

Juin 2017
volume n°7 / numéro n°1
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés



La revue de l'association française d'agronomie

Nutrition et agronomie



Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : afa@supagro.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la *licence Creative Commons 2.0*. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Marc BENOÎT, président de l'Afa, Directeur de recherches, Inra

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Pierre-Yves LE GAL, chercheur Cirad

Hervé SAINT MACARY, directeur adjoint du département Persyst, Cirad

Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en ligne

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, directeur de recherches Inra

- Valentin BEAUVAL, agriculteur

- Jacques CANEILL, directeur de recherches Inra

- Gérard CATTIN, retraité de la chambre d'agriculture de la Marne

- Joël COTTART, agriculteur

- Thierry DORÉ, professeur d'agronomie AgroParisTech

- Sarah FEUILLETTE, cheffe du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie

- Yves FRANCOIS, agriculteur

- Jean-Jacques GAILLETON, inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole

- François KOCKMANN, chef du service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71

- Marie-Hélène JEUFFROY, directrice de recherche Inra et agricultrice

- Aude JOMIER, enseignante d'agronomie au lycée agricole de Montpellier

- Christine LECLERCQ, professeure d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais

- Francis MACARY, ingénieur de recherches Irstea

- Adeline MICHEL, Ingénieure du service agronomie du Centre d'économie rurale de la Manche

- Marc MIQUEL, consultant

- Bertrand OMON, Chambre d'agriculture de l'Eure

- Thierry PAPILLON, enseignant au lycée agricole de Laval

- Philippe POINTEREAU, directeur du pôle agro-environnement à Solagro

- Philippe PRÉVOST, directeur Agreenium Université en Ligne

- Guy TREBUIL, Cirad

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément (voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

Avant-propos

P7 - O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef) et M. BENOÎT (Président de l'Afa)

Éditorial

P9 - S. AVALLONE, M. BENOIT, M. DURU, D. LAIRON et N. ZAKHIA-ROZIS (coordonnateurs du numéro)

Le contexte : recommandations et besoins nutritionnels, comportement des consommateurs

P13 - Consommations alimentaires et attitudes des consommateurs en France : concilier des motivations multiples
J.L. VOLATIER

P19 - Le programme national nutrition santé (PNNS) pour une meilleure alimentation et un meilleur état nutritionnel
S. HERCBERG et C. JULIA

P27 - Les protéines végétales pour l'alimentation humaine
J.M. CHARDIGNY

P33 - La restauration collective et enjeux de santé publique
M. BORDMANN et M.L. HUC

P39 - Quelles priorités pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans les objectifs du développement durable (ODD) ?
A. BILLAND

Le diagnostic : l'effet des process de production et de transformation des produits sur la qualité nutritionnelle et sanitaire des aliments

P43 - Qualité nutritionnelle des produits végétaux : le cas des fruits et légumes
M.J. AMIOT-CARLIN et S. GEORGÉ

P51 - L'alimentation : enjeux et complexité
D. MAJOU

P57 - Produits ultra-transformés versus aliments complexes
A. FARDET

La « commande nutritionnelle » : concevoir les systèmes de production et de transformation des aliments à partir d'une préoccupation nutritionnelle

P69 - L'expérience du programme FAO/PNUE pour des systèmes alimentaires durables
A. MEYBECK et V. GITZ

P75 - Alimentation humaine : satisfaction des besoins nutritionnels et enjeux de durabilité
D. LAIRON

P83 - Pour une « santé globale » : une analyse multidimensionnelle du concept de santé pour accompagner les transitions agricoles et alimentaires appliquées aux légumineuses

M. DURU, E. JUSTES, G. FALCONNIER, E.P. JOURNET, P. TRIBOULET, M.B. MAGRINI

P97 - Des effets santé des phytomicronutriments à l'écoconception des systèmes agroalimentaires
C. DHUIQUE-MAYER et P. POUCHERET

P105 - Alimentation animale et santé humaine : quels défis à relever pour l'agronomie ?
M. DURU et M.B. MAGRINI

P115 - Utilisation du lin en alimentation animale : intérêt et conséquences sur la qualité nutritionnelle des produits animaux destinés à l'homme

J. MOUROT

P119 - A Mouans-Sartoux, une restauration collective issue intégralement de l'agriculture biologique depuis 2012
G. PEROLE

Annexe

P 125 - Appel à contribution du numéro

L'alimentation : enjeux et complexité

Food: challenges and complexity

Didier MAJOU*

*Directeur, ACTIA, 16. rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05 - Courriel : d.majou@actia-asso.eu

Résumé

Depuis l'après-guerre, l'industrialisation de la transformation alimentaire s'est accélérée. Sous la pression des différents acteurs, des exigences se sont imposées : production de masse, productivité, prix compétitif, accessibilité à tous, qualité sensorielle, diversité, sécurité sanitaire, composition nutritionnelle, praticité, impacts environnementaux et, en devenir, durabilité. Au sein d'un aliment, ces exigences ne sont pas successives, mais cumulatives pour former sa qualité globale. Cette complexité entre les critères est traitée par une démarche de compromis raisonné selon le concept du « 8S », en fonction du cahier des charges du marché cible. Afin de répondre aux attentes des consommateurs, l'alimentation doit encore évoluer, s'adapter, anticiper dans le contexte paradoxal de continuité et de rupture avec le passé en tendant vers des systèmes durables de production. Et un nouveau concept, le « Flex in/Flex out » (ou « FliFlo ») se développera en production. De beaux défis sont à résoudre entre innovation et recherche, à la croisée entre ingénierie de la qualité et ingénierie de la durabilité.

Abstract

Since the post-war period, the industrialization of food processing has accelerated. Under pressure from a variety of stakeholders, certain requirements have been imposed, including mass production, productivity, competitive prices, accessibility for all, sensory quality, diversity, food safety, nutrition, convenience, reduced environmental impact, and, in the future, sustainability. These requirements are not successive, but cumulative, forming the overall quality of a given food product. The complexity of finding a balance between these criteria is managed through a compromise approach, based on the "8S" concept, according to the target market's requirements. In order to meet consumers' expectations, food needs to change. Manufacturers must adapt and anticipate in a paradoxical context where consumers seek both continuity and to break with the past by adopting sustainable production systems while preserving its food model. Certain trends are emerging and may establish themselves, such as 'free from' (additives, pesticides, GMOs, nitrite, sulfites) stimulated by organic farming; 'low in' (salt, sugar, saturated fatty acids); new sources of plant-based protein; and turnkey nutrition to

overcome genetic nutrient deficiencies, or to correct imbalances in intestinal microbiota. And a new concept, the "Flexibility in/Flexibility out" (or "FliFlo") will develop in production. Great challenges between innovation and research must be resolved, at the crossroads between quality engineering and sustainability engineering.

Mots-clés

Aliment, qualité, complexité, compromis, ingénierie.

L'aliment : une complexité accrue

Historiquement, avec le développement de l'élevage et de la culture, la production alimentaire a eu pour objectif de nourrir une population locale. Le défi était de pouvoir préserver sagement, toute l'année, les denrées périssables sans altération, ni pathogènes microbiens. Il était indispensable de stocker les aliments en période d'abondance, afin d'éviter la disette lors des périodes difficiles (fin d'hiver, année à faible production consommable). Durant des siècles, au niveau artisanal, des procédés de conservation physiques (séchage), chimiques avec ajouts de conservateurs (saumurage, fumage, sulfitage, confisage, enrobage de cire...) et fermentaires (bactéries, moisissures, levures) ont été développés. Puis la conservation par la chaleur ouvrit l'ère industrielle avec l'appertisation en conserve étanche qui permet l'entreposage, sur une longue période, sans conditions particulières de température. Le goût et le coût des aliments étaient également des éléments importants du développement des produits industriels, ainsi que leur caractère « sain, loyal et marchand » (selon la loi du 1er août 1905). Cette loi marqua un tournant dans la lutte contre les fraudes et les falsifications, afin de défendre un commerce honnête pour les producteurs et les distributeurs, avant même de penser aux consommateurs. Et la réfrigération apparut au début du XX^{ème} siècle.

Après la seconde guerre mondiale, l'industrialisation s'est accélérée par l'enchaînement des besoins, avec le développement de la population, l'augmentation du niveau de vie, l'urbanisation et l'essor de la distribution. Dans les 15 années qui suivirent la guerre, avec la reconstruction industrielle en Europe, la production de masse était essentielle afin de nourrir les populations et éviter les famines. Au cours des années 60, l'offre étant présente par la distribution et leurs chaînes du froid (réfrigération, surgélation), la diversité se développa avec les produits laitiers et la désaisonnalisation des fruits et légumes qui vont venir du monde entier.

Dans les années 70, la qualité sensorielle s'imposa dans les produits traditionnels et ethniques. La diversification et la qualité de l'offre se fit par la formulation afin d'assurer une qualité constante, régulière et maîtrisée. Une industrie d'assemblage prit place avec deux volets : d'une part, la fabrication de produits intermédiaires (ingrédients, additifs, aides technologiques), aux fonctions définies, qui permet de s'affranchir de la variabilité de la matière première et, d'autre part, l'assemblage des composants élémentaires qui fut à l'origine d'importantes innovations sur des produits de plus en plus composites. Cependant, les premiers chocs pétroliers rappelèrent les entreprises au pragmatisme économique ; ils leur imposèrent de maîtriser leurs coûts par la productivité.

À partir de 1980, la sécurité sanitaire est devenue une exigence prégnante avec différentes étapes : le contrôle par des analyses de plus en plus sensibles, l'assurance qualité avec des méthodes (HACCP, traçabilité) et des normes (ISO 9002), la prévention des risques par la réglementation (Paquet Hygiène - 1^{er} janvier 2006), la normalisation (ISO 22000) et les référentiels des distributeurs (International Food Standard-IFS et British Retail Consortium-BRC), puis le ma-

nagement de la qualité et de la sécurité des aliments (ISO 22000-PAS 220, Food Defense, amélioration continue).

Depuis les années 90, le bien-être et la santé par l'alimentation sont devenus des composantes du choix des consommateurs. Ceux-ci sont de plus en plus avertis et attentifs aux aliments, à leur composition, aux itinéraires culturels, aux procédés de transformation. Aujourd'hui, les impacts environnementaux de la production agricole et de la transformation commencent à apparaître dans les démarches de certaines entreprises lorsque des avantages économiques (diminution des pertes, recyclage, valorisation des coproduits, diminution de taxes, amélioration du bilan énergétique...) ou marketing (image de l'entreprise) viennent récompenser les investissements. Cependant, la performance et la compétitivité demeurent les maîtres mots des industriels.

Or, au sein d'un aliment, ces exigences ne sont pas successives, mais cumulatives. L'alimentation en France repose toujours sur des valeurs bâties sur un mode de vie et une culture culinaire, entretenues par les consommateurs et utilisées par les entreprises. Elles sont basées sur des produits sûrs et sains, agréables, pratiques, aux compositions nutritionnelles intéressantes, accessibles à tous, tout en préservant l'environnement et l'image de l'aliment, ainsi que sur le plaisir et la convivialité des repas. En conséquence, la complexité de la production d'aliments transformés dans les sociétés industrialisées, générée notamment par les attentes des marchés et l'évolution de la réglementation, ne cesse d'augmenter. Les exigences de qualité des aliments, de durabilité de la production et les obligations réglementaires pèsent lourdement sur le secteur alimentaire, même si elles peuvent être envisagées comme des facteurs de progrès et de performance. Certaines grandes entreprises maîtrisent en partie ces défis. Pour les PME et TPE, cela devient de plus en plus difficile à assurer.

L'aliment : le reflet des exigences

Le produit alimentaire est de moins en moins un aliment de fait, mais le reflet de la complexité des exigences et des intérêts des acteurs de nos sociétés industrielles. Chacun de ces acteurs ont des attentes et des objectifs par rapport à l'aliment et à l'alimentation.

Les consommateurs, ou mangeurs sains, cherchent à satisfaire leurs besoins (sécurité, satiété) et leurs envies (bien-être, santé, plaisir, équilibre, praticité...). Leurs comportements et leurs attentes évoluent fortement depuis une décennie du fait de leurs contraintes économiques et de leurs nouvelles allocations budgétaires, de l'évolution générale des modes de vie (individualisation, vieillissement...) et de consommation, des pratiques culinaires, des formes de distribution. Selon une étude ANIA-Opinionway (juin 2015), les français considèrent que l'alimentation est une composante essentielle de leur mode de vie (92%), pensent qu'une alimentation saine et variée est la meilleure manière de préserver sa santé (81%), se déclarent fiers de leur modèle alimentaire (75%) qu'ils veulent préserver. Prix (66%) et date de péremption (56%) sont les deux premiers critères d'achat, suivis par la composition des aliments (53%).

Actuellement, le consommateur est polymorphe avec une ambivalence ou une contradiction entre son besoin d'être conforté dans ses racines (goût, naturalité) et ses demandes de qualités renforcées pour ses aliments : prix compétitif,

praticité, santé... Il se positionne entre continuité et rupture avec ses racines, entre tradition et innovation. Mais le consommateur ne leur reconnaît pas de valeur technologique. A contrario, les produits manufacturés des autres industries possèdent une valeur technologique et une valeur fonctionnelle. Ainsi, l'alimentation est dans une opposition entre ses origines et son industrialisation ; avec une industrie qui ne constitue pas son socle originel. Cette opposition se répercute sur la non-valeur technologique de l'aliment et, en corollaire, sur la méfiance ou le refus d'innovation technologique dans ce domaine ; jusqu'à un certain seuil d'acceptation pour les consommateurs qui privilégient la valeur service de l'aliment.

Les acteurs économiques, producteurs agricoles, transformateurs industriels, distributeurs, restaurateurs, doivent créer des valeurs économiques durables pour leurs structures grâce à la satisfaction de leurs clients, avec des produits à vocations alimentaires et non alimentaires à partir des matières premières agricoles. Leurs activités se positionnent sous l'angle de la responsabilité et de la compétitivité de leurs produits. Cependant, avec l'impact de la crise économique de 2008-2009, la volatilité des cours des matières premières agricoles qui nuit à leur différenciation par la qualité fonctionnelle, la concentration de la grande distribution sur sept enseignes principales et leur forte pression sur les prix de vente, la défense du pouvoir d'achat des consommateurs et le renforcement de la concurrence internationale, leurs objectifs divergent et l'ensemble des producteurs agricoles et industriels souffre. La compression de la valeur ajoutée et la dégradation des marges pèsent sur la capacité d'innovation et d'investissement des producteurs, avec pour conséquences de fragiliser certaines filières et chaînes de valeur.

Les pouvoirs publics, français et européens, qui sont les garants d'une satisfaction individuelle, permettent aux citoyens d'être informés et obtenir des produits sains, sûrs et loyaux, tout en les protégeant de dérives nutritionnelles dangereuses. Leurs actions s'appuient sur l'expertise de l'ANSES en France et l'EFSA en Europe, dont la mission est d'évaluer l'ensemble des risques (chimiques, biologiques, physiques...) auxquels un individu peut être exposé, volontairement ou non, à tous les âges et moments de sa vie. Ces évaluations prennent en compte l'état de l'art scientifique au moment de leur réalisation ; elles peuvent évoluer ensuite selon les résultats des travaux de recherche. Après avoir soutenu la productivité, réglementé la conformité et aidé la qualité, ils accompagnent le développement économique des entreprises dans un contexte de durabilité de leur production, en particulier en soutenant l'innovation par des aides financières.

L'aliment : un compromis raisonné entre les exigences de qualité

En prenant en compte l'ensemble des exigences, la qualité globale d'un aliment relève de nombreux critères de qualité. Ceux-ci ne sont pas découplés, mais largement interdépendants avec des interactions fortes entre eux, souvent mal connues :

- **Des critères imposés au producteur qui sont incontournables, comme :**

- La sécurité sanitaire microbiologique, physico-chimique et immuno-chimique (allergie), encadrée par la réglementation sous le vocable « Paquet Hygiène » ;
- La législation alimentaire européenne *lato sensu*, qui concerne toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution des denrées alimentaires ;
- L'impact environnemental encadré par les lois et règlements européens ad hoc ;
- L'image symbolique de l'aliment qui ne peut pas être orthogonal aux valeurs culturelles et culturelles, aux us et coutumes, aux émotions des consommateurs du marché cible. Il en est de même des technologies utilisées. Le succès d'une innovation dépend de son acceptabilité sociale. Par exemple, lors de la crise de la vache folle en 1996, ceux-ci ne comprenaient pas qu'une vache, un herbivore, consomme des farines animales. Et la consommation d'insectes, même sous forme de protéines, provoque beaucoup de réticences dans notre culture occidentale.

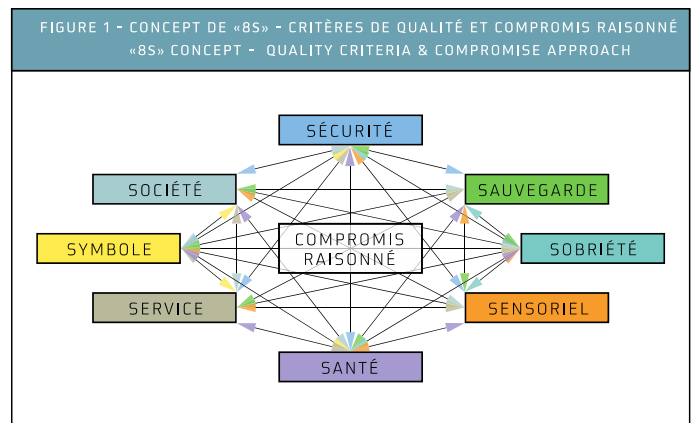
• **Des critères de différenciation qui sont au choix des producteurs en fonction du marché cible, à savoir :**

- Les propriétés organoleptiques (saveur, texture, goût, couleur), garantes de l'achat et surtout des réachats. Elles représentent une valeur émotionnelle ; elles riment avec le plaisir de faire cet aliment, de le faire partager et de le consommer ;
- Les compositions nutritionnelles, améliorées par la diminution des excès d'ingrédients (sucre, sel, gras), par la suppression de conservateurs (nitrite, sulfite), par la préservation de la composition intrinsèque ;
- Le service apporté, avec des aliments plus « pratiques » : plus faciles à manipuler, déjà préparés, prêts à l'emploi pour le domicile et la restauration, en prenant en compte l'ergonomie des emballages (nomadisme, rapidité de cuisson, mise en portion...) dans un contexte de durabilité (recyclage, biodégradabilité, bioressources) ;
- Le prix de vente, qui est un critère contraint puisque dépendant des négociations avec la distribution.

L'ensemble de ces critères constitue le concept du « 8 S » qui comprend : Sécurité, Santé, Sensoriel, Sauvegarde, Service, Symbole, Société (réglementation) et Sobriété (coût de production) (Fig. 1).

En cohérence avec le cahier des charges défini par le marché cible, comme par exemple : hard-discount, épicerie fine, cuisine traditionnelle, produits biologiques, seniors..., et la stratégie de l'entreprise, la pondération des critères de différenciation sera différente et adaptée à ce marché dans une approche de compromis raisonné, tout en préservant les critères imposés. Le producteur doit optimiser son produit en fonction de ces critères, en hiérarchisant leur importance. Cette ingénierie de la qualité est réalisée en jouant sur les facteurs déterminants (matières premières, ingrédients, formulation, ferments, technologies, emballages, gaz), tout en prenant en compte l'usage de l'aliment ou du produit intermédiaire dans le traitement culinaire (domicile, restauration hors domicile). Certains facteurs d'optimisation sont spécifiques au producteur et font partie de son métier, de ses bonnes pratiques et demandent professionnalisme, bon sens et rigueur. D'autres sont difficilement maîtrisables individuellement du fait de l'émergence de nouvelles exigences (environnement, nutrition, certaines contaminations, molécules néoformées...) ou l'accroissement des niveaux de contraintes dû à l'amélioration des connaissances scientifiques et analytiques. Les complexités en jeu

ne permettent seulement qu'à quelques groupes industriels de maîtriser certains éléments. Les TPE et PME travaillent souvent par empirisme ou mimétisme avec beaucoup d'efforts quand elles sont isolées, avec l'appui des spécialistes des instituts techniques agro-industriels ou de la recherche publique.



L'aliment : un futur entre complexité et flexibilité

Pour l'ensemble des acteurs, l'innovation est essentielle et représente un constant et important défi pour le futur dans les économies occidentales. Les consommateurs aspireront toujours à plus de sécurité sanitaire, de naturalité, d'authenticité, de praticité, d'effet santé et d'accessibilité à tous, sans rupture avec certaines traditions. Levier essentiel de leur compétitivité, l'innovation permet aux entreprises de se différencier avec des produits et des services à plus forte valeur ajoutée et conquérir de nouveaux marchés. Un nouveau défi s'imposera de plus en plus aux pouvoirs publics, une production agricole et alimentaire durable en prenant en compte les dimensions qui lui sont associées : l'efficacité économique, la dimension sociale et la préservation de l'environnement, tout en contribuant à la sécurité alimentaire et nutritionnelle selon la FAO.

Au niveau des produits, les innovations alimentaires seront dans la continuité des enjeux, sans rupture notable avec les fondamentaux (plaisir, bien-être, praticité, authenticité, origine des produits, prix) et dans la cohérence des valeurs du modèle alimentaire français... ou latin. Des tendances émergent et peuvent devenir majeures, comme le « sans » (additifs comme des conservateurs : nitrite, sulfite..., OGM, allergènes, gluten, huile de palme, lactose...), le « moins » (sucre, sel, lipides saturés), de nouvelles sources de protéines à partir de végétaux (céréales, légumineuses), formulées en mixtes avec des protéines animales dans une logique de « flexitarisme » (végétarien partiellement omnivore). Au niveau santé, des aliments sur mesure vont se développer pour répondre aux nécessités spécifiques de populations ciblées (nouveaux-nés, seniors...), soit une nutrition prête à l'emploi ; mais, également, des compléments alimentaires qui répondront à des besoins de nutriginomique, afin de pallier les carences génétiques en nutriments (oméga-3, oméga-6...), ou pour rééquilibrer des déséquilibres du microbiote intestinal (flores probiotiques) qui ont des conséquences pathologiques.

Certaines de ces tendances sont stimulées par les exigences des produits sans pesticides issus de l'agriculture biologique. Les améliorations apportées à ceux-ci pourront également être appliquées aux produits conventionnels, *ceteris paribus*.

En effet, d'après l'Agence Bio, cette gamme de produits devient un créneau de diversification porteur pour les industriels ; le marché a enregistré une croissance historique de l'ordre de 20% au premier semestre 2016 par rapport à celui de 2015.

Compte tenu de leur importance dans l'alimentation française, les produits fermentés seront l'objet de développements particuliers au niveau des souches microbiennes (bactéries, levures, moisissures), afin d'accroître et valoriser leurs fonctionnalités technologiques (acidification, texture, arôme, couleur, préservation) et probiotiques. Ces innovations permettront d'améliorer les produits existants et de concevoir de nouveaux produits fermentés dans une perspective de développement durable, puisque la fermentation est un moyen ancestral de conservation.

Comme éléments du procédé et du produit, les emballages vont également évoluer. Différents angles d'amélioration seront abordés dans une approche interactive au sein du couple aliment-emballage, tout en tenant compte de l'ensemble des exigences. Ils rempliront de plus en plus des fonctions de conservation et de maturation des produits en complément du procédé d'obtention, tout en impliquant le sous vide ou des atmosphères modifiées de gaz mieux équilibrées selon les objectifs. Dans certaines applications, ils permettront de s'affranchir du froid. Cependant, le développement des fonctions des emballages ne pourra se réaliser qu'aux conditions du non transfert de monomères vers la matrice alimentaire, ainsi que de leur écoconception « du berceau à la tombe » afin de limiter leurs impacts environnementaux.

La compétitivité sera toujours un axe majeur pour les industriels. La conception ou la réingénierie des procédés de transformation, tout en intégrant l'ensemble des exigences de la complexité, sera au service de la performance et de la productivité. Malgré le peu de degrés de liberté, l'unité de production devra accroître sa flexibilité, tant en quantité qu'en qualité (format, produit, conditionnement...), tout en conservant son efficacité, ses exigences de qualité et sa régularité. Un nouveau paradigme, le « Flex in/Flex out » (ou « FliFlo ») s'imposera. Flex in, ou flexibilité à l'entrée pour les approvisionnements, qui répondra aux nouvelles pratiques agro-écologiques en traitant des matières premières agricoles aux qualités variables et moins standardisées ; Flex out, ou flexibilité sortie, qui permettra de fabriquer une gamme plus élargie de produits sur les mêmes équipements en fonction des marchés et des demandes de la distribution d'une part, ainsi que de recycler des coproduits dans un contexte d'économie circulaire avec des clients agro-alimentaires ou non d'autre part. Sachant progressivement transformer des contraintes en opportunités, les industriels vont réduire à la source leurs consommations d'intrants (eau, énergie, matières premières, emballages) et valoriser leurs coproduits pour limiter les pertes. Cette compétitivité passera également par la réduction de la pénibilité des conditions de travail sur les opérations unitaires (abattoirs, filetage des poissons...) grâce à la robotisation ou la cobotisation (machines collaboratives conçues pour travailler en permanence avec l'homme) plus facile à implanter comme les exosquelettes.

La compréhension et la maîtrise de ces critères de qualité requièrent des approches intégrées faisant intervenir des disciplines (biologie, microbiologie, chimie, génie industriel, sciences humaines et comportementales, toxicologie...) et

des acteurs complémentaires (chercheurs, ingénieurs, transformateurs, fabricants d'ingrédients, équipementiers, agriculteurs, pouvoirs publics, consommateurs) dans une approche d'ingénierie de la qualité, de l'amont agricole à l'aval transformation, mais également avec la distribution et la mise en condition culinaire. À l'interface entre la recherche et l'industrie, les instituts techniques agro-industriels de l'ACTIA permettent d'appliquer les méthodes de l'ingénierie de la qualité jusqu'à la TPE. Au niveau de la recherche, de nombreuses questions se posent et de nombreuses investigations sont à poursuivre. Sans entrer dans leur déclinaison, deux exemples de dimension opposée peuvent être considérés : la matrice alimentaire et la durabilité des systèmes.

Les propriétés de la matrice alimentaire, en termes de structure, de mécanique, de chimie, de réactivité, sont essentielles. Elles dépendent en tout premier lieu de l'origine et des conditions d'obtention des matières premières agricoles ; l'agronomie doit encore permettre d'améliorer leurs qualités sur un mode agroécologique. Elles dépendent aussi de toute la chaîne de traitement et de conservation de ces matières premières et des produits finis. Maîtriser la qualité et les propriétés physico-chimiques d'un produit pendant sa fabrication et son stockage reposent sur de nombreux facteurs, dont les effets ne sont pas encore suffisamment compris. Beaucoup de ces propriétés résultent de réactions chimiques qui sont contrôlées à la fois par les conditions thermodynamiques (température, activité de l'eau) et l'état de la matière en cours de transformation (pH, Eh ou potentiel rédox...). De nombreux travaux existent en situation modèle, mais l'extrapolation à des aliments échoue souvent à cause de la complexité des matrices réelles. Les approches demeurent au stade macroscopique et descriptif. Il est essentiel de palier le défaut de connaissance relatif aux schémas réactionnels. Si certaines parties de ces schémas sont connues, des pans entiers sont non explorés ou non explicités. Ainsi, les verrous scientifiques et technologiques nécessitent l'acquisition de connaissances par des descriptions mécanistiques des phénomènes dans un écosystème chimique. Ces descriptions permettront de franchir rapidement des étapes qui conduiront à modéliser, construire des outils d'aide à la prévision et anticiper les compromis entre les critères de qualité. Toutes les applications sont concernées, comme par exemple la composition nutritionnelle et la spéciation des nutriments, selon les formes d'apport les relations entre aliments formulés et microbiote intestinal au bénéfice de celui-ci ou au bénéfice de l'absorption, la conservation avec la suppression de certains additifs par la compréhension des relations bactéries-matrices, ainsi que virus-matrices...

La production durable doit être abordée avec une approche globale et intégrée. Le compromis bénéfices-risques des filières de production, de l'amont agricole à l'aval industriel, et des systèmes transversaux multifilières (distribution, logistique, restauration hors domicile...), en prenant en compte l'ensemble des contraintes et exigences des différents acteurs, est à évaluer selon des méthodes « analyse de cycle de vie » sur toutes les dimensions de la durabilité. Les points critiques et les verrous doivent être qualifiés, afin de proposer des solutions alternatives. L'unité fonctionnelle étant l'unité de mesure utilisée pour évaluer le service rendu par un produit, il est indispensable de définir l'unité fonctionnelle de l'aliment, en particulier à partir de la notion d'unité fonctionnelle nutritionnelle. L'ingénierie de la durabi-

lité croisera l'ingénierie de la qualité et s'en inspirera. Les missions d'appui des instituts techniques aux entreprises, en particulier auprès des PME et TPE, devront être renforcées. Jusqu'alors, au moins en France, l'industrie alimentaire a réussi à garder un lien avec son territoire et son héritage culturel, tout en répondant aux standards de qualité et de sécurité des aliments, en conciliant tradition et innovation en lien avec son modèle alimentaire. Il est indispensable de renforcer cette dynamique tout en l'adaptant aux modifications des modes de vie (individualisation, vieillissement...), des modes de consommation, des pratiques culinaires, des formes de distribution et d'approvisionnement agricole, en particulier locales. Afin de répondre aux attentes du marché, l'alimentation doit encore évoluer, s'adapter, anticiper dans ce contexte paradoxal de continuité et de rupture avec le passé en tendant vers des systèmes durables de production, avec un juste équilibre de la répartition de la création de la valeur entre l'amont et l'aval pour pérenniser les filières.

Références bibliographiques

Courieux, F., Dedieu, M.S., 2012. La compétitivité des filières agroalimentaires : une notion relative aux déterminants multiples. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Avril 2012.

Esnouf, C., Russel, M., Bricas, N., 2011. Pour une alimentation durable, Paris, Quae.

ETP Food for Life, 2016. Strategic Research and Innovation Agenda. Bruxelles.

FAO, 2010. Biodiversité et régimes alimentaires durables. Rapport, Rome.

FoodDrink Europe, 2015. Strategic Research Priorities for the European Food and Drink Industry. Bruxelles.

Fouqueray-Mérel, C., Paré, A., Fosse, J., 2014. Consommations et pratiques alimentaires durables : analyse de données nationales issues d'enquêtes d'opinion. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Mai 2014.

Laisney, C., 2012, L'évolution de l'alimentation en France. *Centre d'études et de prospective du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche*, Janvier 2012.

Larochette, B., Sanchez-Gonzalez, J., 2015. Cinquante ans de consommation alimentaire : une croissance modérée, mais de profonds changements. *Insee Première*, Octobre 2015.

Mathé, T., Francou, A., Colin, J., Hébel, P., 2011. Comparaison des modèles alimentaires français et états-uniens. *Crédoc, Cahier de recherche*, Décembre 2011.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt, 2016. Panorama des industries agroalimentaires 2016. Paris.

Ministère de l'Économie et des Finances, 2015. Alimentation intelligente. Feuille de route, Paris.

OCHA, 2012. La question alimentaire. Paris.

Riou, J., Lefèvre, T., Parizot, I., Lhuissier, A., Chauvin, P., Is there still a French eating model? A taxonomy of eating behaviors in adults living in the Paris metropolitan area in 2010. *Plos One*, March 2015.

Scislowski, V., Lapasin, C., Ponchant, P., Guardia, S., Nassy, G., Chevillon, P., 2012. Recherche des méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande. *Collection Résultats, Institut de l'Élevage*, Octobre 2012.

Tavoularis, G., Mathé, T., 2010. Le modèle alimentaire français contribue à réduire le risque d'obésité. *Crédoc*, Septembre 2010.