

**PROGRES TECHNOLOGIQUES
AU SEIN DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES
IMPACT SUR LA QUALITE DES PRODUITS**

I – LA FILIERE LAITIERE

RAPPORT COMMUN DE L'ACADEMIE DES TECHNOLOGIES ET
DE L'ACADEMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

Mai 2004

SOMMAIRE

I. Introduction	3
II. Etat des lieux	5
Place dans l'économie.....	5
Production du lait.....	5
Laits de consommation.....	7
Produits fermentés.....	8
Technologies fromagères.....	8
De la crème au beurre tartinable.....	9
Ingrédients fonctionnels.....	10
Emballages.....	10
III. Diagnostic	11
Le métier des industries laitières a évolué.....	11
Produits et technologies ont été adaptés à la demande des consommateurs.....	12
➤ Des produits de plus en plus sûrs, mais risquant de conduire à une perte progressive du patrimoine fromager français.....	12
➤ Des produits bons pour la santé, mais des excès dans la communication des entreprises.....	12
➤ Des produits variés, pratiques et éthiques, mais une perte de typicité.....	13
IV. Recommandations	14
Recommandations à caractères politiques et stratégiques.....	14
➤ Préserver le niveau d'excellence de la recherche publique laitière.....	14
➤ Participer activement à l'élaboration des nouvelles réglementations.....	15
➤ Développer une politique de communication et de formation.....	16
Axes de recherches prioritaires.....	16
➤ Produire des laits et des ingrédients mieux adaptés aux besoins des marchés.....	16
➤ Conserver la biodiversité microbienne et générer de la typicité en toute sûreté.....	17
V. En guise de conclusion...trois questions à suivre	19
➤ Dangers et risques liés à l'alimentation : les leçons de la crise de la vache folle.....	19
➤ Ressources génétiques et diversité d'usage des produits agricoles.....	20
➤ Alimentation et développement durable.....	20
Glossaire	21
Bibliographie	24

I. INTRODUCTION

L'industrie alimentaire est le premier secteur industriel français, loin devant l'industrie automobile, avec en 2002 un chiffre d'affaires de 134 milliards d'euros. Constituée de 10 841 entreprises, dont 3 106 de plus de 20 salariés, elle est le troisième employeur industriel avec 420 000 salariés. Avec 28,3 milliards d'euros d'exportation, l'industrie alimentaire française est le premier exportateur mondial de produits alimentaires transformés.

Conserver le plaisir de la table en garantissant la sécurité des aliments et en améliorant leur valeur santé et leurs conditions de commercialisation, de conservation et d'utilisation, guide de nombreux choix techniques et économiques de cette industrie. L'expérience du passé - et il est probable qu'il en sera ainsi dans l'avenir - montre que l'industrie alimentaire progresse plus par « *petit pas* » (innovation incrémentale) que par innovation de rupture ; dans son appropriation de nouvelles technologies (par exemple, la conservation des aliments par irradiation) ou la conception de nouveaux produits, la prise en compte de la composante culturelle des aliments est un facteur déterminant de son succès.

L'industrie alimentaire transforme des matières premières agricoles, de composition variable, en aliments dont les propriétés doivent demeurer constantes années après années. Loin de l'époque où les usines n'étaient que l'image agrandie des ateliers artisanaux de fabrication des aliments, elle est devenue une industrie de haute technologie. Elle s'est, en effet, confrontée à la nécessité de maîtriser un système caractérisé par une triple complexité : complexité des approvisionnements dont la majeure part, d'origine agricole, est, par nature, de composition et de prix variables dans le temps et dans l'espace ; complexité des technologies mises en œuvre dont les performances reposent sur les progrès de disciplines scientifiques aussi différentes que la microbiologie, l'enzymologie, la chimie ou le génie des procédés ; complexité de la notion même de qualité des aliments dont les quatre composantes sont indépendantes et nécessaires : sécurité sanitaire, valeur santé, plaisir et praticité.

L'industrie alimentaire a vécu de ce fait une très profonde évolution technique au cours des trente dernières années. En 2003, les usines n'ont plus grand-chose de commun avec celles des années 1960. Des vocables nouveaux ont fait leur apparition dans les entreprises : cuisson-extrusion, chauffage ohmique, micro-filtration, génie enzymatique, usine ultra-propre, protection rapprochée, champs à lumière pulsée, microbiologie prédictive, organismes génétiquement modifiés, aliments micro-ondables, salades de 4^{ème} gamme, DLC (date limite de consommation), HACCP¹ (analyse des risques et de maîtrise de points critiques), sans parler de la nutriginétique et de la nutriginomique !

Les consommateurs, clients ultimes de cette industrie, sont inquiets de ces évolutions techniques dont ils ne comprennent ni la nécessité, ni l'utilité et encore moins les fondements scientifiques. Ils sont néanmoins demandeurs d'innovation pour que soit garantie la qualité des aliments, tout en restant très attachés au caractère « *naturel* » de leur alimentation. Paradoxe bien difficile à gérer dont la prise en compte ouvre plus que dans d'autres secteurs industriels, le grand débat qui oppose modernité et tradition.

C'est la raison pour laquelle l'Académie des technologies et l'Académie d'agriculture de France ont souhaité mobiliser leurs expertises pour analyser les conséquences de l'évolution des technologies de production, de fabrication et de distribution des denrées alimentaires sur la qualité des aliments. Cette industrie a-t-elle privilégié productivité et rentabilité aux dépens des différentes facettes de la qualité des aliments ? Certaines formulations destinées à rendre les produits plus attractifs ne prendraient-elles pas suffisamment en compte les recommandations des nutritionnistes ? Bons goûts et bonnes odeurs ont-ils déserté notre assiette ?

¹ HACCP – Hazard analysis and control of critical points.

Le présent rapport, consacré à la filière laitière bovine, **est le premier d'une série** qui devrait progressivement aborder les autres filières alimentaires : produits céréaliers et de grandes cultures, produits de la pêche et de l'aquaculture, fruits et légumes, produits carnés, boissons. Il vise à éclairer les pouvoirs publics, les professionnels de la filière agroalimentaire et les associations de consommateurs sur les conséquences et les progrès attendus de la recherche technologique et donc des voies à privilégier pour améliorer la qualité des aliments.

Les deux Académies ont confié la responsabilité de ce projet à un comité de pilotage composé de seize de leurs membres² et placé sous la présidence de Pierre Feillet. Ce comité s'est appuyé sur le rapport d'un groupe de travail présidé par le professeur Gérard Brulé, à qui une analyse exhaustive de l'évolution technologique de la filière lait avait été demandée et sur l'expertise du GISRIA³. Christian Bourdel, Secrétaire général d'Agropolis Muséum (Montpellier), a assuré le secrétariat général du comité de pilotage et du groupe de travail.

Le présent rapport a été approuvé par l'Académie d'agriculture de France le 28 janvier 2004 et par l'Académie des technologies le 17 mai 2004, suite à une présentation faite en séance plénière le 14 janvier 2004.

² Membres du comité de pilotage inter-académiques : Mme Mercier, MM Besançon, Choncholle, Depledt, de La Guérvivière, Feillet, Fillet, Frybourg, Gac, Krautter, Louisot, Lunel, Masse, du Mesnil de Buisson, Monsan et Rاپilly.

³ Groupement d'Intérêt Scientifique Recherche Industrie Alimentaire.

Ce texte est publié comme exprimant le point de vue de l'Académie d'Agriculture de France (approuvé par l'Assemblée académique par vote le 28 janvier 2004) et de l'Académie des technologies (approuvé par l'Assemblée académique par vote le 17 mai 2004)

II. ETAT DES LIEUX

PLACE DANS L'ECONOMIE

La filière laitière française a toujours occupé une place importante dans l'économie nationale. Les 24 millions de tonnes de lait produits par les 4,15 millions de vaches laitières représentent respectivement 20% et 5% des productions européennes et mondiales. Le chiffre d'affaire de l'industrie laitière (CA), identique à celui de l'Allemagne, dépasse 20 milliards d'euros, soit respectivement 16% du CA des industries agroalimentaires françaises. Elle assure 180 000 emplois directs (120 000 producteurs et 60 000 salariés d'industrie). La France est avec l'Allemagne le plus gros producteur de fromages (1,7 millions de tonnes). La valeur ajoutée par rapport à la matière première atteint 10 milliards d'euros; elle est principalement générée par les produits frais (yaourts, desserts lactés) et les fromages. Le solde commercial est de 2,4 milliards d'euros (juste après celui des vins et champagnes).

Ces 20 dernières années, on a assisté à une forte concentration des entreprises, sans nuire au maintien d'un tissu de PME. Environ 70 % du lait est collecté par six grands groupes dont trois d'entre eux (Lactalis, Bongrain S.A., SODIAAL) réalisent, chacun, un CA supérieur à 3 milliards d'euros. Le reste du lait est traité par environ 300 entreprises. Le développement des appellations d'origine contrôlée (AOC) et l'exploitation des laits de petits ruminants ont un impact très important dans le maintien d'une activité agricole et économique notamment dans des régions de montagne.

PRODUCTION DU LAIT

Les bases théoriques et pratiques de la sélection laitière se sont développées au cours du XX^{ème} siècle à partir des travaux anglo-saxons. Elles ont permis d'établir la génétique des populations comme une discipline scientifique nouvelle. La sélection laitière s'est bâtie sur les performances des taureaux d'insémination évaluées sur la production de leurs filles. Les trois éléments les plus déterminants dans le progrès génétique ont été le développement du **contrôle laitier**, la généralisation de l'**insémination artificielle** et l'**indexation des taureaux** sur leur descendance. La **cryoconservation des semences**, à partir des années 60, a décuplé les apports génétiques de la technique d'insémination en permettant une exploitation large et durable des taureaux sélectionnés. Parmi les nouvelles techniques de reproduction, le **transfert d'embryon** a eu un impact significatif sur la sélection laitière en raccourcissant dans la moitié des cas les intervalles entre générations de reproducteurs : plus de 90% des taureaux utilisés actuellement pour l'insémination sont nés grâce à cette technique.

L'organisation de l'amélioration génétique du cheptel français a été définie en 1966 dans la « loi sur l'élevage ». La sélection des reproducteurs a été effectuée, jusqu'en 1989, sur la quantité et le taux moyen de matière utile puis ensuite sur une combinaison des composants du lait, « l'INEL » (index économique laitier). Cet index visait à privilégier la production de matières protéiques. L'expansion de la race Holstein a dominé l'évolution génétique et phénotypique de la production laitière jusqu'à l'avènement des quotas. Par contre, depuis une dizaine d'années, au plan génétique et pour chaque race, sont engrangées pour les 5 à 10 ans à venir une baisse régulière du taux de matière grasse et une hausse légère et progressive de la teneur en protéines. On peut aussi relever une amélioration continue dans toutes les races de la morphologie mammaire pour une adaptation à la traite mécanique.

Depuis peu, les travaux de cartographie physique de gènes marqueurs et de mise en évidence de zones d'intérêt associées (QTL) permettent de mettre en œuvre dans les trois principales races une **sélection**

Ce texte est publié comme exprimant le point de vue de l'Académie d'Agriculture de France (approuvé par l'Assemblée académique par vote le 28 janvier 2004) et de l'Académie des technologies (approuvé par l'Assemblée académique par vote le 17 mai 2004)

assistée par marqueurs (SAM). On peut dorénavant imaginer accroître la fréquence de certains variants de caséine ou la proportion relative des différentes protéines ou acides gras.

De 1950 à 1980, l'**optimisation de la conduite alimentaire de la vache laitière** a bénéficié des progrès réalisés en production végétale, dans l'industrie de l'alimentation du bétail, dans l'industrie chimique et pharmaceutique ainsi que dans l'industrie des agroéquipements. À mesure que s'impose le modèle VLHP (Vache Laitière à Haut Potentiel), la modulation de la concentration énergétique des rations se répand. Les nutritionnistes proposent diverses solutions pour abonder les apports sur le plan quantitatif, notamment l'utilisation de source d'azote non protéique (urée, sulfate d'ammonium) et le tannage des protéines. À l'approche classique d'une alimentation consistant à couvrir les besoins liés à un objectif de production, se substitue le concept de « loi de réponse multiple aux variations du régime » qui intègre la qualité des produits, la sécurité alimentaire, l'impact environnemental des pratiques d'élevage et le bien-être animal. Aujourd'hui, de nouvelles interrogations apparaissent, en particulier l'introduction de plante OGM dans les rations alimentaires.

Le pilotage de la composition du lait, en particulier des teneurs en micro-éléments ou micro-nutriments, est devenu un enjeu de première importance pour ceux qui veulent promouvoir cet « *aliment santé* » : les pratiques alimentaires sont à même de participer à la production de laits répondant à un cahier des charges spécifique. Les grands programmes de recherche dédiés au C.L.A. (Conjugated Linoleic Acid), dont les bienfaits restent à démontrer chez l'homme, en sont la parfaite illustration.

Les **traitements hormonaux** sont utilisés chez quelques vaches laitières (environ 1%) pour maîtriser la période de mise à la reproduction, répondre aux besoins du marché en termes de quantités et de répartition de la production et améliorer la qualité des produits en bénéficiant des variations saisonnières naturelles de la composition du lait.

Aujourd'hui, la quasi-totalité des éleveurs laitiers dispose d'une **machine à traire**. Parallèlement à l'amélioration des performances, de l'efficacité et de la fiabilité de cet équipement, sa conception a été adaptée de façon continue pour rendre la traite moins traumatisante pour les animaux, réduire les risques de propagation des infections et préserver la qualité originelle du lait. Apparue dans le milieu des années 70, la dépose automatique des faisceaux trayeurs permet de traire un plus grand nombre d'animaux en évitant les accidents sanitaires liés à une traite inutilement prolongée ; le pilotage par microprocesseurs permet de gérer le flux de lait de chaque animal en fin de traite. Pour le nettoyage du matériel après chaque traite, des automates pilotés par des microprocesseurs et permettant une programmation « *à la carte* » se sont rapidement imposés. Aujourd'hui, quelques exploitations sont équipées de robots réduisant au minimum l'intervention du trayeur.

Toutefois, la présence et la surveillance de l'homme restent encore indispensables pour la détection en temps réel des laits anormaux (de façon à les écarter du circuit de commercialisation) et des premiers symptômes d'infections mammaires (pour traiter le plus rapidement possible les animaux concernés). L'utilisation de capteurs commence à se développer : la mesure de la conductivité électrique du lait permet de détecter une infection mammaire au cours de la traite d'un animal, parfois même avant les premiers signes visibles de la maladie. L'identification automatique des animaux accédant à la salle de traite permet d'avertir l'éleveur que le lait d'une vache traite doit être écarté, par exemple parce qu'elle a reçu un traitement antibiotique. Enfin, les progrès en matière de produits **détergents** ou désinfectants utilisés pour le nettoyage du matériel ou des mamelles ont eu des retombées importantes sur la prévention des infections et de la contamination du lait.

Pendant longtemps, le lait a été un vecteur de maladies (tuberculose et brucellose). Une action collective d'éradication a permis de conduire le cheptel bovin français à une **situation sanitaire satisfaisante** : le nombre de troupeaux infectés de tuberculose est passé de 3% en 1970 à 0.06% en 2000 ; le nombre de troupeaux infecté de brucellose est passé de 17% en 1970 à 0.01% en 2000. Grâce à ces 30 ans d'efforts, le lait produit et consommé dans toute la France ne contient ni bacilles tuberculeux, ni bactéries brucelliques. Plus récemment, d'autres maladies communes à l'homme et aux bovins et éventuellement

transmises par le lait sont apparues, en particulier la listériose et la salmonellose ; de nouveaux outils de lutte, développés en collaboration par les éleveurs et l'industrie laitière, ont été mis en place.

La **réfrigération du lait à la ferme**, qui s'est généralisée vers les années 70, a constitué un grand progrès d'un point de vue hygiénique (le taux de contamination des laits collectés en bidons non réfrigérés dépassait souvent 10^6 germes/ml alors qu'il est maintenant inférieur à 50 000 germes/ml). Mais la flore dominante n'est pas la même car le froid favorise le développement d'espèces psychrotrophes qui peuvent générer des enzymes protéolytiques et lipolytiques susceptibles d'altérer la qualité et la stabilité des laits. Le froid peut également entraîner des perturbations de nature physico-chimique ou biochimique avec des conséquences sur la qualité technologique des laits (stabilité thermique, aptitude à la transformation en fromage). C'est pourquoi il est recommandé, pour certaines fabrications, de ne pas prolonger la réfrigération au-delà de 48 heures. De plus, cette évolution s'est traduite par un mélange de laits issus de plusieurs traites et provenant de plusieurs troupeaux, ce qui peut avoir un impact négatif pour les producteurs qui font des efforts de qualité.

Les industriels disposent aujourd'hui de **logiciels** qui permettent d'optimiser les **circuits de collecte** en vue de réduire les coûts tout en intégrant éventuellement la qualité des laits de troupeaux évaluée *a posteriori*.

Le lait étant constitué à 88 % d'eau, on a cherché à en éliminer une partie. Vers les années 80, l'**ultrafiltration** a été proposée pour concentrer sélectivement des constituants d'intérêt nutritionnel et technologique (protéines et lipides). En raison de son coût, cette technologie n'a pas connu tout le développement espéré et reste limitée à la fabrication de produits à haute valeur ajoutée.

Elargira-t-on demain la **gamme des laits** disponibles ? On peut le penser compte tenu de la diversité de la demande pour des usages bien différenciés :

- le lait est un gisement de molécules d'intérêt technologique et biologique dont on maîtrise bien les procédés d'extraction et de purification. Ces molécules sont exploitées par les industries alimentaires, l'industrie pharmaceutique (cosmétologie, médicaments), l'imprimerie, l'industrie chimique et même l'électronique ;
- le lait est une matière première utilisée pour sa capacité à créer des textures de nature lipoprotéique au sein desquelles se déroulent des réactions biologiques. Les outils de la biologie moléculaire, la génomique et la post-génomique permettront probablement de produire des laits mieux adaptés aux contraintes de la transformation ;
- enfin, le lait est un aliment convenant aux jeunes mammifères, s'il provient de leur mère ! L'adaptation, par voie technologique, du lait d'une espèce à une autre espèce, n'étant que partielle, les laits destinés aux jeunes enfants élaborés à partir du lait de vache n'ont plus le droit à l'appellation « *laits maternisés* ». Il n'est pas impossible que l'on puisse, par transgénèse, faire produire par une chèvre ou une vache un « *lait humanisé* » dont les caractéristiques protéiques et glucidiques pourraient être identiques à celles du lait de femme.

LAITS DE CONSOMMATION

Jusqu'en 1970, le lait était pasteurisé (72°C / 15 s) ou stérilisé en autoclave (120°C / 15 min). Le **traitement UHT** (140°C/4 s) a été une révolution technologique. À efficacité stérilisatrice équivalente à l'autoclavage, il conserve en effet beaucoup mieux les qualités nutritionnelles et sensorielles du lait. D'abord réalisé par injection de vapeur dans le lait, il présentait deux inconvénients : a) un mélange intime de vapeur et de lait nécessitant l'emploi de vapeur alimentaire et b) une dénaturation incomplète des enzymes responsables d'une perte de stabilité dans le temps. L'utilisation d'échangeurs de chaleur a progressivement remplacé l'injection de vapeur : après un maintien de 4 secondes à 140°C, le lait est refroidi par détente et évaporation sous vide. Le lait UHT a très rapidement pris le pas sur le lait pasteurisé pour des raisons de « *praticité* » (facilité d'achat et de conservation) liées à la demande des

consommateurs et à celle de la grande distribution. Demi-écrémé, il représente aujourd'hui 80 % des laits de consommation. Plus récemment, l'avènement de la « **brique** » de lait, associée au conditionnement aseptique, a constitué une étape décisive dans l'assurance offerte aux consommateurs de disposer, en tous lieux et circonstances, d'un aliment de longue conservation, alors que sa durée de vie « normale » n'excède pas 48 heures !

La **microfiltration sur membranes** est la dernière-née des technologies d'épuration microbienne du lait. Elle permet d'atteindre de très bas niveaux de contamination. La DLC (date limite de consommation) est augmentée tout en préservant la typicité organoleptique du lait frais. On peut la combiner avec la pasteurisation. Paradoxalement, les consommateurs qui n'ont consommé que du lait UHT n'apprécient pas tous le goût de lait frais, nouveau pour eux.

Dès le milieu du 20^{ème} siècle, le séchage du lait sur rouleau (procédé Hatmaker), pour réduire les coûts de transport et pour faciliter le stockage sous différentes conditions climatiques, devait permettre d'amplifier les échanges internationaux, plus particulièrement l'aide alimentaire en faveur du Tiers Monde. Aujourd'hui, les laits destinés à l'export (et à de nombreux usages industriels) sont déshydratés par **atomisation** (séchage après pulvérisation) **et ent raînement à l'air**.

PRODUITS FERMENTES

Le lait fermenté le plus consommé dans les pays occidentaux est le yaourt. De nombreux autres produits sont arrivés sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, lyophilisés) et produits « *plaisirs* » (à boire, à sucer, pétillants ou glacés). Des laits fermentés vecteurs de principes actifs à finalité thérapeutique ou cosmétique se profilent déjà.

Les principales évolutions ont concerné :

- l'accroissement de la **diversité de bactéries** d'intérêt technologique et biologique : bactéries lactiques tolérantes à de faibles valeurs d'activité de l'eau permettant le développement des produits sucrés, bactéries lactiques excréant des polysaccharides et contribuant à la complexité et l'enchevêtrement du réseau gélifié, espèces ou genres bactériens présentant un caractère probiotique ;
- la **maîtrise des procédés** de fabrication : standardisation de la composition du lait, cultures mixtes, utilisation de ferments congelés ou lyophilisés, suivi en ligne de la concentration en acide lactique, conditionnement aseptisé et automatisé, refroidissement rapide dans des échangeurs à plaques, nouveaux matériaux d'emballage.

Ces évolutions se sont traduites par une amélioration de la sécurité alimentaire, une meilleure maîtrise de la qualité organoleptique et une plus grande régularité dans la production.

TECHNOLOGIES FROMAGERES

La **mécanisation et l'automatisation** ont accompagné l'industrialisation de la transformation fromagère. L'ensemble des fabrications sont concernées, y compris les fromages AOC. Cette évolution a rencontré une difficulté particulière liée au changement d'état d'une phase liquide (lait) en de nombreux produits individuels semi-solides (pré-fromages et fromages). De plus, les différences entre les technologies fromagères ont limité la généralisation des solutions.

Les bénéfices de la mécanisation et de l'automatisation, qui ont éloigné l'opérateur de la ligne de fabrication et des produits, sont incontestés sur le plan de la qualité. Ils sont également positifs en termes de régularité des fabrications, mais limités, voire négatifs, sur le plan de la typicité des produits. C'est à ce niveau que la fromagerie française doit progresser.

La meilleure **connaissance des microflores** intervenant dans la fabrication des fromages et un meilleur contrôle des conditions environnementales dans les processus de fabrication ont permis de maîtriser la qualité hygiénique et d'améliorer les qualités organoleptiques des produits. De plus, l'utilisation de ferments sélectionnés a permis de maîtriser nombre des caractéristiques des fromages : texture, aspect, couleur et arôme. Mais empirisme et savoir-faire restent dominants et constituent un frein à la formulation microbiologique raisonnée des fromages. Il reste difficile de reconstituer l'écosystème microbien des fromages au lait cru.

Comme pour les laits fermentés, la fromagerie a dû **adapter sa matière première** aux exigences et contraintes de la transformation, les paramètres technologiques étant préalablement fixés. Teneurs en matières grasses, protéines, lactoses et autres paramètres physico-chimiques ou biologiques sont ajustés par les méthodes physiques (microfiltration, mélanges), chimiques (apport de CO₂) ou biologiques (maturation à froid).

Un nouveau concept basé sur la préparation par ultrafiltration du lait, écrémé ou standardisé en matière grasse, d'un **pré-fromage liquide** a été introduit vers les années 70. Cette technologie a fait le succès d'un certain nombre de fromages dont l'archétype est le « *pavé d'Affinois* » mis au point en 1982. En dépit de ses nombreux avantages, cette technologie ne peut pas se substituer aux technologies traditionnelles, mais permet la création de nouveaux produits apportant de la valeur ajoutée au fabricant et des bénéfices qualitatifs au consommateur.

DE LA CREME AU BEURRE TARTINABLE

Pendant longtemps l'utilisation de la matière grasse butyrique est restée limitée à la fabrication de la crème, du beurre et de quelques produits dérivés. Avec l'évolution des besoins, des techniques et des réglementations, de nouveaux produits sont apparus, s'appuyant sur des technologies innovantes.

La pratique de l'**écrémage centrifuge**, réalisé dans une centrifugeuse-écrémeuse de manière de plus en plus sophistiquée, ainsi que l'adaptation industrielle de pratiques culinaires, ont contribué à l'apparition de nombreux produits industriels : crèmes de consommation, de transformation et de buisserie.

La mise au point du **procédé NIZO** a révolutionné l'industrie du beurre. Celui-ci consiste à injecter, lors du malaxage du beurre, un mélange de ferments lactiques et d'arômes. Les beurres sont fabriqués de façon continue en réduisant les temps de maturation et de préparation. Cette technique a contribué à diminuer les non-conformités de beurre pour des raisons de composition physico-chimique (teneur en eau essentiellement) ou bactériologiques (coliformes) et pour défaut de goût.

De nouveaux produits ont été mis au point, plus sous la poussée du marketing que des nutritionnistes :

- les **produits allégés**, à teneur réduite en lipides, veulent répondre (mais ils ne le font guère) à la demande de réduction des apports lipidiques totaux à moins de 35% des apports énergétiques journaliers. La difficulté de leur fabrication réside dans l'obtention d'une émulsion du type eau dans huile et dans la stabilité de celle-ci ;
- des techniques de séparation et de fractionnement et des modifications de l'alimentation des animaux permettent de fabriquer des **produits appauvris** en cholestérol (dont l'intérêt reste à prouver), **enrichis** en oméga 3 ou en phytostérol ;
- la maîtrise de la cristallisation fractionnée et la recombinaison des fractions appropriées permet de fabriquer les **beurres « frigo-tartinables »** faciles à utiliser, en particulier par les industriels, et à conserver ;
- des **produits gras déshydratés** se conservent plus facilement que le beurre du fait de leur très faible teneur en eau ;
- le **beurre au bifidus** qui doit son nom à un enrichissement en bactéries *bifidus* ; son effet positif sur la santé reste à démontrer.

INGREDIENTS FONCTIONNELS

Les co-produits générés par les principales transformations laitières représentent environ 40 % de la matière sèche du lait transformé. Leur valorisation s'est progressivement imposée. L'activité « *produits industriels* » s'est développée dans un contexte d'excédents des produits laitiers ; elle évolue aujourd'hui, grâce aux connaissances acquises en sciences du lait et à l'émergence de nouvelles techniques de séparation moléculaire, vers une activité d'ingrédients fonctionnels de mieux en mieux adaptés aux attentes du marché du secteur agroalimentaire et parapharmaceutique.

Les poudres de lactosérum, de babeurre, voire de lait écrémé, ont constitué la première génération des produits laitiers industriels.

La **séparation** des constituants (par ultrafiltration, microfiltration tangentielle et échanges d'ions) est ensuite apparue comme un moyen de générer de la valeur ajoutée. Une seconde génération de produits a vu le jour : concentrés de protéines de lait, concentrés et isolats de protéines de sérum, caséines, caséinates... Ces bases protéiques sont exploitées, soit pour leurs propriétés nutritionnelles, soit pour leurs propriétés technologiques.

Une meilleure connaissance des mécanismes de **texturation** et de stabilisation des systèmes dispersés a favorisé le développement de bases protéiques fonctionnelles. Sont ainsi apparus les ingrédients de troisième génération caractérisés par leurs propriétés texturantes, gélifiantes, filantes, moussantes, émulsifiantes ou fromagères.

La maîtrise des **séparations moléculaires**, éventuellement associées à des hydrolyses enzymatiques, a permis d'isoler des protéines à l'échelle industrielle ou de produire et purifier des fractions peptidiques présentant des propriétés biologiques intéressantes : ces ingrédients bio-fonctionnels représentent la quatrième génération.

EMBALLAGES

Au cours des cinquante dernières années, plusieurs évolutions lourdes sont apparues dans le secteur de l'emballage des produits laitiers. Des solutions spécifiques ont dû être recherchées pour chaque famille de produits : le lait et ses dérivés doivent pouvoir être transportés n'importe où et consommés simplement.

La « **brique** » (composée de plusieurs matériaux complexes : carton et polyéthylène, avec de l'aluminium dans certaines structures) est la révolution qui a transformé le mode de distribution du lait en France.

Dans le domaine des produits frais, deux matériaux se sont imposés : le **polypropylène** (très largement utilisé dans le secteur des yaourts en raison de sa thermoformabilité sur ligne) et le **polystyrène** (pour les yaourts à boire et pots préformés ou injectés).

Dans le domaine des fromages frais, la barquette **thermoformée et operculée** domine le marché pour des raisons marketing et techniques. Les fromages frais « *de poche* » se multiplient et de nouveaux emballages faisant une large place aux coques plastiques rigides ou semi-rigides ont vu le jour ces dernières années. Pour les fromages à pâte molle, les emballages permettent un minimum d'échanges gazeux tout en limitant les pertes de vapeur d'eau pour éviter la mort de la flore et la dessiccation des produits. Dans le cas des fromages à pâte molle prédécoupés, l'aluminium est employé en dépôt sur papier pour prévenir les risques accrus d'oxydation et de déshydratation au niveau de la tranche.

Les contraintes environnementales conduisent à repenser la structure et le poids des emballages de lait et à définir des modes performants de recyclage.

III. DIAGNOSTIC

Les professionnels ont dû concilier la demande des consommateurs pour des produits de tradition garantis sur le plan sanitaire et des produits frais de longue conservation. Le progrès génétique, l'amélioration des techniques d'élevage, les évolutions en matière de logistique et de traçabilité des laits, la maîtrise des technologies de transformation acquises au cours des dernières années ont permis une réduction des coûts de production et de collecte, une amélioration de la qualité et une plus grande sécurité dans le transfert des laits de la ferme à l'usine.

LE METIER DES INDUSTRIES LAITIÈRES A ÉVOLUÉ

Ces vingt dernières années, deux facteurs ont profondément marqué l'évolution de la filière :

- la nécessité de garantir la qualité sanitaire des produits ;
- une concurrence de plus en plus intense entre les fabricants, liée à une diffusion très large des produits sur tout le territoire national.

Ainsi qu'il ressort des analyses précédentes, les professionnels de la filière lait ont montré au cours des trente dernières années une remarquable aptitude à intégrer le progrès technique et scientifique, ce qui les a conduits à faire évoluer leur savoir-faire, à mettre au point et à maîtriser de nouvelles technologies et à diversifier leur offre tout en garantissant les qualités sanitaires, nutritionnelles et sensorielles des produits proposés à la consommation.

Le consommateur est de plus en plus soucieux de trouver, ou de retrouver, les qualités de produits traditionnels, spécifiques de territoires et savoir-faire locaux. De ce fait, les produits de qualité, et en particulier les fromages AOC, ont vu leur part de marché s'accroître en réponse à la demande croissante des consommateurs pour des produits de qualité supérieure. La compétitivité entre les produits est devenue de plus en plus forte, tant sur le plan des prix que celui de la qualité sensorielle des produits.

L'évolution et la diversification des technologies et des produits ont fait éclater la filière laitière en deux métiers : celui de transformateur de la matière première de base, que constitue le lait, en laits de consommation, en beurres et en fromages et celui d'assembleur d'ingrédients fabriquant des produits finis relativement complexes dont le lait ne constitue pas toujours l'unique matière première. Les « jus de fruit au lait » sont l'un des produits les plus récents issus de cette nouvelle industrie.

Pour les produits fermentés tels que les fromages, gérer la qualité sanitaire tout en conservant les systèmes microbiens responsables des textures et des goûts a été le défi technologique qu'ont dû relever les professionnels. Les efforts ont porté sur la conception des locaux, les équipements, les bonnes pratiques de fabrication et l'usage de ferments améliorés.

L'émergence de nouveaux marchés et de nouveaux produits a conduit à reconsidérer les technologies mises en œuvre : le beurre fabriqué selon le procédé Nizo, exemple le plus emblématique et le plus achevé de cette évolution, a conquis tous les marchés ; autre exemple : les « fromages râpés », autrefois co-produits de fabrication des fromages traditionnels (on cherchait alors à valoriser les « chutes » de découpe), sont maintenant des « ingrédients culinaires » fabriqués spécifiquement dans des usines spécialisées ; leur marché est en pleine expansion.

La notion de « sous-produits » des fabrications traditionnelles s'est estompée au profit de celle de co-produits. Tous les constituants du lait (protéines, lactose...) deviennent des produits nobles pouvant convenir à un domaine spécifique d'application.

PRODUITS ET TECHNOLOGIES ONT ETE ADAPTES A LA DEMANDE DES CONSOMMATEURS.

➤ **Des produits de plus en plus sûrs, mais risquant de conduire à une perte progressive du patrimoine fromager français.**

Le lait, facteur de mortalité infantile au début du siècle dernier et vecteur d'épidémie d'origine virale et bactérienne, n'est plus qu'un vieux souvenir. L'état sanitaire des animaux est aujourd'hui bien maîtrisé : la tuberculose, la brucellose et la fièvre aphteuse ont été éradiquées. En dépit de la relative fragilisation de la « *filière lait* » par les crises des *Listeria* et de la dioxine, les consommateurs placent les produits laitiers parmi les **aliments les plus sûrs** et les plus sains, en raison de leur caractère naturel et de leur authenticité.

Sous la pression économique, et du fait des risques de pénalité dans le cas de non-conformité, les producteurs sont de plus en plus nombreux à s'être engagés dans une **démarche qualité**. La mécanisation de la traite a contribué à protéger le lait des contaminations extérieures et à améliorer la qualité hygiénique. La réfrigération du lait à la ferme a constitué un pas considérable dans la maîtrise de la qualité des laits ; le transport du lait, de la ferme à l'usine, a également été sécurisé.

L'amélioration de la qualité hygiénique des laits peut néanmoins favoriser l'implantation des flores pathogènes par disparition des « *barrières microbiologiques* » et il existe donc un risque de contamination et de développement de flores pathogènes.

Les laits, à l'exception de ceux destinés à la fabrication de certains AOC, sont traités thermiquement, à la réception. Dans le cas des fromages à pâtes molles et au lait cru, qui – en l'absence de traitements thermiques – sont plus sensibles à la présence de flores indésirables, il est impératif de prendre le maximum de précaution tout au long de la filière. La microfiltration tangentielle est une alternative aux traitements thermiques, contestée par ceux qui considèrent qu'elle perturbe le déroulement de l'affinage et la typicité des fromages.

La sécurité hygiénique dans les ateliers, où les mesures d'hygiène sont draconiennes, semble devoir davantage reposer sur la maîtrise des écosystèmes microbiens que sur l'asepsie.

Quoi qu'il en soit, les mesures d'hygiène et d'épuration microbienne (thermique ou athermique) contribuent à réduire le potentiel biologique (microbien et enzymatique) du lait dont le rôle dans la typicité des produits est déterminant. On peut donc craindre que la priorité accordée à la sécurité des produits, sur laquelle tous les acteurs de la filière lait s'accordent à juste raison, conduise inexorablement à une **perte progressive de notre patrimoine fromager**.

➤ **Des produits bons pour la santé, mais des excès dans la communication des entreprises**

La consommation du lait et des produits laitiers exerce de nombreux effets bénéfiques sur la santé : richesse en calcium et en acide gras linoléique conjugués, flores microbiennes favorables, présence de peptides et glycolipides dont les nombreuses activités biologiques restent à préciser.

Plusieurs entreprises ont développé des produits fermentés qui auraient des propriétés immunostimulantes et de « *bien-être* » grâce à leur composition particulière en probiotiques et en certains « bio-constituants » du lait. Les personnes intolérantes au lactose peuvent trouver des laits partiellement ou totalement dé lactosés.

On sait diminuer le caractère allergène du lait par élimination des protéines solubles par microfiltration et reconstitution d'un lait ne contenant que la fraction protéique de nature caséinique, par dénaturation des protéines par la chaleur ou par hydrolyse enzymatique

La teneur en cholestérol et en acides gras saturés à longue chaîne (aux propriétés athérogènes) du lait constitue un frein à la consommation des produits laitiers. On peut réduire de manière significative la teneur en ces acides gras saturés par apport d'herbe, de graines de lin ou d'huile végétale dans

l'alimentation des bovins. L'industrie laitière a développé des produits «*maigres* » ou à faibles teneurs en lipides.

La nature et concentration des éléments minéraux peuvent être également modifiées par voie technologique.

L'une des difficultés importantes des filières agroalimentaires est la tentation d'utiliser des allégations, faites au titre de la santé, aux fins exclusives du marketing. La filière lait n'a pas échappé à cette tentation. Dans les années 50 en effet, de vieilles théories, dont Metchnikoff était le père, prétendant que les bactéries «*putréfiantes* » de la flore intestinale étaient à l'origine du vieillissement, l'industrie laitière exhuma des prétendus centenaires du Caucase pour prétendre modifier la flore par les ferments «*acidifiants* » du yaourt. Il apparut assez rapidement que les centenaires du Caucase étaient «*fabriqués* » par les carences de l'état civil. Cette tentation n'a pas disparu puisqu'en 1994 un article du *Lancet*⁴ décrit, sans résultats contrôlés, l'effet antidiarrhéique de *B. bifidum* et *S. thermophilus* chez les jeunes enfants, argument repris sans vergogne dans la publicité par le laboratoire qui subventionnait l'étude et utilisait les deux germes dans ses produits. Ce dernier exemple est d'ailleurs particulièrement inquiétant parce qu'il met en cause l'intégrité de la communauté scientifique devant les sollicitations du lobbying.

➤ **Des produits variés, pratiques et éthiques, mais une perte de typicité**

Un des atouts de l'industrie laitière française est un savoir-faire hérité de très nombreuses générations de tradition fromagère et enrichi, au cours des ans, par le progrès de la technologie.

Les innovations concernant les produits et les conditionnements dans le but d'améliorer la conservation des produits et de faciliter les tâches domestiques ont été nombreuses ces dernières années : conditionnement, produits-service, produits pour la restauration.

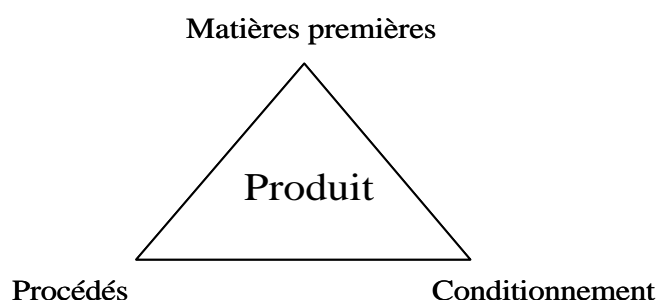
Mais l'évolution du secteur laitier et les contraintes réglementaires dans le domaine de l'hygiène rendent de plus en plus difficile la préservation de la typicité de nos fromages. Les acquis technologiques ont nécessité d'importants investissements humains et matériels. Ils concernent la quasi-totalité des spécialités fromagères. Associés à la standardisation physico-chimique et biologique des laits et des ferments, ces progrès ont conduit à une baisse de la typicité des produits.

Les consommateurs sont attachés à la notion de terroir, dans ses dimensions géographiques, humaines et culturelles. Ils exigent plus de «*naturalité* » et d'authenticité et refusent une évolution technique qui se ferait au détriment de la qualité de l'espace rural et du travail qui s'y accomplit, du bien-être des animaux et de l'environnement. La profession laitière a su personnaliser des produits auxquels sont attachés les consommateurs : produits AOC, produits «*montagne* », filières «*Bio* ». La pérennité de ces produits, souvent attaqués au sein de l'organisation mondiale du commerce (OMC), implique le développement de méthodes et techniques d'authentifications.

⁴ 15, ;344(8929):1046-9

IV. RECOMMANDATIONS

Observant que la satisfaction des attentes et des exigences des consommateurs passe par l'innovation, les professionnels doivent continuer à faire évoluer leur gamme de produits en agissant sur la qualité des matières premières, en l'adaptant aux contraintes de la transformation, en intégrant de nouveaux procédés, technologies et conditionnements. Garantir la sécurité des produits et diversifier leur valeur santé tout en conservant les produits de tradition est l'un des défis les plus difficiles à relever. La recherche publique et les centres techniques doivent y aider.



L'Académie des technologies et l'Académie d'agriculture de France recommandent que les pouvoirs publics et les organisations professionnelles portent une attention particulière aux cinq domaines suivants :

- préserver le niveau d'excellence de la recherche publique ;
- participer activement à l'élaboration des nouvelles réglementations ;
- développer une politique de communication et de formation ;
- produire des laits et des ingrédients mieux adaptés aux besoins des marchés ;
- conserver la biodiversité microbienne et générer de la typicité dans des produits sécurisés.

Les trois premiers relèvent de choix politiques à faibles incidences budgétaires. Les deux derniers sont des actions de recherche pouvant nécessiter des moyens nouveaux ou, au minimum, des réorientations budgétaires.

RECOMMANDATIONS A CARACTERE POLITIQUE ET STRATEGIQUE

➤ **Préserver le niveau d'excellence de la recherche publique laitière**

Les progrès qu'a connus la filière laitière française sont le fruit des efforts conjugués de tous ses agents. Les acteurs économiques ont jusqu'à présent pu s'appuyer sur les résultats d'une recherche publique performante, diversifiée, intervenant sur chacun des maillons et travaillant en partenariat avec l'interprofession et le secteur privé. Il semble important que soit maintenue par la recherche publique cette stratégie d'une approche globale et intégrée, qui lui permette de conserver une capacité de compréhension et de maîtrise systémique, seule garante du maintien de l'avance française dans la compétition internationale.

La recherche publique laitière doit donc continuer d'apporter sa contribution au développement d'une production et d'une industrie de transformation satisfaisant les besoins qualitatifs qui s'expriment en matière de sécurité, de santé, de typicité, d'authenticité et de praticité tout en intégrant les exigences citoyennes dans le domaine de l'environnement et du bien-être des animaux.

Si chacun reconnaît à la recherche publique une responsabilité particulière en matière de sécurité alimentaire et de nutrition, son engagement en **génie des procédés** alimentaires n'apparaît pas aussi clairement qu'autrefois. La recherche industrielle est, en effet, devenue très performante. Celle-ci demeure néanmoins concentrée dans quelques grands groupes laitiers et fromagers (Bel, Bongrain, Danone, Lactalis, Sodiaal...) alors que les petites entreprises, encore très nombreuses, doivent pouvoir « coller » à l'évolution des technologies, avec l'appui des centres techniques. La recherche publique, qui a beaucoup contribué à la modernisation technologique des grandes entreprises, devrait redéfinir ses missions en génie des procédés à l'aune des besoins de ces centres. Ces derniers doivent en effet pouvoir trouver au sein du monde académique les connaissances dont ils ont besoin pour remplir leur mission d'appui aux petites et moyennes entreprises. Une mission d'identification de ces besoins pourrait être confiée au centre technique ARILAIT.

En génie des procédés, le rôle que doivent jouer l'enseignement supérieur (grandes écoles d'ingénieurs en particulier) et l'enseignement technique mérite d'être spécifié en raison de la responsabilité de ces établissements dans la formation des ingénieurs et techniciens.

➤ **Participer activement à l'élaboration des nouvelles réglementations**

La mondialisation des échanges, la segmentation des marchés, l'apparition de technologies et produits nouveaux et la nécessité de protéger les consommateurs contre tout accident sanitaire sont à l'origine d'un début d'adaptation, voire d'un bouleversement, de la réglementation internationale en matière de laits et de produits laitiers.

Les entreprises, dont la fonction essentielle est de produire et de commercialiser les produits, sont mal équipées pour répondre à ces événements souvent inattendus. Il revient donc aux instituts de recherche, qui possèdent les compétences nécessaires, de répondre avec rapidité, flexibilité et efficacité aux défis ainsi posés.

Que ce soit au sein du *Codex Alimentarius* (sur les travaux duquel s'appuie l'OMC) ou des services de la Commission européenne, une forte et puissante représentation française, épaulée par les experts nationaux, doit anticiper les problèmes et demander aux équipes de recherches compétentes de préparer en temps voulu des dossiers scientifiques et techniques inattaquables. L'expertise ainsi mobilisée doit permettre de défendre la pérennité des produits laitiers propres à la culture française, notamment tous ceux qui doivent leur « *excellence organoleptique* » et leur « *valeur santé* » à la présence de flores technologiques actives et abondantes.

C'est au sein de ces institutions que s'engage la défense des aliments « *vivants* ». Les personnes et les structures en charge de faire évoluer les règles de dénomination des produits de la filière laitière doivent avoir le double souci d'intégrer les avancées technologiques et de protéger les appellations spécifiques des richesses patrimoniales nationales. Elles doivent pouvoir s'appuyer sur des arguments techniques suffisamment solides pour justifier la sémantique utilisée dans les négociations internationales.

C'est une bataille difficile que doivent mener les administrations françaises en s'appuyant sur les compétences de toute la filière laitière, y compris les équipes de recherche publiques et privées. Dans le cadre d'une expertise collective, celles-ci doivent rassembler et synthétiser les études scientifiques traitant de l'incidence des flores technologiques (par opposition aux flores pathogènes ou d'altération) présentes dans les produits laitiers sur les caractéristiques organoleptiques, nutritionnelles et sanitaires de ces derniers.

La complexité de la défense est qu'il faut être capable de gérer ce qui peut apparaître comme un paradoxe : vouloir tout à la fois être un moteur de l'évolution technologique et de l'ouverture aux marchés tout en affirmant son attachement à la tradition et à une vieille culture nationale. Les fromages au lait cru et les yaourts caractérisés par leurs flores lactiques toujours vivantes sont autant de questions vives sur lesquels les experts français devront savoir se montrer convaincants.

➤ Développer une politique de communication et de formation

Bien que le développement de la filière laitière soit récent, il s'est déjà traduit par une diversification considérable de produits qui présentent souvent des qualités spécifiques bien connues des spécialistes, mais malheureusement largement ignorées du grand public. Ce constat concerne particulièrement les liens alimentation-santé, pour lesquels l'attente et les besoins sont particulièrement importants. Combien de consommateurs ne croient-ils pas que « *le beurre est plus gras que l'huile* » !

L'interprofession réalise un travail conséquent et de qualité pour diffuser l'information. Mais il lui est parfois reproché par les consommateurs d'être *juge et partie* et de défendre ses propres intérêts.

Il appartient donc aux instances publiques de prendre des dispositions pour améliorer significativement les informations nutritionnelles auprès de certains prescripteurs (des relais de connaissances et d'opinions), en particulier ceux du monde médical (médecins, diététiciens) et de l'enseignement. Le ministère de l'Éducation nationale devrait examiner comment introduire dans l'enseignement primaire les sciences de l'aliment et de l'alimentation. Les seuls messages « *nutritionnels* » ne sauraient en effet suffire. Ceux-ci doivent être accompagnés d'informations techniques sur les méthodes de production et de transformation du lait (et plus généralement des aliments). Le couple culture technique/nutrition doit être abordé de façon systémique et donc interactive.

Quant à la pertinence des messages véhiculés par les médias, le débat dépasse largement le cadre de ce rapport et mérite une réflexion spécifique. On se contentera d'observer le décalage souvent observé en matière nutritionnelle et sanitaire entre les analyses des journalistes « *scientifiques* » et les titres élaborés par les rédacteurs en chef.

AXES DE RECHERCHES PRIORITAIRES

➤ Produire des laits et des ingrédients mieux adaptés aux besoins des marchés

Produire « *du lait* » n'est plus suffisant. Il est nécessaire d'adapter le produit de la traite aux très nombreuses transformations auxquelles il est désormais soumis. Ce n'est plus du lait, mais « *des laits* » qu'il faut proposer aux industries transformatrices et aux consommateurs. Il faut également diversifier les propriétés des ingrédients (des bases laitières) qui en sont extraits.

Pour assurer son avenir, la filière laitière doit donc se donner les moyens de connaître et de maîtriser les facteurs de production et de transformation qui lui permettent de livrer du lait (et des bases laitières) sur mesure adapté à chaque usage. Il lui faut jouer sur les leviers dont elle dispose pour agir sur les paramètres qui conditionnent les propriétés d'usage du lait.

Ces leviers sont au nombre de trois :

- génétique et sélection des vaches laitières ;
- conduite d'élevage et mode d'alimentation des animaux ;
- fractionnement et reconstitution du lait de traite.

Il n'est guère besoin d'argumenter pour affirmer que cette partie ne sera bien jouée que dans la mesure où l'ensemble de ces leviers seront harmonieusement « *manipulés* ». Il est donc indispensable de conserver une approche commune à tous les membres de la filière. Ceux-ci ont un même intérêt, bien qu'ils puissent se trouver en compétition sur des marchés similaires, à unir leurs efforts et à rassembler leurs compétences pour maîtriser les composantes biologiques, physiques et chimiques (on les appellera les facteurs structuraux) qui conditionnent *in fine* les propriétés d'usage des produits.

C'est grâce à cette approche collective que l'on doit les progrès réalisés dans le domaine de la sécurité sanitaire des produits. Tout en maintenant ce cap, qui restera toujours prioritaire, on peut aller plus loin. Les facteurs structuraux déterminant les valeurs nutritionnelles et sensorielles du lait devraient dans

l'avenir être davantage pris en compte. Certes, le défi à relever est plus complexe dans la mesure où la qualité sanitaire est « *une* » et les qualités nutritionnelles et sensorielles « *multiples* ».

De plus, il devient nécessaire de mieux accompagner l'évolution du métier des producteurs qui fournissent dorénavant non seulement des produits, mais également des services.

Les centres techniques et la recherche publique doivent pouvoir se mobiliser sur ces objectifs. Il serait judicieux de faire de cette problématique l'un des axes stratégiques du programme interministériel RARE.

Deux objectifs pourraient structurer cet axe :

- *Caractériser les déterminants (génétiques, environnementaux et technologiques) de la fonctionnalité des constituants du lait.*

Dans le contexte du passage d'une demande quantitative à une demande qualitative, l'attente du consommateur est très forte concernant la sécurité, mais elle concerne aussi une palette de qualités relevant à la fois du plaisir et de la facilité d'usage.

L'émergence de nouveaux marchés et de nouveaux produits (fromages fondus, ingrédients culinaires...) conduit à reconsidérer les technologies mises en œuvre. La recherche, tant publique que privée, doit donc poursuivre la caractérisation des déterminants structuraux des constituants du lait. Une meilleure connaissance de ceux-ci au niveau moléculaire et supra-moléculaire permettra alors d'acquérir une plus grande maîtrise des procédés traditionnels de transformation et d'identifier les leviers d'adaptation de la matière première aux contraintes technologiques et aux exigences nutritionnelles et environnementales.

Ce dynamisme ne doit pas freiner la recherche d'une production de laits de plus en plus différenciés pour répondre à ces différentes attentes.

Ce thème nécessite une démarche intégrée des généticiens, physiologistes, zootechniciens, physico-chimiques, technologues et nutritionnistes conjointement à un effort soutenu en génie des procédés, dans l'esprit du programme AGENAE sur la génomique animale.

- *Evaluer le potentiel santé et le caractère allergène du lait et dérivés.*

Dans le cadre de la problématique alimentation-santé, le lait et les produits qui en sont issus méritent une attention particulière dans la mesure où ils apportent une multitude d'éléments qui jouent un rôle probable dans la préservation du capital-santé : nutriments, pré-biotiques, probiotiques, calcium, peptides, interactions calcium/protéines, micro-organismes, vitamine. Les interactions entre tube digestif, flore intestinale, micro-organismes des produits et composants physico-chimiques méritent d'être explorées de manière beaucoup plus intense de manière à ce que soit garantie la véracité des allégations. Les nutritionnistes doivent davantage prendre en compte l'impact des techniques de production et de transformation dans l'évaluation de la biodisponibilité.

Parallèlement à ces recherches sur la valeur positive du lait et des produits laitiers, il est nécessaire de développer des travaux sur les phénomènes d'intolérance et tout particulièrement le caractère allergène des protéines laitières pour mieux en connaître l'origine et les moyens d'y remédier. Les mécanismes d'intolérance au lactose doivent également être mieux compris.

Les connaissances acquises serviront aussi à mieux éclairer le débat international sur les normes sanitaires et microbiologiques à promouvoir.

➤ **Conserver la biodiversité microbienne et générer de la typicité en toute sûreté**

Les mesures d'hygiène au niveau de la production et de la transformation, en association avec les procédés d'épuration microbienne mis en œuvre pour sécuriser le lait et ses produits, se sont traduites par un appauvrissement des flores endogènes qui contribuaient à la typicité des produits liés à leur texture et à leur arôme.

Pour retrouver et préserver cette biodiversité, les recherches publiques et professionnelles se sont associées pour créer le réseau MIL (micro-organismes d'intérêt laitier). Une réserve a été constituée, s'appuyant sur une souchothèque d'une grande richesse. Celle-ci doit être préservée, caractérisée et exploitée, tant sur les aspects sécurité que typicité.

Les recherches doivent être poursuivies pour une meilleure connaissance de ces ressources et pour développer des procédés permettant d'exprimer toutes les potentialités de cette flore. La priorité donnée à la sécurité sanitaire et à l'étude des souches pathogènes ne doit pas faire oublier la nécessité d'approfondir nos connaissances sur les souches utiles, dites technologiques, et de sauvegarder les ressources génétiques du patrimoine fromager français.

D'un point de vue plus fondamental, il faut comprendre les mécanismes de régulation des écosystèmes microbiens, tant pour maîtriser la microflore indésirable que pour améliorer les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits laitiers fermentés. L'étude de ces mécanismes passe par la mise au point de méthodes (non pasteurienne) de caractérisation des systèmes complexes (on ne peut plus travailler sur des cultures pures) et une meilleure prise en compte des interactions entre les micro-organismes et les matrices alimentaires.

V. EN GUISE DE CONCLUSION...TROIS QUESTIONS A SUIVRE

L'Académie des technologies et l'Académie d'agriculture de France ont décidé d'étudier conjointement l'influence de l'évolution des technologies de production des produits agricoles et des procédés de transformation sur la qualité des aliments. Pour avoir choisi d'aborder les filières les unes après les autres et en limitant de ce fait leur premier rapport à la seule filière laitière bovine, les deux Académies ont bien conscience de ce que leur choix ne permet d'aborder que de manière indirecte et, par conséquent, nécessairement incomplète, quelques-unes des grandes interrogations que se pose notre société sur son alimentation. Cette approche a été préférée à une analyse plus globale - et donc plus synthétique - afin de tenir compte des spécificités techniques propres à chacune des filières.

C'est à l'issue de l'examen des principales filières alimentaires (après le lait, les céréales et oléo-protéagineux, les produits de la mer et de l'aquaculture, les produits carnés, les fruits et légumes...) que les deux Académies envisagent d'élargir un débat qui ne saurait se limiter à un regard exclusivement technique. Les études déjà réalisées permettent néanmoins de poser quelques interrogations que l'avancement des travaux, filière après filière, devrait progressivement préciser, avant de tenter d'y répondre.

Ainsi, et sans prétendre à l'exhaustivité, l'analyse de la seule filière lait suggère quelques pistes de réflexions qu'on se contentera d'esquisser, réservant à plus tard le soin de mieux les formuler et de les approfondir. On en retiendra trois : la première porte sur les dangers et les risques liés à notre alimentation, la seconde sur les ressources génétiques et la diversité d'usage des produits agricoles et la troisième sur le développement durable et l'environnement.

➤ Dangers et risques liés à l'alimentation : les leçons de la crise de la vache folle

La filière « lait » a été marquée, à plusieurs reprises, par des crises dues à la détection de dioxines dans le lait et à la contamination de certains fromages par *Listeria monocytogenes*, sans qu'elle soit pour cela significativement touchée et déstabilisée. Inversement, elle n'a guère souffert de l'effet « vache folle », au contraire de la viande bovine, alors que les scientifiques s'accordaient pour affirmer que les muscles des animaux n'étaient pas contaminés par le prion, au même titre que le lait et que les animaux malades étaient très majoritairement des vaches laitières.

La filière laitière serait-elle meilleure communicante que la filière viande ? L'explication semble insuffisante. Les sociologues ont bien montré que les hommes se nourrissent non seulement de nutriments mais également de symboles et de rêves. La perception des risques alimentaires par les consommateurs serait-elle, dans le cas du lait et des produits qui en dérivent, atténuée par les images véhiculées par ces produits : image de pureté originelle et de mère nourricière ? Les consommateurs seraient-ils, à l'inverse, davantage prêts à se méfier des produits carnés ? Qu'en est-il des autres aliments ?

Voilà bien un domaine où le consommateur a ses raisons que les sciences « dures » ne connaissent pas. On doit donc s'interroger sur les procédures de gestion de crise telle qu'elles prévalent aujourd'hui en France et en Europe et se demander si les agences en charge de l'appréciation des dangers et de l'évaluation des risques, l'AFSSA pour la France (dont l'une des missions est d'anticiper et d'organiser la réflexion sur l'évaluation du risque lié à l'innovation), ne devraient pas mieux intégrer les dimensions culturelles de l'alimentation.

L'ouverture de ce débat mériterait d'être accompagnée d'une autre question, plus large et stratégique : les leçons de la crise de la vache folle ont-elles conduit les pouvoirs publics à se doter des outils qui leur permettraient de gérer un danger non conventionnel, totalement inconnu

aujourd'hui et dont l'incidence négative sur les ressources alimentaires se révélerait potentiellement considérable ?

➤ Ressources génétiques et diversité d'usage des produits agricoles

Le cheptel français est constitué de respectivement 4,4 et 4,1 millions de vaches laitières (Holstein, jersiaise...) et de vaches à viande (ou allaitantes : charolaise, limousine, Salers...). En raison de la spécificité des marchés, les gestions des filières de production du lait et de production de la viande sont placées sous la responsabilité de deux offices interprofessionnels, respectivement l'Onilait et l'Ofival.

À premier abord, cette dichotomie peut paraître paradoxale dans la mesure où les vaches laitières finissent dans nos assiettes sous forme de produits carnés. Nombreux sont en effet les consommateurs qui s'interrogent sur la qualité des viandes issues d'animaux sélectionnés pour produire prioritairement du lait, en quantité et en qualité.

Cette question conduit à ouvrir un débat qui n'est pas propre à la filière laitière. La sélection de plantes ou animaux pour des utilisations spécifiques ne se fait-elle pas au détriment d'autres usages ? On pense en particulier aux tomates industrielles (fabrication de jus et concentré) et aux tomates de table, aux blés panifiables et aux blés pour la biscuiterie ou l'amidonnerie.

On peut également s'inquiéter de ce que la prédominance de certaines races ou variétés végétales particulièrement bien adaptées aux demandes agricoles et industrielles de notre époque ne conduisent à une uniformisation des goûts et à la disparition d'espèces plus rustiques ou traditionnelles. La conservation des ressources génétiques (non seulement sauvages, mais également des plantes et animaux améliorés et acclimatés par les hommes) demeure une grande priorité.

➤ Alimentation et développement durable

Les systèmes de production alimentaire des pays développés sont souvent jugés préjudiciables à l'environnement (excès d'engrais et de produits de traitements des récoltes, rejets des eaux usées) et peu économes d'un point de vue énergétique (en raison de la forte consommation de produits d'origine animale issus de la consommation de produits végétaux par les animaux, avec de faibles taux de conversion).

La filière lait n'échappe pas à ces critiques.

Chez les herbivores, la digestion des végétaux produit du méthane : en France, l'émission totale par les bovins frise les deux milliards de m³, celle d'une vache laitière atteignant en moyenne 150 m³ par an. De ce fait, les ruminants contribuent de manière non négligeable à l'effet de serre. Mais l'analyse est plus complexe qu'il n'apparaît dans la mesure où les végétaux consommés ont séquestré du gaz carbonique pendant leur croissance. Les bilans sont difficiles et il en est de même pour toutes les activités agricoles sur l'environnement. Ils méritent d'être affinés.

De même, on pourrait considérer *a priori* comme anormal de se nourrir avec des protéines du lait quand on sait qu'il faut près de sept unités de protéines végétales pour en obtenir une de lait. Cependant, chacun conviendra qu'en matière d'alimentation une approche exclusivement énergétique ne saurait convenir. On doit bien sûr tenir compte de la valeur alimentaire des produits (en l'occurrence comparer la « qualité » des protéines laitières et des protéines végétales, ainsi que celle des molécules associées) et des habitudes alimentaires, et donc des influences culturelles.

Toutes ces questions feront l'objet d'approfondissement ultérieur.

GLOSSAIRE

Athérogène	Se dit d'une substance qui favorise la formation de dépôts de cholestérol sur les parois des artères (plaques d'athérosclérose). Pour évaluer le risque athérogène (risque de thrombose), on dose les lipoprotéines et on compare leurs quantités.
Biodisponibilité	Pour pouvoir exercer leurs effets physiologiques, les nutriments doivent être disponibles aux sites d'action. Ils doivent donc être libérés de la matrice complexe dans laquelle ils sont inclus puis transportés jusqu'à leurs cibles cellulaires et moléculaires. Ainsi, la biodisponibilité correspond au potentiel d'utilisation d'un nutriment présent dans un aliment par notre organisme.
Champ à lumière pulsée	Les procédés pulsés et, en particulier les champs à lumière pulsée, constituent des technologies innovantes pour le traitement des produits alimentaires. Ils pourraient permettre d'éliminer les germes pathogènes tout en conservant le caractère frais des produits.
Chauffage ohmique	Le chauffage ohmique consiste à placer un produit entre deux électrodes alimentées par une source de tension alternative. La puissance électrique mise en œuvre correspond à la puissance thermique dissipée par effet JOULE. Elle est transmise directement au fluide sans intermédiaire.
Cuisson-extrusion	La cuisson-extrusion est un procédé de transformation qui permet d'obtenir des produits expansés, précuits ou texturés. Elle combine un traitement thermique à haute température et un traitement mécanique à haute pression et fort taux de cisaillement. Ces traitements sont appliqués au produit pendant un temps très court de quelques secondes
Enzyme lipolytique	Enzyme hydrolysant les lipides
Enzyme protéolytique	Enzyme hydrolysant les protéines

Génomique	La génomique s'inscrit dans la continuité de la génétique, qu'elle dote d'outils d'analyse fine et directe du génome et d'une capacité de traitement très rapide d'un grand nombre de données. Elle intègre l'étude de la structure des génomes (génomique structurale) et l'analyse de la fonction des gènes (génomique fonctionnelle)
Indexation des taureaux	L'indexation fournit une estimation de la valeur génétique vraie (qui reste toujours une inconnue) des candidats à la sélection et permet ainsi aux sélectionneurs de modifier le niveau génétique des populations, par le biais des liaisons statistiques qui existent entre valeurs génétiques vraies et valeurs génétiques estimées. L'indexation est à la base des outils de la sélection.
Lipoprotéique	Constitué de protéines et de lipides.
Microfiltration tangentielle	La microfiltration tangentielle et l'ultrafiltration se développent au niveau industriel. La microfiltration tangentielle se distingue de l'ultrafiltration par la taille plus importante des constituants retenus, par des flux souvent plus importants et une pression de travail généralement plus faible (Pression transmembranaire < 3 bars).
Nutrigénétique	Au carrefour de la nutrition et de la génétique, la nutrigenétique est une discipline nouvelle qui étudie la variabilité individuelle de réponses aux nutriments et à leurs métabolites en fonction du terrain génétique.
Nutrigénomique	Au carrefour de la nutrition et de la génétique, la nutrigenomique est une discipline nouvelle qui étudie la modulation des gènes par les aliments et leurs métabolites.
Omega 3	Acide gras constituée d'une chaîne carbonée polyinsaturée, contenant 3 doubles-liaisons ou plus. La première double-liaison est située sur le troisième atome de carbone.
Phytostérols	Famille de substances d'origine végétale de structure proche de celle des stérols d'origine animale ou humaine, leur permettant d'exercer des fonctions similaires, soit biochimiques, soit hormonales.

Prébiotique	Un prébiotique est un ingrédient alimentaire qui stimule la croissance et/ou l'activité métabolique d'une ou d'un nombre limité d'espèces microbiennes de l'intestin.
Probiotique	Un probiotique est un complément alimentaire microbien vivant qui pourrait exercer une action bénéfique en modifiant l'équilibre microbien intestinal de l'hôte.
Psychrotrophe	Les germes qualifiés de psychrotrophes se multiplient bien entre 0°C et +10°C
QTL (Quantitative Trait Locus)	Locus (emplacement d'un gène sur un chromosome) dont l'unité de fonction contribue à l'élaboration d'un caractère quantitatif. Plusieurs loci intervenant dans la réalisation d'un même caractère sont souvent groupés dans une même région chromosomique. Les QTL peuvent ainsi être utilisés pour construire un génotype idéal par croisements successifs ou pour améliorer l'évaluation de la valeur des individus.
Souchothèque	Collection de souches de microorganismes
Tannage des protéines	Le tannage des protéines consiste à ralentir leur dégradation dans le rumen des ruminants, sans que soit bloquée leur digestion dans l'intestin grêle, en les faisant réagir avec du formaldéhyde.

BIBLIOGRAPHIE

Aliments et industries alimentaires : les priorités de la recherche publique. Editeur scientifique : P. Feillet, INRA Editions, 288 pages, 1997.

Annexe au rapport de l'Académie des technologies et de l'Académie d'agriculture de France intitulé « *Progrès technologiques au sein des industries alimentaires. Impact sur la qualité des produits. I – La filière lait* » Gérard Brulé (coordinateur), 48 pages, 2003 : www.montpellier.inra.fr/gisria/

Initiation à la physico-chimie du lait (collection Guides technologiques des IAA). Jacques Mathieu, Editions Tec et Doc, Lavoisier, 214 pages, 1997.

Lait et nutrition. Gérard Debry, Editions Tec et Doc, Lavoisier, 544 pages, 2001.

Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition n° 28, 1998.

Génie des procédés appliqué à l'industrie laitière. Roman Jeantet, Michel Roignant et Gérard Brulé, Editions Tec et Doc, Lavoisier, 164 pages, 2001.

Science et technologie du lait : transformation du lait. Éditrice scientifique : Carole L. Vignola, Presse Internationale Polytechnique, 600 pages, 2002.

Portail Internet du Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitières : www.cidil.fr