



© Inra / J. Weber



© Inra / A. Beguey

# Agroalimentaire

*Depuis les années 1950, la recherche agronomique provoque une véritable révolution des techniques dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation. Parallèlement, le consommateur désire une alimentation de plus en plus sûre et de qualité, tout en exigeant un meilleur respect de l'environnement. La société impose de nouvelles contraintes qui demandent à la recherche une adaptation constante.*

## **Auteur**

Anna Rocca  
(Écrin, CNRS)

## **Co-auteur (allergies alimentaires)**

Sophie Frémont  
(centre hospitalo-  
universitaire  
de Nancy)

**Enjeux de société**

« **Les matériaux utilisés dans les emballages alimentaires peuvent libérer des substances toxiques qui doivent faire l'objet d'évaluation.** »

### La cuisson des aliments et la réaction de Maillard

Également connue sous le nom de *brunissement non enzymatique*, la réaction de Maillard intervient lors du chauffage de protéines et de sucres (glucose, fructose, etc.). Cette réaction est considérée comme la plus importante dans la chimie des aliments, c'est la principale responsable de la production des odeurs, des arômes et des pigments lors de la cuisson. Elle correspond à un ensemble de réactions qui se produisent lorsque les protéines et les acides aminés à la surface des aliments s'assemblent avec les sucres présents sous l'effet de la chaleur. Ces réactions complexes conduisent à la formation de composés volatils et odorants, ainsi que de mélanoidines, polymères qui donnent la couleur brune caractéristique de certains aliments : viande rôtie, pommes de terre frites, café et chocolat torréfiés, croûte du pain, etc.

**ppb** : partie par billion ; cette unité équivaut à un milliardième de partie, soit  $10^{-9}$ .

l'aliment contient aussi des substances, les antioxydants, ayant un effet protecteur et que la biodisponibilité de tels composés au sein d'une matrice alimentaire peut différer totalement avec celle du produit néoformé considéré isolément. Un travail important doit être entrepris afin de mieux comprendre les mécanismes de formation de ces composés, d'en évaluer le risque exact et d'en moduler les teneurs, si nécessaire.

Les matériaux au contact des aliments au cours des différentes étapes de la fabrication industrielle du produit (silos, containers, tuyaux, tapis de transfert, broyeurs, mélangeurs, etc.), mais aussi au niveau de son conditionnement, peuvent être à l'origine de la migration de constituants chimiques. L'emballage alimentaire a comme fonction première d'assurer l'intégrité et la bonne conservation de la denrée, il constitue aussi un support d'information pour le consommateur *via* l'étiquetage. Néanmoins, les différents types de matériaux utilisés (métaux, papiers, cartons, plastiques) peuvent libérer des substances contaminantes qui migrent vers l'aliment. Il peut s'agir de substances originellement présentes dans la composition de l'emballage (résidus de fabrication de polymères de synthèse, additifs, constituants des encres d'impression, vernis, colles, etc.) ou de substances nouvellement formées à partir de l'emballage lorsque ce dernier subit certains traitements (façonnage des emballages, stérilisation, pasteurisation, cuisson au four à micro-ondes, congélation, etc.). La migration de ces molécules indésirables de l'emballage vers l'aliment peut interférer avec les qualités organoleptiques de l'aliment, mais peut aussi présenter un risque toxicologique.

En général, les niveaux de migration sont faibles, le plus souvent de l'ordre de quelques dizaines de ppb. Néanmoins, si les pesticides ou autres molécules ajoutées intentionnellement sont bien contrôlés, ce n'est pas toujours le cas pour certaines substances libérées par les emballages et, *a fortiori*, pour leurs produits de dégradation, même si la probabilité que ces composés soient toxiques est faible. Le risque encouru par la migration des constituants des emballages a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont servi de base pour la mise en place de nouvelles



## ◀ Le conditionnement des aliments

*Les emballages que l'on utilise au quotidien peuvent-ils représenter un risque pour la santé ?*

directives européennes sur les différents matériaux au contact des aliments. Cependant, l'avancée de ces recherches se heurte à des problèmes de confidentialité dans la composition complexe des emballages alimentaires. Les différents acteurs, que sont l'industrie chimique, les fabricants de matériaux d'emballage, les conditionneurs, les chercheurs ou les pouvoirs publics, ne disposent pas de toute l'information nécessaire à l'évaluation du risque. Dans les années à venir, un meilleur partage de l'information, ainsi qu'une meilleure connaissance scientifique de la composition des emballages alimentaires et de la chimie des migrants, s'avèrent indispensables.

Outre le problème de la sécurité alimentaire, la recherche et l'innovation technologique dans le domaine des emballages se sont orientées vers le développement d'emballages dits *actifs* (cf. p. 210, chapitre sur les matériaux). Ces emballages, vecteurs de substances actives libérées au fur et à mesure des besoins, présentent, en dehors de la protection physique de l'aliment, des propriétés supplémentaires : antioxydation, antimoisissure, antibactérienne, antiodeur, etc. Ils permettent ainsi une plus longue conservation et une meilleure préservation des qualités nutritives et gustatives originales. L'innovation se manifeste aussi dans la création d'emballages intelligents, capables de fournir une information complémentaire aux consommateurs, par exemple sur la rupture éventuelle de la chaîne du froid. Le développement de ces deux types d'emballages, actifs et intelligents, contribuera à une

**« Des contaminations chimiques peuvent se produire aussi par le biais du consommateur : surcuisson des aliments, changement peu fréquent des huiles de friture, etc. »**

**« L'impact sur les populations et les effets cumulatifs de différents polluants doivent constituer des pistes de recherche prioritaires. »**

meilleure sécurité sanitaire, mais également à la sauvegarde des qualités nutritionnelles et gustatives des aliments.

#### *La distribution*

À ce stade, à part l'utilisation de produits d'hygiène pouvant accidentellement contaminer les denrées, le problème essentiel réside surtout dans la rupture de la chaîne du froid, et des contaminations biologiques potentielles lors de certaines opérations (déballeage, découpe, etc.).

#### *La consommation*

Des contaminations chimiques peuvent se produire aussi par le biais du consommateur, notamment par la migration de composés *via* des ustensiles de cuisines et surtout par la génération de produits néoformés *via* les pratiques culinaires domestiques : surcuisson des aliments, changement peu fréquent des huiles de friture, etc.

#### *Conclusion*

Les substances chimiques générées volontairement ou non tout au long de la chaîne alimentaire peuvent, en fonction de leur nature, de leur teneur et du niveau d'exposition, induire des phénomènes de toxicité aiguë ou chronique. À chaque étape de la filière, les responsables doivent les identifier, en connaître les causes et mettre en œuvre des moyens de maîtrise adaptés. De plus, une information pédagogique auprès du consommateur s'avère indispensable pour assurer la qualité et la sécurité de l'aliment jusqu'au bout de la chaîne. Le développement de techniques de mesures analytiques fiables permettant de doser de très faibles concentrations de polluants dans les aliments, et l'accroissement du nombre de laboratoires de recherche en toxicologie s'avèrent indispensables. Par exemple, l'évaluation de l'impact à de faibles niveaux d'exposition de ces contaminants sur la population, ou les effets cumulatifs de différents polluants, constituent des pistes de recherche prioritaires. Cependant, étant donné le nombre élevé de composés à tester, des études épidémiologiques à travers le suivi de marqueur biologiques sur des populations cibles s'avèrent nécessaire pour évaluer les risques. Le développement des biopuces, de la protéomique et de la métabolomique fourniront de nouveaux outils permettant de mettre en évidence les éventuels dommages moléculaires ou cellulaires liés à l'exposition des individus à ces produits toxiques, et de mieux comprendre ainsi le mécanisme d'action des ces agents en identifiant leurs cibles.

## » Les risques biologiques

### Les micro-organismes

Un rapport de l'INVS<sup>10</sup> indique que le nombre total de personnes hospitalisées pour une infection d'origine alimentaire est estimé entre 10 188 et 17 771 par an durant les années 1990. L'estimation du nombre de décès se situe entre 228 et 691.

De nombreuses bactéries (salmonelles, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*) peuvent contaminer les produits alimentaires et être à l'origine de différentes pathologies<sup>1, 2, 10</sup>. Cette source de contamination a toujours existé et n'est donc pas un risque nouveau. Cependant, certains facteurs, comme la forte concentration des animaux dans les élevages et la montée de la résistance aux antibiotiques, ont sélectionné des mutants, faisant apparaître de nouvelles souches de bactéries, parfois plus virulentes que les souches d'origine. Il est important de noter ici que la sécurité hygiénique des denrées alimentaires dépend en grande partie du respect de la chaîne du froid qui va du producteur au consommateur. Des réglementations rigoureuses imposent aux industries agroalimentaires, aux transporteurs et aux distributeurs des conditions de sécurité strictes. Le consommateur, qui échappe à tout contrôle, joue un rôle essentiel dans la préservation des aliments et doit veiller à les manipuler et à les conserver convenablement à la maison pour éviter les contaminations : hygiène des mains, des ustensiles, propreté du réfrigérateur, etc.

Des progrès décisifs pour la détection des contaminations ont été réalisés grâce aux grandes avancées technologiques que constituent la technique de réaction de polymérisation en chaîne (PCR) de l'ADN qui permet son amplification, et la technique plus récente des puces à ADN (cf. p. 45, chapitre précédent). Cependant, ces techniques permettent de détecter rapidement la présence ou non de l'ADN bactérien, mais non de savoir si les bactéries en question sont vivantes ou non. La mise au point, à des coûts accessibles, d'autres techniques de détection rapide des bactéries vivantes s'avère nécessaire<sup>9</sup>. Une autre perspective de recherche prometteuse est la piste de l'écologie bactérienne : elle consiste à favoriser le développement de micro-organismes inoffensifs qui empêcheraient une contamination secondaire par un autre agent pathogène.

### L'excès d'antibiotiques nuit à la santé

L'usage intensif des antibiotiques dans différents secteurs (médecine, agriculture, élevage, etc.) a provoqué l'apparition de bactéries ayant développé, par mutations, des mécanismes de résistance. Les antibiotiques perdent ainsi progressivement de leur efficacité. La résistance aux antibiotiques, ou *antibiorésistance*, a été récemment affichée au niveau européen comme un problème majeur de santé publique.

9. A. Fellmann, « Le secteur agroalimentaire face aux enjeux de la sécurité », *Courrier Anvar, le magazine de l'innovation et des PME* 140, 2003, p. 7-10.

10. « Morbidité et mortalité dues aux maladies infectieuses d'origine alimentaire en France », rapport de l'INVS, mars 2004.

**« La pollution par le prion est un danger dont les conséquences sont encore mal connues. »**

Les zoonoses sont des maladies infectieuses développées par des animaux vertébrés et transmissibles à l'être humain.

La recherche agronomique doit s'attacher à mieux connaître et maîtriser les risques biologiques connus, mais aussi les risques émergents, comme la formation de mycotoxines, ou la contamination virale des aliments<sup>1,2</sup>, qui nécessitent une surveillance accrue. Le danger représenté par les contaminations virales au contact d'animaux d'élevage malades est inquiétant, comme l'a montré la récente épidémie de la grippe du poulet en Asie du Sud-Est. Le risque peut être directement létal, mais aussi déboucher sur des croisements très dangereux entre virus d'origine animale et virus d'origine humaine. Il est donc nécessaire de développer la recherche dans le domaine des contaminations virales des aliments, et d'accentuer l'étude des zoonoses pour une meilleure compréhension des interactions des micro-organismes entre eux et avec l'écosystème.

### Les prions

L'introduction de nouveaux produits alimentaires ou de nouvelles méthodes d'élevage devront se faire avec prudence, à la lumière des différentes crises, notamment celle dite « de la vache folle ». L'idée d'utiliser les farines animales pour fournir un complément de protéine à la ration alimentaire du bétail était liée à l'origine au problème posé par la production des sous-produits d'abattage et à leur recyclage. La pollution par un agent infectieux, le prion, et la dissémination de celui-ci représentent un danger que personne n'avait anticipé, et dont l'ampleur des conséquences est encore mal connue<sup>7</sup>.

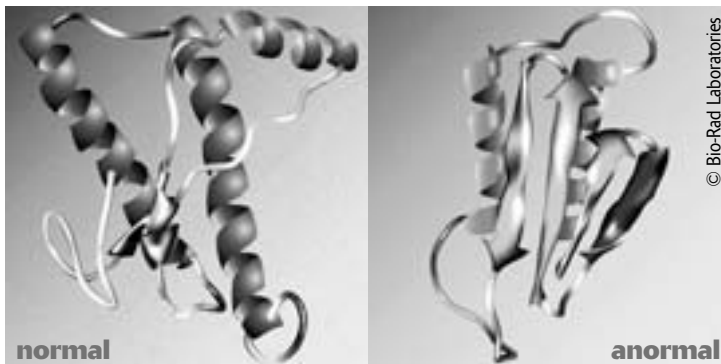
L'émergence de l'ESB en France est due à l'utilisation de farines de viandes contaminées, importées du Royaume-Uni, pour l'alimentation du bétail. L'agent responsable de l'ESB est une protéine de forme anormale (pathogène)<sup>11</sup> : le prion. C'est l'américain Stanley Prusiner

11. F. Lazarini, « Le prion : un agent pathogène encore mystérieux », *Lettre de l'Institut Pasteur* 41, 2003.

### Le prion >

Les deux protéines normale et pathogène ont strictement la même séquence en acides aminés mais des structures tridimensionnelles différentes.

Le prion anormal (PrP<sup>Sc</sup>), à droite, provient d'une modification de la conformation spatiale de la protéine normale (PrP<sup>C</sup>), à gauche, par le passage d'une structure riche en hélice alpha à une structure en feuillet bêta.



qui, en 1982, a avancé l'hypothèse d'une protéine infectieuse qu'il baptise *prion*, acronyme de *proteinaceous infection particle*, « o » et « n » représentant les deux premières lettres de *only*<sup>12</sup>.

Le prion est un agent infectieux *non conventionnel*, présentant des propriétés physicochimiques et biologiques exceptionnelles. Un agent infectieux envahit généralement un hôte en apportant avec lui le matériel héréditaire nécessaire pour se reproduire. Dans le cas du prion, aucun matériel génétique n'a été mis en évidence. Le prion résiste fortement à la chaleur (120 °C), aux radiations ionisantes et n'entraîne pas de réponse immunitaire (production d'anticorps) chez les animaux ou les hommes qu'il infecte.

La maladie de la vache folle est un problème majeur de sécurité sanitaire et de santé publique. L'incubation de la maladie est généralement longue. Il faut compter en moyenne cinq ans, et quelquefois plus, pour voir les premiers symptômes apparaître. C'est aussi un cas de transmission de maladie entre deux espèces différentes, la vache et l'homme, qui doit nous inciter à tirer des leçons pour l'avenir. Plusieurs axes de recherche sur les encéphalopathies subaiguës spongiformes transmissibles, coordonnés au niveau national par le groupement d'intérêt scientifique Prions, sont en cours de développement : identification du mécanisme déclenchant la conversion de la protéine normale en protéine anormale, localisation de l'endroit dans la cellule où la conversion pathologique de la protéine a lieu, mise au point d'un modèle animal permettant de reproduire toutes les étapes de l'infection humaine, et mise au point de tests de détection spécifiques de la forme pathogène du prion.

### Les OGM

Quels sont les dangers potentiels des OGM<sup>5,13</sup>? La culture de plantes transgéniques entraîne par le pollen la possibilité de diffusion des gènes, introduits par transgenèse, aux variétés non modifiées de la même espèce ou aux espèces apparentées. Cette dissémination de gènes, qui existe d'ailleurs déjà entre les plantes à l'état naturel, est

### Le prion et la maladie de la vache folle

Le prion est constitué d'une PrP (Protéine responsable du Prion), qui peut exister sous plusieurs formes. Chez l'individu sain, la PrPc (pour PrP cellulaire) se trouve sous une forme normale, non pathogène, présente à la surface de différents types de cellules, mais surtout dans celles du cerveau. Cette protéine peut accidentellement changer de forme, se convertissant ainsi en forme pathogène PrPSc (pour PrP Scrapie). Cette nouvelle structure est *transmissible* : en effet, lorsqu'un prion contenant la protéine sous la forme PrPSc entre en contact avec une PrPc saine, elle la transforme en PrPSc pathogène qui peut à son tour transformer d'autres PrPc saines. Le résultat de cette réaction en chaîne est l'apparition de PrPSc agrégées qui forment les plaques et les fibres amyloïdes caractéristiques de la maladie, provoquant la mort progressive des neurones et rendant la masse cérébrale (vue au microscope) semblable à une éponge, d'où le terme *spongiforme* souvent employé.

12. S.B. Prusiner, « Novel proteinaceous infectious particles cause scrapie », *Science* 216, 1982, p. 136-144.

13. « OGM et alimentation », actes du colloque international Peut-on évaluer des bénéfices pour la santé?, 17-18 décembre 2001, avis de l'Afssa, 2002.