



**HAL**  
open science

# La technologie fromagère : de la tradition aux technologies de rupture

Gilles Garric

► **To cite this version:**

Gilles Garric. La technologie fromagère : de la tradition aux technologies de rupture. 2020. hal-03048869

**HAL Id: hal-03048869**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03048869v1>**

Submitted on 9 Dec 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# La technologie fromagère : de la tradition aux technologies de rupture

Gilles GARRIC, Marielle HAREL-OGER,  
INRAE Rennes

Le fromage est une pratique ancestrale de report des éléments nobles du lait. La maîtrise des conditions de fabrication permettant de générer des produits de textures et arômes différenciés ne date que du Moyen Âge. Aujourd'hui, les progrès de la science laitière ont permis une meilleure compréhension et l'optimisation séquentielle de chacune des étapes de la fabrication fromagère, socle nécessaire ouvrant aux chercheurs la voie pour revisiter les pratiques de fabrication dans un objectif de simplification et d'écoconception. Les procédés et produits innovants en test aujourd'hui repensent et réorganisent l'ordre de chaque étape des fabrications d'antan.

Nous proposons de retracer cette évolution dans le temps en expliquant comment l'Homme a adapté le fromage à ses besoins. Nous soulignerons quelles circonstances ont permis la transition vers le système alimentaire agro-industriel actuel. Nous montrerons les évolutions particulières de la science laitière ayant conduit à l'optimisation des étapes de la transformation fromagère. Nous pointerons leurs limites. Nous verrons enfin de quelle manière les technologies de ruptures permettent de contourner ces limites. A partir de ce passé et du présent, nous poserons les attendus qui préfigurent l'évolution future de la technologie fromagère.

## ABSTRACT

Cheese is an ancestral practice of carrying over the noble elements of milk. The mastery of the manufacturing conditions allowing to generate products with differentiated textures and aromas only dates back to the Middle Ages. Today, advances in dairy science have led to the understanding and optimization of each stage of cheese making, a necessary foundation that opens the way for researchers to revisit manufacturing practices with the aim of simplification and eco-design. The innovative processes and products being tested today are rethinking and reorganizing the order of each step in the manufacturing process of yesteryear.

We propose to retrace this evolution over time by explaining how Man has adapted cheese to his needs. We will highlight the circumstances that allowed the transition to the current agro-industrial food system. We will show the particular evolutions of dairy science that led to the optimization of cheese processing steps. We will point out their limits. Finally, we will see how breakthrough technologies allow to get around these limits. Based on this past and present, we will set out the expectations that prefigure the future evolution of cheese technology.

## L'ÉVOLUTION VERS LE SYSTÈME ACTUEL

Les historiens de l'alimentation nous apprennent que l'exploitation du lait existait en Anatolie il y a neuf millénaires, soit seulement un millénaire après les débuts de l'élevage au Proche-Orient (Néolithique) permettant en cela à nos ancêtres sédentarisés un approvisionnement nutritif moins aléatoire que celui des chasseurs-cueilleurs (Paléolithique). Les plus anciennes transformations fromagères européennes connues se situent en Pologne environ 5000 ans avant notre ère.

Dès l'âge du bronze (3000 ans avant notre ère), les civilisations de l'Indus (Pakistan, Inde, Afghanistan) ainsi que les Sumériens (Proche-Orient) puis les Egyptiens connaissent la transformation fromagère.

**La transformation du lait est née du besoin premier de conserver des éléments nutritifs afin d'en différer la consommation dans le temps.** En effet, le lait liquide (87% eau) est fragile et ne peut se conserver à température ambiante. De manière très empirique,

les premiers laits fermentés conservables quelques jours sont apparus par fermentation lactique et/ou alcoolique du lait d'espèces autochtones (chèvres, brebis, chamelles, yacks, ...) : leben au Moyen-Orient, kéfir dans le Caucase, koumis en Asie Centrale... La séparation de phase spontanée du lait, par simple décantation, a été exploitée pour récupérer les phases dites lourde (lait écrémé) et légère (crème) créant ainsi les premiers « laits fermentés égouttés ou fromages » comme par exemple le labneh (ou labné) au Moyen-Orient ou le panir en Inde.

**La transformation du lait devient ensuite l'alimentation de base de certaines populations :** dans les civilisations grecques, romaines et celtes, le fromage est consommé soit frais et aromatisé, soit fortement égoutté puis fumé quand composant la ration du soldat grec ou du légionnaire romain. Si Aristote au IV<sup>e</sup> siècle avant notre ère décrit déjà les bases de la fabrication du fromage, ce n'est qu'au 1<sup>er</sup> siècle de notre ère à Rome que l'agronome Columelle dans son traité *de rustica* explique comment faire coaguler le lait, le presser, le saler et le faire vieillir.

**Le perfectionnement de la fabrication fromagère, grâce aux moines, apparaît dès le Moyen Âge central (X<sup>e</sup> s).** Ils la diffusent dans toute la société : la fabrication qui devient domestique et varie selon les conditions locales de fabrication : climat, espèces et races de ruminants. Les techniques s'adaptent aux besoins de la population **concernant** « la garde » **des fromages** suivant que les hivers sont longs ou non. A la fin du bas Moyen-Âge, Pantaleone fait paraître un traité (1477) recensant pour la première fois les recettes de fromages produits en Europe.

**L'intensification de la production apparaît avec l'avènement de l'industrialisation :** ce n'est qu'à partir de la révolution industrielle (2<sup>ème</sup> moitié du XIX<sup>e</sup> siècle en France) que naît la production de fromages laitiers, réalisés dans des établissements « industriels » qui collectent le lait des fermes alentours, se distinguant ainsi des fromages fermiers.

**Les travaux de Pasteur, puis de son disciple Duclaux ouvrent la voie de la microbiologie** en exposant les postulats scientifiques qui permettent de comprendre et de maîtriser les fabrications,

notamment la microbiologie des pâtes molles (1887 et 1898). **C'est également à cette période que se développent les premières technologies** de séparation de la crème (de Laval – écrémeuse centrifuge : 1878), l'homogénéisation (Gaulin, 1899), la machine frigorifique (Von Linde, 1876), la pasteurisation du lait (Von Soxhlet, 1886), permettant ainsi l'industrialisation progressive des procédés.

**En fait, le développement en France de l'industrie laitière** et notamment fromagère ne viendra réellement **qu'après la seconde guerre mondiale** grâce à la volonté des pouvoirs publics d'aller vers l'autosuffisance alimentaire avec les lois d'orientation agricole de 1960 et 1962, la mise en place de la Politique Agricole Commune en 1962 et le soutien scientifique de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) créé en 1946.

Cette politique se traduira par l'augmentation de la production laitière, notamment dans l'Ouest de la France et la création de grosses unités coopératives de transformation fromagère : Even à Ploudaniel, Coopagri Bretagne à Landerneau, UNICOPA dans le Nord Finistère, la CANA à Ancenis concernant les fromages, plus généralement l'Union Laitière Normande (ULN) en Normandie ou SOODIAL au niveau national. Parallèlement, le secteur privé se développe à partir d'entreprises familiales : Bridel et Besnier en Bretagne, Bongrain, Bel et Entremont dans l'Est pour les plus connus.

## L'OPTIMISATION DE LA TECHNOLOGIE ET SES LIMITES :

La technologie fromagère conventionnelle pratiquée dans les fromageries jusque dans les années 1970 consiste à déstabiliser le lait par l'intermédiaire de sucs gastriques et de levains, c'est le passage du lait de l'état liquide à l'état solide ou coagulation, puis à égoutter plus ou moins fortement le gel obtenu, le saler et enfin l'affiner pour lui donner les caractéristiques organoleptiques et texturales souhaitées. Depuis les années 1970, la concentration des groupes laitiers s'est traduite par la concentration des fromageries. En effet, pour réaliser des économies d'échelles, les sites de production ont été progressivement regroupés pour atteindre en France en 2018 47 fromageries qui transforment plus de 10 000 tonnes de fromages par an et représentent 9,3 % des établissements mais 74% du tonnage total de fromages. Les plus grosses fromageries françaises transforment actuellement jusqu'à 50 000 tonnes/an de pâtes cuites ou de pâtes molles, soit plus de 1000 emmentals ou plus de 500 000 camemberts par jour, ce qui a nécessité la mécanisation puis l'automatisation des fromageries.

**A partir des années 1950 et jusqu'aujourd'hui, la technologie fromagère a cherché à accompagner les attentes de la société, à travers un parcours de plus en plus consumériste :** le consommateur au travers de la grande distribution exige de plus en plus des produits de qualité globale constante (Sécurité, Santé, Satisfaction, Service et Sens de l'achat), dans le temps et l'espace. Le transformateur cherche donc à fabriquer des produits finis de qualité régulière avec une matière première, le lait, de qualité fluctuante au niveau biochimique et bactériologique en fonction des saisons, des années et des lieux géographiques. Pour répondre à ce dilemme, il existe deux façons de procéder : la première, traditionnelle consiste à adapter la technologie à la variation du lait, ceci n'étant possible que sur de petites productions lorsque le fromager peut réellement suivre sa fabrication et possède suffisamment son art. **La seconde, industrielle, consiste à l'inverse à adapter le lait à la technologie. Cette seconde solution développée progressivement dans les grosses fromageries n'a pu être possible qu'avec la maîtrise du génie des procédés et la connaissance fine de la matière première.** Ce sont les schémas de préparation des laits qui, durant ces 50 dernières années, ont le plus évolué. Simples au départ et consistant à

simplement ajuster la teneur en Matière Grasse (MG) des laits pour respecter le Gras/Sec légal des fromages, associé à un ajout de  $\text{CaCl}_2$  pour renforcer la coagulation - éventuellement une pasteurisation - **ils se sont au fil du temps et de la connaissance complexifiés pour prendre en compte les aspects biochimiques et physico-chimiques puis microbiologiques des laits.** Actuellement, les schémas les plus sophistiqués associent technologies de séparation membranaire, séparation centrifuge, traitements thermiques, homogénéisation, voire concentration et séchage, pour obtenir une matière d'œuvre possédant un profil biochimique et physico-chimique adapté aux caractéristiques du lait entrant, de l'outil de transformation et des attentes des consommateurs, le tout dans un prix contenu afin de rivaliser avec les compétiteurs.

Logiquement, ce sont les Matières Azotées Protéiques (MAP), en grande partie responsables de la qualité du produit fini et des rendements qui ont été les plus étudiées et qui sont à la base du procédé. L'objectif consiste à ajuster le Taux Protéique (TP) ainsi que le rapport Protéines Sériques (PS)/caséines et le taux de dénaturation des PS en associant microfiltration 0,1  $\mu\text{m}$  puis ultrafiltration et traitements thermiques. Durant les séparations membranaires la teneur en lactose du lait peut être ajustée à la baisse par diafiltration en continu ou en discontinu afin de gérer la cinétique d'acidification pour assurer la minéralisation du produit fini tout en tenant compte du besoin en hydrates de carbone des flores secondaires en fin d'affinage. Ces schémas intègrent l'éventuel ajout de minéraux structurants (Ca) afin d'ajuster la minéralisation des laits donc le tamponnement du produit fini ainsi que l'optimisation des paramètres de décaillage pour maximiser les rendements. La MG est ajustée au taux de MAP visé. Dans les cas extrêmes, fromages maigres ou très gras, de la MG fractionnée selon son point de fusion pourra aider à ajuster la texture de la pâte, en plus de l'arôme apporté. Son homogénéisation, dans le lait ou seulement appliquée à la crème permet aussi de gérer les propriétés fonctionnelles du produit fini. La standardisation du pH emprésurage, élément clé de la minéralisation du caillé a été également perfectionnée depuis son obtention par les maturations biologiques froides et chaudes par l'emploi de substances acidogènes. (GDL et barbotage au  $\text{CO}_2$ ).

Avec l'amélioration qualitative de la bactériologie des laits dans les années 70 suite au paiement du lait à la qualité (Loi Godefroy, 1969), la traite mécanisée, la réfrigération à la ferme et la collecte réfrigérée se sont imposées, limitant la diversité des flores endogènes des laits et donc la diversité organoleptique des produits finis. Les industriels grâce à l'aide des fournisseurs de ferments ont repensé l'ensemencement des laits en flores d'affinage (secondaire) à côté des flores d'acidification (primaire) afin de diversifier leurs produits. La tendance actuelle est à un simple report au froid du lait standardisé suivi d'un apport raisonné des divers ferments avant la coagulation. La coagulation qui est un phénomène bien expliqué a dû être repensée pour d'une part s'adapter à la nouvelle matière d'œuvre plus concentrée, à tenir compte de l'exigence des consommateurs quant à l'utilisation de présure animale (véganisme) et à aider le technologue à optimiser le décaillage de son produit grâce à divers capteurs. Les enzymes fournies ont beaucoup évolué ces dernières années puisqu'au niveau mondial, il semblerait que les enzymes produites par fermentation (FPC) et les coagulants microbiens représentent respectivement plus de 50 et plus de 30% du total. En fait, le schéma de préparation des laits consistant à augmenter les éléments du lait retenus dans le caillé (MAP, MG et minéraux) diminue essentiellement l'égouttage et permet ainsi l'accroissement de la rentabilité des ateliers et l'amélioration des rendements fromagers avec la diminution des pertes en fines dues à la diminution de la quantité de sérum exsudée et à la meilleure organisation du caillé.



Le salage selon les technologies intervient dans la plupart des schémas après l'égouttage et est réalisé par saumurage ou à sec, sauf dans le cas des fromages dits broyés (Cantal, Cheddar) ou le sel est rajouté dans la pâte ou dans les technologies filées ou de type fêta.

L'affinage qui correspond à la maturation du caillé est une étape qui tend à être raccourcie par l'augmentation de la teneur en MG des pâtes apportant arôme et onctuosité et l'augmentation de la minéralisation des coagulums permettant par l'intermédiaire de la minéralisation des pâtes (tamponnement) d'obtenir rapidement une large fenêtre de commercialisation ainsi qu'une plus large combinaison de flores secondaires.

**Ce système atteint ses limites car les schémas technologiques « classiques » ne se prêtent que peu aux exigences nouvelles, notamment de fonctionnalités particulières puisque tous les facteurs d'influence, notamment l'acidification et l'égouttage sont interdépendants et donc difficilement optimisables.** Il en est de même des caractères organoleptiques (saveur, texture) qui dépendent des caractères biologiques et physico-chimiques se déroulant simultanément au sein des pâtes ce qui rend difficile leur maîtrise. Industriellement, les laits paucimicrobiens (pauvres en microorganismes) associés à un choix mondial restreint de fournisseurs de levains « standardisent » la diversité gustative des pâtes. Ainsi, le technologue trouve un équilibre entre les paramètres physico-chimiques et microbiologiques souvent éloignés des optimums de chacun.

A ces limites technologiques nous pourrions rajouter des contraintes « organisationnelles ». La complexité des procédés implique des lignes de fabrication dédiées, peu souples et agiles ; les cycles de production, notamment pour les fromages à affinage long sont découplés des attentes du marché, la réactivité est faible. De plus, les immobilisations financières sont conséquentes et le dimensionnement des bâtiments et notamment des hâloirs d'affinage peut représenter jusqu'à 40% de la surface de l'usine et des investissements en génie civil associés. Par ailleurs, l'évolution de l'acidité et de la biochimie du lactosérum au long de l'égouttage en limite la valorisation.

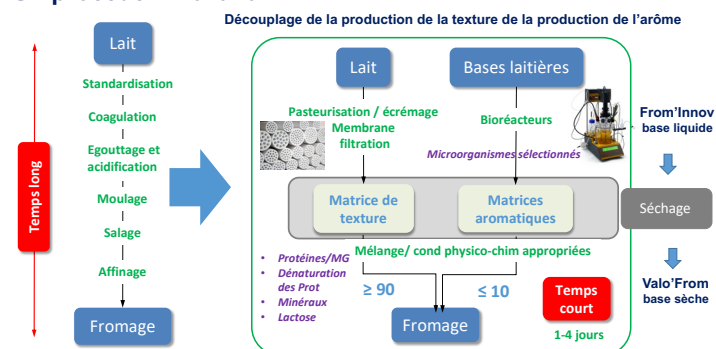
## LES TECHNOLOGIES DE RUPTURE

La plupart des innovations en technologie fromagère sont incrémentales et peu représentent de réelles ruptures. **La transformation des schémas technologiques initiée dans les années 1970 ayant permis l'adaptation du lait à la technologie peut être rangée dans les innovations de rupture.** En effet, la standardisation du lait a permis la production « en continu » du fromage, par exemple en PM grâce au coagulateur en continu HALPMA® ou en PC grâce aux cuves fermées de 25 000 litres permettant à ces usines un fonctionnement 24h/24, 7 jours/7, seulement interrompu par les phases de nettoyage/désinfection et les opérations de maintenance. **Mais l'innovation de rupture la plus emblématique à notre avis date de 1969 avec le brevet MMV (Maubois-Mocquot-Vassal) qui s'appuyant sur l'ultrafiltration sur membrane a permis l'inversion de l'ordre des phases entre coagulation, égouttage et salage, et permis ainsi une réduction drastique des écarts-types des poids au moulage des fromages et de la consommation d'enzyme coagulante par un facteur égal au facteur de concentration du lait (de 3 à 7 selon le type de pâte), et l'augmentation des rendements fromagers par récupération dans le fromage de la quasi totalité des PS du lait.**

**En 2014, nous avons poursuivi cette réflexion en découplant la fabrication de la texture de la fabrication de l'arôme comme**

**décrit dans le brevet WO 2016/108024 A1 (dit From'Innov).** Le procédé poursuit la redistribution totale de l'ordre et de la nature des étapes de la transformation fromagère. Plus précisément, nous fractionnons une base lait par centrifugation et séparation membranaire puis nous construisons une matrice de texture de composition biochimique maîtrisée : ratio MAP/MG, taux de dénaturation des PS, état de la MG, minéralisation et quantité de sucres disponibles. En parallèle, nous produisons une matrice aromatique selon un triptyque optimisé : type de microorganismes, conditions environnementales (pH, O<sub>2</sub>, T°, ...) et milieu support (lait, crème, sérum, ...) afin de produire des molécules aromatiques de type souffrées, cétones, acides, aldéhydes ou esters grâce à l'utilisation par exemple de *Lactococcus lactis / cremoris / diacetylactis*, *Hafnia alveei*, *Yarrowia lipolytica*, *Propionibacterium freudenreichii* mais le choix est conséquent. Enfin, la matrice de texture et les matrices aromatiques sont assemblées selon un ratio compris entre 90:10 et 96:4 puis l'ensemble est différemment texturé par ajustement du pH et de la température de texturation, du type et de la quantité d'enzymes ajoutées, des quantités de NaCl. Il est possible de recourir également à l'ajout d'hydro-colloïdes ou à une thermo-coagulation. Nous sommes alors capables sur un temps court, inférieur à 4 jours (vs plusieurs semaines à plusieurs mois), de concevoir des textures allant de la pâte à tartiner à la pâte dure et d'introduire dans cette pâte des aromatisations diverses depuis les molécules les plus traditionnelles jusqu'aux plus novatrices.

## Un procédé innovant



**La plus-value de ce concept est qu'il permet la réalisation de produits éco-conçus** puisque l'affinage est géré en fermenteur sur une période courte, l'égouttage exclusivement réalisé sur membranes et le salage directement dans la pâte, excluant de fait cuves ou bassines d'égouttage, hâloirs de ressuyage et d'affinage, piscine de saumurage. La comparaison par modélisation de 3 usines virtuelles transformant 100 tonnes de lait par jour en Camembert montre que ce procédé est le plus efficace, générant la marge la plus élevée tout en économisant plus de 25 % d'eau et d'énergie par rapport aux procédés traditionnels et MMV. Le deuxième intérêt concerne la facilité de mise en œuvre puisque toutes les étapes de la fabrication sont indépendantes et facilement maîtrisables. Le troisième intérêt réside dans la souplesse du procédé car avec le même matériel, on peut fabriquer du jour J à J + 1 tout type de pâtes et d'arômes. Enfin, le produit est nutritionnellement équilibré et contient des levains choisis avec adjonction éventuelle de probiotiques introduits dans une matrice de composition biochimique adaptée. Cette technologie est également au service de petits producteurs qui peuvent alors transformer facilement leur lait bio ou cru sans connaissances fromagères particulières tout en intégrant éventuellement dans la pâte des produits issus de leur exploitation agricole afin de se différencier de la concurrence.

**Un autre procédé de rupture concerne les technologies fromagères sans égouttage.** Ce procédé est avantagement destiné aux pays n'ayant pas ou peu de production laitière ou de savoir-faire fromager. Des protéines fonctionnalisées sous forme sèche sont réhydratées et mélangées à de la MG pour atteindre les ratios biochimiques du fromage final. Un traitement thermique puis l'ajout d'auxiliaires de fabrication précède la coagulation et/ou l'acidification permettant la réalisation de tous types de pâtes et d'aromatisation. Par exemple, les brevets FR 2 875 107 A 1 (INGREDIA), EP 2 719 285 B1 (SPX) explicitent ces méthodes. Un procédé différent puisqu'il consiste d'abord à faire un fromage puis à le sécher est décrit dans le brevet WO 2104/087058 A1 (Entremont). Nous avons également abordé ce sujet avec une demande de brevet (FR N° 19 06790 dit **Valo'From**) consistant à sécher les matrices de texture et aromatiques décrites dans From'Innov, ensemble ou séparément. Tous les arômes sont donc partie intégrante du fromage dès la réhydratation. La texture est obtenue selon les leviers choisis lors de la réhydratation : température, pH et teneur en eau notamment. Les preuves de concept réalisées à l'échelle du laboratoire permettent de réaliser tout type de pâte (de la pâte à tartiner à la pâte ferme) et diverses aromatisations. Mais seul l'avenir nous dira si, comme pour le procédé MMV, les industriels s'emparent de ces procédés afin qu'ils deviennent à leur tour des technologies de rupture.

## L'AVENIR

Demain, les fromages devront nourrir 10 milliards d'individus ce qui oblige à une éco-efficience performante et à une simplification maximale de la technologie. Cette technologie en constante évolution prend en compte les nouvelles utilisations des fromages, notamment dans les pays émergents (fondant, filant, gratinant, ...), la demande de plus en plus sérieuse de populations cibles pour des produits sur-mesure, dans le cadre d'un acte d'achat responsable, le tout dans un contexte de raréfaction des intrants (eau et énergies) et de limitation des extrants.

Nous avons vu que la technologie fromagère avait grandement évolué ces 50 dernières années et que les marges de progrès technologiques s'amenuisaient. Toutefois, les groupes laitiers français sont tout à fait capables de réactivité en ajustant leurs technologies fromagères et le transfert de certains constituants du lait aux nouvelles demandes des pays émergents, par exemple les PS vers les poudres infantiles ou la MG vers d'autres utilisations (+ 19% d'ici 2026 selon la FAO/OCDE).

Si les décennies 1970 et 1980 ont permis l'émergence de schémas fromagers optimisés intégrant les progrès réalisés dans la connaissance fine des constituants du lait et leur fractionnement et nécessitant la mécanisation puis l'automatisation des ateliers, les décennies 2000 et 2010 ont été plus axées sur l'écoconception des schémas de transformation, la fonctionnalisation des produits, la compréhension fine de la dégradation des produits lors du tractus digestif ainsi que la nécessaire maîtrise des prix de revient et la gestion de la matière, notamment dans les gros ateliers ou les techniques en cascades et les quantités de co-produits permettent de séparer, concentrer et purifier les minéraux ainsi que les fractions azotées.

Les prochaines décennies profiteront de la « révolution » des techniques « omiques » pour maximiser la production de molécules d'intérêts aromatiques et nutritionnelles par la compréhension de leurs voies métaboliques selon les schémas technologiques et selon les interactions entre les souches sélectionnées et mises en œuvre dans différents consortia microbiens. Les analyses multicritères allant jusqu'à la modélisation des procédés nous aideront à définir les itinéraires globalement les plus adaptés, voire les systèmes alimentaires les plus efficaces. Enfin, l'ingénierie des connaissances couplant les approches technologiques avec les Sciences Humaines et Sociales nous permettront de concevoir les fromages de demain au plus près des attentes implicites et explicites des consommateurs. Cette réponse nourricière ne s'oppose pas aux 10% de la production des fromages français réalisés à partir de lait cru et qui réjouissent nos tables et nos papilles. La mondialisation a tracé le chemin d'un produit de caractère et de terroir vers un produit ingrédient, chemin qui trace également les évolutions de ruptures dont les dernières avancées concernent la déconstruction des constituants, le découplage et l'assemblage déjà à l'œuvre dans les produits carnés et végétaux. L'avenir devra veiller à trouver le bon curseur dans la tension entre les pôles de l'hyper-processé et de l'identité culturelle du Fromage. La simplification peut-elle servir la richesse culturelle fromagère tout en ouvrant la voie à la participation à la survie nourricière des milliards d'humains ? ■

## BIBLIOGRAPHIE :

- Chamberland, J., Benoit, S., Harel-Oger, M., Pouliot, Y., Jeantet, R., Garric, G. (2019) Comparing economic and environmental performance of three industrial cheesemaking processes through a predictive analysis. *Journal of Cleaner Production*
- Economie Laitière En Chiffres – Edition 2020 - CNIEL
- Garric G., Leonil J., Jeantet R., Lortal S., Schuck P., Gaucheron F. (2016) Procédé pour la fabrication d'une denrée alimentaire fromagère, avantagement du type fromage, spécialité fromagère ou substitut de fromage. Brevet WO2016108024.
- Gillis, J.-C., Ayerbe, A. (Eds.), *Le Fromage*, 4e Édition. TEC&DOC, Lavoisier, Paris
- Jeanson S., Floury F., Issulahi A., Madec MN., Thierry A., Lortal S. (2013) Microgradients of pH Do Not Occur around Lactococcus Colonies in a Model Cheese. *Applied and Environmental Microbiology*. p. 6516–6518 October 2013 Volume 79 Number 20
- Jeantet R., Croguennec T., Garric G., Brulé G. (2017) *Initiation à la technologie laitière* - Editions Tec & Doc Lavoisier
- Le Boucher C., Courant F., Jeanson S., Chereau S., Maillard M.-B., Royer A.L., Thierry A., Dervilly-Pinel G., Le Bizec B., Lortal S. (2013) First mass spectrometry metabolic fingerprinting of bacterial metabolism in a model cheese. *Food Chem.*, 141, 1032-1040.
- Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2019 – 2028 – Edition OCDE - 2020
- Xu T., Flapper J., Jan Kramer K. (2009) Characterization of energy use and performance of global cheese processing. *Energy* 34 (2009) 1993–2000

Merci à Romain JEANTET et à Yves LE LOIR pour leur relecture attentive