* Thom, donnant généralement un fromage onctueux, parfumé mais légèrement gris bleuté (ces souches ne sont plus guère utilisées que par les fabricants de fromages de chèvres) ;

— les autres commercialisées sous le nom de « *P. candidum* » correspondant au *P. caseicolum* Bainier, ayant pris une grande extension par rapport aux premières, car le consommateur exige un fromage parfaitement blanc, même si sa texture est plus ferme, son parfum moins délicat.

CONCEPTION ACTUELLE

Fragilité de la distinction spécifique

Le *Penicillium caseicolum* n'est-il qu'un mutant blanc du *P. camemberti* comme on en connaît dans d'autres espèces (*P. urticae*, *P. citrinum*, *P. chrysogenum*, *P. cyclopium*, *P. roqueforti*) ? On se l'est parfois demandé.

Leonidse, dès 1930, considérait que les distinctions des caractères morphologiques et physiologiques des deux espèces étaient trop légères pour justifier leur séparation spécifique.

Frank (1966) le confirmait en montrant l'instabilité de la coloration gris-bleu du *P. camemberti*.

Nous avons nous-même couramment constaté que certaines souches de *P. caseicolum* deviennent jaunâtres ou même crème sur certains milieux de culture notamment ceux qui sont riches en glucides ; sur ces milieux, certains *P. camemberti* sont jaune pâle ou blancs.

La souche NRRL 1740 isolée en 1941 par Hastings, de l'Université de Wisconsin, possède des thalles à mycélium assez lâche et dont la couleur tend vers le chamois tilleul, sans trace de bleu ni de vert.

Outre les examens morphologiques approfondis, les très nombreuses études récentes des activités enzymatiques d'isolats variés (notamment propriétés protéolytiques, caséolytiques, etc.) démontrent péremptoirement la difficulté de maintenir les deux taxa.

C'est pourquoi Samson *et al.* (1977) ont proposé de réunir sous une même dénomination, *Penicillium camemberti* Thom (qui a antériorité eu égard aux règles de nomenclature), les *Penicillium* utiles à la préparation du Camembert.

Diagnose du *Penicillium camemberti*

Samson *et al.* (1977) décrivent comme suit le *Penicillium camemberti* Thom (1906) :

« Sur milieu de Czapek gélosé (1), thalles croissant lentement, atteignant un diamètre de 2 - 3,5 cm en 2 semaines à 25° C, constitués de mycélium aérien floconneux pouvant avoir jusqu'à 1 cm de hauteur, d'abord blanc, demeurant de cette couleur ou devenant jaunâtre, crème (rarement) ou gris-verdâtre, cette dernière coloration apparaissant généralement assez tardivement au cours du développement du thalle. Odeur de moisi ou inodore. Exsudats rarement

(1) Milieu de Czapek gélosé : eau, 1 000 g ; saccharose, 30 g ; nitrate de sodium, 3 g ; phosphate bipotassique, 1 g ; sulfate de magnésium, 0,5 g ; chlorure de potassium, 0,5 g ; sulfate ferreux, 0,001 g ; gélose, 15 à 20 g.

présents sous forme de gouttelettes incolores. Structures conidio-gènes prenant naissance dans les hyphes profondes, occasionnellement sur les filaments aériens. Conidiophores jusqu'à 500 μm de long, 2,5-4,0 μm de diamètre, ramifiés deux ou trois fois. Base du conidiophore à paroi échinulée, rarement lisse, les ornements apparaissant parfois tardivement au cours du développement. Metulae 8-14 \times 2,5-3,0 μm portant trois à six phialides. Phialides lagéniformes à bec court, 10-13 \times 2,2-2,5 μm . Conidies en chaînes emmêlées, globuleuses à subglobuleuses ou largement ellipsoïdes, hyalines ou légèrement verdâtres, 4,0-5,0 \times 3,0-4,5 μm .

Thalles sur malt gélosé semblables mais avec davantage de conidiophores plus échinulés que sur Czapek gélosé ».

Cette description résulte de l'examen de nombreuses souches en cultures et notamment des souches originales de Thom et Bainier.

Caractéristiques des diverses souches

Comme le soulignent Jacquet *et al.* (1954-1955), les souches employées en fromagerie paraissent toutes dérivées de formes sauvages fort développées dans les caves de la région de Neuchâtel-en-Bray. Ce sont des formes très vigoureuses, à mycélium fourni feutré donnant un thalle velouté sporulant aisément sur le fromage, légèrement jaunâtre en vieillissant et qui confèrent aux fromages bondons pour lesquels elles sont utilisées une légère amertume caractéristique.

Par le jeu varié de phénomènes spontanés (mutations, adaptations) et d'interventions humaines (sélections de types culturels les plus intéressants, etc.) on obtient actuellement pour les Camemberts des souches à feutrage mycélien moins dense souvent plus court formant de préférence des gazons laineux d'un beau blanc neigeux sporulant très peu sur le fromage.

Outre la couleur (surface et revers des cultures), les souches du commerce se distinguent les unes des autres par de très nombreux caractères ; vitesse de croissance, densité du thalle, longueur des conidiophores, rapidité et intensité de sporulation, facilité de germination des spores (Eichler, 1968), ces diverses caractéristiques pouvant varier selon les conditions ambiantes (Moreau C. et Moreau M., 1963 ; Dolezalek et Minarik, 1968). Desfleurs (1966) a fourni une excellente étude comparative de quelques-unes d'entre elles.

On accorde souvent une grande importance à l'aptitude qu'ont certaines souches à se développer dans une gamme étendue ou, au contraire restreinte, de pH (Jacquet, 1956). La tolérance à l'égard du sel est également un facteur à ne pas négliger (Jacquet *et al.* 1954-1955 ; Menderez, 1958).

Le rôle essentiel du *Penicillium* dans l'affinage des pâtes réside dans son aptitude à consommer l'acide lactique et, de ce fait, à désacidifier le milieu ; mais, en outre, il libère des enzymes qui modi-

fient l'évolution des constituants et participent ainsi au développement des saveurs et arômes des différents fromages.

Les activités enzymatiques peuvent varier d'une souche à l'autre et surtout selon les conditions ambiantes. A cet égard, les protéases (cf. notamment Lenoir *et al.*, 1971, 1973, 1977 ; Lamberet et Lenoir, 1976 ; Gripon *et al.*, 1977), les lipases (Lamberet et Lenoir, 1972) et la pyruvate carboxylase (Stan et Schormuller, 1968 ; Stan, 1972 ; Schormuller et Stan, 1970) ont été particulièrement étudiées.

Souvent, d'ailleurs, on associe dans la pratique plusieurs souches répondant chacune à des critères particuliers. On cherchera par exemple à hâter l'installation du *Penicillium* sur les fromages (germination et croissance rapides) lorsqu'on craint une infection par le *Mucor racemosus* (poil de chat) (Moreau *et al.*, 1976) ; on choisira une souche résistant bien au sel si l'on a dû accroître la teneur de la saumure pour lutter contre le *Geotrichum candidum*.

Regroupement des souches

Chaque souche de *P. camemberti* a ses caractères propres. Pour chacune il conviendrait d'établir une fiche en répondant aux questions du tableau 1.

Il apparaîtrait ainsi que, pour des raisons de commodité, on pourrait tenter de regrouper les diverses souches, actuellement connues, au sein de quelques « formes » :

— la forme de Neuchâtel avec pour type la souche « sauvage » des bondons de Neuchâtel-en-Braye, vigoureuse, à croissance rapide, formant des feutrages épais de couleur blanc-jaunâtre ;

— la forme à « poils courts », à croissance rapide, à thalles serrés, ras, veloutés blancs, parfois plissés au centre, revers de cultures légèrement crème (voire même orangés sur milieux sucrés) ;

— la forme à « poils longs », à croissance plus lente, à thalles assez lâches, élevés, laineux blancs, parfois blanc sale ou un peu rosés, revers de culture incolores (souvent ocre-jaune sur milieux sucrés) ;

— la forme à thalles floconneux d'abord blancs puis gris-vert.

Confusions possibles

Si une grande partie des souches de *P. camemberti* forment des thalles blancs, cette espèce n'est pas la seule de cette couleur. On connaît par exemple d'autres *Penicillium* susceptibles de contaminer les produits laitiers :

— le *P. thomii* Maire, un *Penicillium* monoverticillé à thalles floconneux blanchâtres ne sporulant que dans leur partie centrale, souvent isolé du sol mais rencontré parfois sur le beurre ;

TABLEAU 1

Caractéristiques des souches de *Penicillium camemberti**Caractères culturaux :*

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sur un milieu donné, à une température donnée. | Vitesse de croissance (diamètre des thalles).
Aspect cultural : hauteur et densité du gazon (feutré, floconneux, velouté, laineux...)
Zonation. Formation de sillons radiaires en surface ou dans le milieu gélosé.
Caractères de la marge.
Couleur du thalle, variation avec l'âge.
Couleur du revers de la culture.
Exsudations.
Odeur. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Sur d'autres milieux, à d'autres températures. | |

Morphologie :

Mycélium.

Conidiophores : origine (du substrat ou sur hyphes aériennes), longueur et diamètre, ramifications, paroi lisse ou échinulée.

Pinceaux conidiens : allure générale, naissance, dimensions, longueur et disposition des chaînes de conidies.

Branches : nombre et disposition, dimensions.

Metulae : nombre et disposition, dimensions.Phialides : nombre par *metulae*, disposition, dimensions.

Conidies : forme, dimensions.

Physiologie :

Rôle de la température de l'humidité du pH de l'alimentation carbonée, azotée des sels minéraux...	sur	la croissance, la sporulation (précocité et intensité), la germination des conidies.
--	-----	--

Biochimie :

Activité enzymatique : protéolyse, lipolyse...

Dérivés de métabolisme ;
mycotoxines, etc.

Dans des conditions déterminées.

Performances sur fromage.

— le *P. nalgiovensis* Laxa, de la section *asymmetrica-divaricata*, formant des thalles blancs laineux à floconneux blancs puis devenant jaune vert pâle après 1 semaine mais avec une marge bien marquée (le revers de culture est abricot sur milieux sucrés). Cette espèce est parfois utilisée pour couvrir les saucissons afin de masquer le développement indésirable du *P. cyclopium* gris-vert, mais est trouvée de temps en temps sur fromages. Elle avait d'ailleurs été isolée par Laxa (1932) à Nalзовy, en Bohême du Sud, sur un fromage d'Ellis-

chauer, proche du Camembert sur lequel elle jouait le rôle du *P. camemberti*.

— le *P. verrucosum* Dierckx var. *album* (G. Smith) Samson, Stolk et Hadlok (1976) (p. 35) (= *P. cyclopium* Westl. var. *album* G. Smith), forme albinos du commun *P. cyclopium* (appelé aussi *P. casei* Staub), ressemble au *P. camemberti* par ses conidiophores échinulés, mais ses ramifications sont plus divergentes et les thalles sont fasciculés. Il paraît pouvoir se développer sur fromages. La souche que Desfleurs (1966) (p. 51) a décrite sous le nom de *P. pulverulentum*, utilisée à Nonant-le-Pin (Orne) pour la fabrication artisanale de fromages ressemblant aux Camemberts, est peut-être à rattacher à cette variété.

On évitera de confondre le *P. camemberti* avec :

— le *Paecilomyces niveus* Stolk et Samson (forme imparfaite du *Byssochlamys nivea* Westling) qui se distingue d'un *Penicillium* par ses phialides assez divergentes et munies d'un col allongé ;

— le *Scopulariopsis flava* (Sopp) Morton et Smith (= *S. casei* Loubière, *Penicillium brevicaula* var. *album* Thom) aux thalles poudreux, assez ras, aux spores échinulées nées sur des conidiophores munis d'annellations, connu sur fromage et parfois utilisé comme « starter » pour les saucissons.

PERSPECTIVES D'AVENIR

D'abord très empirique, puis de plus en plus rationalisée et industrialisée, la production des *Penicillium* pour la préparation des fromages à pâte molle et croûte fleurie s'appuie sur des bases systématiques, génétiques, physiologiques sans cesse plus précises.

Améliorations des techniques

La préparation des souches de *Penicillium* destinées à l'ensemencement des Camemberts n'est actuellement réalisée à l'échelle française que par un nombre restreint de laboratoires. Ceux-ci ont mis au point des techniques de production industrielle s'inspirant de celles utilisées dans l'industrie des organismes unicellulaires (bactéries, levures...) : cultures en fermenteurs, lyophilisation des spores, etc., ce qui n'est pas sans présenter quelques inconvénients. Beaucoup d'améliorations restent possibles tant au niveau des techniques de fermentation (cf. notamment Staron, 1977) que de la sélection des souches. Une meilleure compréhension entre scientifiques et industriels devrait déboucher sur une coopération efficace.

Souches toxigènes

Les travaux récents concernant les mycotoxines ont attiré l'attention sur les dangers que pouvait représenter l'ingestion d'aliments

sur lesquels se sont développées des moisissures dont les dérivés de métabolisme risquent d'intoxiquer le consommateur.

En ce qui concerne les fromages de type Camembert, on s'est surtout préoccupé en France de l'éventuelle présence d'aflatoxines et notamment d'aflatoxine M susceptible d'être amenée par le lait à la suite de la consommation par la vache d'aliments contaminés. Les craintes ont été apaisées en raison des quantités minimales et exceptionnellement détectées lors de nombreux contrôles (Moreau, 1976 ; Corbion et Frémy, 1978).

Mais c'est essentiellement en Allemagne qu'on s'est intéressé aux éventuelles mycotoxines produites par le *Penicillium camemberti*.

Gibel *et al.* (1971) ont fait ingérer pendant plusieurs mois à des rats Wistar une souche « III C3 » de l'Institut de Recherches laitières d'Oranienburg « d'une forme blanche de *P. camemberti* » (qu'ils appellent *P. camemberti* var. *candidum*). Ils ont noté l'apparition d'une série d'anomalies (carcinomes ou sarcomes) chez de nombreux animaux. Reprenant ces essais avec du fromage du commerce préparé à l'aide de cette même souche, Frank *et al.* (1977) ont montré clairement qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative dans l'apparition de tumeurs entre les rats ainsi traités et les rats témoins. Par ailleurs, ils ont constaté (1975) que des truies, animaux particulièrement sensibles aux mycotoxines, pouvaient consommer sans inconvénient pendant 100 jours cette même souche et deux autres souches du commerce cultivées sur riz et mélangées à la ration. Ces résultats furent confirmés par les chercheurs de l'Institut du Lait de Kiel (Krush *et al.*, 1977).

Certaines souches de *P. camemberti* peuvent élaborer de l'acide cyclopiazonique (Still *et al.*, 1978), neurotoxine dont l'abus entraîne des diarrhées et des convulsions. Cependant, la température optimale de formation de cette mycotoxine étant 26° C, Leistner (1978) reconnaît qu'il ne s'en produit pas lors d'une maturation du fromage à 14-16° C suivie d'un entreposage à la même température ; par contre, on en détecte des traces après un stockage de 5 jours à 25° C. Il est bon de signaler que cette mycotoxine est aussi communément produite par le *P. cyclopium* Westl. et par sa variété *album* G. Smith (parfois développée sur les fromages).

Impératifs commerciaux

La consommation de fromage en France est en nette augmentation. Par sa diversité, la production du fromage s'adapte bien aux exigences de qualité et au goût des consommateurs. 16 000 t de fromages ont été exportées en 1975, ce qui correspond à environ 10 p. 100 de la production. Peut-être avec l'arrière-pensée de protéger leur marché, certains de nos partenaires appliquent à nos produits une réglementation particulièrement stricte quant à la présence de mycotoxines.

Des recherches ont été entreprises dans nos industries fromagères : elles ont démontré combien était limité le risque de développement de mycotoxines (Lafont *et al.*, 1976 ; Devoyod, 1977). Il est cependant nécessaire d'effectuer une surveillance vigilante par des détectations chimiques et des tests biologiques (arrêt du développement embryonnaire du poulet, toxicité sur culture cellulaire, toxicité sur souris, etc.).

Comme, au cours des siècles, l'homme a su réaliser pour sa nourriture ou son agrément une lente et patiente sélection des variétés de végétaux cultivés, il convient de poursuivre une œuvre comparable afin d'obtenir des souches de *Penicillium camemberti* les mieux adaptées aux besoins des fromagers et aux techniques nouvelles de préparation des caillés. Ici, la forme « sauvage » présente déjà de riches potentialités génétiques que l'homme a commencé d'exploiter ; il en est issu quelques formes intéressantes. L'utilisation des remarquables possibilités de brassage de matériel génétique mises en évidence chez les champignons devrait permettre des progrès rapides dans ce domaine de la mycologie appliquée.

Résumé

Les *Penicillium* appelés couramment « *P. candidum* » et « *P. album* » par les fromagers correspondent respectivement aux *P. caseicolum* Bain. et *P. camemberti* Thom, dans la sous-section *asymmetrica lanata*. Samson *et al.* ont récemment (1977) réuni ces deux espèces en une seule qu'ils ont nommée par antériorité *P. camemberti*. Mais, suivant une série de caractéristiques bien définies, on peut distinguer en son sein au moins quatre formes. L'étude ultérieure de ces moisissures devra aboutir à l'obtention de souches bien adaptées à la préparation des différents fromages mais inaptes à élaborer des mycotoxines dans les conditions requises par l'industrie fromagère.

Summary

Penicillium commonly called «*P. candidum*» and «*P. album*» by fermented cheese manufacturers correspond to *P. caseicolum* Bain. and *P. camemberti* Thom in the sub-section *asymmetrica lanata*, respectively. Samson *et al.* have recently (1977) considered both names as synonyms and proposed the older taxon *P. camemberti*. According to well definite characteristics, the different strains of that species can be grouped at least in four forms. Further investigations on these moulds must tend to obtain well adapted strains for the making of cheeses but unable to elaborate mycotoxins in the industrial conditions.

Reçu pour publication en février 1979.

Bibliographie

- BAINIER (G.) (1906). — Mycothèque de l'Ecole de Pharmacie. V. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, t. XXII, 205-208.
- BAINIER (G.) (1907). — Mycothèque de l'Ecole de Pharmacie. XIII. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, t. XXIII, 94-97.
- BIOURGE (P.) (1923). — Les moisissures du groupe *Penicillium* Link. Monographie. *La Cellule*, t. XXXIII, 7-331.
- CORBION (B.) et FRÉMY (J. M.) (1978). — Recherche des aflatoxines B₁ et M₁ dans les fromages de type « Camembert ». *Le Lait*, t. LVIII, 573-574, 133-140.
- COSTANTIN (J.) (1888). — Observations sur la fasciation des mucédinées. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, t. IV, 62-68.
- DESFLEURS (M.) (1966). — Contribution à la connaissance du genre *Penicillium*. Application à la fabrication de fromages à pâte molle et notamment du Camembert. Thèse Fac. Sci. Caen, juin 1966, 78 p.
- DEVOYOD (J. J.) (1977). — Micotossine e formaggi. *Ind. Aliment.*, t. XVI, 6, 112-114.
- DOLEZALEK (J.) et MINARIK (R.) (1968). — Influence de l'acidité du milieu et de la présure sur l'activité enzymatique de *Penicillium camemberti* et de *Penicillium nalgiovensis*. *Sb. Vys. Sk. Chem. Technol. pr. Potrav.*, t. XX, 66-67.
- DREWES (K.) (1937). — Die Reifungspilze des Sauermilchkäses unter besonderer Berücksichtigung ihres Caseinabbauvermögens. *Milch. Forsch.*, t. XVIII, 289-330.
- EICHLER (F.) (1968). — Beurteilung der Auskeimfähigkeit von Blauschimmelsporen. *Milchwissenschaft*, t. XXIII, 10, 632-635.
- EPSTEIN (P.) (1902). — *Archiv. f. Hyg.*, t. XLV, 4, 360.
- FRANK (H. K.) (1965). — Ein Beitrag zur Taxonomie der Gattung *Penicillium* Link. Habilitationsschr. Fak. allg. Wiss. München.
- FRANK (H. K.), ORTH (R.), REICHLER (G.) und WUNDER (W.) (1975). — Fütterungsversuche an Forellen mit Camembert — und Roquefort — Kulturen, *Milchwissenschaft*, t. XXX, 10, 594-597.
- FRANK (H. K.), ORTH (R.), IVANKOVIC (S.), KUHLMANN (M.), and SCHMAHL (D.) (1977). — Investigations on carcinogenic effects of *Penicillium caseicolum* and *P. roqueforti* in rats. *Experientia*, t. XXXIII, 515-516.
- GIBEL (W.), WEGNER (K.) und WILDNER (G. P.) (1971). — Experimentelle Untersuchungen zur Frage einer kanzerogenen Wirkung von *Penicillium camemberti* var. *candidum*. *Arch. f. Geschwulstforsch.*, t. XXXVIII, 1, 1-6.
- GRIPON (J. C.), DESMAZEAUD (M. J.), LE BARS (D.) and BERGÈRE (J. L.) (1977). — Role of proteolytic enzymes of *Streptococcus lactis*, *Penicillium roqueforti* and *Penicillium caseicolum* during cheese ripening. *J. Dairy Sci.*, t. LX, 10, 1532-1538.
- JACQUET (J.) (1956). — Action du pH sur la croissance des moisissures dans la fabrication du Camembert. *Ind. Lait.*, 10, 213-219.
- JACQUET (J.), VILLETTE (O.), DELACROIX (J.), GONDOUIN (H.) et DESFLEURS (M.) (1954-1955). — Considérations sur l'action du pH dans la croissance des moisissures utilisées pour la fabrication du Camembert. Rôle du sel. *Bull. Soc. Linn. Norm.*, 9^e sér., t. VIII, 115-132.
- JOHAN-OLSEN (O.) (1898). — Die bei der Käsureifung wirksamen Pilze. *Zentbl. f. Bakt. Parasitkde.*, Abt. II, t. IV, 161-169.
- KRUSCH (U.), LOMPE (A.), ENGEL (G.) und MILCZEWSKI (K. E. von) (1977). — Die gesundheitliche Unbedenklichkeit von *Penicillium caseicolum*, *P. camemberti* und *P. roqueforti*. II. Biologische Prüfung auf Toxinbildungsvermögen an Zellkulturen. *Milchwissenschaft*, t. XXXII, 12, 713-715.

- LAFONT (P.), LAFONT (J.), PAYEN (J.), CHANY (E.), BERTIN (G.) and FRAYSSINET (C.) (1976). — Toxin production by 50 strains of *Penicillium* used in the cheese industry. *Food Cosmet. Toxicol.*, t. XIV, 2, 137-139.
- LAMBERET (G.) et LENOIR (J.) (1972). — Aptitude de l'espèce *Penicillium caseicolum* à la production d'enzymes lipolytiques. *Le Lait*, t. LII, 513-514, 175-192.
- LAMBERET (G.) et LENOIR (J.) (1976). — Les caractères du système lipolytique de l'espèce *Penicillium caseicolum*. I. Nature du système. *Le Lait*, t. LVI, 553-554, 119-134. II. Purification et propriétés de la lipase majeure. *Ibid.* 559-560, 622-644.
- LAXA (O.) (1932). — Ueber die Reifung des Ellischauer Käses. *Zentrbl. f. Bakt.*, II. Abt., t. LXXXVI, 160-165.
- LEISTNER (L.) (1978). — Communication verbale à l'Int. Conf. Mycotoxins, Munich, 14-15 Aug. 1978.
- LENOIR (J.) et AUBERGER (B.) (1977). — Les caractères du système protéolytique de *Penicillium caseicolum*. I. Précaractérisation de l'activité exocellulaire. *Le Lait*, t. LVII, 563-564, 164-183. II. Caractérisation d'une protéase neutre. *Ibid.* 568, 471-491.
- LENOIR (J.), CHOISY (C.) (1971). — Aptitude de l'espèce *Penicillium caseicolum* à la production d'enzymes protéolytiques. *Le Lait*, t. LI, 503-504, 138-157.
- LENOIR (J.), GLENZA (A.), BERGÈRE (J. L.), CERF (O.), CHOISY (C.), DESMAZEAUD (M.) et HERMIER (J.) (1973). — Les facteurs de production du système protéolytique de *Penicillium caseicolum*. *Le Lait*, t. LIII, 525-526, 246-279.
- LENOIR (J.), VEISSEYRE (R.), HERMIER (J.), MOCOQUOT (G.), BRET (G.), GALZIN (M.) et ARDIN (F.) (1971). — Les enzymes d'origine microbienne et leur emploi dans l'affinage des fromages. *Le Lait*, t. LI, 503-504, 135-137.
- LEONIDSE (L.) (1930). — Uber den weissen und blauen Camembert-Schimmel. *Zentbl. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionslehre*, II. Abt., t. 82, 211-246.
- LINK (H. F.) (1809). — Observations in ordines plantarum naturales. Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, Magazin 3.
- MAZÉ (P.) (1905). — Les microbes dans l'industrie fromagère. *Ann. Inst. Pasteur*, t. XIX, 378-403 et 481-493.
- MENDEREZ (R.) (1958). — Etude de l'action du sel sur le développement du *P. candidum*. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, n° 2.
- MOREAU (C.) (1976). — Les mycotoxines dans les produits laitiers. *Le Lait*, t. LVI, 555-556, 286-303.
- MOREAU (C.) et MOREAU (M.) (1963). — Observations sur la nutrition carbonée du *Penicillium caseicolum* Bainier et sur quelques facteurs affectant sa sporulation. *Ann. Sci. nat., Bot.*, 12^e sér., t. IV, 3 241-250.
- MOREAU (M.), LE GALL (D.) et MOREAU (J.) (1976). — Pollution ambiante et accidents de fabrication par moisissures des fromages à pâtes molles. *Ind. Aliment. agric.*, t. XCIII, 11, 1315-1330.
- MORTON (F. J.) and SMITH (G.) (1963). — The genera *Scopulariopsis* Bainier, *Microascus* Zuckl. and *Doratomyces* Corda. *Mycological Papers*, n° 86, 96 p.
- PREUSS (G. T.) (1851). — Uebersicht untersuchter Pilze besonders aus der Umgegend von Hoyerswerda. *Linnaea*, t. XXIV, 99-153.
- RIVOLTA (S.) (1873). — Dei parassiti vegetali come introduzione allo studio delle malattie parassitarie, e delle alterazioni dell'alimento degli animali domestici. Turin, 592 p.
- RAPER (K. B.) and THOM (C.) (1949) (reimpr. 1968). — A manual of the Penicillia. Hafner Publ. Co, 875 p.
- ROGER (G.) (1903). — *Revue hebdomadaire*, t. VII, 334.

- SAMSON (R. A.), ECKARDT (C.) and ORTH (R.) (1977). — The taxonomy of *Penicillium* species from fermented cheeses. *Antonie van Leeuwenhoek*, t. XLIII, 3-4, 341-350.
- SAMSON (R. A.), STOLK (A. C.) and HADLOK (R.) (1976). — Revision of the subsection *fasciculata* of *Penicillium* and some allied species. *Studies in Mycology*, n° 11, 47 p.
- SCHORMULLER (J.) und STAN (H. J.) (1970). — Stoffwechseluntersuchungen an lebensmitteltechnologisch wichtigen Mikroorganismen. VIII. Pyruvatcarboxylase aus *Penicillium camemberti* var. *candidum*. I. Nachweis des Enzyms. *Z. Lebensmittel-Unters. Forsch.*, t. CXLII, 3, 186-195. II. Kinetische Eigenschaften des Enzyms. *Ibid.*, t. CXLII, 4, 268-275. III. Allosterische Eigenschaften des Enzyms. *Ibid.*, 5, 321-330.
- SOPP (O.) (1912). — Monographie der Pilzgruppe *Penicillium* mit besonderer Berücksichtigung der in Norwegen gefundenen Arten. *Videnskapselskapets Skrifter I. Mat.-Naturv. Klasse*, 11, 1-208.
- STAN (H. J.) (1972). — Pyruvate carboxylase from *Penicillium camemberti*. V. Regulation of the enzyme activity by the ratio of ATP and ADP. *Int. J. Biochem.*, t. III, 17, 573-582.
- STAN (H. J.) and SCHORMULLER (J.) (1968). — Regulation of pyruvate carboxylase of *Penicillium camemberti* by the adenylate system. *Biochem.-Biophys. Res. Commun.*, t. XXXII, 2, 289-294.
- STARON (T.) (1977). — Les micro-organismes producteurs de protéines alimentaires. Recherches sur la production de protéines d'organismes pluricellulaires (P.O.P.). *Industr. aliment. agric.*, t. XCIV, 9-10, 979-988.
- STILL (P. E.), ECKARDT (C.) and LEISTNER (L.) (1978). — Mycotoxin production by *Penicillium* species isolated from meat and meat products. Int. Conf. Mycotoxins, Munich, 14-15 Aug. 1978 (Dtsche Stiftung f. int. Entwicklung), 43-44.
- SZILVINYI (A. von) (1941). — Mikrobiologische Bodenuntersuchungen im Lunzer Gebiet. III. Die Schimmelpilzflora. *Zentrbl. f. Bakt.* II. Abt., t. CIII, 133-189.
- THOM (C.) (1906). — Fungi in cheese ripening: Camembert and Roquefort. *U.S. Dept. Agric., Bur. Anim. Ind.*, Bull. 82, 1-39.
- THOM (C.) (1909). — Camembert cheese problems in the United States. *U.S. Dept. Agr., Bur. Anim. Ind.*, Bull. 115, 1-54.
- THOM (C.) (1910). — Cultural studies of species of *Penicillium*. *U.S. Dept. Agr., Bur. Anim. Ind.*, Bull. 118, 1-109.
- THOM (C.) (1914). — The salt factor in the mold ripened cheeses. *Conn. (Storrs) Agr. Expt. Stn.*, Bull. 79, 387-394.
- THOM (C.) (1930). — The Penicillia. The Williams and Wilkins Co, Baltimore, 643 p.
- WEHMER (C.) (1906). — Morphologie, Physiologie und Systematik einiger technisch wichtiger hoherer Ascomyceten und verwandter Formen. *Lafar's Handbuch der Technische Mykologie*, t. IV, 11, 12-238.